

المجلة الدولية للعلوم والتقنية

مجلة علمية محكمة تصدر عن

مركز العلوم والتقنية للبحوث و الدراسات



أكتوبر 2021

العدد السابع والعشرون

www.stc-rs.com.ly

هيئة التحرير

رئيس هيئة التحرير

د. أحمد الصغير جاب الله

أستاذ مشارك

في مجال الهندسة الميكانيكية وعلوم المواد
من جامعة بودابست التقنية – دولة المجر



أ. عبد الحميد الطاهر زنبيل

استاذ مساعد – تخطيط موارد بشرية .

المعهد التخطيط للدراسات العليا



أ.م. محمد المنير حدود

استاذ مساعد في مجال هندسة علوم

المواد جامعة بلغراد – صربيا



أ.م. محمد علي القانقا

استاذ مساعد في مجال الهندسة الالكترونية
وتقنية المعلومات من جامعة شفيلد هالم -

بريطانيا -2008



كلمة العدد

الحمد لله حمداً كثيراً على نعمته التي أنعم الله بها علينا و ألهمنا و وفقنا لإصدار العدد السابع والعشرون من **المجلة الدولية للعلوم والتقنية** و الذي أتاح للبحّاث المهتمين في مجال العلوم الهندسية والتطبيقية و التقنية نشر أبحاثهم على صفحات هذه المجلة، والتي نسعى من خلالها لتقديم و توفير المعلومات و البيانات ونتائج الاختبارات العلمية الصحيحة لطلاب العلوم الهندسية و التطبيقية حتى يمكنهم استكمال دراساتهم و ابحاثهم على اسس علمية.

و من هذا المنطلق فإن هيئة تحرير المجلة تجدد حرصها الدائم على استمرارية صدور المجلة برصانة و منهجية في البحث العلمي وذلك بإتباع الأساليب العلمية المحكّمة في تقييم البحوث العلمية المقدمة من الأساتذة و البحّاث بإشراف أساتذة متخصصين في جميع فروع العلوم و التقنية، آخذين في الاعتبار الطرق المتبعة في المجالات العلمية العريقة في هذا المجال.

وبهذه المناسبة يسر هيئة التحرير بالمجلة أن تثمن عالياً جهود جميع البحّاث و الأساتذة المهتمين الذين اختاروا صفحات هذه المجلة لنشر أبحاثهم و أوراقهم العلمية، كما أنها تتقدم بجزيل الشكر و العرفان لكل من ساهم في تحرير و مراجعة البحوث المقدمة للمجلة و تقديم هذا الصرح العلمي للوجود

هيئة التحرير

جدول المحتويات

هيئة التحرير	2
تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي على مقاومة الضغط والتشغيلية للخرسانة عالية المقاومة	6
تأثير الامتداد العمراني العشوائي على الطرق	22
تحسين الأداء في شبكات السفن المضطربة.....	36
تقدير تركيز الحديد باستخدام القياس الطيفي في بعض أنواع الشاي الموجودة في السوق الليبي	51
دراسة تصميم منظومة الحماية الكاثودية بواسطة الانود المضحى والتيار المسلط لمحطة تحليه	61
مياه البحر (طبرق - ليبيا).....	61
دراسة مقاومة تآكل الصلب الكربوني المعالج C35 في أوساط مختلفة.....	78
دور عناصر تنسيق الموقع للميادين والساحات العامة في رفع كفاءة الأداء الوظيفي للخدمات	104
بالمدين.....	104
ضوابط القبول في المدارس المعمارية والقدرة الاستيعابية للتعليم المعماري نحو برنامج يهد	124
لممارسة مهنية جيدة.....	124
تقييم ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع في تنفيذ مشاريع قطاع الصحة.....	144
التعلم القائم على نتائج التعلم باستخدام إدارة أنظمة قواعد البيانات.....	169
النموذج الأمثل لتصنيف الإصابات بيكتيرية المعدة الحلزونية لدى أطفال المدارس بين الإنحدار	183
اللوجستي والتحليل التمييزي	183
اختبار حساسية تحديد الحواف باستخدام معامل بريويت لخشونة الاسطح.....	203
دراسة تأثير مسحوق وبقايا مسحوق القهوة كسماد طبيعي في تحسين خواص الترب الرملية وعلى	220
إنتاجية نبات الخس Lactuca sativa	220
تأثير خشونة جدران الأنابيب على مقدار الفاقد في الطاقة.....	239
The International Science and Technology Journal (ISTJ)	249
Chairman of the Editorial Board	250
Analysis Study of Natural Flow Wells in Intisar 103A Oil Field using PIPESIM Software.....	251
Cathodic Protection Technique of Corrosion Process for Oil Storage Tank Bottoms	268
Design of Central (HVAC) System for an Auditorium Building	282



Groups of Non-bijective Transformations Mapping on Finite Set. ($G_{(Non-bT)}$)	296
Pipeline Integrity Management by Means of Modeling and Prediction of Corrosion Penetration Rate Using Fuzzy Logic Technique	305
STUDY SOLUTIONS HEALTHCARE MONITORING USING WIRELESS SENSOR NETWORK	318
THE EFFECT OF FLOW RATE AND NEEDLE DIAMETER ON THE FORMATION OF POLY(ETHYLENE-TEREPHTHALATE) NANOFIBER	336
The Solution of the Heat Equation by Adomian Decomposition Method	349
Toxoplasma Seroprevalence in Voluntary Blood Donors at Mohamed Al Mgarif hospital in Ajdabyia City.....	358
Investigating the efficiency of minimum quantity lubrication and emulsion cooling strategies in end-milling of Inconel 718 using wavy-edge bull-nose helical endmill.....	372
A Comparison Study of Quality Control on Welding Using Based Assessment	397
Fatigue Life Prediction of Aluminum Sheets Using Different Probabilistic Methods	418
Finite Element Simulation of Forward Extrusion of Copper produced by Equal Channel Angular Pressing.....	450
Investigate the Noise Pollution Effect on the Operators of Al-Zawiah Electrical Power Station	470
Relative Grain Yield of Two Wheat Genotypes and Its relationship to Law of Diminishing Return	487
Rotational Motion Tracking using Stepping Motors Control	496
STUDY OF ADSORPTION FOR PHENOLIC COMPOUNDS FROM COCONUT SHELL AS ACTIVATED CARBON.....	511
Evaluate the effect of Controlled Welding Parameters on Microstructural Characteristics and Micro-hardness for Stainless Steel 304 by using TIG and SMAW Welding Process.....	525

تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي على مقاومة الضغط والتشغيلية للخرسانة عالية المقاومة

حسن المعطي عبد السلام ميلاد¹، أحمد عاشور رحومة²، عبد الحميد محمد الشريف³

1 جامعة المرقب- كلية الهندسة، 2 جامعة طرابلس - كلية الهندسة ،

3 جامعة المرقب- كلية الهندسة

amalsharif@elmergib.edu.ly

الملخص

يعتبر الركام من المكونات الأساسية والمهمة في صناعة الخرسانة، بجميع أنواعها المختلفة، حيث يشغل حوالي من 70 إلى 80 % من الحجم الكلي للخرسانة، بالإضافة إلي رخص تكلفة صناعة الركام بالمقارنة مع صناعة الإسمنت [1،2]. الهدف من اجراء هذا البحث هو زيادة نسبة الركام الناعم إلي الركام الكلي وذلك باستبدال جزء من الركام الخشن وإضافته للركام الناعم مع الحفاظ علي نفس الكمية الكلية للركام في جميع الخلطات الخرسانية، وذلك لتقليل من التكلفة والحد من نسبة التلوث البيئي الناتج من صناعة الركام الخشن، ولأن الركام الناعم معظمه عبارة عن رمل طبيعي فإنه من المستحسن استغلال أكبر كمية منه بشرط ألا يؤثر ذلك على خواص الخرسانة المختلفة، وفي هذه الدراسة تم تحديد نسب الركام الناعم للركام الكلي كالاتي 0.38 - 0.45 - 0.48. النتائج العملية تظهر أن زيادة نسبة الركام الناعم من 0.38 إلي 0.45 بنسبة 10% تحسن المقاومة وتقل المقاومة عند وصول نسبة الزيادة إلى 15%. وزيادة نسبة الركام الناعم تؤدي لانخفاض التشغيلية للخرسانة.

الكلمات الدالة: الخرسانة عالية المقاومة ، التشغيلية ، نسبة الركام الناعم للركام الكلي ، نسبة الماء للإسمنت ، مقاومة الضغط ، المساحة السطحية.

Abstract

Aggregate is considered a vital component of the concrete industry. It is occupied about 70 to 80% of the total volume of concrete, in addition to decrease cost of making aggregate compared to the cement industry[1,2]. The aim of this paper is to increase the ratio

of sand to total aggregate by replacing part of the coarse aggregate and adding it to the sand while maintaining the same total amount of aggregate in all concrete mixtures in order to reduce the cost and environmental pollution resulting from the manufacture of coarse aggregate. soft aggregate is mostly natural sand, it is advisable to exploit the largest amount of it provided that it does not affect the properties of concrete. In this study, the ratios of soft aggregate to total aggregate were determined as follows 0.38-0.45-0.48.

Experimental results show that an increase in the proportion of soft aggregate from 0.38 to 0.45 by 10% can lead to improvement of concrete strength. This improvement can be reduced at the level of increase to 15%. Increased soft aggregate leads to a decrease in the concrete workability.

Key words: High strength concrete, Workability, sand aggregate ratio, water cement ratio, surface area.

1. المقدمة

تعتبر مقاومة الضغط وقابلية التشغيل من أهم الخواص الفيزيائية للخرسانة والتي من خلالها يتم تحديد خصائص الخرسانة الأخرى. إن الخرسانة تستمد قابلية تشغيلها بعد أن يتم ملء الفجوات بين حبيبات الركام الخشن بواسطة المونة الإسمنتية وتغليف سطح تلك الحبيبات. [3] وبالتالي فإن كمية المونة الإسمنتية الزائدة هي المسؤولة علي تشغيلية الخرسانة. وبالمثل بالنسبة للعجينة الإسمنتية فهي تقوم بملاً الفجوات بين حبيبات الركام الناعم وتغليف سطحها وأن أي زيادة في العجينة الإسمنتية سيكون تأثيرها ايجابياً علي التشغيلية لأنها تؤدي إلي تباعد حبيبات الركام عن بعضها البعض بقدر أكبر مما يقلل من احتكاكها ببعضها ويسهل من حركتها [4،5]. ولكن إذا زادت نسبة المونة الإسمنتية عن القدر المطلوب يكون تأثيرها سلبياً علي المقاومة لأنه وكما يعرف أن الخرسانة حيث تكون مقاومة الركام أكبر من مقاومة العجينة الإسمنتية. فعند استخدام كمية أكثر من الركام الناعم فانه يحتاج إلي كمية أكبر من العجينة الإسمنتية لتغليف سطح حبيباته بسبب المساحة السطحية الكبيرة له مقارنةً بالركام الخشن [6،7].

2. المواد المستخدمة والبرنامج العملي

1.1.2. المواد المستعملة

1.1.2.1 الاسمنت : استخدم الاسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع لبدية للإسمنت ومواد البناء بمدينة الخمس، والمبين خواصه الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية في الجدولين (1) و (2) والمطابقة للمواصفات القياسية الليبية (م.ق.ل 1997/340) [8].

2.1.2.1 ماء الخلط : في هذه الدراسة تم استعمال مياه جوفية صالحة للشرب من مدينة الخمس، وأجريت عليها الاختبارات الكيميائية بمساعدة مركز البحوث الصناعية بتاجوراء، والجدول رقم (3) يبين النتائج المتحصل عليها ومطابقتها بالمواصفات القياسية الليبية (م.ق.ل 294 / 1988) [9]. للمياه الصالحة لخلط الخرسانة.

جدول (1) : نتائج الاختبارات الفيزيائية للإسمنت

المواصفات (م.ق.ل 1997/340)[8]		العينة	نوع الاختبار
الحد الأعلى	الحد الأدنى		
*	2500	2915	مساحة السطح النوعي (سم ² /جم
*	45	135	زمن الشك (الابتدائي "دقيقة")
600	*	258	زمن الشك (النهائي "دقيقة")
*	19	27.66	مقاومة الضغط (3 أيام "ن/مم ² ")
*	38	42.99	مقاومة الضغط (28 يوم "ن/مم ² ")

* غير مشروطة

جدول (2) : نتائج الاختبارات الكيميائية للإسمنت

المواصفات (م.ق.ل 1997/340)[8]		العينة	نوع الاختبار
الحد الأعلى	الحد الأدنى		
3	*	1.70	الفاقد عند الحرق (%)
		21.28	السيليكا (%)
		63.47	أكسيد الكالسيوم (%)
5	*	1.43	أكسيد الماغنيسيوم (%)
		4.63	أكسيد الألومنيوم (%)

		4.38	أكسيد الحديد (%)
		-	أكسيد الصوديوم (%)
		-	أكسيد البوتاسيوم (%)
2.5	*	2.5	ثالث أكسيد الكبريت (%)
0.1	*	0	الكلوريد (%)
1.5	*	1.2	المواد غير القابلة للذوبان (%)
مكونات الإسمنت			
*	*	52.00	سيليكات ثلاثي الكالسيوم (%)
*	*	21.79	سيليكات ثنائي الكالسيوم (%)
*	*	4.86	ألومينات ثلاثي الكالسيوم (%)
		13.32	ألومينات الحديد رباعي الكالسيوم (%)
		0.91	معامل التشيع (%)
		2.36	معامل السيليكا (%)
		1.06	معامل الألومينا (%)

* غير مشروطة

جدول (3) : نتائج الاختبارات للماء

المواصفات (م.ق.ل. 1988/294)[9]		العينة	نوع الاختبار
الحد الأعلى	الحد الأدنى		
500	*	287.78	الكلوريدات (CL) ب (PPM)
1000	*	164	الكبريتات (CO ₃) ب (PPM)
8	6	7.94	الرقم الهيدروجيني PH
2000	*	843.66	مجموع الأملاح الصلبة الذائبة TDS ب (PPM)
1000	*	190	القلوية الكلية مقدر TA ب (PPM)

* غير مشروطة

3.1.2. الركام الخشن : استخدم ركام خشن مكسر طبيعي مقاس 10مم و 15مم من محجر بمنطقة زلتن وأجريت عليها الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية في معمل

اختبار المواد في كلية الهندسة بجامعة طرابلس، وفق المواصفات القياسية الليبية، والجدول رقم (4) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها ومطابقتها بالمواصفات القياسية الليبية (م.ق.ل 49 / 2002) [9]. النتائج تبين أن الركام الخشن لكلا النوعين خارج حدود المواصفات القياسية الليبية من حيث التدرج الحبيبي، لذلك تم خلط عينتي الركام الخشن بمقاس 10مم ومقاس 15مم بنسبة 1:1 للحصول علي ركام جيد التدرج وضمن حدود المواصفات المعتمدة في هذه الدراسة.

4.1.2. الركام الناعم : تم توريد عينات من الركام الناعم كسر أحجار مقاس 5مم من نفس المحجر للركام الخشن، ورمل طبيعي من منطقة زليتن وأجريت عليها الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية في معمل اختبار المواد في كلية الهندسة بجامعة طرابلس، وفق المواصفات القياسية الليبية، والجدول رقم (4) يوضح النتائج المتحصل عليها ومطابقتها بالمواصفات القياسية الليبية (م.ق.ل 49 / 2002) [10]. تم خلط عينتي الركام الناعم للحصول علي معامل نعومة للركام الناعم مساوي إلي 2.4. حيث كانت نسبة الخلط للركام الناعم، رمل طبيعي وكسر الأحجار هي 0.72 : 0.28 علي التوالي. الشكل رقم (1) يوضح التحليل المنخلي لعينتي الركام الخشن مقاس 10مم و 15مم وعينة الركام الخليط. أما الشكل رقم (2) يوضح التحليل المنخلي لعينتي الركام الناعم، رمل طبيعي وكسر أحجار مقاس 5مم وعينة الركام الخليط.

5.1.2. الإضافات : تم استخدام إضافة ملدنة للخرسانة نوع

.Super plasticizer for ready – mixed concrete

جدول 4 : نتائج الاختبارات للركام الخشن والناعم

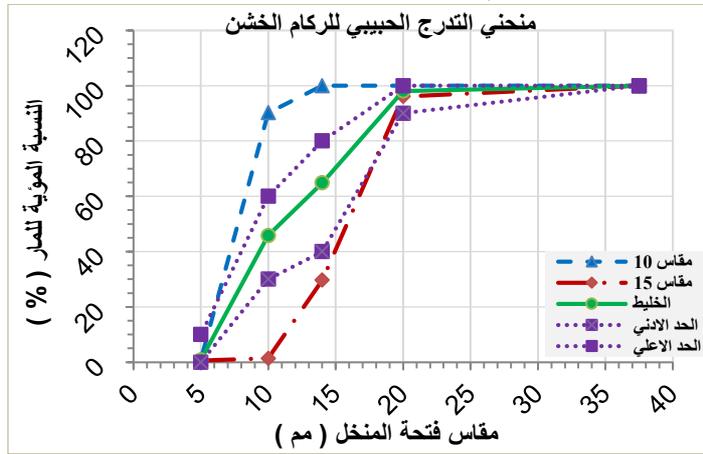
المواصفات (م.ق.ل 2002/49) ^[10]		الركام الناعم			الركام الخشن			أنوع الركام
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخليط	مقاس 5مم	رمل طبيعي	الخليط	مقاس 15مم	مقاس 10مم	نوع الاختبار
الاختبارات الكيميائية								
0.03	*		0.0008	0.030	0.0003	0.0005		الكلوريدات (CL) %
0.50	*		0.0312	0.048	0.0123	0.0238		الكبريتات (CO ₃) %
*	*		7.43	7.5	7.48	7.51		الرقم الهيدروجيني (PH)
الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية								
النسبة المئوية للمار (%)							فتحة المنخل (مم)	التحليل المنخلي
100					100	100	100	37.5
100	90				98.05	96.1	100	20
80	40				64.85	29.7	100	14
60	30				45.8	1.4	90.2	10
10	0	98.72	95.43	100	0.8	0.6	1	5
100	65	73.32	4.71	100				2.36
100	45	72.88	3.14	100				1.18
80	25	71.87	0	99.82				0.6
48	5	48.00	0	66.68				0.3
15	0	2.21	0	3.06				0.15
*	*		2.70	2.70		2.59	2.64	الوزن النوعي
3	*		1.06	0.80		1.6	0.8	سعة الامتصاص (%)
*	*		1665	1648		1685	1670	وزن وحدة الحجم (كجم/م ³)
45	*					24.70	29.60	معامل التهديم (%)
45	*					24.70	21.70	معامل الصدم (%)
*	5					18.00	18.00	معامل الناعم 10 % (طن)

* غير مشروطة

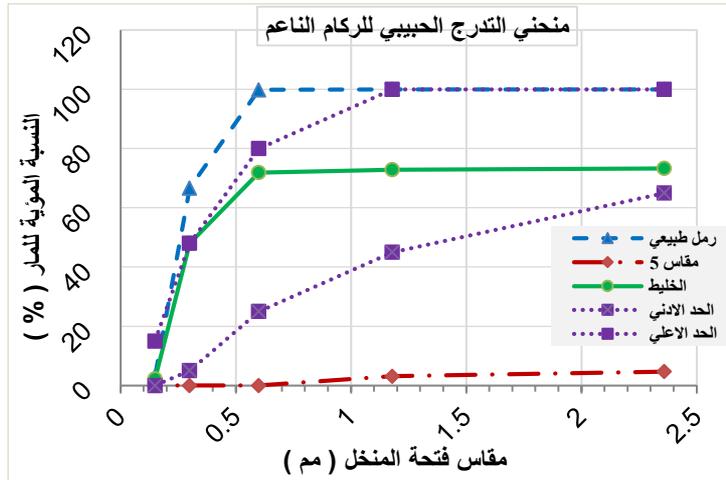
2.2. الخطات الخرسانية

اعتمد في هذا البحث خطة عملية تهدف إلي إعداد وصب عينات من اثني عشر خطة خرسانية تحتوي علي نسب ماء للاسمنت 0.5 و 0.45 ونسب من الركام الناعم للركام الكلي، حيث كانت كمية الركام الكلي ثابتة في جميع الخلطات الخرسانية. تم تخفيض كمية الركام الخشن ما نسبته 10% و 15 % من كمية الركام الكلي وإضافة هذه النسبة إلي كمية الركام الناعم حيث تم تحديد نسب الركام الناعم للركام الكلي كالآتي 0.38 – 0.45 – 0.48 والجدول رقم (5) يوضح نسب مكونات الخلطات الخرسانية لكل واحد متر مكعب خرسانة.

تم خلط وصب ومعالجة النماذج الخرسانية بموجب المواصفة البريطانية حيث تم خلط المواد ميكانيكيا وصبها في مكعبات قياس $150 \times 150 \times 150$ مم بواقع 3 مكعبات لاختبار مقاومتها عند العمر 7 أيام و3 مكعبات أخرى لاختبار مقاومتها عند العمر 28 يوم. استخدمت طريقة الغمر في الماء لمعالجة المكعبات الخرسانية.



شكل (1) : التحليل المنخلي للركام الخشن



شكل (2) : التحليل المنخلي للركام الناعم

جدول (5) : مكونات ونسب الخلط للخلطات الخرسانية المعملية

نسبة الإضافات المملنة للإسمنت	نسبة الماء للإسمنت	الإضافات المملنة (كجم)	الركام الخشن (كجم)		الركام الناعم (كجم)		الماء (لتر)	الإسمنت (كجم)	الخلطات الخرسانية
			مقاس 15مم	مقاس 10مم	كسر أحجار	رمل طبيعي			
1.00	0.50	2.88	560	560	196	505	144	288	M1
1.50	0.50	4.32	560	560	196	505	144	288	M2
1.00	0.50	2.88	504	504	228	585	144	288	M3
1.50	0.50	4.32	504	504	228	585	144	288	M4
1.00	0.50	2.88	476	476	243	626	144	288	M5
1.50	0.50	4.32	476	476	243	626	144	288	M6
1.50	0.45	4.32	560	560	196	505	130	288	M7
2.00	0.45	5.76	560	560	196	505	130	288	M8
1.50	0.45	4.32	504	504	228	585	130	288	M9
2.00	0.45	5.76	504	504	228	585	130	288	M10
1.50	0.45	4.32	476	476	243	626	130	288	M11
2.00	0.45	5.76	476	476	243	626	130	288	M12

3.2 اختبارات الخرسانة

1.3.2 اختبار الخرسانة الطرية

تم إجراء اختبار الهطول بموجب المواصفة البريطانية (BS1881 : Part 102 : 1982) [11].

2.3.2 اختبار الخرسانة الصلبة

تم اختبار مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية بعمر 7 أيام والعمر 28 يوم بموجب المواصفة البريطانية (BS1881 : Part 116 : 1982) [12].

3. تحليل ومناقشة النتائج

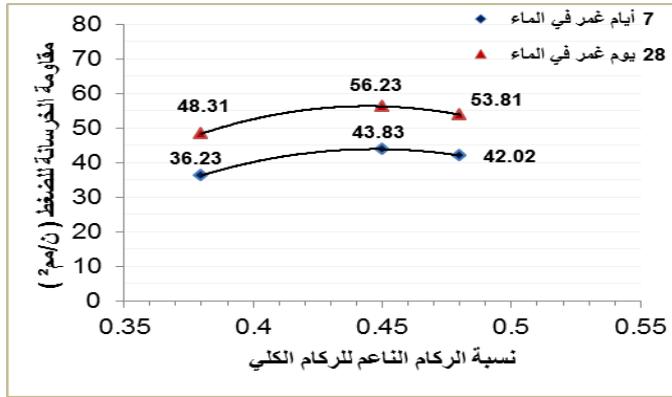
1.3. تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الخرسانة للضغط
الجدول رقم (6) والأشكال من رقم (3) إلي (6) توضح نتائج تأثير نسبة الركام الناعم في الخلطة الخرسانية علي مقاومة الخرسانة للضغط، من الملاحظ في هذه النتائج أن زيادة نسبة الركام الناعم من 0.38 إلي 0.45 من الركام الكلي كان لها التأثير في زيادة المقاومة بنسبة 10% في جميع الخلطات الخرسانية وهذه النسبة جيدة في الأعمار الأولى للخرسانة وخاصةً عند 7 أيام و28 يوم، لكن عند زيادة هذه النسبة إلي 15% تراجعتم قيم المقاومة مما يتضح لنا أن أعلى معدلات الاستفاد من فكرة زيادة الركام الناعم لا تتعدى أقل نسبتها من الركام الكلي عن 15%.

جدول (6): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الخرسانة للضغط

0.45			0.50			نسبة الماء للإسمنت			
0.48	0.45	0.38	0.48	0.45	0.38	نسبة الركام الناعم للركام الكلي			
**	**	**	42.02	43.83	36.23	7 أيام	مقاومة الخرسانة للضغط (ن/مم ²)	1.0	نسبة الإضافات الملدنة للإسمنت [1.31] (%)
**	**	**	53.81	56.23	48.31	28 يوم			
50.04	53.01	46.77	45.18	47.11	38.99	7 أيام	1.5		
65.31	68.03	64.88	58.11	61.16	55.72	28 يوم			
51.98	55.14	47.51	**	**	**	7 أيام	2.0		
69.13	72.13	65.13	**	**	**	28 يوم			

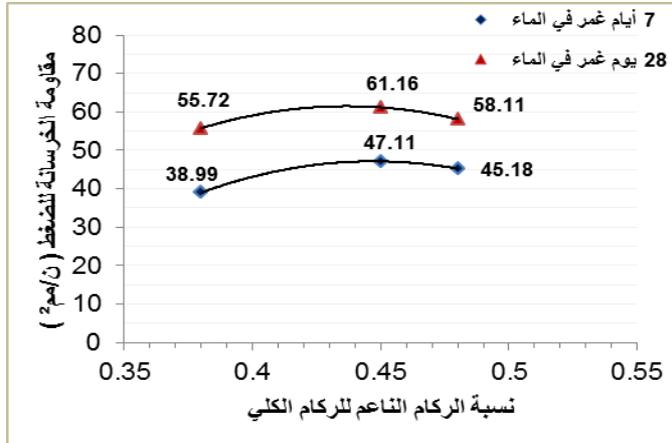
** لم يتم عمل خلطات خرسانية.

بالنسبة للخلطات التي تحتوى على نسبة ماء للإسمنت 0.50 ونسب مختلفة من الإضافات المدنة كما في الشكلين (3) و (4)، يلاحظ من خلال النتائج إن زيادة نسبة الركام الناعم إلي 0.45 من الركام الكلي تزداد مقاومة الخرسانة للضغط بنسبة 17% عند العمر 7 أيام ومن 9 إلى 14% عند العمر 28 يوم، ومع زيادة نسبة الركام الناعم إلي 0.48 فإن المقاومة تنخفض عن سابقتها في كلا العمرين سواء 7 أيام أو 28 يوم.



شكل (3): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الضغط

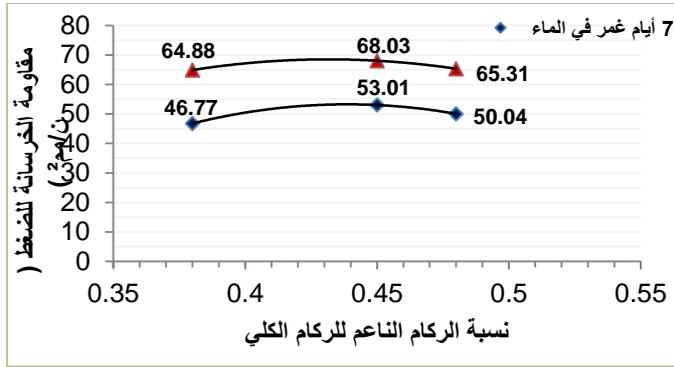
لنسبة ماء للإسمنت 0.50 ونسبة إضافات مدنة للإسمنت 1.0



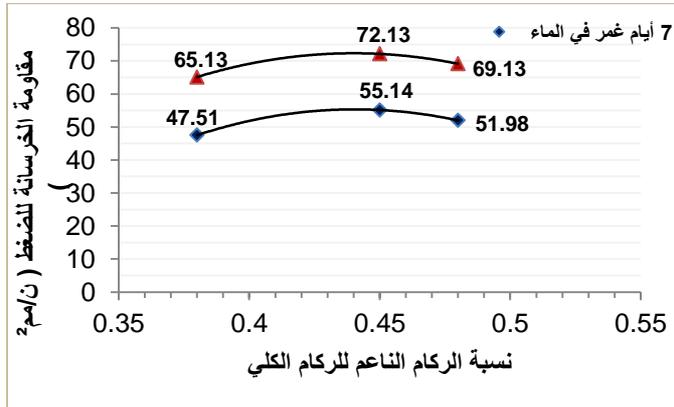
شكل (4): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الضغط

لنسبة ماء للإسمنت 0.50 ونسبة إضافات مدنة للإسمنت 1.5

في الشكلين (5) و (6) عند استخدام نسبة الماء للإسمنت 0.45 ومع زيادة نسبة الركام الناعم إلي 0.45 تزداد مقاومة الضغط بنسبة 13% عند العمر 7 أيام ومن 5 إلى 10% عند العمر 28 يوم. لكن عند زيادة نسبة الركام الناعم إلي 0.48 فإن المقاومة تتخفض عن الأولي لتكون نسبة الفاقد في المقاومة حوالي 6% عند العمر 7 أيام و4% عند العمر 28 يوم بالمقارنة مع الخلطات التي تحتوي على نسبة ركام ناعم 0.45 .



شكل (5): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الضغط
لنسبة ماء للإسمنت 0.45 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 1.5



شكل (6): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي مقاومة الضغط
لنسبة ماء للإسمنت 0.45 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 2.0

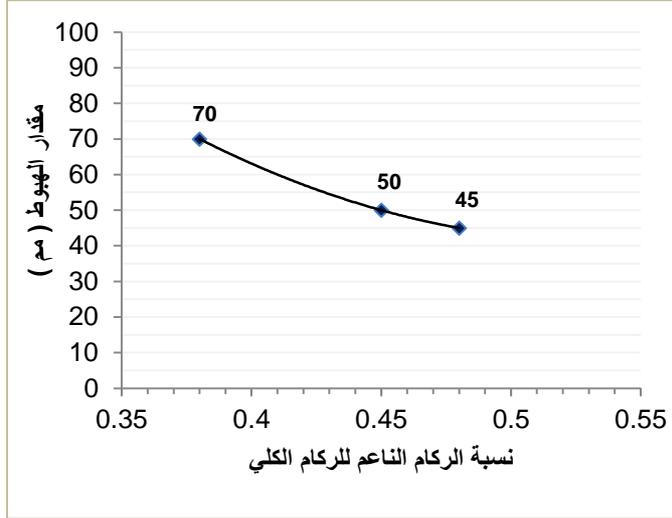
2.3. تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي التشغيلية

الجدول رقم (7) والأشكال من رقم (7) إلي (10) تبين نتائج تأثير نسبة الركام الناعم في الخلطة الخرسانية علي درجة التشغيلية للخرسانة. النتائج تبين أن زيادة نسبة الركام الناعم من 0.38 إلي 0.45 تعمل علي التقليل من درجة التشغيلية للخرسانة بنسبة 29% وخاصة بالنسبة للخلطات التي تحتوى علي نسبة ماء للإسمنت 0.50 حيث تنخفض قيم الهبوط بالمقارنة مع الخلطات التي تحتوى علي نسبة ركام ناعم للكي 0.38 وتصل نسب الانخفاض للهبوط من 17% حتى 20% عندما انخفضت نسبة الماء للإسمنت إلي 0.45 . أما عند زيادة كمية الركام الناعم إلي 0.48 فان مقدار الهبوط يقل بنسبة من (30~36)% عند قيم مختلفة من نسبة الماء للإسمنت لجميع الخلطات الخرسانية.

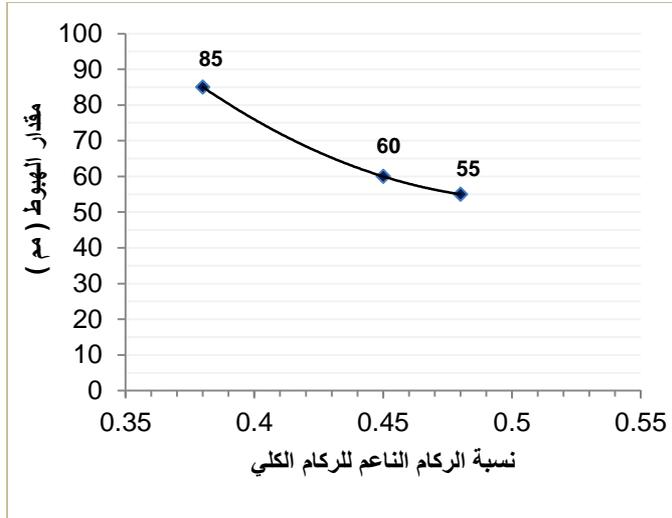
جدول (7): الخلطات الخرسانية المتغير فيها نسبة الركام الناعم للركام الكلي المؤثرة علي التشغيلية

0.45			0.50			نسبة الماء للإسمنت		
0.48	0.45	0.38	0.48	0.45	0.38	نسبة الركام الناعم للركام الكلي		
**	**	**	45	50	70	مقدار الهبوط (مم)	1.0	نسبة الإضافات المملدة للإسمنت [13] (%)
20	25	30	55	60	85		1.5	
35	40	50	**	**	**		2.0	

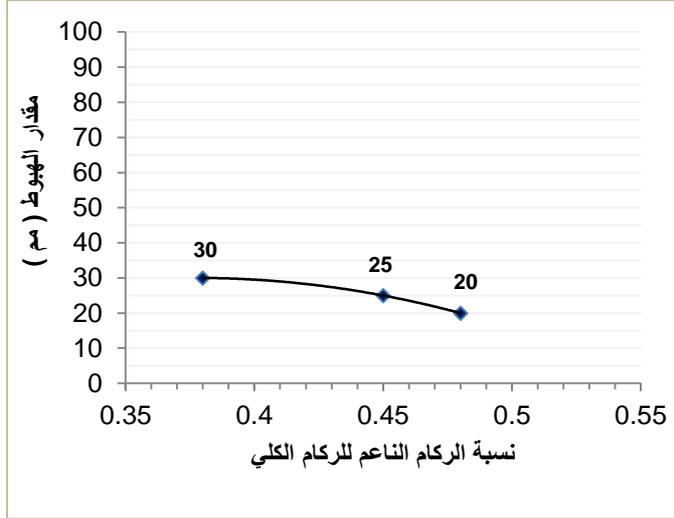
** لم يتم عمل خلطات خرسانية.



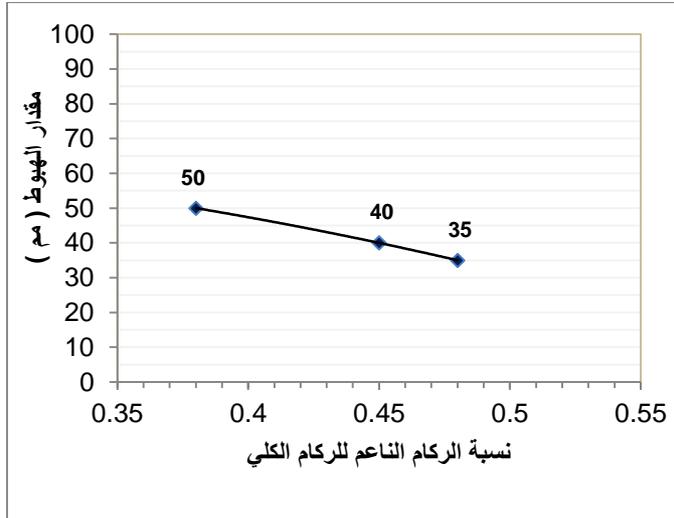
شكل (7): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي التشغيلية
لنسبة ماء للإسمنت 0.50 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 1.0



شكل (8): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي التشغيلية
لنسبة ماء للإسمنت 0.50 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 1.5



شكل (9): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي التشغيلية
لنسبة ماء للإسمنت 0.45 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 1.5



شكل (10): تأثير نسبة الركام الناعم للركام الكلي علي التشغيلية
لنسبة ماء للإسمنت 0.45 ونسبة إضافات ملدنة للإسمنت 2.0

4. الاستنتاجات

1. إن زيادة نسبة الركام الناعم من 0.38 إلى 0.45 من الركام الكلي تحسن من قيم المقاومة في جميع الخلطات الخرسانية بمقدار يتراوح ما بين (5~8) ن/مم².
2. تقل درجة تشغيلية الخرسانة بنسبة 29% لنسبة ماء للإسمنت 0.50 لكنها تنخفض لتصل إلي ما نسبته (17~20)% عند تخفيض نسبة الماء للإسمنت إلي 0.45.
3. عند زيادة كمية الركام الناعم إلي 0.48 فإن قيم المقاومة تتراجع في حدود من (2~3) ن/مم² وهذا أيضا له تأثير علي القدرة التشغيلية حيث لوحظ أن مقدار الهبوط يقل بنسبة (30~36)% عند قيم مختلفة من نسبة الماء للإسمنت لجميع الخلطات الخرسانية.

5. التوصيات

1. يوصي بإجراء دراسات مفصلة ودقيقة حول كمية العجينة الإسمنتية في الخلطة الخرسانية ومدى تأثيرها علي خواص الخرسانة المختلفة باستخدام المواد المحلية، علي سبيل المثال مقاومة الانحناء والشد والديمومة.
2. يوصى في هذا الجانب زيادة البحث في إمكانية تحسين الانخفاض في التشغيلية باستخدام الإضافات الملدنة للوصول إلي القيم المثلي من نسبة الركام الناعم للركام الكلي تحقيقاً للهدف من زيادة الركام الناعم والتقليل من الركام الخشن.
3. يوصي بإجراء دراسات مشابهة ولكن باستخدام أنواع أخرى من المواد المحلية كالركام الخشن والناعم و نسب مختلفة من الخلط للحصول علي بيانات تشمل كافة مناطق تواجد هذه المواد.

6. المراجع

- [1] M.L. Gambhir, Concrete Technology, 2nd Edition, McGraw- Hill, USA, (1986).
- [2] م. شريف فتحي الشافعي، "هندسة وتكنولوجيا الخرسانة"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2011.

- [3] A. Amin, S. Ahmad, Z. Wadud : Effect of ACI Concrete Mix Design Parameters on Mix Proportion and Strength ,Bangkok ,Thailand, (1999).
- [4] S. Diamond: The microstructure of cement paste and concrete a visual primer, Cement & Concrete Composites 26 (2004) pp.919 –982.
- [5] Neville A.M: Properties of concrete, Pearson Education Limited, England,(2005).
- [6] P. Chindaprasirt, S. Hatanaka, T. Chareerat, N. Nishima, Y. Yuasa : Cement paste characteristics and porous concrete properties, Construction and Building Materials 22 (2008)pp.901-912.
- [7] H.Atahan, O. NuriOktar, M. Tasdemir :Effects of water- cement ratio and curing time on the critical pore width of hardened cement paste, construction and Building materials, 23 (2009)pp 1196-1200.
- [8] المواصفة القياسية الليبية رقم 340 "الاسمنت البورتلاندي" المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، ليبيا، 1997.
- [9] المواصفة القياسية الليبية رقم 294 "المياه المستعملة في الخرسانة" المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، ليبيا، 1988.
- [10] المواصفة القياسية الليبية رقم 49 "ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية" المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، ليبيا، 2002.
- [11] British standard testing concrete, part :102.Method for determination of slump.
- [12] British standard testing concrete, part :116.Method for determination of compressive strength of concrete
- [13].أ.د. عمر محمد بن ساسي "دراسة تأثير الملدنات الفائقة علي مقاومة ومسامية الخرسانة" المؤتمر الوطني الخامس لمواد البناء والهندسة الإنشائية، ص205-2010.

تأثير الامتداد العمراني العشوائي على الطرق

دراسة تطبيقية على الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان

د. رجب بشير محمد عكره أ. خالد الرماح محمد خليفة أ. خالد جمعة العجيلي عبدالله

جامعة الزنتان - كلية الهندسة - قسم العمارة والتخطيط العمراني

Khaled.ramah@uoz.edu.ly

ملخص الدراسة

يعتبر الامتداد العمراني العشوائي من اكبر المشاكل ذات التأثير السلبي على الطرق العامة، في ظل غياب القوانين والتشريعات المنظمة للبناء والامتداد العمراني. يتناول البحث دراسة وتحليل أثر الامتداد العمراني العشوائي على الطرق عامة والطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان خاصة، حيث يعتبر الطريق الاقليمي الشريان الرئيسي الذي يربط مدينة الزنتان بالمدن والتجمعات العمرانية، من خلال الدراسة تبين ان الطريق يعاني من اختناقات مرورية سواء لسكان المدينة او العابرين منها، وقد وصل لمرحلة يتعذر معها تطبيق اي حلول لتطويره، فالامتداد العمراني العشوائي حال دون امكانية ازدواجه وفتح مسارات خدمية على جانبيه وعدم ترك محاور امتداد عمراني امناً ومستقبلياً جراء المخالفة لقوانين وتشريعات مصلحة التخطيط العمراني. تأسيساً على ذلك جاءت هذه الدراسة للتعرف على تأثير ظاهرة الامتداد العمراني العشوائي على الطرق، لأجل الوصول الى المعالجات التخطيطية التي يجب مراعاتها، وذلك من خلال اتباع المنهج الوصفي والتحليلي لتأثير ظاهرة هذا الامتداد على الحركة المرورية وطبوغرافية الارض وعلى الرؤية البصرية والاراضي الزراعية، ومن تم الوصول الى نتائج وتوصيات يمكن الاستعانة بها في معالجة هذه الظاهرة.

الكلمات الدلالية: الامتداد العمراني العشوائي، الطرق، مدينة الزنتان، المنهج الوصفي والتحليلي.



Abstract

Unplanned urban extended is one of the biggest problems with a negative impact on public roads, in the absence of laws and legislation regulating construction and urban extended. The research aims to study and analyze the impact of random urban extension on roads in general and the regional road passing through the city of Zintan in particular, where the regional road is the main artery that connects the city of Zintan with other cities and urban communities.

Through the study, it was found that the road suffers from traffic jams, whether for residents of the city or those passing through it, and it has reached a stage where it is impossible to implement any solutions to develop it. The random urban extension prevented the possibility of duplication and opening service paths on its sides and not leaving the axes of urban extension safe now and in the future due to the violation of the laws and legislation of the Urban Planning Department.

So this study came to identify the impact of the phenomenon of random urban sprawl on roads, in order to reach the planning treatments that must be taken into account, by following the descriptive and analytical approach to the effect of the phenomenon of this sprawl on traffic movement and the topography of the land and on the visual vision and agricultural lands. It can be used to address this phenomenon now and in the future.

المقدمة

الامتداد العمراني العشوائي ظاهرة عالمية تنتشر في معظم دول العالم النامية والمتقدمة، ويأتي في مقدمة المشاكل العمرانية التي تواجهها المدن بأحجامها المختلفة جراء المعدلات السنوية لزيادة عدد سكانها، وحاجتهم للمباني السكنية والخدمية بمساحات تفوق قدرة المخططات القائمة على استيعابها، وأصبحت تحديا امام الادارات الحكومية ومعوقا للتطوير والتنمية ومستنزفا للموارد الطبيعية والمالية [1]، ويعتبر الامتداد العمراني العشوائي على الطرق من اكبر المشاكل ذات التأثير السلبي على الجوانب الاجتماعية والسياسية والاقتصادية والامنية في ظل غياب القوانين والتشريعات المنظمة للبناء والامتداد

العمراني[2]، وتتناول هذه الورقة بالدراسة والتحليل ظاهرة الامتداد العمراني العشوائي على الرود القانونية لجانبى الطريق الاقليمى المار بمدينه الزنتان، وانعكاساته السلبىة عليه لإيجاد رؤية مستقبلية لمعالجة المشاكل القائمة وتحديد محاور امتداد عمراني مستقبلى للمدينة.

المشكلة البحثية

تتمثل مشكلة البحث فى ظاهرة الامتداد العمراني العشوائي على الرود القانونية لجانبى الطريق الاقليمى المار بمدينه الزنتان، والذي يعتبر الشريان الرئيسى الذى يربط المدينة بالتجمعات العمرانية بامتداد اقليم الجبل الغربى.

أهداف الدراسة

يهدف البحث الى إيجاد حل لمشكلة الامتداد العمراني العشوائي على الطريق الاقليمى المار بمدينه الزنتان وذلك من خلال:

- تسليط الضوء على ظاهرة الامتداد العمراني العشوائي.
- الوقوف على الاسباب والعوامل التى ساهمت فى الامتداد العمراني العشوائي.
- حصر الاثار السلبىة للامتداد العمراني العشوائي بمنطقة الدراسة.
- تحديد محاور الامتداد العمراني المستقبلى الأمن لمخطط المدينة.
- الخروج بنتائج وتوصيات خاصة بظاهرة البناء العشوائي لأجل تنبيه الجهات ذات العلاقة للعمل على إيقافها ووضع حلول واستراتيجيات لمعالجتها.

موقع وحدود منطقة الدراسة

تتناول الدراسة بشكل عام مسار الطريق الاقليمى المار بمدينه الزنتان، والممتد من الحدود الادارية لمدينة الرياينة شرقا الى الحدود الادارية لمدينة الرجبان غربا، شكل (1) والتركيز على مسار الطريق من كلية التربية الى مصحة الجبل خاصة بطول (3700 متر) لتكون نموذجا للدراسة الميدانية.



شكل (1) مسار الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان (منطقة الدراسة) [3]

منهجية الدراسة

تم اتباع المنهج الوصفي والتحليلي لتحقيق اهداف البحث، من خلال دراسة تحليلية لظاهرة الامتداد العمراني العشوائي على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان، وتأثيره على استعمالات الاراضي وطبوغرافية الارض وحركة المرور والرؤية البصرية والاراضي الزراعية .

مفهوم الامتداد العمراني العشوائي

يعرف الامتداد العمراني العشوائي بانه التوسع والزحف على ارضي المخططات العمرانية بالبناء العشوائي، بالمخالفة لاستعمالات الاراضي ولقوانين وتشريعات التخطيط العمراني.

طرق معالجة الامتداد العمراني العشوائي

الازالة والاحلال : تستخدم عملية الإزالة والاحلال في المناطق العشوائية التي تعاني تدني كبير في البيئة العمرانية، ويعتبر هذا الاسلوب باهظ التكاليف لذلك يقترح ان يقتصر تطبيقه على الحالات التالية [4]:-

- افتقار المنطقة للخدمات الأساسية كالمياه والكهرباء والصرف الصحي.
- وجود مخاطر بيئية او تلوث لا يمكن معالجتها.
- المباني القديمة والمتهالكة، وعدم توفر الخصوصية بها لتقاربها وضيق شوارعها.
- انتهاء العمر الافتراضي للمباني، مما يجعلها غير مؤهلة للاستعمال.

التأهيل والتطوير : يتم اعادة تأهيل وتطوير المناطق العشوائية التي لا تتطلب الإزالة، من خلال دراستها ووضع بدائل تخطيطية لتطويرها، ورفع كفاءتها وإعادة تأهيلها [5].
تطويق المناطق العشوائية : يهدف هذا الاسلوب إلى الحد من امتداد المناطق العشوائية والزحف على المناطق المجاورة المحيطة بها، واحتوائها من خلال تطويق المناطق القابلة للامتداد العشوائي [6].

الدراسة التطبيقية

تناولت الدراسة التطبيقية للبحث عمل دراسة احصائية للمباني العشوائية على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان.
يوضح الجدول رقم (1) عدد وتصنيف المباني العشوائية المقامة على جانبي الطريق المستهدف بالدراسة.

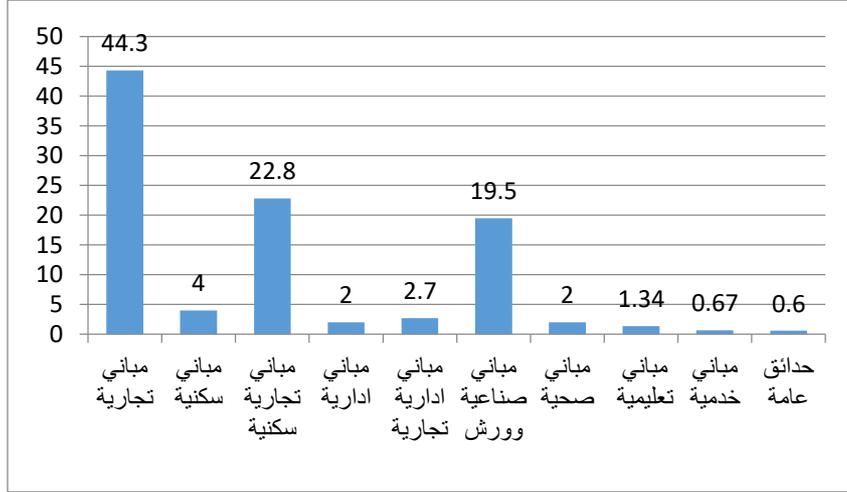
جدول رقم (1) حصر المباني العشوائية على جانبي الطريق المستهدف بالدراسة

النسبة %	العدد	تصنيف المبنى	النسبة %	العدد	تصنيف المبنى
19.5	29	مباني صناعية وورش	44.3	66	مباني تجارية
2	3	مباني صحية	4	6	مباني سكنية
1.34	2	مباني تعليمية	22.8	34	مباني تجارية سكنية
0.67	1	مباني خدمية	2	3	مباني ادارية
0.67	1	حدائق عامة	2.7	4	مباني ادارية تجارية
149		اجمالي عدد المباني العشوائية			

دراسة وتحليل الامتداد العمراني العشوائي على جانبي الطريق المستهدف

أولاً: دراسة وتحليل المباني العشوائية على جانبي الطريق

من خلال ما سبق تبين ان ما يقارب من 44.3% من المباني العشوائية ذات استعمال تجاري، تليها المباني التجارية السكنية بنسبة 22.8% تم المباني الصناعية والورش بنسبة 19.5%. كما هو موضح بالشكل (2).



شكل رقم (2) مخطط بياني يوضح نسب المباني العشوائية

ثانيا : دراسة وتحليل استعمالات الاراضي

1. استعمالات الاراضي (وفق المخطط المعتمد)

من خلال دراسة المخططات العمرانية المعتمدة للمدينة، تبين وجود ردود وحزام اخضر على جانبي الطريق الاقليمي حسب الرموز المبينة على الخريطة (ر4) (S4) بعرض يتراوح من (30 الى 60) متر، بالإضافة الى وجود طرق خدمات على جانبي الطريق، كما موضح بالشكل رقم (3) وهذا يخالف قرار اللائحة التنفيذية لقانون التخطيط العمراني رقم 3 لسنة (2001 م) في المادة (67)، والتي تنص على انه يجب ترك منطقة حماية على الطرق السريعة والرئيسية والعامة التي تربط بين المدن والاقاليم، والطرق الدولية التي تخترق المخططات الحضرية بمسافة لا تقل عن 50 مترا من حافة الطريق، والا يكون التخصيم الا من خلال طرق جانبية تسمى طرق الخدمات لا تتقاطع مع الطرق السريعة والرئيسية الا من خلال تقاطعات راسية او من خلال جزر دوران وتحكم[7].



شكل (3) يوضح وجود الحزام الاخضر والردود القانونية على جانبي الطريق الاقليمي
المر بمخطط المدينة [8]

2. استعمالات الاراضي (الوضع القائم)

عند دراسة وتحليل استعمالات الاراضي على جانبي الامتداد العمراني للطريق الاقليمي، تبين تعدي بعض المباني العشوائية على الردود القانونية لجانبي الطريق كما في الشكل (4)، كما تم سد معابر تصريف مياه الامطار واستغلال سطح الطريق لتصريفها، ما ادى لهبوطها وانجرافها بالمخالفة لنص المادة (30) من قانون التخطيط العمراني رقم 3 لسنة (2001م) والتي تنص على انه لا يجوز الترخيص بالبناء خارج المخططات الحضرية الا للمشروعات الاستراتيجية، او لغرض خدمات الطرق وفقاً للشروط اللازمة لذلك، كما نصت المادة (31) على انه لا يجوز الترخيص ببناء او استعمال الفراغات لغير الاغراض المعتمدة بالمخطط، ولا يجوز تحويل المباني السكنية كلياً او جزئياً لأغراض تجارية او غيرها، كما لا يجوز اعتبار الفراغات المتروكة حول الطرق وزوايا الرؤية زوائد، ويمنع ضمها او استعمالها الا في الاغراض التي اعتمدت من اجلها [7].



الشكل (4) يوضح الامتداد العمراني العشوائي على جانبي الطريق الاقليمي [3]

ثانيا : دراسة وتحليل تأثير الامتداد العمراني العشوائي على طبوغرافية الارض عند دراسة طبوغرافية الارض على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان ومن المقارنة بين الصور الجوية بالقمر الصناعي في سنة 2004 وفي سنة 2019 والزيارة الميدانية لموقع الدراسة، تبين ان مياه الامطار كانت تتساب عبر اودية صغيرة على جانبي امتداد محور الطريق لتصب في الأودية الرئيسية المؤدية الى سهل الجفارة، ونتيجة للبناء العشوائي تم ردم معابر سيول مياه الامطار على جانبي الطريق مما ادى الى تصريف مياه الامطار على سطح الطريق كما في الشكل (5)، وانعكس ذلك سلبا على الطريق بانجرافها وهبوطها المرهلي بالمخالفة للمادة (7) الفقرة (أ) من قانون التخطيط العمراني رقم 46 لسنة 1970 بشأن الطرق العامة، والتي تنص على انه لا يجوز بغير ترخيص من الإدارة العامة للطرق تشجير الأراضي الواقعة خارج الاتساع النهائي المعتمد لكل طريق لمسافة عشرين مترا بالنسبة إلى الطرق السريعة، أو إقامة مباني عليها أو إحداث حفر بها أو خنادق أو مصارف مياه أو إجراء أي عمل فيها من شأنه تعريض سلامة الطريق للخطر أو إعاقة تحسينه أو توسيعه مستقبلا ، كما نصت المادة (10) الفقرة (6، 7) على انه لا يجوز التعدي على الطرق العامة، وتحظر بصفة خاصة منع جريان المياه منها إلى الحفر أو القنوات والأراضي المنخفضة المجاورة لها ولو كانت ملكا للأفراد أو الهيئات الخاصة، كما يمنع إغراقها بمياه الري أو المجاري أو غيرها [9].



شكل (5) البناء العشوائي على جانبي الطريق الاقليمي وسد معابر مياه الامطار واستخدام سطح الطريق لتصريفها (تصويرالباحثون)

ثالثا : تأثير الامتداد العمراني العشوائي على الحركة المرورية

أثرا الامتداد العمراني العشوائي على جانبي الطريق الاقليمي وأدى الى ظهور مباني تجارية وسكنية وورش صناعية، سببت في اختناق الحركة المرورية وزحفت على الرود القانونية للطريق، والذي تُرك لغرض ازدواج الطريق مستقبلا وتنفيذ الطريق الخدمي على جانبيه كحل لانسيابية الحركة المرورية العابرة على المستوى الاقليمي، وتقادي الازدحام المروري للمدينة على المستوى المحلي، والشكل رقم (6) يوضح المباني العشوائية المقامة على الطريق الاقليمي مباشرة بدون ترك أي ارتداد قانوني على جانبيه، ما أدى للازدحام وارباك الحركة المرورية العابرة على المستوى الوطني وعلى الحركة المرورية لسكان المدينة، وحال دون تنفيذ ازدواجية الطريق وتنفيذ الطريق الخدمي على جانبيه حسب ما هو مخطط له بما يواكب زيادة عدد السكان وحركة المرور.



الشكل (6) عرقلة الحركة المرورية بسبب الامتداد العمراني العشوائي على جانبي الطريق الاقليمي واقامة مباني عشوائية مختلطة الاستعمالات (تصوير محمد درديره)

رابعاً : تأثير الامتداد العمراني العشوائي على الرؤية البصرية

ادى الامتداد العمراني العشوائي لتعدد استعمالات الاراضي الغير مدروس على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان الى تشوه بصري جراء رداءة التصميم المعماري والتخطيط العمراني، بالإضافة الى امتداد شبكة الكهرباء والاتصالات الهوائية العشوائية مما اثرا سلبا على الرؤية البصرية للطريق، وذلك لان الغالبية العظمى للمباني تم تصميمها وتنفيذها من قبل الملاك دون مراعاة الجوانب المعمارية والتخطيطية، حيث تفتقر لأبسط الاسس التصميمية والمعايير التخطيطية للمباني ولم تخضع للضوابط والتشريعات القانونية والكثافة البنائية المحددة لارتفاعات المباني ومسافات الارتداد بما يتفق مع معايير التخطيط العمراني المعتمدة، مع عدم وجود الفراغات العامة والمساحات الخضراء والحدائق المفتوحة والذي كان له الاثر الكبير في التلوث البصري العمراني لعابري الطريق كما موضح بالشكل (7).



الشكل (7) التلوث البصري الناتج عن تعدد استعمالات الاراضي ورداءة التصميم المعماري للمباني (تصوير الباحثون)

خامساً : تأثير الامتداد العمراني العشوائي على الاراضي الزراعية

من خلال المراجعة والمطابقة للصور الجوية للفترة ما بين (2004م - 2019م) والموضحة بالشكل رقم (8)، تبين ان اغلب اشجار الزيتون الموجودة على جانبي الطريق تم ازالتها لغرض انشاء مباني تجارية وسكنية حلت مكان الحزام الاخضر الذي يحمي رودود الطريق الاقليمي لغرض التوسع المستقبلي، وهذا مخالف للقانون رقم 46 لسنة

1970 بشأن الطرق العامة حسب نص المادة (10) الفقرة (4) بحضر إتلاف الأشجار المغروسة على جانبي الطرق العامة أو العلامات المبينة للمسافات أو الاعمال الصناعية الملحقة بها[9].



(2019)

(2004)



شكل (8) الاعتداء الجائر على المناطق الخضراء والساحات المفتوحة وإزالة اشجار الزيتون على جانبي الطريق الاقليمي واقامة مباني تجارية مكانها[3]

نتائج الدراسة

من خلال ما سبق تبين ان الامتداد العمراني العشوائي اثر بشكل سلبي على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان، على اداء الطريق لوظيفته الرئيسية نتيجة لما يلي:-
1- كثرة الازدحام المروري أدى لاستخدام جانبي الطريق لوقوف السيارات امام المقاهي والمطاعم والمحلات والورش.

- 2- التعدي على معايير تصريف مياه الامطار بردمها والبناء عليها، أدى الى تحويل سطح الطريق كمجرى لتصريفها ما سبب في انجرافها وهبوطها.
- 3- ظهور تلوث بصري بامتداد الطريق جراء الامتداد العمراني العشوائي على رود وحرم الطريق الاقليمي القانونية، وذلك بالمخالفة للقوانين والتشريعات المنظمة لعملية البناء حيث تم بناء مباني خدمات متعددة ومتداخلة الوظائف، فالورش بجانب المقاهي والمطاعم وصيانة السيارات والاطارات بجانب المحلات التجارية وغيرها.
- 4- الزحف على الاراضي الزراعية على جانبي الطريق الاقليمي والتي كانت مخصص لغرس اشجار الزيتون، حيث تمت ازلتها وانشاء مكانها ابنية تجارية وورش وغيرها من المباني العشوائية.
- 5- ادى الامتداد العمراني العشوائي الى تقييد التوسع المستقبلي للمخطط العمراني للمدينة، وعرقلة تخطيط وتنظيم استعمالات الاراضي بالإضافة الى صعوبة توفير الخدمات الاساسية للمباني مثل (شبكات الكهرباء-الصرف الصحي-المياه-الاتصالات-.....الخ).

التوصيات

- 1- العمل على ايقاف ظاهرة الامتداد العمراني العشوائي والزحف على الرود القانونية للطرق داخل وخارج المخططات، وذلك بتفعيل مؤسسات الدولة التي لها علاقة بالتخطيط العمراني واشراكها لإداء دورها الوطني.
- 2- قيام مصلحة التخطيط العمراني والجهات ذات العلاقة بإعداد مخططات تنظيمية للامتداد العمراني العشوائي، وتحديد محاور الامتداد العمراني المستقبلي داخل مخططات المدن وخارجها.
- 3- تطوير قوانين وتشريعات المباني المنظمة لعملية البناء وعدم التساهل في تطبيقها لتحقيق الامتداد العمراني الامن انياً ومستقبلياً.

- 4- وضع معايير تخطيطية ومتابعة تنفيذها فيما يخص استعمالات الاراضي وشبكات الطرق، كدليل ارشادي لمتابعة المكاتب الاستشارية الوطنية والاجنبية التي تقوم بأعمال التخطيط العمراني.
- 5- تفعيل نقابة المهن الهندسية لتقوم بواجبها الوطني واعداد دلائل ارشادية للتصميم المعماري والتخطيط العمراني، لتكون بمثابة منهج عمل ملزم للمكاتب الاستشارية والهندسية.
- 6- تشديد الرقابة على المكاتب الهندسية ومنعها من اعطاء رخص بناء خارج المخططات المعتمدة من الجهات المختصة.
- 7- اعداد دراسات تخطيطية لتطوير وتأهيل المباني العشوائية على جانبي الطريق الاقليمي المار بمدينة الزنتان وتوفير المرافق والخدمات لها.
- 8- ترحيل مسار الطريق الاقليمي الحالي المار بمدينة الزنتان الى خارج حدود المدينة جنوبا، من البوابة الشرقية بالحدود الادارية مع مدينة الريانية الى البوابة الغربية بالحدود الادارية مع مدينة الرجبان.
- 9- اعادة تصنيف الطريق الاقليمي الحالي الى طريق تجميعي بعد تنفيذ الطريق الاقليمي الجديد.
- 10- رصد المخصصات المالية اللازمة لأعمال التطوير العمراني ولأعداد الدراسات التخطيطية ومتابعة تنفيذها.

المراجع

- [1] رجب عكره، الامتداد العمراني للمدن الساحلية الليبية، رسالة دكتوراه (غير منشورة) 2005م.
- [2] خالد بن صالح الزهراني، المناطق العشوائية بمكة المكرمة بين الواقع والمأمول، رسالة ماجستير (غير منشورة) - 1435 هـ - 1436 هـ.
- [3] برنامج Google earth.

- [4] الاسكوا ، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا ، "السياسات الإسكانية والتحضر"، الامم المتحدة ، نيويورك، 2003م.
- [5] فرج مصطفى الصرغدي، استراتيجيات تطوير المناطق العشوائية في محافظات غزة، رسالة ماجستير (غير منشورة) - 2011م.
- [6] جمال مطلق، حيدر الشبر، تحديد مقترحات لحل مشكلة السكن العشوائي، بمجلة المخطط والتنمية - العدد 33 - 2016م.
- [7] قانون التخطيط العمراني رقم 3 لسنة (2001 م) مصلحة التخطيط العمراني.
- [8] المخطط العام لمدينة الزنتان، ارشيف مكتب التخطيط العمراني الزنتان.
- [9] قانون التخطيط العمراني رقم 46 لسنة (1970 م) مصلحة التخطيط العمراني.

تحسين الأداء في شبكات السفن المضطربة الجزء الأول - دراسة مقارنة

طارق العائب، سالم الشفاط، محمد باتي

قسم الهندسة الكهربائية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، طرابلس.

Tarekalayeb@gmail.com

الملخص

في هذه الورقة تم عرض ومناقشة المصادر والحالات العابرة للمتغيرات الكهربائية في شبكات الطاقة الكهربائية والنشوء التوافقي للسفن ومعاملات وطرق التصنيف. علاوة على ذلك، تقوم الورقة بمناقشة ومقارنة القضايا ذات الصلة التي تتناولها المعايير المحددة من قبل مؤسسات التصنيف البحرية المطبقة على متن السفن، مع مراعاة الوضع القياسي لأنظمة الطاقة الدولية المماثلة. أيضا يتم التطرق الي الشروط المستخدمة في تشغيل مولدات التيار المتناوب والتي يراد بها العمل بالتوازي مع متن السفن. تم اقتراح حل لتحسين أداء شبكات السفن وذلك بإضافة عاكس جهدي متعدد المستويات يعمل بالتوازي مع الشبكة وسوف تتم المقارنة بين انواع عواكس متعددة المستويات. الكلمات الدالة: PSQ، الحالات العابرة، نظام قدرة السفن، مؤسسات التصنيف البحري، التوافقيات.

Abstract

The sources and transient effects of electrical variables and harmonic distortion in ships electrical power networks, and the parameters and methods of characterization, were presented and discussed. Furthermore, the paper investigates, discusses and compares relevant issues by standards defined by marine classification institutions applicable on board ships, taking into account the standard setting of similar international energy systems.

The conditions used in the operation of alternating current generators that intended to work in parallel with the ships' board, also been discussed. The proposed solution is by adding a multi-level voltage inverter that works in parallel with the network. A comparison will be made between the types of multi-level inverters.

Key words: PSQ, Transients, shipboard power system, marine classification institutes, harmonics.

1. المقدمة

جودة إمداد الطاقة (PSQ) Power Supply Quality هو مصطلح يشير إلى نطاق واسع لمجموعة متنوعة من الاضطرابات في الشبكات الكهربائية للسفن [1][2]. ويتم تقييمها مقابل مجموعة من المعايير التقنية المرجعية. المعايير الدولية تحدد الظروف الاسمية والانحرافات عن هذه الشروط الاسمية في أنظمة الإمداد بالطاقة. تعتبر هذه الانحرافات بمثابة اضطرابات في جودة الطاقة، ويتم تمييزها باستخدام مجموعة من المؤشرات وطرق القياس.

تعد جودة الطاقة الكهربائية من العوامل المهمة لاستقرار شبكات أنظمة القدرة على متن السفن والتي زاد التركيز عليها في السنوات الاخيرة. لا تؤثر جودة الطاقة الرديئة على أداء الكهرباء لتركيبات السفينة فقط، لكنها تؤثر أيضًا بشكل كبير على كفاءة استخدام الطاقة، وأمن الملاحة وسلامة الأرواح في البحر [2].

2. معاملات (بارامترات) التوصيف

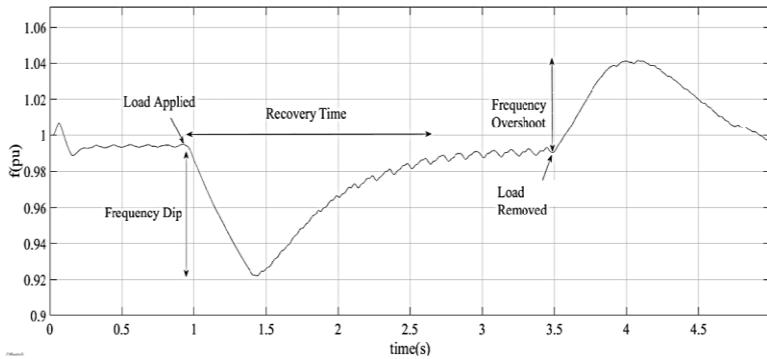
في المؤلفات (بما في ذلك المعايير ذات الصلة) كان هناك عمل كبير على قضايا زيادة الجهد (والتيار) في أنظمة طاقة التيار المتردد ذات الجهد المنخفض في (Institute of Electrical and Electronics Engineers) IEEE 1159 [3]، وهو أحد المعايير الرئيسية في PSQ، يتم تصنيف الظواهر الكهرومغناطيسية للطاقة إلى 7 مجموعات، المجموعات 1 و 2 عابرة واختلافات قصيرة المدى. تنقسم كل مجموعة إلى فئات ذات خصائص محددة، كما هو مبين في الجدول 1.

الجدول 1. تصنيف الأحداث الكهرومغناطيسية وفقاً لـ IEEE1159 .

Impulsive Transients			
Rise time	5 nsec	1msec	0.1 msec
Duration	< 50 nsec	50nsec -1 msec	> 1 msec
Oscillatory Transients			
Frequency	< 5 kHz	500-5kHz	5-0.5MHz
Duration	0.3 – 50msec	20 µsec	5 µsec
Short duration variations – Voltage dips & Interruptions			
Duration	0.530cycles	30 cycles - 3 sec	3 sec - 1 min
Short duration variations – Voltage swells			
Duration	0.5-30cycles	30 cycles - 3 sec	3 sec - 1 min

3. تغييرات الحمل وتأثيراتها على نظام الطاقة على متن السفن

نظام القدرة على متن السفينة عبارة عن شبكة معزولة، سعة التوليد محدودة مقارنة بالأحمال الكبيرة. هذا الضعف الجوهري لشبكات القدرة هو السبب الشائع والملاحظ في التغيير الغير الطبيعي والمتزامن في الجهد والتردد لأنظمة القدرة، والتي ترتبط عادةً بتبديل (إيقاف/تشغيل) أحمال القدرة الكهربائية الكبيرة، مثل الدوافع، المضخات ومضخات الحريق والضواغط، إلخ. مسببة بتجاوز هذه المعايير للمدى المحدد لفترة زمنية معينة. يوضح الشكل 1 مثالاً على تذبذب الجهد والتردد أثناء التبديل لمحرك كهربائي كبير وبالتالي فإن قدرة مولدات الديزل الكهربائية نسبة إلى قدرة تغييرات الحمل المفاجئة، لها تأثير كبير على الظروف العابرة لنظام القدرة [4].



شكل (1): التردد تحت تغيير الحمل

4. مقارنة تحليله وتقييمه لمعايير السفن

هناك معايير محددة من قبل مؤسسات التصنيف البحرية لوضع حدود للمتغيرات الكهربائية والتي في حالة تجاوزها يمكن أن تؤدي إلى التأثيرات الموضحة بالشكل 1 والتي يمكن أن تحدث بسبب انخفاض الجهد و / أو التردد. يمكن تطبيق هذه المعايير كمبدأ توجيهي عام لأنظمة القدرة على متن السفن. ومثال على ذلك تحدد مؤسسات التصنيف لديت نورسك فيريetas (Det Norske Veritas (DNV)، ومؤسسة لويدز للتصنيف Lloyd's Register (LRS)، واللجنة الكهروتقنية الدولية International Electrotechnical Commission (IEC) والمكتب الأمريكي للشحن American Bureau of Shipping (ABS) نفس الحدود لانحرافات التردد، ولكن الحد الأقصى لانحرافات الجهد الدائم هو $\pm 2.5\%$ في [5]، وتكون $\pm 20\%$ ؛ -15% في [6,5] لانحرافات قصيرة المدة. هذا مبين في الجدول 2. ويبلغ حد تذبذب الجهد المستقر 3.3% في [7].

جدول 2. المدى المقبول لتغير الجهد والتردد لأنظمة توزيع التيار المتردد.

Quantity in operation	Permanent Variation	Temporary Variation
Frequency	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$ (5s)
Voltage	+6% to -10%	$\pm 20\%$ (1.5s)

في الجدول 3 يعطي نظرة عامة للحدود المسموح بها من ارتفاعات للجهد العابر للعديد من معايير السفن وقواعد مؤسسات التصنيف البحرية.

الجدول 3. مقارنة للحدود المسموح بها من ارتفاعات للجهد العابر للعديد من معايير السفن

REGISTER	VOLTAGE TRANSIENT	VOLTAGE SPIKE
ABS (2005) BV(2003) DNV(2001) PRS (2002) RINA(2005)	$\pm 20\%$ (1,5s)	No
(LRS) (2001)	+20%, -15% (1,5s)	No
IEEE Std 45-1998	$\pm 16\%$ (2s)	$\pm 2500V$ (380V – 600V) 1000V (120V-240V)
STANAG 1008 (Ed.8, Ed.9)	$\pm 16\%$ (2s) [$\pm 22\%$ (2s)] 18-35V, 24Vdc	2.5kV, 440V 1kV, 115V 0.6kV, 24Vdc

تستخدم الأحمال غير الخطية في السفن الحديثة، والتي تنتج تشوهاً في شكل موجة الجهد، مما يؤثر في النهاية على نظام القدرة بأكمله، بحيث يبلغ التحميل غير الخطي في السفن التجارية والبحرية الحالية 80% من قدرة التوليد على متن السفينة إن تأثير التشوه التوافقي على المعدات المذكور في [8]، وينتج عن هذا التشوه خسائر إضافية في الآلات الكهربائية، وتأثيرات الرنين في نظام القدرة، وأجهزة قياس الأعطال والتحكم، وأجهزة حماية الاعطال أو التداخل في الأجهزة الإلكترونية، بما في ذلك الاتصالات ومعدات الملاحة. لذا فقد تبنت معظم مؤسسات التصنيف حدوداً لتشوه الجهد مشابهة لـ DNV و ABS. في المقابل، يستخدم LRS حد Total Harmonic Distortion (THD) بنسبة 5% من الجهد الأساسي في لوحة التوزيع أو لوحات التوزيع الفرعية، ويتم قياس التوافقيات حتى الرتبة 50، ولكنه يحدد حدًا صارمًا بنسبة 1.5% فقط لأي جهد فردي توافقي أعلى من الدرجة الخامسة والعشرين [7]. يلخص الجدول 4 حدود التشوه التوافقي للجهد في جميع ظروف التشغيل للتركيبات الكهربائية على متن السفن للمنظمات الدولية وجمعيات التصنيف البحرية.

جدول 4. أقصى تشوه للجهد لظروف التشغيل للتركيبات الكهربائية على متن السفينة.

	IEC	IEEE	DNV	ABS	LRS
Total harmonic distortion	5%	5%	5%**	5%	5%
Single harmonic	3%	3%	3%	3%	1.5%*

ولملاحظة مدي ظاهرة انحراف التردد في الشبكات المضطربة للسفن يمكننا مقارنتها مع الشروط الواردة في الأنماط الخاصة بالشبكات العامة فمثلا لدوائر الجهد المنخفض والمتوسط يحدد النمط الأوروبي EN50160 الحدود المسموحة لانحرافات قيمة التردد عن القيمة النمطية 50 هيرتز $\pm 1\%$ (49.5-50.5 هرتز) خلال 99.5% من الأسبوع، بأن لا تتحرف في حال من الأحوال عن -6% الي +4% (47-52 هرتز) خلال 100% من الأسبوع [9].

5. نظام الدفع السفن

يتكون نظام الدفع السفن من ثلاثة أجزاء: مصدر رئيسي للطاقة، ومحرك يحولها إلى شكل ميكانيكي، والدافع (الذي يدفع المياه المحيطة للخلف). يتم تشغيل معظم السفن حاليًا

بواسطة وقود سائل مخزن على متنها، ومحرك حراري يحول الطاقة الكيميائية لاحتراق هذا الوقود مع عامل مؤكسد، إلى الطاقة الميكانيكية اللازمة لأداء عمل الدفع فعليًا. وأبرز أنواع المحركات هي محرك ديزل محرك احتراق داخلي (ICE) External combustion engine، يعمل بدورة ديزل، باستخدام الديزل البحري أو زيت الوقود الثقيل. وتستوفي المحركات المصممة للاستخدام كمحركات رئيسية للمولدات المتطلبات المحددة التي تخص الآلات، الغلايات، غرف الضغط Pressure Vessels والمبادلات الحرارية المصنفة وفقا [10] Polish Register of Shipping (PRS).

ويتألف المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية من مولدين كهربائيين على الأقل مع محرك رئيسي مستقل. يكون عدد وسعة مجموعات التوليد ومحولات الطاقة التي تشكل المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية بحيث أنه في حالة توقف أي مجموعة توليد أو محول طاقة واحد، سيظل من الممكن أولاً بدء تشغيل المحرك الكهربائي بأقصى حد من تيار البدء في ظروف البدء الأشد قسوة، مع عدم حدوث هبوط من هذا القبيل في الجهد أو التردد قد يتسبب في اختلاف التزامن أو توقف مولد المولد الرئيسي، أو إيقاف تشغيل الآلات والأجهزة؛ ثانياً توفير الخدمات الكهربائية اللازمة لبدء محطة الدفع الرئيسية. تكون خصائص المنظم للمحركات الرئيسية المستخدمة في تشغيل مولدات التيار التناوب يراد بها العمل بالتوازي بحيث لا تختلف الأحمال الفعالة للمولدات بحدود 20% إلى 100% من الحمل التناسبي عن خرج المولدات الفردية بأكثر من 15% من الخرج الفعال لأكبر مولد يعمل بالتوازي أو 25% من الخرج الفعال للمولد، أيهما أصغر. أيضاً عندما يتم تشغيل مولدات التيار المتردد بالتوازي عند 20 إلى 100% من الحمل المقنن، يجب أن تكون تغيرات التيار المسموح بها في حدود $\pm 15\%$ من القيمة المقدرة للمولد الأكبر [10].

6. العواكس متعددة المستويات

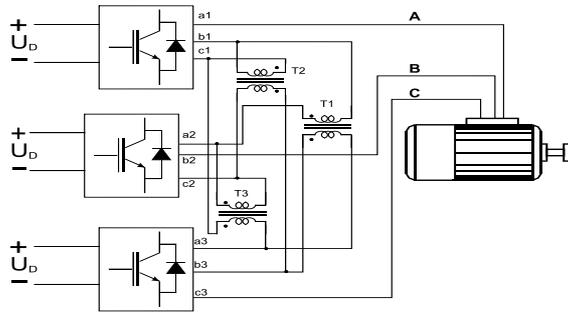
يعتمد الحل المقترح على إضافة عاكس جهدي متعدد المستويات يعمل بالتوازي مع الشبكة. من أجل اختيار نوع هذا العاكس، سوف تتم المقارنة بين أنواع عواكس متعددة المستويات. سيتم إجراء هذه المقارنات للحصول على جهد وتيار جيبي أفضل عند الخرج

وتحسين قيمة THD. يأخذ هذا التصميم في الاعتبار أن تطبيق نظام الطاقة الكهربائية البحرية يختلف اختلافاً كبيراً عن نظام القدرة على الأرض نظراً لطبيعته. أي نظام طاقة معزول، تكون سعة المحولات الكبيرة للسفينة ماثلة لقدرة محطة توليد الطاقة الخاصة بالسفينة. فهذا يعني أنه يجب مراعاة مدي اختلاف الحمل والتغير في التردد وأنواع كثيرة من الاضطرابات المصاحبة للتيار والجهد. في الوقت نفسه التقليل من التوافقيات، بشكل أساسي بواسطة عواكس متعددة المستويات.

بغرض مقارنة العاكس (Orthogonal Vectors Based Topology) OVT مع أنواع أخرى -ونظراً لضرورة الاختصار- سنكتفي هنا بمقارنته مع نوعين مختارين؛ الأول عاكس عديد المستويات ذي محول، حيث العاكس OVT هو عاكس بمحول. وكذلك سنقارنه بالعاكس IHC (Interleaved Hybrid Converter) ذي السبع مستويات لأن العاكس OVT هو أيضاً يمتلك سبع مستويات جهدية.

في المراجع العلمية، يتم تقسيم عاكس الجهد متعدد المستويات إلى نوعين رئيسيين:
▪ مع المحولات: أي التي تتم فيها عملية "جمع" الجهود على الخرج عن طريق استخدام المحولات.

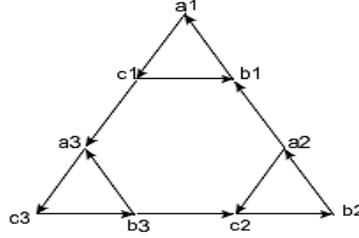
في الشكل (2) تم وضع رسم توضيحي لدائرة القدرة لعاكس جهدي بمحول. هذا التركيب تم اقتراحها في الورقة البحثية [11].



شكل (2): البنية التركيبية لدائرة القوى للعاكس الجهدى متعدد المستوى ذي المحولات

حيث ان عاكس الجهد يتكون من ثلاث عواكس نمطية ثنائية المستوى؛ يتم تغذيتها عن طريق ثلاث موحّدات (مقومات) سداسية النبضات والتي بدورها تتغذى من ثلاث محولات

ثلاثية الطور معزولة (في الرسم تم تجاوز ذلك). نظرا لأنه تم ربط هذه العواكس الثلاث بمحولات عليه فإنها توجد على جهود مختلفة بالنسبة لبعضها البعض. طريقة عمل هذا العاكس متعدد المستويات يمكن توضيحه على أساس الشكل 3.



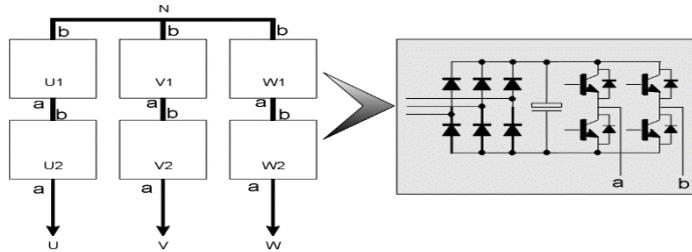
الشكل (3): مثلث المتجهات الجهدية للتوافقيات الأساسية

كما هو موضح بالشكل 3 ، الخرج A تم توصيله بالعاكس الأول مع الطور الأول a1 بينما الثاني B مع الطور الثاني b2 للعاكس الثاني، ونفس الشيء مع العاكس الثالث حيث تم ربط C مع C3. من البديهي أن كل عاكس لديه ثلاث أطوار بإزاحة 120° وهذا ما تمثله مثلثات الجهود في الشكل 3؛ حيث نلاحظ أن هذه المثلثات تمت إزاحتها جهدياً بالنسبة لبعضها البعض فمثلاً تمت إزاحة م1 بالنسبة لـ م2 أي جهد النقطة b1 بالنسبة لجهد النقطة a2 بواسطة فرق الجهد على خرج المحول T1 والذي تتم تغذيته بفرق الجهد V_{b3-a3} وهذا ما نستطيع أيضاً ملاحظته على الشكل 3 -تحديداً-توازي المستقيم a2-b1: P21 مع المستقيم a3-b3: P33 وهما يتناسبان مع فرق الجهود على طرفي المحول T1. نسبة الرفع الجهدي K_v هي نسبة طول P21 إلى P33. نفس العملية تتكرر بالنسبة لباقي الأطوار. القدرة الظاهرية للعاكس الجهدية متعدد المستوى (للتوافقية الأولى) هو ثلاث مرات أكبر منها لكل عاكس منهم منفرداً. الجدير بالذكر هنا أن مجموع القدرة الظاهرية للمحولات الثلاث هو أكبر من مجموع القدرات للثلاثة عواكس. إضافة الى ما تم ذكره فإن هذه العواكس تتغذى من مصادر معزولة، عليه فإن تغذيتها من الشبكة العامة سيتم عبر محولات وهي أيضاً ستكون قدرتها الكلية أكبر. ان ضرورة استعمال محولات كبيرة على المداخل والمخارج يجعل من التصميم مكلف الثمن، كبير

الحجم، مع زيادة الفاقد وبالتالي نقص الكفاءة الكلية ناهيك عن ظاهرة التشبع التي قد تحدث عند التحكم في نطاق الترددات المنخفضة أو عند حدوث عدم تماثل.

- بدون محولات: لا يحتوي هذا النوع على محولات على الخرج ولكن في كثير من الأحيان يحتاج إلى محولات مغذية من جانب المدخلات. أشهر هذه الأنواع (DCC NPC و Diode-Clamped Converters)، (Flying Capacitor Converters) و FCC و القناطر H المعزولة (IHC). أحد أشهر أنواع DCCs هو نوع NPC (Neutral Point Clamped Inverter)، والذي تم اقتراحه لأول مرة في الورقة [12].

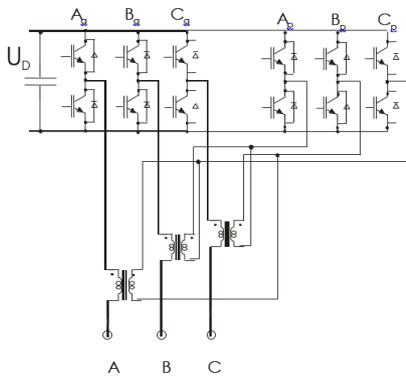
1. العواكس الجهدية متعددة المستويات نوع IHC تم تقديمها في العديد من الأوراق البحثية منها مثلاً لا حصراً [13]. يتركب العاكس IHC من خلايا كما بالشكل 4. توصل كل الخلايا على التوالي. تركيب الخلايا أيضاً موضع على يمين الشكل، وأيضاً هنا تم تجاوز وضع محولات التغذية حيث كل خلية تتغذى من لفة محول بشكل معزول عن البقية. نظرية عمل العاكس بسيطة وتعتمد على الجمع الجبري لجهود الخلايا؛ ويكون هناك ثلاث مستويات جهدية لخرج كل قنطرة حسب حالة التشغيل للترانزستورات.



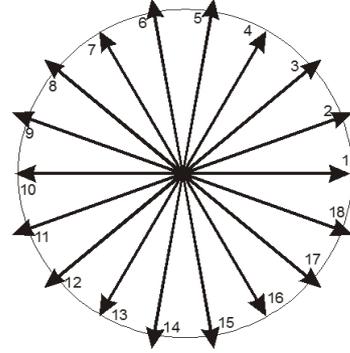
شكل (4): عاكس جهدي ذي قناطر IHC خماسي المستويات

2. العاكس الجهدي ذي المتجهات المتعامدة والذي سنشير اليه اختصاراً بـ OVT تم تقديمه في الأوراق البحثية [14][15] وهو عبارة عن عاكس جهدي متعدد المستويات لتحسين شكل موجة جهد الخرج في التطبيقات التي تكون فيها حاجة لموجة جهدية شبيهة بالجيبية؛ بتعبير أكثر دقة؛ تحسين قيمة THD. العواكس الجهدية متعددة المستويات أضحت تستعمل بشكل أكبر في نطاق الجهود المتوسطة والعليا [16][17]. الشكل 5

يوضح تركيبية دائرة القوى للعاكس OVT عدد 2 عواكس جهدية نمطية ثنائية المستوى؛ الأول (الذي على اليسار) هو العاكس الرئيس ويمثل عاكس القوى حيث مهمته إنتاج القدرة الفعالة، وبالتالي تغذية الحمل بالطاقة اللازمة. ايضاً أن أطوار الحمل متصلة مع هذا العاكس ومعزولة عن العاكس المساعد (الذي على اليمين) والذي يمثل العاكس المرشح. ينتج العاكس الرئيس ستة متجهات فراغية فعّالة ومتجهين صفرين، ويضيف العاكس المساعد ثلاثة متجهات -أحدها صفر- مع كل متجه فعّال للعاكس الرئيس؛ وبالتالي ينتج لدينا 18 متجهاً فعالاً للعاكس OVT ومتجهان صفرين. الشكل 6 يصف المتجهات الفراغية الفعّالة لجهد المخرج؛ ومن الشكل نجد أنه لدينا عدد 18 متجهاً فراغياً. المتجهات 1، 4، 7، 10، 13، 16 هي المتجهات الفعّالة الستة للعاكس الرئيس، بينما باقي المتجهات يتم الحصول عليها بإضافة متجهات عمودية لهذه الستة كما سبق ذكره [17].



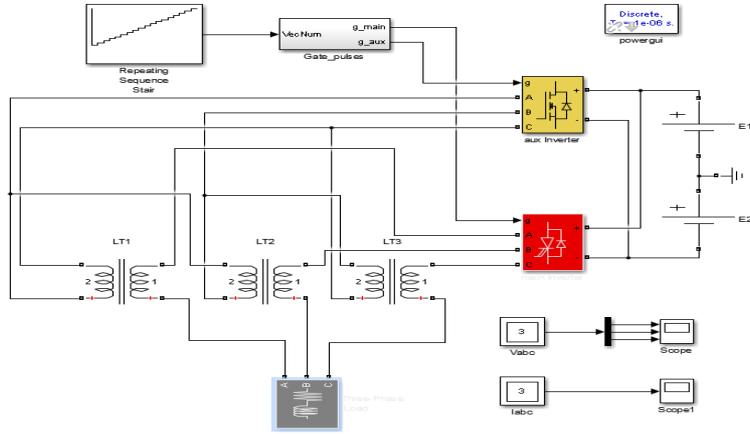
الشكل (5): دائرة القدرة الكهربائية للعاكس الجهدية ذي المتجهات المتعامدة OVT



الشكل (6): المتجهات الفراغية لجهد المخرج للعاكس الجهدية OVT.

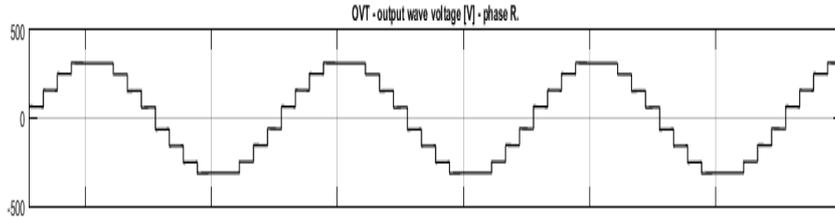
7. التشبيه الحاسوبي لعمل العاكس الجهدية متعدد المستويات نوع OVT

يوضح الشكل 7 العاكس الجهدية OVT وذلك باستخدام برنامج الماتلاب الذي سيتم الاستفادة منه لاختبار صحة الفرضية.



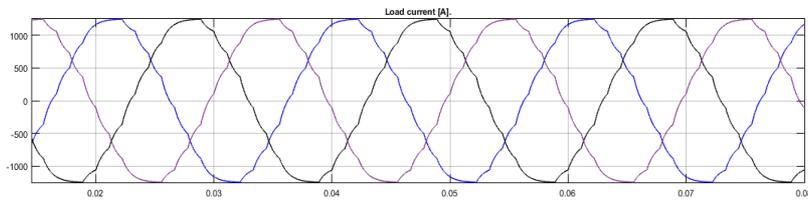
الشكل (7): دائرة OVT مع حمولة مادية 200kW وحمولة حثية 50kVAR

العاكس ينتج 18 متجهاً فراغياً من المتجهات النشطة ومتجه واحد صفري. عند تبديل المتجهات النشطة بالترتيب من 1 إلى 18 فإننا نحصل على موجة جهدية لحظية كما بالشكل 8. معامل التشويه الطيفي THD لهذه الموجة هو 10%.



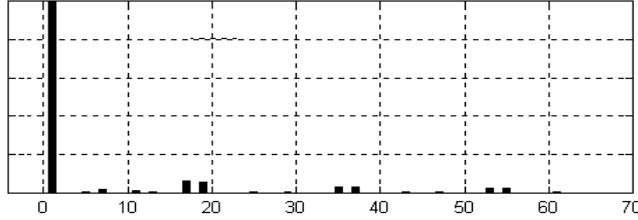
الشكل (8): الموجة للحظية الجهدية على مخرج العاكس الجهدية نوع OVT

نظراً لأن الحمل يحتوي على حمولة (مادية - حثية) والحثية بطبيعتها ترشح التوافقيات العليا بالتيار فإن شكل الموجة اللحظية للتيار المار بالحمل المادي 100kW والحثي 50kVAR يكون كما بالشكل 9.



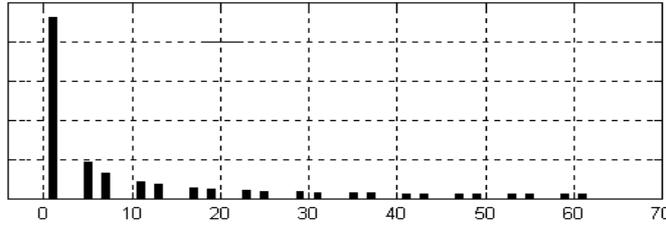
الشكل (9): الموجة اللحظية لتيار التغذية للحمل 200kW مادي و 50kVAR حثي.

الطيف الترددي للموجة الميمنة في الشكل 8 موضح بالشكل 10 تم وضع الطيف الترددي للموجة الجيبية للعاكس الرئيس.



شكل (10): الطيف الترددي للموجة من الشكل (8)

نلاحظ على الشكل 10 -تقريباً- اختفاء التوافقيات العليا، ما عدا المحادية لمضاعفات 18 أي 17، 19، 35، 37 وهي التي تحقق: $1 + 18n$ للمقارنة مع طيف الموجة الجهدية للعاكس الرئيس (الذي يمثل العاكس النمطي) انظر للشكل 11، معامل التشويه الطيفي THD لهذه الموجة هو 30%.



شكل (11): الطيف الترددي للموجة الجهدية المربعة للعاكس النمطي

الخلاصة

في هذه الورقة، تم تقديم مقارنة للحدود المسموح بها من ارتفاع الجهد العابر للعديد من المعايير الدولية لأنظمة القدرة البحرية، حيث تمت مناقشة أسباب وتأثيرات هذه الظواهر وتم التركيز على الأساليب المستخدمة في توصيفها. أيضاً بغرض ايجاد طريقة لتحسين الظروف التشغيلية للمولدات الكهربائية، وهذا يقود مباشرة إلى اختيار نوع معين من العواكس الجهدية أو التيارية. العواكس التيارية أصبح استعمالها نادراً ولهذا تم استبعادها. من ناحية أخرى لا يخفى أن أنواع العواكس الجهدية كثيرة جداً، وحيث أن موضوع البحث في الأساس هو تحسين الأداء للشبكات المضطربة

وليس المفاضلة بين العواكس في اداء هذه المهمة عليه فقد كانت المفاضلة المرجعية بين النوع بالمحولات، ولكن هذه المحولات بعكس تلك المتواجدة بالعاكس الجهدى OVT تمرر القدرة كاملة وليس فقط لجمع اشارات كما هو الحال هنا. وهي ثلاث عواكس ثنائية المستوى ولكن كلها بنفس القدرة ولهذا فتكلفتها ستكون أعلى والحجم أكبر والوزن أيضاً أثقل ومعقدة من ناحية التشغيل، من مميزاتنا أنها تقتصر إلى عيوب العواكس الجهدية متعددة المستويات ذات المكثفات الموصلة بصمامات DCC وهذه الأخيرة بالمقابل لها عيوب يفتقر لها النوع الأول المذكور؛ أهمها ضرورة تنظيم المستويات الجهدية على المكثفات وخصوصاً في الحالات العابرة كما يفترض الحال هنا في هذه الفرضية التي تحسن الأداء في الحالات العابرة، كذلك لها كل العيوب المتعلقة بالمكثفات، عدم الموثوقية، وقلة جودة الأداء مع الزمن حيث تتغير السعة و تزيد قيمة تيارات التسريب الموصلية، وغلاء السعر، وفي هذه الحلول نحتاج إلى بطاريات من المكثفات وليست مكثفات منفردة. في العاكس OVT المحول على الخرج هو محول اشارة وليس محول القدرة الكلية، وقدرته تتراوح في حدود 20% من القدرة الكلية وبالتالي فإن الحجم والسعر أقل بكثير. كذلك لا يحتوي على مكثفات مقسمة للجهد بل كل من العاكسين هو عاكس نمطي ثنائي المستوى. أيضاً قدرة العاكس المساعد أقل بكثير من العاكس الرئيس وهذه خاصية مهمة جداً حيث أن القدرة الفعالة يقوم بإنتاجها العاكس الرئيس فقط، ولهذا يمكن الاستفادة من التقنيات التايستورية للقدرات الفائقة بينما لا يتطلب استعمال نفس النوع من المفاتيح الالكترونية في العاكس الجهدى المساعد.

عدم الحاجة هنا لاستعمال تقنية عرض النبضة PWM والاكتفاء بالتشغيل المتتالي للمتجهات الفراغية، مما يقلل من الفاقد الذي ينتج عن الوصل والفصل عند تقنية PWM وهذا بلا أدنى شك ميزة كبيرة سواء من ناحية الكفاءة أو الموثوقية فالصمامات المتحكم بها تعمل في ظروف مريحة جداً، بل غير مطلوب اطلاقاً استعمال صمامات متحكم بها من النوع السريع.

المراجع

- [1] R. Dugan, M. McGranaghan, H.W. Beaty, "Electrical Power Systems Quality", Mc-Graw Hill, New York, 1996.
- [2] G. Vokas, D. Gazithellis, C. Katsikaris, G. Peponis, "Electric Power Quality", Technical Chamber of Greece, Athens, May 1993 (In Greek)
- [3] IEEE Std 1159-1995, "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality"
- [4] Rolls Royce Power Electric Systems. Hybrid Shaft Generator Propulsion System Upgrade—Making Fixed Engine Speed History. 2010.
- [5] Det Norske Veritas. Rules For Classification And Construction. Ship Technology, Seagoing Ships, Electrical Installations Of Ships, 2012; Part 4; Chapter 8.
- [6] Lloyd's Register Of Shipping. Rules And Regulations For The Classification Of Ships, 2014; Part 6.
- [7] American Bureau Of Shipping. Rules For Building And Classification, Steel Vessels, 2004; Part 4, Chapter 8.
- [8] Hoevenaars T, Evans Ic, Lawson A. New Marine Harmonic Standards. Ieee Industry Applications Magazine 2010:16-25.
- [9] EN 50160, Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems, 2015
- [10] Polski Rejestr Statków S.A., "Rules For The Classification And Construction Of Sea-Going Ships", Part Viii, Electrical Installations And Control Systems, January 2021.
- [11] Cengelci E., Sulistijo U., Woo O., Enjeti P., Teodorescu R., Blaabjerg F.- May/June 1999, IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 35, No. 3, A New Medium-Voltage PWM Inverter
- [12] Newton C., Sumner M., Alexander T. The Investigation And Development Of A Multi-Level Voltage Source Inverter, Pevd96, Uk1996.
- [13] I. Nabae, Takahashi, And H. Akagi, "A New Npc Pwm Inverter," Ieee Transactions On Industry Applications. Vol. Ia-17, No.5, Pp. 518-523, Sept /Oct. 1981.

- [14] Newton C., Sumner M., Alexander T. The Investigation and Development of a Multi-level Voltage Source Inverter, PEVD96, UK 1996.
- [15] Hashad M., Iwaszkiewicz J., A Novel Orthogonal Vectors Based Topology Of Multilevel Inverters, Ieee Transactions On Industrial Electronics, Special Issue On Multilevel Inverters, 8/2002.
- [16] HASHAD M., Iwaszkiewicz J., A Novel Orthogonal Vectors Based Topology of Multilevel Inverters, IEEE Transactions On Industrial Electronics, Special Issue On Multilevel Inverters, 8/2002.
- [17] Iwaszkiewicz J., HASHAD M: „Converter control with help of orthogonal space vectors – novel control strategy and novel topologies”, April 2-5-2002, PCC-Osaka 2002.
- [18] J. Rodriguez, Jih-Sheng Lai, and Fang Zheng Peng, “Multilevel inverters: a survey of topologies, controls, and applications,” IEEE Transactions on Industrial Electronics., vol. 49, no. 4, pp. 724-738, Aug. 2002.
- [19] H. Abu-Rub, J. Holtz, J. Rodriguez, and G. Baoming, “Medium voltage multilevel converters-state of the art, challenges, and requirements in industrial applications,” IEEE Transactions Industrial Electronics., vol. 57, no. 8, pp. 2581-2596, Aug. 2010.

تقدير تركيز الحديد باستخدام القياس الطيفي في بعض أنواع الشاي الموجودة في السوق الليبي

عزالدين بشلوع¹، رجب علي¹، أبوبكر الطروق²

ابوراوي الجريزي³، فدوى نشنوش⁴، وداد مرغم⁴

قسم الكيمياء، كلية التربية طرابلس، جامعة طرابلس، ليبيا

Email: e.pashloa@uot.edu.ly

الملخص

يعد الشاي من أكثر أنواع المشروبات استهلاكاً وله العديد من الفوائد لوجود العناصر الغذائية فيه خاصة العناصر الأساسية والعناصر النادرة، تم في هذه الدراسة تقدير محتوى الحديد الكلي لعدد 17 عينة من علامات تجارية مختلفة للشاي المتواجدة في السوق الليبي، تم تحضير العينات عن طريق الهضم الجاف وتم تقدير مستوى الحديد عن طريق القياس الطيفي، وأظهرت النتائج أن تركيز الحديد تراوح ما بين (0.1 إلى 2.5 مجم / لتر) بمتوسط قيمة (0.520 مجم / لتر)، لوحظ أقل تركيز (0.1 مجم / لتر) في ماركة شاي ليبتون، وأعلى تركيز (2.5 مجم / لتر) في العلامة التجارية شاي الكيشين.
الكلمات المفتاحية: الشاي، الحديد، سبكتروفوتوميتر، الامتصاصية.

Abstract

Tea is one of the most consumed types of drinks and has nutrients found in trace nutrients. In these rare nutrients, samples of total iron were obtained from 17 samples from different street brands in the Libyan market. Samples were prepared by dry digestion. The amounts of iron were range from (0.1-2.5 mg/L), less value concentration (0.1 mg/L) brand Lipton tea, and highest concentration (2.5 mg/L) brand of alkabsheen tea.

Key world: tea, iron, spectrophotometer, absorption.

1. المقدمة

يعد الشاي من أكثر أنواع الشراب الشعبية انتشاراً و استهلاكاً في مختلف أنحاء العالم بسبب طعمه ونكهته بالإضافة إلى فوائده الصحية إذ يقدر حوالي 75 % من 5.2 مليون طن من الشاي الجاف ينتج سنوياً كالشاي الأسود الذي يستهلك في العديد من

الدول (Nas et al, 1993) يستخدم الشاي عند طبقة من الناس كدواء لعلاج وجع الرأس، وللهضم ومدر للبول ويعزز المناعة وينشط ويزيد الطاقة ويطيل العمر Hossainet (al, 2006) إذ يعتبر الشاي ذو فائدة في منع العديد من الأمراض والمتضمنة السرطان (Gottlieb, 2002) والشلل الرعاشي (Qin and chen, 2007) والذبحة القلبية (Alqud, 2003) ومن أمراض الشريان التاجي (Hiranto et al, 2003) يحتاج جسم الإنسان إلى العناصر المعدنية وغير المعدنية لأجل النمو والتطور وضمن الحدود المسموح بها وكل العناصر الرئيسية التي نحتاجها لأجل النمو والتغير الفيزيائي في جسم الإنسان (فالمعادن الموجودة في أوراق الشاي تختلف وفقا لنوع الشاي الأسود و الاخضر و المصدر الجيولوجي له (Han et al, 2006) إذ تعتبر أوراق الشاي مصدرا للعناصر المعدنية مثل الزنك والحديد والنحاس والألمنيوم والمنغنيز والصوديوم والفسفور والبوتاسيوم والبروم والمغنيسيوم (Seenivasan et al, 2008) يوجد في الطعام نوعان من الحديد: الحديد الهيم وغير الهيم. يمتص حديد الهيم بسهولة ويستخدم في أجسامنا ويوجد أساساً في اللحوم. بينما يوجد الحديد غير الهيم بشكل أساسي في النباتات (Dubey et al, 2015).

يتكون التركيب الكيميائي لأوراق الشاي من مواد التانين، والفلافونول، والفلويدات، والبروتينات، والاحماض الامينية، والانزيمات، والمواد المكونة للروائح، والفيتامينات، والمعادن والعناصر الثقيلة، من بين المعادن والعناصر النادرة الاساسية الضرورية لصحة الانسان توجد كالسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والمنجنيز في اوراق الشاي عند مستوى (غ /كغم)، بينما الكروم، وزنك، ونحاس، ونيكيل، والكروم، والحديد موجودة عند مستوى (ملغم /كغم)، تحصل النباتات على هذه العناصر الثقيلة من وسائط النمو مثل محاليل المغذيات والتربة (cao et al, 1998).

الحديد جزء لا يتجزأ من العديد من البروتينات والانزيمات التي تحافظ على صحة الانسان، في عملية التمثيل الغذائي للإنسان يعد الحديد مكونا أساسيا للبروتينات المشاركة في نقل الاكسجين، كما انه ضروري لتنظيم نمو الخلايا، يحد نقص الحديد من توصيل الاكسجين الي الخلايا، مما يؤدي الي التعب والضعف في أداء العمل وانخفاض المناعة، ومن ناحية أخرى يمكن ان تؤدي الكميات الزائدة من الحديد الي تسمم وحتى الموت (kate, 1998)

تتمثل أهداف هذا البحث في تعيين نسبة الحديد الكلي في الشاي لما له من فوائد وأضرار في حالة النقصان أو الزيادة، أجريت العديد من الدراسات لتقدير نسبة الحديد في الشاي منها :

- قام mandal وزملائه بتقدير نسبة الحديد بعد هضم المعادن باستخدام طريقة قياس الطيفي في علامات تجارية مختلفة من الشاي الأسود، أظهرت النتائج أن هذه العلامات التجارية الأربعة لمنتج الشاي الأسود تحتوي على تركيز حديد يتراوح من 21.3 _ 37.6 مجم/كجم بمتوسط 28.8 مجم/كجم. لوحظ أقل تركيز 21.3 مجم/كجم في ماركة شاي Hazir Harman cay، و أعلى تركيز 37.6 مجم/كجم في علامة سيلان، وعلامة الشاي 29.01indian biack tea مجم/كجم، وتركيز الحديد في علامة ceyion tea-sxtra quality كان 27.4 مجم/كجم (mandal et al, 2015)

- قام Ashok وزملائه بتقدير كمية الحديد في الشاي باستخدام كاشف جديد وهو محلول الايثانول المكون من 6،2 مكرر (1_هيدروكسي -2-نافثالزو) بيردين (PBN) وهو مركب بنفسجي اللون قابل للذوبان في الماء مع محلول مخفف من أيون الحديد (II) عند الرقم الهيدروجيني 6، يحتوي المركب الملون على امتصاصية مولارية عالية وهو وضع أساساً لتحديد مقياس الطيف الضوئي لأيون المعدن، وجد أن تركيز الحديد 7.020 mg/100g في علامة لبيتون، وتركيزه في علامة بروك-يوند كان 6.425 mg/100g، وعلامة تاج كان تركيز الحديد فيه 3.884 mg/100g (Ashok et al, 2009)

- قامت Jana وزملائها بتقدير نسبة الحديد لأربع عينات مختلفة من الشاي باستخدام قياس طيف الانبعاث البصري للبلازما المقترن حثياً (ICP-OES) لتحديد المعادن، ثم قياس كل عنصر بطول موجة انبعاث مناسب، وجد تركيز الحديد في شاي سيلان 73.7 مجم/كجم، وتركيزه في شاي coca كان 81.5 مجم/كجم، وشاي Rooibos كان تركيز الحديد فيه 24 مجم/كجم، وشاي Athrixia تركيز الحديد فيه 73.2 مجم/كجم (jana et al, 2012)

- قام نبراس وآخرون بتعيين نسبة الحديد بقراءة الامتصاص مقابل التركيز محسوبا بحاسبة جهاز الامتصاص الذري AAS موديل AA_7000، في الأسواق المحلية ببغداد، وكان تركيز الحديد في شاي محمود 0.104 ملغم/لتر، وتركيزه 0.886 ملغم/لتر في شاي التفاحة، وفي شاي فل الأسود كان تركيز الحديد فيه 2.815 ملغم/لتر، و 0.625 ملغم/لتر في شاي العطور (نبراس وعارف، 2012).
- قام Ante وزملائه بتحضير عينات الشاي عن طريق الهضم الرطب وقياسها بواسطة جهاز مطياف الامتصاص الذري، وأظهرت النتائج أن شاي Tilia تركيز الحديد فيه 440 ملغم/كجم⁻¹، وتركيزه في شاي salvia officinalis كان 127 ملغم/كجم⁻¹، وشاي matricaria chaomilla تركيز الحديد فيه 139 ملغم/كجم⁻¹ (Ante et al, 2017).

2. المواد والأجهزة المستخدمة.

- الأجهزة المستخدمة :
- جهاز الطيف الذري-UV-vis spectrophotometer(scinco suv 2120)
- الفرن تجفيف - الميزان الالكتروني الحساس (analytical balance- made in germany)

المواد الكيميائية:

- حمض النيتريك المركز (HNO₃) _ حمض الكبريتيك المركز _ (H₂SO₄) حمض النيتريك بتركيز 0.5 _ (HNO₃) L/M حمض الهيدروكلوريك بتركيز 0.5 /M L/ _ (HCL) كلوريد الحديدك _ (FeCl₃) ثايوسينات البوتاسيوم.(KSCN) .

عينات الدراسة

تم اختيار منتجات الشاي الأكثر تداولاً في الأسواق الليبية و الجدول (1) يبين هذه المنتجات.

الجدول 1 . يبين أنواع عينات أوراق الشاي المستخدمة في الدراسة

رقم	اسم المنتج	بلد المنتج	نوع المنتج
1	شاي الازدهار	سيريلانكا	أسود
2	شاي أسام	الهند	أسود
3	شاي الربيع	السعودية	أخضر
4	شاي انوار علي	سيريلانكا	أخضر
5	شاي نابت	الصين	أخضر
6	شاي التموينية	سيريلانكا	أسود
7	شاي الفردوس	الهند	أسود
8	شاي الزهرة	سيريلانكا	أحمر
9	شاي ليبتون	اندونيسيا، كينيا	أخضر
10	شاي احمد	انجلترا	أخضر
11	شاي العروسة	مصر	أحمر
12	شاي الكبشين	سريلانكا	أحمر
13	شاي الكبشين	سريلانكا	أخضر
14	شاي تايفر	الصين	احمر
15	شاي الندى	الصين	احمر
16	شاي لبدة	سريلانكا	احمر
17	شاي natural	كينيا	اخضر

خطوات العمل:

تحضير العينات: تم تحضير العينات عن طريق الهضم الرطب حيث تم وزن 1.000 جرام من عينة الشاي ومن ثم تم تسخن العينة بمزيج من حمض لنيتريك المركز وحمض الكبريتيك المركز بنسبة (5:5) لمدة 4 ساعات في الفرن عند درجة حرارة 110_130 درجة مئوية. ورشحت العينة بواسطة ورقة الترشيح تم أخذ الجزء السائل بعد الترشيح وأضيف اليه حمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك بتركيز (M/ L 0.5) بنسبة (1:1) و V/V. ثم نقل الخليط الى دورق حجمي 100 مل وتكمل الى العلامة بخليط الاحماض

نفسه، نلاحظ أن لون محاليل العينات يكون أصفر الى أحمر قبل التحليل الطيفي. ويتم زيادة شدة كثافة لون المحاليل بإضافة ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN تعقيد ايونات الحديد. **تحضير المحاليل القياسية:**

- 1- تم تحضير محاليل قياسية من أيونات الحديد (III) بإذابة 20 مجم من كلوريد الحديد (III) في 100 مل من الماء منزوع الأيونات في دورق حجمي (100 مل).
- 2- تم تحضير محاليل المعايرة بأحجام ماصات تبلغ 0.05، 0.10، 0.25، 0.50، 0.75 و 1.00، 1.50، 2.00، 2.50 مل على التوالي من المحلول القياسي في قوارير حجمية (10 مل).
- 3- تم إضافة أحجام 1.00 مل من حمض النيتريك و1.20 مل من ثيوسيانات البوتاسيوم (كان تركيز كلا المحلولين 5 م) إلى كل القوارير الحجمية للحصول على نطاق تركيز من 1.40 إلى 69.81 ميكروغرام / مل من الحديد.
- 4- تم قياس العينات عن طريق جهاز الطيف الضوئي Spectrometer genesys، لسبعة عشر عينة من الشاي.

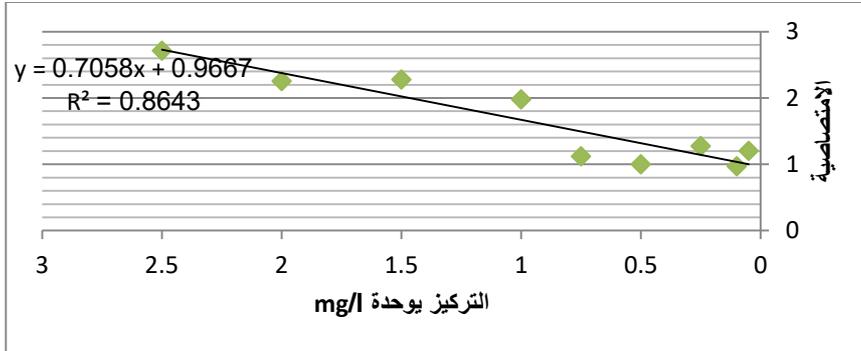
3. النتائج والمناقشة:

تم تقدير تركيز الحديد في سبعة عشر علامة تجارية من الشاي الأكثر تداولاً في السوق الليبي عن طريق قياس الامتصاصية باستخدام جهاز Spectrophotometer كما تم قياس الامتصاصية لسلسلة من المحاليل القياسية كما هو موضح في الجدول (3,2)

الجدول 2. نتائج الامتصاصية للعينات القياسية

الامتصاصية	التركيز mg/l	
1.202	0.05	1
0.97	0.1	2
1.278	0.25	3
1.003	0.5	4
1.124	0.75	5
1.979	1	6

2.279	1.5	7
2.255	2	8
2.715	2.5	9



الشكل 1. منحني المعايرة للمحاليل القياسية

الجدول 3. يوضح نتائج تركيز الحديد في العلامات التجارية للشاي بوحدة (ملغم/لتر)

رقم	اسم الشاي	اجمالي محتوى الحديد (ملغم/لتر) المتوسط الحسابي & الانحراف المعياري
1	شاي الازدهار	0.000471 ± 0.099667
2	شاي أسام	0.000471 ± 0.399667
3	شاي الربيع	0.000816 ± 0.099
4	شاي انوار علي	0.001886 ± 0.098667
5	شاي نابت	0.010209 ± 0.105667
6	شاي التمنونية	0.009428 ± 0.10667
7	شاي الفردوس	0.16997 ± 0.393333
8	شاي الزهرة	0.009201 ± 0.393
9	شاي لبيتون	0.00432 ± 0.096

0.009672 ± 0.106333	شاي احمد	10
0.001247 ± 0.09833	شاي العروسة	11
0.005558 ± 0.402333	شاي الكبشين	12
0.049666 ± 2.53	شاي الكبشين	13
0.04967 ± 0.753	شاي تايفر	14
0.049666 ± 2.23	شاي الندى	15
0.004967 ± 0.603	شاي لبدة	16
0.009201 ± 0.393	شاي natural	17

أظهرت النتائج أن تركيز الحديد تراوح ما بين (0.1 إلى 2.5 مجم / لتر) بمتوسط قيمة (0.52058 مجم / لتر)، لوحظ أقل تركيز (0.1 مجم / لتر) في ماركة شاي لبيتون، وأعلى تركيز (2.5 مجم / لتر) في ماركة شاي الكبشين.

عند مقارنة نتائج هذا البحث (0.1 مجم / لتر إلى 2.5 مجم / مل) مع الدراسات السابقة نلاحظ أن نتائج هذا مقارنة مع النتائج المتحصل عليها في الدراسة التي أجريت في العراق والهند حيث تراوحت نتائج البحث (0.104 إلى 2.815 مجم / لتر) (نبراس وعارف، 2012)، (0.3884 إلى 0.702 مجم / لتر) (Ashok et al, 2009)، على التوالي، وكانت نتائج هذا البحث اقل من الدراسة التي أجريت في البوسنة والهرسك (21.3 الى 37.6 ملغم/ لتر) (mandal et al, 2015) واقل بكثير من الدراسة التي أجريت في كرواتية حيث تتراوح بين (127 الي 440 ملغم/ لتر). (Ante et al, 2017)

4. الإستنتاج

الطريقة الطيفية المستخدمة هي طريقة بسيطة وحساسة يمكن تطبيقها لتحديد محتوى الحديد الكلي في المواد النباتية وتوضح هذه البيانات قدرة نبات الشاي على تجميع العنصر المدروس (الحديد) كمغذيات، مما يؤكد أيضاً على استهلاك الشاي كمصدر غذائي محتمل للمغذيات غير العضوية الضرورية للتغذية والضرورية لمختلف العمليات البيولوجية، يساعد تقييم التركيب الكيميائي للشاي في تقدير كمية المعادن السامة والعناصر الضرورية التي يحتاجها الجسم، مكنت هذه التقنية من تمييز بين منتجات الشاي وتقدير نسبة الحديد

فيها حيث أشارت النتائج أن جميع العينات تحتوي على عنصر الحديد وهو مفيد لتكوين الهيموجلوبين ونقل الاكسجين وهو من العناصر الاساسية التي يحتاجها الجسم وهو ضمن الحدود المسموح بها حيث ان استهلاكه ضمن نظام غذائي شامل لا يشكل خطر على صحة الانسان.

المراجع

نبراس، عباس، عارف، الفتلاوي، 2012. الكشف عن الحمولة الميكروبية ونسب المعادن في بعض أنواع الشاي المتوافرة في الأسواق المحلية.

- [1] Al-Oud,S.S.,(2003).Heavy metal contents in tea and herb leaves Pak.J.Biol.Sci,6:208- 212.
- [2] Cao X, Zhao G, Yin M, Li J. 1998. Determination of ultratrace rare earth elements by inductively coupled plasma mass spectrometry with microwave digestion and AG50W-x8 cation exchange chromatography. Analyst, 123.
- [3] Gottlieb, M. (2002). Czynniki determinujace zdolność bakterii rodzaju pseudomonas do kolonizacji systemu korzeniowego roślin.postepy Milkobiologii,41,3.277÷ 297.
- [4] Han,W.y.;Zhao , F. J.;Shi ,Y.Z.;Ma, L.F.and Ruan J.r.(2006).Scale and causes of lead contamination in Chinese tea .Environ pollout 139:125-132.
- [5] Hiranto, R.; Momiyama, Y.; Takahashi, R.; Kondo,k.and Ohsuzu ,F. (2003).Comparison of green tea intake in japanese patients with and without angiographic coronary artery disease.Am .J. cardial 30: 64-70.
- [6] Hussain,I.;Khan,F.;Iqbal,Y.and Khalil,S.(2006).Investigation of Heavy Metals in commercial Tea Brands. Jour.Chem.Soc. Pak..28: 246-251.

- [7] Ashok ,K Sharma, S Ishwar. 2009. Spectrophotometric Trace Determination of Iron in Food, Milk, and Tea Samples using a New Bis-azo Dye as Analytical Reagent.
- [8] kate Gilbert udall. 1998. Green Tea. woodl and publishing UT , 5- 6.
- [9] Nas,S.; Gokalp ,H. Y.and Sahin,Y. (1993).K and Ca content of fresh green tea,black tea and the tea residue determined by X-ray fluorescence analysis technique .Zeitschrift fur Lebensmittel- Untersuchung und-Forschung,196:32-37.
- [10] jana ,A elize ,Z cornelia ,T lassc ,S tersia. 2012. Comparison of the mineral composition of leaves and infusions of traditional and herbal teas.
- [11] P Ante, J Antonija, G Josipa, P Nives, S Vesna, B Perica, B Mia, S Angela, F Carlos ,V Tina. 2017. Monitoring content of cadmium, calcium, copper, iron, lead, magnesium and manganese in tea leaves by electrothermal and flame atomizer atomic absorption spectrometry.
- [12] Qin,F.and Chen,W.(2007).Lead and Copper in tea samples marketed in Beijing(China).Bull Environ Contam Toxicol 78:128-131.
- [13] R.Dubey, N Bende and M.Harod, Estimation of iron metal contents in natural samples by colorimetric methods, *IJCS volume 4 No. 1, Jan-Feb 2015*.
- [14] S. mandal ,B banjanin ,I kujovic ,M malenica. 2015. spectrophotometric determination of total iron content in black tea.
- [15] Seenivasan, S., Manikandan, N., & Muraleedharan, N. N. (2008a). Chromium contamination in black tea and its transfer into tea brew. *Food Chemistry, 106*, 1066–1069.

دراسة تصميم منظومة الحماية الكاثودية بواسطة الانود المضحي والتيار المسلط لمحطة تحليه مياه البحر (طبرق - ليبيا)

عزالدين عبدالسميع اللافي¹ ، سليم حسن عبدالله¹ ، وليد عبدالرازق حمد²

¹ المعهد العالي للعلوم والتقنية / طبرق - ليبيا

² المعهد العالي للعلوم والتقنية / التميمي - ليبيا

E-mail: Azaelafi79@gmail.com

المخلص :

يهدف هذا البحث لتصميم منظومة الحماية الكاثودية باستخدام طريقة التيار المسلط وطريقة أنودات التضحية والغرض من هذا البحث هو دراسة تأثير التآكل في المنشآت الصناعية باعتبارها إحدى المشاكل التي تتعرض لها وتعاني منها الكثير من المنشآت الصناعية من خسائر وأضرار بسبب التآكل. وكذلك تم في هذا البحث وصف للعملية التي يحدث من خلالها التآكل حيث تعتبر عملية طبيعية تحدث في البيئة. ويعرض هذا البحث حساب معدل التآكل السنوي والتي كانت قيمته تساوي (2.46312 MPY) وكذلك قياس مقاوميه التربة للموقع الذي تمت فيه هذه الدراسة حيث كانت قيمتها تساوي (1834.69 $\Omega \cdot m$). وتم في هذا البحث دراسة لتصميم منظومة الحماية الكاثودية لأنها تعتبر تقنية فعالة للحماية من التآكل والتي تستخدم الخواص الكهروكيميائية لجعل المعدات المراد حمايتها القطب الموجب (كاثود) والطرف الآخر هو القطب السالب للخلية (الأنود) حيث كانت أعلى قيمة للمنظومة باستخدام طريقة التيار المسلط تساوي (-0.792V) وكذلك أعلى قيمة باستخدام طريق أنودات التضحية تساوي (-0.963V) ومن خلال نتائج هذا البحث وجد أن الحماية الكاثودية هي إحدى أهم الطرق التي ساهمت في التقليل من معدل التآكل في المنشآت الصناعية.

الكلمات الرئيسية : الحماية الكاثودية، مقاوميه التربة، أنودات التضحية، كاثود، أنود، التيار المسلط.

ABSTRACT:

This research aims to design a cathodic protection system using the impressed current method and the sacrifice anode method. The purpose of this research is to study the effect of corrosion in industrial facilities as one of the problems that many industrial facilities are exposed to and suffer from losses and damages due to corrosion. Also, in this research, a description of the process through which corrosion occurs, as it is considered a natural process that occurs in the environment. This research presents the calculation of the annual erosion rate, whose value was equal to (2.46312 MPY) as well as, the measurement of soil resistance for the site in which this study was carried out, where its value was equal to (1834.69Ω.m). In this research, the cathodic protection system was designed using the direct current method and the sacrifice anodes method because it is an effective corrosion protection technology that uses the electrochemical properties to make the equipment to be protected the positive electrode (cathode) and the other end is the negative electrode of the cell (anode), where the highest value of the system was using the applied impressed current method equals (-0.792) as well as the highest value using the sacrificial anodes method equals (-0.963). Through this research, it was found that cathodic protection is one of the methods that contributed to reducing the corrosion rate.

1. المقدمة :

نظراً لأهمية الفولاذ في التطبيقات الهندسية منها وسائط النقل البرية والبحرية وأنابيب نقل البترول وهياكل البنايات والجسور وبسبب مقاومته الضعيفة للتآكل في معظم الأوساط لذا أهتمت العديد من الحلقات البحثية بدراسة مقاومته للتآكل وحساب كلفة الحماية منه و تعد ظاهرة التآكل من أخطر الظواهر التي تتعرض لها المعادن وإذا ما ترك لها العنان فإنها بالتأكيد ستؤدي إلى كوارث كبيرة في الاقتصاد الوطني نتيجة تآكل المعدات واستهلاك الطاقات وهدر الوقت ورغم الإجراءات الكثيرة المتبعة في منع حدوث هذه الظاهرة الفتاكة

أو الحد منها فإن الخسائر الناجمة عنها هائلة. التآكل هو العامل الأكثر كلفة في صناعة النفط والغاز وكذلك باقي الصناعات وغالباً ما يكون هو السبب الرئيسي في الحوادث والتوقفات الغير مبرمجة في هذه الصناعات والمراقبة والتحكم في معدلات التآكل بدقة يجنبها الصناعات الكثير من الحوادث وإيجاد طرق الحماية الصحيحة يقلل كلفة الصيانة الدورية إلى الحد الأدنى وكذلك الخسائر المباشرة و غير مباشرة في هذه الصناعات ويطيل عمر المعدات الصناعية ، وخطوط السكك الحديدية والجسور وصناعة السفن والسيارات وكل مناحي الحياة وتعتبر استثماراً مهم لتحسن اقتصاد هذه الدول [6].

2. التحكم في التآكل بواسطة الحماية الكاثودية

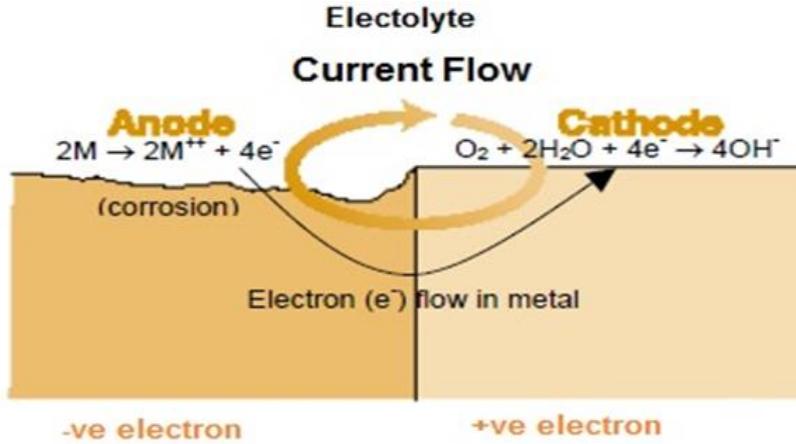
الحماية الكاثودية أحد أهم الطرق للتخلص أو الحد من معدل التآكل للمنشآت المعدنية والوحدات الصناعية والتركيبات الخرسانية وهي بالتالي أحد الطرق الاقتصادية الهامة التي تحد من تكاليف الصيانة والإحلال والاستبدال، وتسمح أيضاً باستخدام مواد أرخص للإنشاء والتشييد . كما يمكن استخدام تركيبات أقل سماكة مما يحد من كلفة الأساسات. وتعتبر الحماية الكاثودية هي طريقة لمكافحة التآكل (Corrosion Inhibitor) وهي من طرق تغيير جهد الوسط الأكال وتهدف الحماية الكاثودية (Cathodic Protection) إلى تكوين دائرة كهربائية والتي تهدف إلى تحويل السطح المراد حمايته إلى كاثود وبذلك يكون في وضع اكتساب إلكترونات دائماً وليس فقد إلكترونات وتعتبر التيار المسلط (Impressed Current) والأنودات المضحية (Sacrificial Anodes) هما الطريقتين الأساسيتين في الحماية الكاثودية . تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أول من أتبع وعمل على تطوير نظام الحماية الكاثودية وتعتبر الحماية الكاثودية هي الطريقة الأساسية لحماية أي منشأ معدني من التآكل في أي وضع وهو معدن مغمور في الماء أو مدفون تحت الأرض أو مثبت في خرسانة أو مثبت علي أي معدات أخري Embedded in (Concrete) ولكن الحماية الكاثودية لا يتم استخدامها في الحماية من التآكل الهوائي. أن أول استخدام لهذه الطريقة كان من قبل السير همفريدا في عام 1820م ، وتم استعمال طريقتيه من قبل البحرية الملكية كوسيلة للسيطرة على التآكل في السفن البحرية البريطانية. من خلال التقصي عن تآكل الأغشية النحاسية المستعملة في تغطية الحاويات البحرية ، وقد وجد دافئ أن بالإمكان حفظ النحاس في مياه البحر من خلال وضع كميات قليلة من

الحديد أو الخارصين أي أن النحاس سيصبح محمي كاثودياً ولكن تم التخلي عن هذه الطريقة بسبب تأثر خواص النحاس مما أدى إلى تغيير الشكل الانسيابي للسفن بسبب جمعها للكائنات البحرية [4]. ولكن التطور السريع الذي حصل في مجال الحماية الكاثودية كان في عام 1945م في الولايات المتحدة الأمريكية ، وقد صممت هذه الطريقة لتتلاءم مع متطلبات صناعة النفط والغاز الطبيعي التي كانت في تطور سريع في تلك الفترة ، وقد تم الاستفادة من مزايا استخدام أنابيب فولاذية رقيقة في الأنابيب المدفونة. حيث أستعمل للسيطرة على تآكل خطوط الأنابيب التي تتعامل مع الهيدروكربون من نפט خام وغاز ومنتجات نفطية، حيث طبقت الحماية الكاثودية للسيطرة على تآكل خطوط الأنابيب الفولاذية المدفونة [3]. وفي المملكة المتحدة كانت تستخدم أنابيب حديد الزهر السمكية لحين استخدام الحماية الكاثودية في الخمسينات من القرن الماضي ، وقد زاد استخدام هذه الطريقة لما لاقته من نجاح باهر في عام 1952م لحماية حوالي 1000 ميل من شبكات أنابيب الوقود ، أما الآن فهي تستخدم على نطاق واسع للأنابيب المدفونة والمغمورة للسيطرة على التآكل [2,3]. كان أول استخدام للحماية الكاثودية في حقل الناظورة لإنتاج النفط الخام في الجنوب الليبي عام 1988م ، وكان الهدف من استخدام هذه المنظومة هو حماية غلاف الأنابيب الموجودة داخل الآبار النفطية ، وكان عدد الآبار المطلوب حمايتها 250 بئر وحماية خطوط النفط والغاز وقيعان الخزانات ، وخطوط المياه . وتم الانتهاء من المشروع في عام 1990م وهذه المنظومة تعمل حتى الوقت الحالي [3,4].

3. مبادئ الحماية الكاثودية

ما أن يغمر أنبوب غاز أو نפט تحت الأرض أو يغمر في البحر حتى يبدأ نتيجة لتكون مناطق أنودية وكاثودية على مدى طول الأنبوب حيث يفقد سطح المعدن إلكترونات عند مناطق الأنودية وتستهلك بواسطة الهيدروجين أو الأكسجين عند مناطق الكاثودية وينتج عن ذلك مرور تيارات بين المساحات الأنودية والمساحات الكاثودية المتواجدة على سطح التركيبات مكون ذلك خلية شبيهة بالخلية الكهروكيميائية حيث ترتبط معدلات التآكل طردياً مع زيادة هذا التيار. وأن المعادن تستخلص من خاماتها الأصلية أو كسيدات المعادن (Metal Oxides) أو الجذور الحرة ، ولديها الميل الطبيعي للعودة إلى حالتها الأصلية

بفعل الأوكسجين والماء. ويسمى هذا الأمر بالتآكل وأصدق مثال له هو تآكل الفولاذ. وهكذا فإن التفاعل يحصل على الأنود وليس على الكاثود. وعند التآكل فإن الأنود والكاثود قد يكونان على معدنين مختلفين ، متصلين ببعضهما ليكونا مزدوجاً ثنائي الفلز ، أو قد يكونان قريبين جداً على سطح المعدن. إن ما يسبب عملية التآكل والفرق في فرق الجهد الكهربائي في المزدوجات ثنائية المعدن والتغيرات على حالة المعدن على نقاط مختلفة على السطح والتغيرات المحيطية مثل فرق تركيز الأوكسجين على السطح فالمناطق التي يزيد فيها تركيز الأوكسجين تصبح الكاثود ، أما المناطق التي يكون فيها تركيز الأوكسجين قليلاً سيصبح الأنود. إن مبدأ الحماية الكاثودية هو ربط أنود خارجي إلى المعدن لحمايته ومرور التيار الكهربائي لجعل مساحة المعدن كاثود بالكامل وبالتالي عدم تآكله. إن الأنود الخارجي قد يكون (Galvanic Anode) حيث يكون التيار الكهربائي نتيجة لفرق الجهد الكهربائي بين المعدنين أو يتأثر الأنود الحالي حيث يكون التيار متأثراً من مصدر تيار [9] ومن خلال الشكل (1) يوضح مبادئ الحماية الكاثودية.



شكل (1) مبادئ الحماية الكاثودية

4. قياس جهد نقط الحماية الكاثودية :

إن قياس فرق الجهد بين الخطوط والترتبة المحيطة بها مهم جداً سواء في تأثير التآكل على الخط أو في مستوى الحماية الكاثودية [1,2].

5. أجهزة قياس فرق جهد نقط الحماية الكاثودية :

1. الخلية النصفية هي عبارة عن قطب من النحاس (Copper Pole) مغمور في كبريتات النحاس وتستخدم كقطب قياسي (Reference Pole) لتسجيل قراءة الحماية الكاثودية وشكل (2) يوضح الخلية النصفية.

2. الفولتميتر يستخدم جهاز الفولتميتر نظراً لكبر المقاومة الداخلية للجهاز والتي يمكن أن تلافى أي خطأ في قراءة الجهاز نتيجة فقد التيار في مقاومة الدائرة الخارجية (الخط - أسلاك التوصيل - التربة - الخلية) وبذلك تكون قراءة الجهاز هي الجهد الفعلي للخط وشكل (3) يوضح جهاز المستخدم للقراءات (الفولتميتر) [1,2].



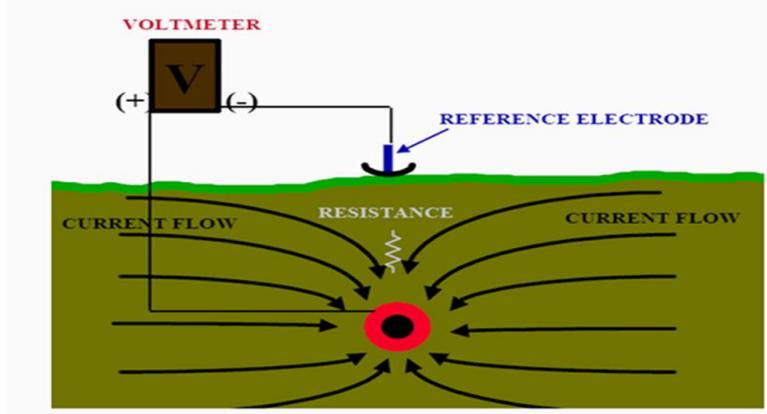
شكل (3) يوضح جهاز المستخدم للقراءات



شكل (2) يوضح الخلية النصفية

1.5 . كيفية إجراء قياسات فرق الجهد :

يتم قياس فرق الجهد بين الخط والتربة بتوصيل جهاز قياس فرق الجهد "الفولتميتر" والخلية على التوازي و يترك الجهاز لفترة حتى تستقر القراءة على شاشة الجهاز وشكل (4) يوضح كيفية إجراء عملية القياس [8,9].



شكل (4) يوضح كيفية إجراء قياس فرق الجهد

2.5. دلالات قياس فرق الجهد للحماية الكاثودية :

الجدول التالي يوضح القيم الفعلية لفرق الجهد للمواد المختلفة المختارة في الحماية الكاثودية.

الجدول (1) : يوضح اختلاف جهد القياس باختلاف الجسم المراد حمايته [8]

Metal	Potential (Cu/CuSO ₄)
Steel	-850 mV
Steel (Sulphate reducing bacteria)	-950 mV
Copper alloys	-500 mV to -650 mV
Lead	-600 mV
Aluminium	-950 mV to -1200 mV

6. المواد ومواصفات وطريقة العمل :

1. قياس معدل التآكل : لحساب معدل التآكل يتم استخدام عينة (الكوبون) معين من صفيحة من الفولاذ تم الحصول عليها من شركة الخليج العربي للنفط (طبرق - ليبيا) والجدول (2) يوضح نوع ومواصفات العينة (الكوبون) وتتم عملية حساب معدل التآكل باتباع الخطوات التالية:

الجدول (2) : يوضح مواصفات العينة (الكوبون)

CARBON STEEL	نوع الفولاذ
FA140	رقم تسلسل العينة
5LX65	رمز العينة
22.9324 g	وزن العينة W_1
$3 \times 1 \times 1/16''$	مواصفات العينة

1. الكوبون هو عبارة عن صفيحة من الفولاذ المتقوب من أحد جوانبها لغرض تعليقها قبل وضعها في وسط التآكل كما هو موضح في شكل رقم (5).



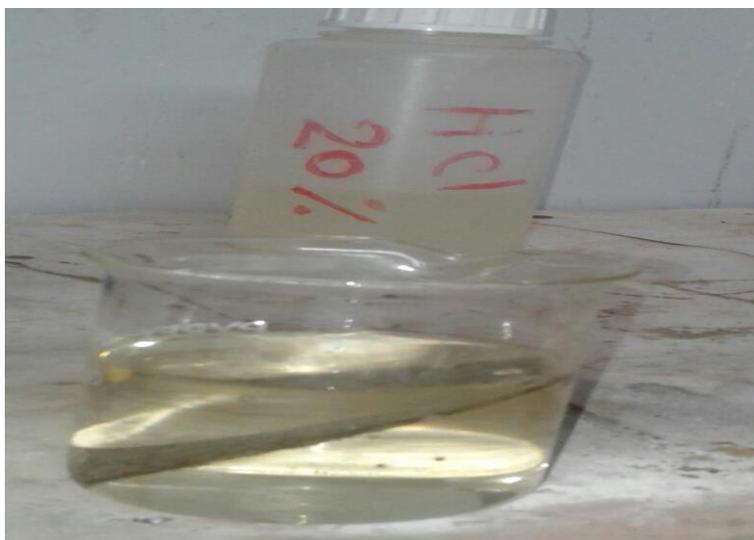
شكل (5) يوضح العينة المراد حساب معدل التآكل فيها

2. تم وزن العينة بواسطة ميزان إلكتروني حساس وتمت معايرته وكان الوزن ($W_1 = 22.9324 \text{ g}$) وبعد ذلك تم وضعه في وسط الآكال.
3. تم اختيار وسط التآكل وهو الحوض الرئيسي لسحب مياه البحر في محطة تحلية مياه البحر/ طبوق ووضع العينة بكاملها في وسط التآكل وبعد فترة زمنية مقدارها 20 يوم وتم إخراج العينة من الحوض.



شكل (6) يوضح العينة بعد إخراجها من وسط التآكل

4. بعد أخرج العينة من وسط التآكل تم غسلها وتنظيفها وذلك بغمرها في محلول (20% HCL) لمدة 10 دقائق وذلك للتخلص من أي شوائب أو عوالق على سطح العينة وشكل (7) يوضح العينة وهي داخل المحلول.



شكل (7) يوضح العينة وهي داخل المحلول

5. تم وزن العينة مرة أخرى باستخدام الميزان الإلكتروني الحساس وتم تسجيل الوزن الجديد وشكل (8) يوضح العينة وهي على الميزان الإلكتروني.



شكل (8) وزن العينة بعد الفترة المحددة

6. تم حساب معدل التآكل باستخدام معادلة رقم (1) كالآتي:

$$CR = \frac{(w_1 - w_2) \times F}{\text{No Of Date}} = \text{MPY} \quad (1)$$

الجدول (3) : يوضح النتائج التي تم من خلالها حساب معدل التآكل

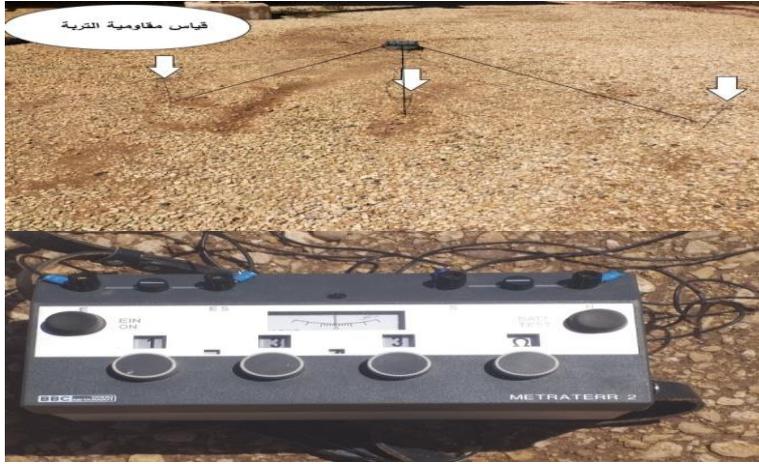
قيم النتائج	عوامل أساسيات التصميم
22.932	الوزن الأول W_1 (g)
22.590	الوزن الثاني W_2 (g)
144	العامل الخاص بالعينة (F)
20	عامل الفترة الزمنية (DAY)
2.463	عامل معدل التآكل CR (MPY)

2 . قياس مقاوميه التربة

من الضروري جداً معرفة نوعية وطبيعة الوسط الذي يمر به الأنبوب المراد حمايته وكذلك لمعرفة أي المناطق التي تحتوي على أقل مقاوميه وبالتالي تحديد أكثر المناطق عرضة

للتآكل. حتى يتم تصميم الحماية الكاثودية المناسبة واختيار أفضل المواقع للردم ولقياس المقاومة النوعية للتربة نستخدم طريقة الأوتاد الأربعة ، وتم تحديد المكان في محطة تحلية مياه البحر/طريق. وشكل (9) يوضح الجهاز المستخدم لقياس مقاوميه التربة وباستخدام المعادلة (2) تم حساب مقاوميه التربة للمنطقة التي تم فيها عملية الردم.

$$\rho = 2\pi \times a \times R \quad (2)$$



شكل (9) يوضح الجهاز المستخدم لقياس مقاوميه التربة

7. أساسيات تصميم الحماية الكاثودية

عند تصميم منظومة حماية كاثودية يتطلب الأخذ بعين الاعتبار النقاط والعوامل الرئيسية [1,2] :

- نوع المعدن المطلوب حمايته.
- المساحة السطحية للمعدن المطلوب حمايته من التآكل .
- المقاومة النوعية للتربة أو المحيط الذي يشكل وسط التآكل.
- نوع التغليف المستخدم في تغطية السطح المطلوب حمايته.
- كثافة التيار.

8. تصميم الحماية الكاثودية باستخدام الأنود المضحى:

العينة المراد حمايتها هو أنبوب من الحديد (الفولاذ الكربوني) قمنا بإغلاقه من الجهتين باستخدام اللحام الكهربائي ويتم لحام قضيب من الحديد على السطح الخارجي للأنبوب لاستخدامه كنقطة قياس كما تم تثبيت أنود مصنع من مادة الزنك بقضيب من الحديد على شكل حرف (U).

1.8 حساب المساحة السطحية للأنبوب :

حساب المساحة السطحية للأنبوب باستخدام المعادلة (3) وتم تغليفه بالألياف.

$$SA = \left(\frac{\pi}{4} \times (d^2) \times 2\right) + (\pi \times d \times l) = m^2 \quad (3)$$

2.8 حساب كثافة التيار ومعدل أنهيار تغليف الانبوب :

حساب قيمة كثافة التيار والتغليف المطلوب لحماية العينة باستخدام المعادلة (4) .

$$Im = (Cr \times SA \times I) \quad (4)$$

3.8 حساب وزن الزنك :

حساب وزن الزنك المستخدم كأنود تضحية نستخدم المعادلة رقم (5).

$$W = \frac{I_t \times 8760 \times \text{YEAR}}{U \times Z} = \text{Kg} \quad (5)$$

9. القيم الفعلية المستخدمة في تصميم المنظومة :

الجدول (4) : يوضح القيم الفعلية المستخدمة في التصميم

قيم المتغيرات	متغيرات التصميم
1 m	طول الأنبوب (L)
0.0762 m	قطر الأنبوب (d)
0.2485 m ²	المساحة السطحية للأنبوب (SA)
30 %	الفاقد في التغليف (Cr)

50 mA/m ²	كثافة التيار الدالة على الفاقد في التغليف (I)
0.00372 A	كثافة التيار المطلوبة للتصميم (Im)
0.00372 A	التيار الكلي (I _t)
8760 hr	عدد الساعات في السنة
780 Ah/Kg	سعة التيار للزنك (U)
90 %	كفاءة الزنك (Z)
1 year	عمر الأنود بالسنة (Year)
0.0464 Kg	وزن الزنك (W)

10 . منظومة الحماية الكاثودية باستخدام قطب تضحية من الزنك :
بعد تحديد وزن الزنك المطلوب يتم إيصاله بالأنبوب المراد حمايته وشكل (10) يوضح
المنظومة قبل عملية الردم داخل محطة تحليه مياه البحر/طبوق.



شكل (10) يوضح المنظومة قبل عملية الردم

11. تصميم الحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط :
في هذا النظام يتم تسليط تيار خارجي بواسطة (محول) بحيث يتم توصيل القطب السالب
للمحول بالأنبوب المراد حمايته ويوصل القطب الموجب بالمعدن المضحي به ولتنفيذ
عملية التصميم تم استخدام أنبوب من الحديد المراد حمايته بطول 1m وقطره 0.0762m
وتم طلاءه وأغلقه من الجهتين. تم لحام قضيب من الحديد طوله 3m في الأنبوب
المراد حمايته كما هو موضح في الشكل (11) وبعد ذلك يوضع في مياه البحر وتم أخذ

قراءة الفولتية قبل إدخال الأنبوب في الحماية، حيث كانت القراءة هي ($-0.640v$) ثم تم إدخال الأنبوب في الحماية وذلك باستخدام الحماية الكاثودية المصممة من قبل الشركة على رصيف ميناء الحريقة (طبرق) وذلك بتثبيت الأنبوب المراد حمايته في الرصيف حيث أن نوع الحماية المستخدمة هي الحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط.



شكل (11) يوضح الأنبوب المراد حمايته

12. النتائج والمناقشة :

1.12. النتائج التصميمية الأولية :

جدول (5): يوضح النتائج التصميمية الأولية

القيمة	الكمية المطلوب حسابها
1834.69 $\Omega.m$	قياس مقاوميه التربة
0.2485 m^2	المساحة السطحية للأنبوب
0.0464 Kg	وزن الزنك
0.00372 A	قيمة التيار

2.12 النتائج النهائية لمنظومة الحماية الكاثودية باستخدام الأنود المضحى: تبين أن من خلال القراءات الموجودة في الجدول (6) أن فرق جهد المنظومة بين الخط والتربة

يتراوح ما بين (-0.815 < -0.963 ملي فولت) وتكون هذه المنطقة آمنة ومنظومة الحماية الكاثودية باستخدام أنود التضحية داخل نطاق الحماية من التآكل.

جدول (6): يوضح مجموعة من القراءات للأنبوب المراد حمايته باستخدام الأنود المضحى

الفترة الزمنية	قراءة فرق الجهد	
اليوم الأول	- 0.815	1
اليوم 7	- 0.867	2
اليوم 14	-0.889	3
اليوم 21	-0.916	4
اليوم 28	-0.954	5
اليوم 35	-0.963	6
اليوم 42	-0.933	7
اليوم 49	-0.885	8
اليوم 56	-0.877	9
اليوم 63	-0.882	10
اليوم 70	-0.886	11

3.12 النتائج النهائية لمنظومة الحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط:

تبين أن من خلال القراءات الموجودة في الجدول (7) أن فرق جهد المنظومة بين الخط والترية يتراوح ما بين (-0.711 < -0.792 ملي فولت) وتكون هذه المنطقة آمنة ومنظومة الحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط داخل نطاق الحماية من التآكل.

جدول (7): يوضح مجموعة من القراءات للأنبوب المراد حمايته باستخدام التيار المسلط

الفترة الزمنية	قراءة فرق الجهد	
اليوم الأول	- 0.711	1
اليوم 7	- 0.726	2
اليوم 14	- 0.752	3
اليوم 21	- 0.764	4
اليوم 28	- 0.779	5

اليوم 35	- 0.781	6
اليوم 42	- 0.785	7
اليوم 49	-0.782	8
اليوم 56	- 0.779	9
اليوم 63	- 0.792	10
اليوم 70	- 0.786	11

13. الاستنتاجات :

نستنتج من خلال هذه الدراسة ما يلي :

1. معدل التآكل بالنسبة للعينة التي تم استخدامه بعد وضعه في وسط آكال. حيث كانت قيمة معدل التآكل السنوي (2.46312 MPY) ومن خلال حساب معدل التآكل تم توضيح مدى تأثير التآكل على الفولاذ الكربوني ومنها ثم اختيار نوع الحماية المناسبة .
2. قياس مقاوميه التربة كانت قيمة مقاوميه التربة لوسط المنطقة التي تم اختيارها لدفن المنظومة تساوي (1834.69 $\Omega.m$) وتعتبر هذه القيمة منخفضة وجيدة ولهذا تم تصميم منظومة الحماية الكاثودية.
3. بناء على حسابات تصميم منظومة الحماية الكاثودية كان المعدن المراد حمايته من التآكل هو عبارة عن أنبوب من الفولاذ الكربوني ومن خلال نظرية عمل الحماية الكاثودية كان القطب المُضحى من مدن الزنك حيث كان وزن الزنك المطلوب لحماية الأنبوب هو (0.0464 Kg) وبعد الانتهاء من عملية التصميم ولكي تكتمل الدائرة تم وضع المنظومة في الوسط الالكتروليتي ليكتمل التوصيل في الخلية الكهروكيميائية للدائرة حيث كانت المنظومة داخل نطاق الحماية من التآكل بعد أخذ قراءات فرق الجهد على فترات زمنية مختلفة ومقارنتها مع القيم الفعلية لقراءات الحماية الكاثودية والتي كانت في حدود القيم المطلوبة للتصميم.

14. المراجع :

المراجع باللغة العربية :

- [1] د. احمد الصفار ، 2000 ، "كتاب الطرق الالية في التحليل الكيميائي، الطبعة الثانية . جامعة الاسكندرية . مصر 1998 م .
- [2] د.سامح السيد ،2005،"الحماية الكاثودية"، جامعة القاهرة . القاهرة، مصر 2005.
- [3] أ.علاء محمد الأسدي، 2005 ، "التآكل في انابيب نقل النفط الخام" جامعة القاهرة ،مصر 2005.
- [4] د. عبدالله المقيرحي،2003،"المبادي الهندسية لهندسة التآكل " بنغازي ، ليبيا 2003.
- [5] د. عبدالله المقيرحي،2010،" أشكال التآكل وأنواع الترسبات والقشور وطرق التحكم فيها " ، بنغازي ، ليبيا 2010.
- [6] د. عيسى مسعود بغني ،2006، "اساسيات هندسة التآكل "الطبعة الاولى، بنغازي، ليبيا 2006.
- [7] علي المرشدي ،2008،"بحث شامل عن الحماية الكاثودية شرح مفصل عن الحماية الكاثودية"، كركوك ، العراق 2008.

المراجع باللغة الانجليزية :

- [8] Pierre R. Roberge ,1999, Handbook of Corrosion Engineering 1999.
- [9] EurIng R. L. , Kean K. G. Davies ,1981, Cathodic Protection 1981.

دراسة مقاومة تآكل الصلب الكربوني المعالج C35 في أوساط مختلفة

(كلوريد الهيدروجين HCl ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، حمض النيتريك HNO₃ ، حمض الكبريت H₂SO₄ ومحلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%)

Study of Corrosion Resistance of C35 Treated Carbon Steel in Different Solutions

(HCl, H₂SO₄, NaOH, HNO₃, and NaCl)

قوفا علاء الدين
Alaeddine Kaouka

شاتي حمزة
Chatti Hamza

قسم الفيزياء ، مخبر العلوم التطبيقية والتعليمية ، المدرسة العليا للأساتذة الأغواط ، الجزائر
a.kaouka@lagh-univ.dz

الملخص:

في هذا العمل تمت دراسة مقاومة التآكل على الصلب الكربوني C35 في بيئات تآكلية بشكل عام وذلك في محاليل حمضية وأساسية محددة : كلوريد الهيدروجين HCl ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH ، حمض النيتريك HNO₃ ، حمض الكبريت H₂SO₄ ومحلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%. كما تم تقييم سلوك الصلب المعالج بالبوريد (boride) بطريقتين مختلفتين : طريقة فقدان الوزن والطريقة الكهروكيميائية. في الطريقة الأولى قُمن باختبارات الغمر الكلي في أزمنة مختلفة من 24 ساعة حتى 3 أشهر وذلك من خلال رسم منحنيات معدل التآكل لفقدان الوزن بدلالة الزمن. أما الطريقة الكهروكيميائية فتمت بواسطة تجارب في جهاز (Galvanostat Potentiostat) لمدة 30 دقيقة، ورسم منحنيات تافل والاستقطاب. أظهرت النتائج تأثير طبقة الصلب C35 وبشكل ملحوظ بالبيئات الحمضية، كما أظهرت المعالجة الكيميوحرارية بالبورون لسطح عينات الصلب نجاعتها في تحسين مقاومة التآكل خاصة في البيئات الحمضية (كلوريد الهيدروجين HCl وحمض الكبريت H₂SO₄).
الكلمات المفتاحية : التآكل، الصلب الكربوني C35 المعالج بالبوريد، طريقة فقدان الوزن، الطريقة الكهروكيميائية، منحنى تافل، منحنى الاستقطاب.

Abstract:

The aim of this work is to evaluate the corrosion resistance of C35 carbon steel in different corrosive environments, and the behavior of treated steel with boriding treatment in specific acidic and basic solutions (HCl, NaOH, HNO₃ and H₂SO₄) and 5% NaCl solution. The behavior of treated steel in solutions of H₂SO₄, NaCl and HCl was appraised by two different methods: weight loss method after total immersion tests at different times from 24 hours up to 3 months, through curves of corrosion rate for weight loss method in terms of time. While the electrochemical method was carried out by experiments of Galvanostat Potentiostat device for a period of 30 minutes, and drawing Tafel and polarization curves. The results showed that the treated C35 steel was significantly affected by acidic environments, and the boron chemical treatment of the surface of steel samples showed its efficacy in improving corrosion resistance, especially in acidic environments (HCl and H₂SO₄).

Keywords: Corrosion resistance, boride carbon steel C35, weight loss method, electrochemical method, Tafel curve, polarization curve.

المقدمة:

تكتسي المعادن لاسيما الصلب أهمية بالغة على المستوى الصناعي و الإقتصادي باعتبارها موارد ثمينة في المجال الإقتصادي وكذا التكنولوجي، وذلك بسبب تطبيقاتها الصناعية المتزايدة و استعمالها الواسع في قطاع النقل كصناعة السيارات و السفن بالإضافة لمجال صناعة التكرير والبتروكيمياويات كأنايبب نقل النفط والمنشآت المدفونة تحت الأرض و قطاعات أخرى. ومن أهم هذه الموارد نجد: الحديد الصلب إضافة إلى الألمنيوم و النحاس و الزنك و التيتانيوم.. الخ. إنَّ تواجد معظم هذه المعادن في الطبيعة يكون على شكل (أكاسيد، كبريتات و كربونات ..)، لكن هذه المعادن قد تتعرض إلى تلف مستمر يصيب بنيتها مما يسبب تغييرا في خواصها الفيزيائية و الكيميائية و هو ما يعرف بظاهرة التآكل و الذي يُعرف بأنه تدهور و تدمير لخواص المعدن نتيجة لتفاعل كيميائي أو فيزيائي أو إلكتروكيميائي بين المعدن والبيئة المحيطة به [1]. وهو أيضا العملية العكسية لاستخلاص المعدن من خاماته أو إعادته إلى حالته الأصلية التي كان متواجدا

عليها في الطبيعة. وقد يُعتقد أنّ التآكل هو الصدأ، لكن هذا هو حالة خاصة بالحديد فقط. أما باقي المعادن فتتعرض للتآكل والتدهور في حالة ما إذا وجدت البيئة الملائمة و المسببة لهذه الظاهرة، كالأوساط الحمضية و القاعدية و المياه المالحة وأماكن الرطوبة وغيرها [2].

إنّ من بين المشاكل التي يُمكن أنّ تتسبب بها ظاهرة التآكل هي نضوب المعادن الموجودة في الطبيعة، إضافة إلى الأعطال التي تصيب الأجهزة و المعدن و مشكلة التلوث البيئي و التكاليف الباهظة التي تقدر بملايين الدولارات سنويًا، ففي الولايات المتحدة الأمريكية على سبيل المثال تقدر تكلفة التآكل السنوية في العقد الماضي بحوالي 150 مليون دولار نتيجة لمشاكل التآكل في المباني والجسور، وُقِّدَت تكاليف التآكل والاستراتيجيات الوقائية في الولايات المتحدة وذلك سنة 2002، بنحو 276 مليار دولار [3]. وفي بريطانيا أيضا تقدر تكلفة إصلاح الجسور فقط نتيجة للتآكل في حديد التسليح بحوالي 616 مليون جنيه إسترليني. وفي الصين تقدر الخسائر بسبب الصدأ فقط بأزيد من 300 مليون دولار سنويًا، كما قدرت الدراسة أن تكلفة التآكل في الصين كانت حوالي 310 مليار دولار أمريكي لسنة 2017، و تمثل حوالي 3.34 % من الناتج المحلي الإجمالي [4]. بينما في العالم العربي لا توجد احصائيات رسمية لكنها تقدر أيضا بمئات ملايين الدولارات. كما تتراوح تكاليف التآكل السنوية من 1 إلى 5% من الناتج القومي الإجمالي لأي دولة، كما أنّ حساب التكلفة الاقتصادية الناتجة عن التآكل لأي دولة يُعتبر أمرًا شديد الصعوبة وأيّة أرقام تصدر بشأن التكاليف السنوية للتآكل في أي دولة من الدول لا يمكن التسليم بدقتها [5]. وعليه يُعتبر التآكل مشكلة عالمية، تُقدر خسائره في احصائيات غير رسمية بحوالي 2.5 تريليون دولار [3]. كما أنّ تأثير التآكل لا يرتبط بالتكلفة فحسب، بل يرتبط أيضًا بمخاطر السلامة وخسائر الأرواح. ومن ثم، يجب اتخاذ الإجراءات المناسبة للسيطرة على التآكل ومنعه. و رغم الإجراءات الكثيرة المتبعة في منع حدوث عملية التآكل و الحد منها إلا أن الخسائر الناجمة عنها تبقى كبيرة جدًا ولا يمكن تحديدها بشكل دقيق، ومما يتضح أن هناك من المعادن من يمتلك مناعة ذاتية ضد التآكل وهي ما تُسمى بالمعادن النبيلة غير أنّ الميل لإستغلالها في مجالات الحياة بكميات معتبرة يُعد مُكلفا بسبب أثمانها الباهظة بيد أنّ المعادن الأخرى والتي تكون بتكاليف زهيدة و أكثر إستعمالا تبقى معرضة

لخطر التآكل ومن بين هذه المعادن الأكثر استعمالاً نجد الصلب الكربوني وهو موضوع دراستنا وبحثنا، حيث أن الصلب الكربوني هو نتاج عملية صهر الحديد ودمجه مع الكربون بنسب معينة مع عناصر مضافة أخرى كالكروم والنيكل والمنغنيز بنسب ضئيلة ومتفاوتة، كما أنه أكثر عرضة للتآكل بسبب تأكسده عند تفاعله مع الأكسجين، حيث يفقد معدن الحديد إلكتروناته وتتحلل جزئيات الحديد ويتحول الي أيون الحديد الثنائي والثلاثي (Fe^{+2}) و (Fe^{+3})، فتتشكل طبقة أكسيد الحديد وعندها يتم تآكل الحديد. ونظراً لخصائص الصلب الممتازة لا سيما الخصائص الميكانيكية، فقد أصبح من الضروري البحث عن وسائل وطرق لحمايته من خطر التآكل، وبما أن تآكل الصلب يعتبر من الظواهر الطبيعية التي لا يمكن منعها ولكن يمكن الحد منها، وهذا ما جعله موضوع العديد من الدراسات السابقة والحالية [6-11].

إلا أن الدراسات السابقة أشارت لطرق حماية عن طريق المثبطات مثلاً، حيث تم اختيار (*Agaricus bisporus*) كمثبط صديق للبيئة للصلب الطري ضد التآكل من حمض الهيدروكلوريك في درجة حرارة الغرفة [6]. كما تم حساب معدلات التآكل لحديد التسليح وإضافة مركب أحادي هيدرات فوسفات الصوديوم ثنائية الهيدروجين كمادة مثبطة [7]. وأيضاً تمت دراسة تأثير نسبة الكربون على معدل التآكل في الصلب الكربوني، حيث تبين أن زيادة نسبة الكربون في الصلب تقلل من مقاومة التآكل [8]. كما تمت دراسة تأثير بعض المحاليل على ارتجاج الايبوكسي وحساب معاملات الانتشار لهذه المحاليل [9]. بالإضافة لتأثير درجة الحرارة والوقت على سلوك تآكل التتقر لصلب المقاوم للصدأ 304 [10].

من بين أبرز الدراسات والأبحاث المنشورة، تُوجد دراسة تأثير المعالجة الحرارية وخشونة الأسطح على معدلات تآكل الصلب منخفض الكربون [11] و التي بينت أن عملية المعالجة الحرارية تسببت في صغر حجم الحبيبات وكرينة السطح مما جعله أكثر مقاومة للتآكل وأيضاً كلما كان السطح ناعماً كانت معدلات التآكل أقل وذلك لأن عملية الاستقطاب تكون أقل في الأسطح الناعمة وتقلل من عملية التآكل.

لكن دراستنا الحالية تقترح طريقة جديدة وفعالة لحماية الصلب الكربوني من التآكل خاصة في بعض الأوساط (مثل كلوريد الهيدروجين أو حمض الهيدروكلوريك HCl، هيدروكسيد

الصوديوم NaOH، حمض النيتريك HNO₃، حمض الكبريت H₂SO₄ ومحلول ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم NaCl بتركيز 5%)، وذلك باستعمال معالجة كيميوجحرارية تتمثل في الصلب الكربوني المعالج

تمت معالجة عينات من الصلب الكربوني بواسطة معالجة كيميوجحرارية تُدعى البوريدنج أو البوارة (boriding)، وهي معالجة حرارية كيميائية، تعتمد أليتها على إنتشار عنصر ذرات البورون 5B في معدن أو سبيكة، و نظرًا لأن البورون عنصر صغير نسبيًا ، فإنه ينتشر في مجموعة متنوعة من المعادن ، بما في ذلك السبائك الحديدية ومعظم السبائك المقاومة للصهر. قد تكون هذه السبيكة: الفولاذ بأنواعه أو حديد الزهر أو سبيكة تيتانيوم [12-14، 16-19]. كما تمت المعالجة باستعمال مزيج كيميائي يُؤدي لتصلب سطح المعدن، يتكون هذا المزيج من المساحيق التالية: 60% بوراكس borax، 20% حديد سيلكون ferrosilicon، و 20% حمض البوريك boric acid. تتم المعالجة في فرن كهربائي في درجة حرارة 950°C لمدة 4 ساعات. في دراساتنا السابقة نشرنا بالتفصيل كيفية إجراء هذه العملية المعقدة نسبيًا [12-14]. وقد أظهرت النتائج التجريبية فعالية هذه المعالجة في حماية الصلب الكربوني في بعض الأوساط التآكلية.

هدف الدراسة:

الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد طريقة حماية الصلب الكربوني من التآكل و حساب معدلات التآكل بطريقة فقدان الوزن والطريقة الكهروكيميائية وكذا الحد من التآكل باستخدام معالجة كيميوجحرارية. إنَّ موضوع بحثنا هو دراسة مقاومة تآكل الصلب الكربوني في أوساط مختلفة، حمضية و قاعدية.

الأجهزة و المواد المستخدمة:

تم استخدام العينة المُخصصة لهذه الدراسة وتمثلت في الصلب الكربوني C35 المعالج كيميوجحرارياً بعملية البوارة (boriding) . كما تم استخدام الصلب الكربوني C35 غير المعالج أيضاً للمقارنة بين العينات، وكان اختيار هذا المعدن لتعدد و كثرة استعمالته

في القطاع الصناعي وكذا سعره المناسب فهو رخيص نسبيا و يحتوي هذا الصلب على التركيب الكيميائي الوزني التالي:

الجدول(1): التركيب الكيميائي الوزني للصلب C35

العنصر	C	Si	Mn	P	Cr	Ni	Fe
النسبة ب	-0.39	<0,40	-0.80	<0,045	<0,40	<0,40	ما تبقى
w.t%	0.32		0.50				

كما تم استخدام الأجهزة التالية:

- ميزان دقيق وحساس بدقة 0.0001
- جهاز الجهد الكهربائي Potentiostat-Galvanostat.
- إضافة للمحاليل التالية: كلوريد الهيدروجين HCl، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض النيتريك HNO₃، حمض الكبريت H₂SO₄ و محلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%).

تحضير عينات الإختبار

تم تنظيف العينات باستخدام الميثانول ثم الماء المقطر وجُففت باستخدام مصفف الشعر قبل عملية الغمر في الوسط التآكلي. في هذه الدراسة، استُخدمت 6 عينات من الصلب المتوسط الكربون C35 و 6 عينات أخرى من الصلب المعالج بالبواردة، ونظرا لوجود بعض الترسبات و الصدأ على أسطح العينة فقد تم إجراء عملية التنظيف بالتلميع بورق الصنفرة على أسطح العينات والماء المقطر، و في الأخير تم تجهيز العينات بحيث يسمح الجزء الواسع من السطح بتثبيت العينات في أوساط التآكل، و كان إستخدامها بنفس الشكل ما يجعل من الممكن إجراء دراسة مقارنة، و بعد الإنتهاء من عمليات تنظيف العينات يتم تجفيفها بعناية بواسطة ورق تجفيف تم قياس الوزن لكل عينة بواسطة الميزان الحساس و تدوين الأوزان.

إختبار التآكل

تحضير الوسط الأكال

تم إجراء جميع إختبارات التآكل عن طريق الغمر الكلي تحت نفس الظروف في أوساط تآكل مختلفة و المحاليل المستخدمة في هذا العمل تظهر في الجدول أدناه :

الجدول (2) : المحاليل المستخدمة في إختبار التآكل و نسبها

نوع الوسط	الوسط وتركيزه الأصلي	تركيز المحلول	الحجم / الوزن
حمضي	H ₂ SO ₄ 97%	5%	29.247 ml
	HCl 37%	5%	116.06 ml
	HNO ₃ ≥ 65	5%	51.478 ml
قاعدي	NaOH 98%	5%	40 g
متعادل	NaCl 99%	5%	58.5 g

تمّ حساب قيم الوزن أو الحجم المبيّنة في الجدول 2 بواسطة برنامج Solution Calcul، حيثُ تمّت إذابة المحاليل في واحد لتر من الماء المقطر، فعملية تحضير محلول ملح الطعام NaCl مثلاً تكون بإذابة 58.5 g من مسحوق كلوريد الصوديوم في 1 لتر من الماء المقطر .

آلية إجراء إختبار التآكل

يتم ربط عينات الصلب الكربوني C35 بإحكام بواسطة خيط عازل كهربائياً لا يتأثر بوسط التآكل، حيث أجريت إختبارات التآكل لهذه النماذج المعدة مسبقاً وذلك بغمرها بشكل كامل في أوساط التآكل، عن طريق تعليقها بشكل عمودي في أحواض زجاجية معدة لهذا الغرض، وتم إحداث ثقب في الغطاء العلوي لكل حوض في المركز ذلك لأجل تمرير الخيوط عبر الثقوب الموجودة في الغطاء و تركت هذه الأحواض مغلقة بإحكام من أجل تفادي دخول الأكسجين الجوي داخل أوساط التآكل . تجدر الإشارة أنّ جميع إختبارات

التآكل أجريت عند درجة حرارة المخبر. بعد إنتهاء مدة كل عملية غمر، ترفع العينات و يتم تنظيفها وغسلها بالماء المقطر و من ثم تجفيفها و في الأخير يتم إعادة قياس وزن كل عينة بالميزان الحساس و تدوين النتائج.



الشكل (1): المحاليل المستخدمة في إختبار الغمر و أحواض الأوساط التآكلية

إختبار الغمر (الهدف من الدراسة)

يتم إجراء إختبار الغمر لعينات الصلب الكربوني C35 وكانت هذه الدراسة على جزئين، الجزء الأول يشمل غمر عينات الصلب غير المعالجة في أوساط تآكل مختلفة وذلك لتقييم سلوك التآكل بشكل عام في ظل وجود بيئات مختلفة أما الجزء الثاني فيشمل غمر عينات من الصلب الكربوني معالجة بالبوراييد وأخرى غير معالجة وذلك بهدف إجراء دراسة مقارنة و تقييم أثر المعالجة على سلوك التآكل. يتم تجهيز عينات من الصلب الكربوني لإجراء الدراسة عليها بشرط أن تكون منتظمة ويمكن حساب مساحتها و كتلتها، تجرى جميع إختبارات الغمر في المختبر و يتم تقديم نتائج إختبارات التآكل حسب طريقتين:

الطريقة الوزنية (فقدان الوزن):

استخدمت في هذه الدراسة الطريقة الأولى التي تعتمد على فقدان الوزن والتي تدعى أيضًا بالطريقة الوزنية. ومن مزايا هذه الطريقة أنها سهلة المناولة، حيث يتم وزن كتلتها قبل وبعد عملية الغمر بواسطة الميزان الحساس في تلك الأوساط لفترات زمنية مُحدّدة (90، 60، 45، 30، 10، 7، 1 يومًا)، يتكون كل إختبار من عدة فترات من 24 ساعة حتى 3 أشهر، ومعظم إختبارات فقدان الوزن المنشورة في الأدبيات والمجلات لا تتجاوز 4 أيام (100 ساعة [15]، 5 أيام [16]، 9 أيام [17]، 10 أيام (240 ساعة) [18]، 14 يومًا، 20 يومًا [19]، 33 يومًا [20]). ومع ذلك، فقد حققنا في دراستنا نتائج تصل إلى 3 أشهر (90 يومًا).

يتم غسل العينات بالماء المقطر وتجفيفها ووزنها، قبل وبعد كل إختبار تآكل. الجهاز الوحيد الذي تم استخدامه في هذا الجزء التجريبي هو الميزان كما هو موضح في الشكل 3.3. مع إمكانية قراءة 0.0001 جم. و بعد كل عملية غمر يتم سحب العينة و يُعاد تنظيفها بالماء المقطر أولاً ثم يتم تنظيفها باستخدام محلول الاثنانول لتنظيف الطبقات المتآكلة دون المساس بالمعدن، ثم تجفيفها باستخدام مجفف الشعر قبل غمرها مُجددا في الوسط التآكلي. ثم يُحسب معدل التآكل بوحدة $mg / year.cm^2$ من خلال العلاقة التالية [21]:

$$CR = \frac{\Delta m}{A.t}$$

(cm^2) مساحة السطح: A (day.360) مدة الغمر: t

(mg) الفرق في الوزن قبل و بعد الغمر: Δm

الطريقة الكهروكيميائية:

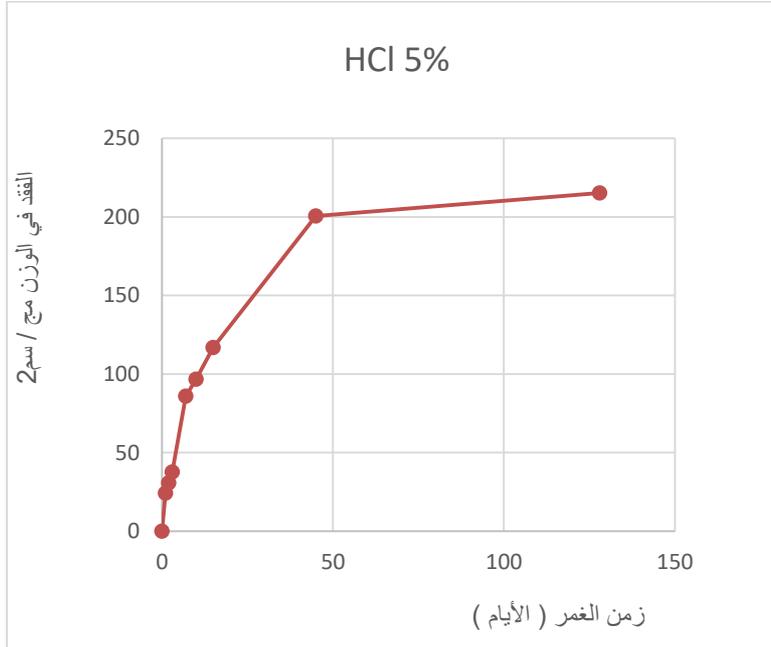
يتم الحصول على القياسات الكهروكيميائية من خلال إعداد خلية التآكل للعينة واستخراج البيانات المحوسبة والتي تتمثل في منحنيات الاستقطاب الكهروكيميائي لفحص التآكل النسبي و يُحدد معدل التآكل من منحني تافل (لوغاريتم التيار مقابل الجهد) و يُؤخذ بعين الإعتبار في هذه الطريقة سمك القطع للعينات حيث تُحدد في هذه التجربة ب $1.cm^2$.

نتائج ومناقشة إختبار الغمر(الطريقة الوزنية)

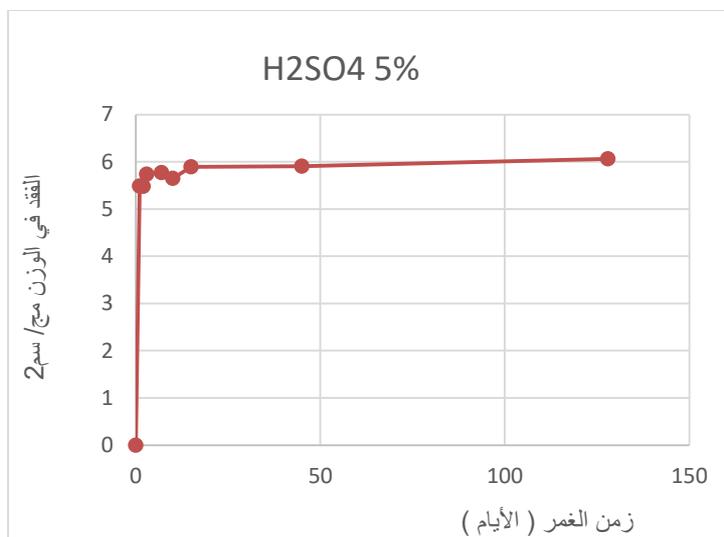
تمّ تسجيل نتائج فقدان الوزن للعينات المعالجة و غير المعالجة لصلب C35 باستمرار طيلة فترات الغمر في أوساط التآكل المختلفة. أظهرت نتائج اختبارات الغمر لعينات الصلب الكربوني غير المعالجة في كلوريد الهيدروجين HCl، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض النيتريك HNO₃، حمض الكبريت H₂SO₄ و محلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%، وذلك من خلال منحنيات الأشكال من 2 حتى 8 كما يلي :

نتائج إختبار الغمر لعينات الصلب غير المعالجة

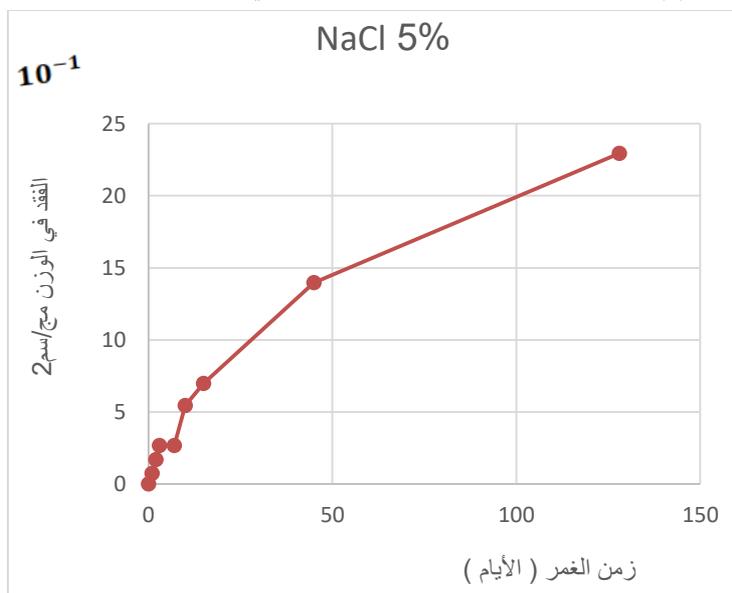
الغمر في الوسط الحمضي: تظهر نتائج فقدان الوزن اعتمادًا على مدة غمر العينة للصلب الكربوني بدون معالجة في المحاليل الحمضية من خلال المنحنيات الأشكال 2، 3، 4، 5 و 6 كما يلي :



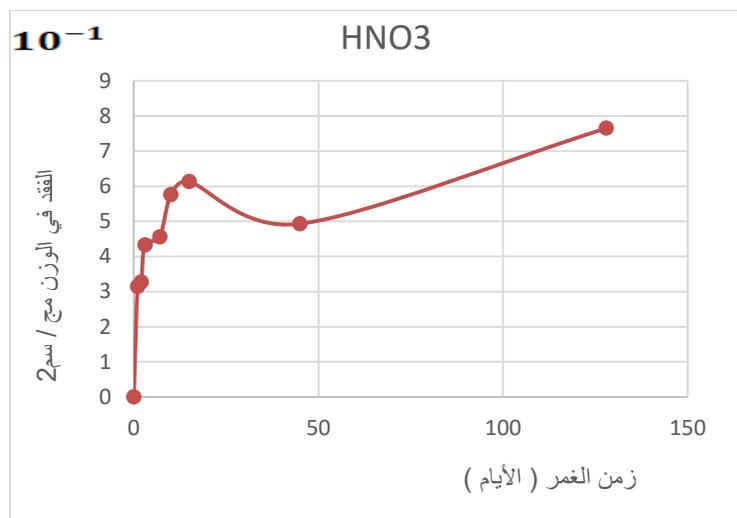
الشكل (2): معدلات التآكل لفقدان الوزن بدلالة الزمن في كلوريد الهيدروجين HCl



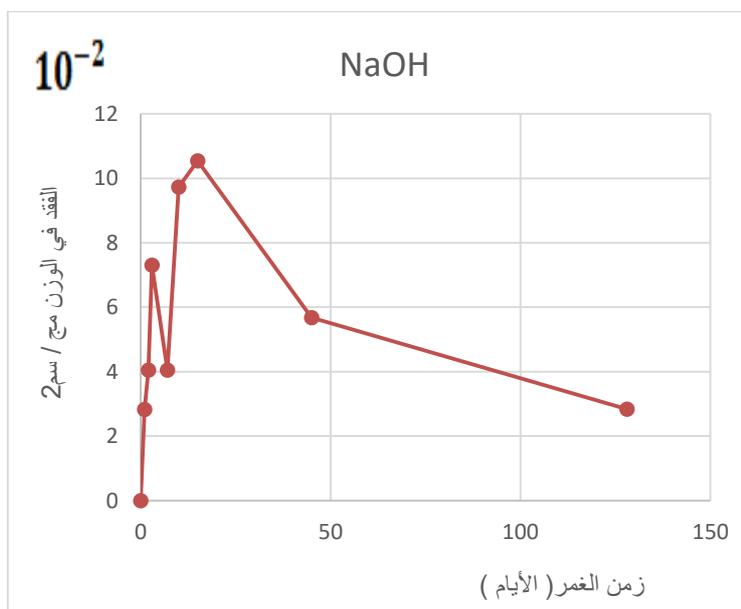
الشكل (3) : معدلات التآكل لفتد الوزن بدلالة الزمن في حمض الكبريت H_2SO_4



الشكل (4) : معدلات التآكل لفتد الوزن بدلالة الزمن في ملح الطعام NaCl



الشكل (5) : معدلات التآكل لفقد الوزن بدلالة الزمن في حمض النيتريك HNO_3



الشكل (6) : معدلات التآكل لفقد الوزن بدلالة الزمن في NaOH هيدروكسيد الصوديوم

النتائج والمناقشة

بعد مرور 24 ساعة من إختبار الغمر، يُلاحظ أنّ قيم فقدان الوزن في الأوساط التالية: كلوريد الهيدروجين HCl، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض النيتريك HNO₃، حمض الكبريت H₂SO₄ و محلول ملح الطعام NaCl، كانت على التوالي 0، 5.49، 0.314 و 9.012 و 24.19 mg/cm². وعليه يُمكن القول أنّ محلول كلوريد الهيدروجين HCl و حمض النيتريك HNO₃ يُعدان أكثر الأوساط مهاجمة للصلب حيث تم تسجيل أعلى قيم في فقدان الوزن للعينة بهما.

كما تُلاحظ زيادة ملحوظة في معدلات التآكل حتى تصل إلى قيمة حدية ثابتة بعد مرور بضعة أيام تليها مرحلة نوعية من الثبوت حيث يلاحظ من نتائج إختبارات الغمر في محاليل حمض الكبريت H₂SO₄ وكلوريد الهيدروجين HCl، أنّ معدلات التآكل لهذه الأوساط تزداد بشكل ملحوظ لتصل إلى قيم ثابتة بعد مرور 10، 15 و 45 يوما وكانت قيم فقد الوزن 5.65 و 200.59 mg/cm² على التوالي.

كما تتغير معدلات التآكل في الأوساط الحمضية بإختلاف الوسط الحمضي و قد أظهرت النتائج أنّ معدلات التآكل كانت الأعلى قيما في محلول حمض الكبريت H₂SO₄ ويليه كلوريد الهيدروجين HCl و يرجع ذلك إلى إختلاف درجة حموضة هذه الأوساط حيث يُعد الوسط الأكثر حموضة أكثر مهاجمة للصلب أيضًا.

في بداية إختبار التآكل يحدث التآكل الكهروكيميائي بسرعة في الوسط الحمضي بسرعة لكن مع مرور الزمن يتباطئ التآكل و يلاحظ نوع من الثبوت و يرجع ذلك لزيادة تراكيز الأيونات الحمضية في المصعد والتي تسبب إعاقة التآكل. يتضح من النتائج التجريبية أنّ الوزن المفقود في محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH يصل إلى أعلى قيمة له بعد مرور 15 يوماً و قدرت ب 0.1054 ملغرام/سم² ثم يتناقص تدريجيا مع زيادة زمن الغمر ويرجع ذلك لتباطئ التفاعل الكهروكيميائي مع زيادة مدة الغمر. كما يُلاحظ إرتفاع واضح في معدلات التآكل في محلول كلوريد الصوديوم NaCl، وهذه الزيادة تكون شبه خطية بدلالة الزمن و يرجع ذلك إلى زيادة تركيز أيونات الكلور في الوسط مع زيادة مدة الغمر و التي تؤدي لتثبيط التآكل الكهروكيميائي. كما يُمكن استخلاص النقاط التالية:

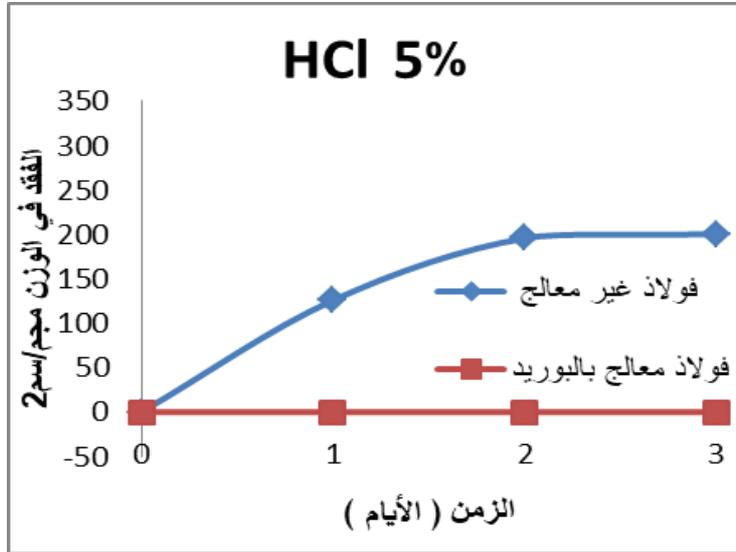
1. تتغير معدلات تآكل الصلب الكربوني بإختلاف وسط التآكل.

2. قيم معدلات التآكل للصلب الكربوني في الأوساط القاعدية تكون ضعيفة مقارنة مع معدلات التآكل في الأوساط الحمضية.

3. تتخفف مقاومة التآكل للصلب الكربوني مع زيادة درجة حموضة الوسط الحمضي. تم تسجيل نتائج فقدان الوزن لعينات الصلب مع و بدون معالجة و التي تم غمرها في نفس المحاليل السابقة و لنفس فترات الغمر في محاليل ملح الطعام NaCl، حمض الكبريت H_2SO_4 وكلوريد الهيدروجين HCl. كانت نتائج اختبار الغمر كما يلي:

أ. الغمر الكلي في محلول كلوريد الهيدروجين HCl بتركيز 5%

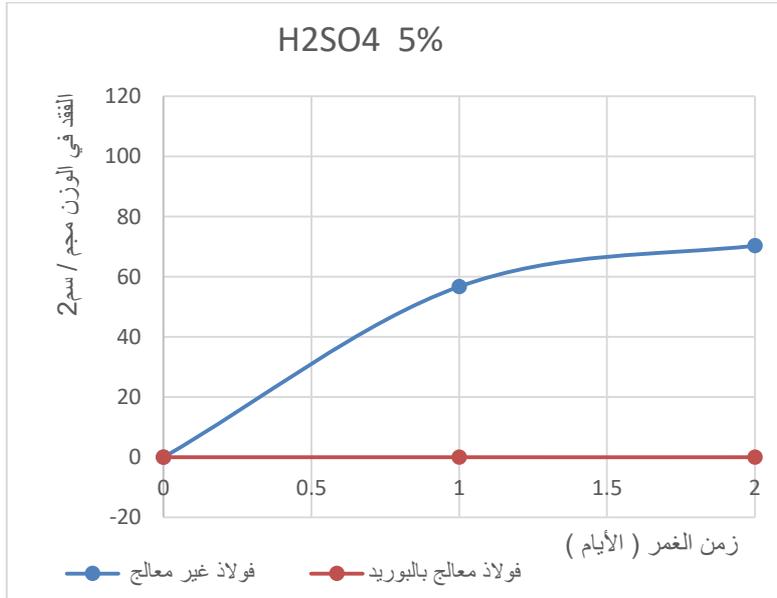
يُظهر الشكل 7 تغيرات معدلات التآكل تبعا لفترة الغمر لعينات الصلب المعالجة وغير المعالجة في محلول كلور الهيدروجين. نلاحظ أن أقل خسارة في الوزن لصلب الكربوني C35 كانت 0 mg في الـ 24 ساعة الأولى، بينما كان فقدان الوزن للعينة غير المعالجة 125.85 mg.



الشكل (7) : معدلات التآكل لفقدان الوزن بدلالة الزمن لصلب C35 المعالج وغير المعالج في كلوريد الهيدروجين HCl.

كما أنّ تآكل العينة المعالجة يبدو ضئيلاً مقارنة بالصلب غير المعالج حيث أن أعلى معدل تآكل للعينة المعالجة يكون بعد 45 يوماً من عملية التآكل لتصل إلى mg 133.64. بينما تتضاعف هذه القيمة في العينة غير المعالجة. من الواضح أثر المقاومة الجيدة للتآكل في هذا الوسط الذي يمكن أن تجلبه عملية المعالجة الكيميوحرارية لسطح عينات الصلب، وقد يفسر ذلك بالعشاء الواقي الذي يتم تكوينه على سطح عينة الصلب بمادة البوريد (borided).

ب. الغمر الكلي في محلول حمض الكبريت H_2SO_4 بتركيز 5% يظهر الشكل 8 نتائج الغمر لصلب الكربوني مع وبدون معالجة في محلول حمض الكبريت H_2SO_4 . نلاحظ أن أقل فقدان في الوزن لصلب الكربوني C35 كانت 0 mg في الـ 24 ساعة الأولى، بينما كان فقدان الوزن للعينة غير المعالجة 56.7 mg. كما أنّ فقدان الوزن للعينة المعالجة يكاد يكون معدوماً طيلة فترة الغمر حيث أنه بعد مرور 90 يوماً أي ما يعادل 3 أشهر يصل الفقد في الوزن لهذه العينة 0.307 mg.

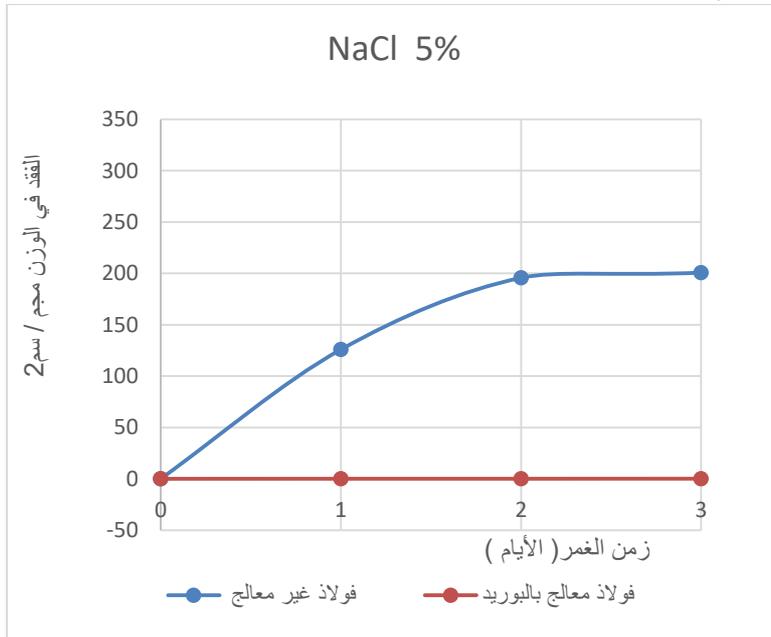


الشكل (8) : معدلات التآكل لفقدان الوزن بدلالة الزمن لصلب C35 المعالج وغير المعالج في حمض الكبريت H_2SO_4

وهذه الكمية ضئيلة جد مقارنة مع الوزن المفقود من العينة غير المعالجة و التي تكون كبيرة جدا بما يقدر بـ 110.18 mg. بالإضافة لذلك، تزداد قابلية التآكل في العينة غير المعالجة لصلب أضعافاً، بينما تتخفف بشكل كبير للعينات غير المعالجة وهنا تظهر أهمية المعالجة بالبورون في تحسين و زيادة مقاومة التآكل.

ج. الغمر الكلي في محلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%

يُظهر الشكل 9 تغيرات معدلات التآكل تبعاً لفترة الغمر لعينات الصلب المعالجة وغير المعالجة في محلول ملح الطعام.



الشكل (9) : معدلات التآكل لفقدان الوزن بدلالة الزمن لصلب C35 المعالج وغير المعالج في ملح الطعام NaCl

نُلاحظ عدم وجود إختلاف كبير في سرعة التآكل مع الزمن الملاحظ في حالة محلول ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم (لا يوجد تغير كبير في قيمة الميل للمنحنى) وتآكل العينة المعالجة لا يكاد يُذكر مقارنة بالصلب غير المعالج . كما نلاحظ أنّ هناك قابلية كبيرة للتآكل تُظهرها العينة غير المعالجة يقابلها مقاومة كبيرة تُظهرها العينة المعالجة .

بناءً على نتائج قياسات فقد الكتلة في عدة عينات من الصلب C35 تم الاحتفاظ بالاستنتاجات التالية:

1. تعمل المعالجة بالبوراييد للصلب C35 على تحسين مقاومة التآكل بشكل كبير في البيئات الحمضية بشكل عام ، وخاصة في (HCl وحمض النتريت HNO₃ وحمض الكبريت H₂SO₄) وفي محلول ملح الطعام NaCl و كلوريد الهيدروجين NaOH.
2. تعمل معالجة طلاء البوراييد على تكوين غشاء واقى من بعض بيئات التآكل الحمضية و القاعدية.

الطريقة الكهروكيميائية (الإجراءات التجريبية)

يتم الحصول على القياسات الكهروكيميائية اللازمة لرسم منحنيات الاستقطاب بشكل عام باستخدام جهاز الجهد الكهربائي Potentiostat-Galvanostat و هو جهاز مضخم للتيار الكهربائي يسمح بضبط قيمة الجهد الكهربائي لقيمة محددة مسبقا. تسمح البيانات المحصل عليها من اختبارات التآكل الكهروكيميائية بإجراء دراسة مقارنة عن سلوك العينات المختبرة من خلال منحنيات الإستقطاب و تم الحصول على منحنيات الإستقطاب لعينات الصلب المعالجة بطبقة البوراييد وغير المعالجة المستخدم في الدراسة لبعض الأوساط التآكلية عن طريق جهاز PGN 201 Potentiostat-voltalab. والمجهز بنظام برمجي كهروكيميائي Volta-master4 كما هو موضح في الشكل 10، و يوصل بجهاز الكمبيوتر من جهة ومن جهة أخرى بمساري خلية التآكل. و قد اقتصرت الدراسة بهذه الطريقة على محلولي H₂SO₄ و HCl.

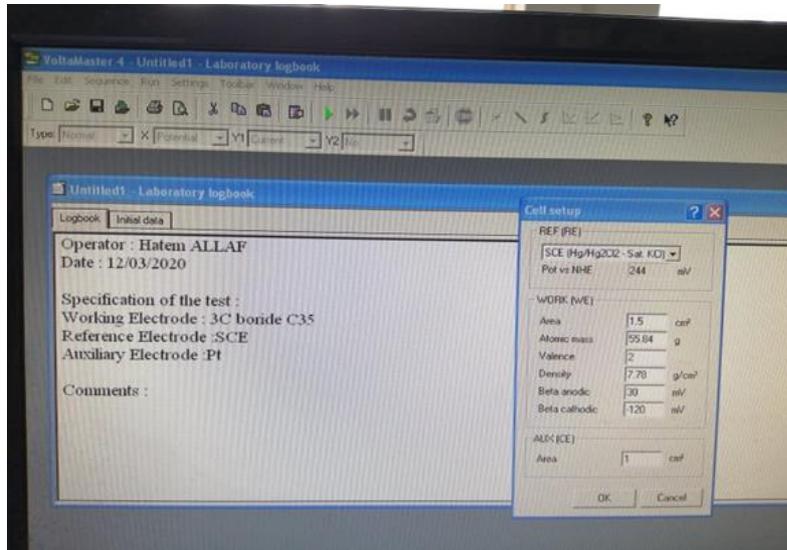
مبدأ القياس الكهروكيميائي

تعتمد التقنية الكهروكيميائية على تطبيق قيم متغيرة للكمون من خلال المحطة الكمونية voltalab 201 على العينة المختبرة التي تمثل المسرى العامل (Working Electrode) و التي يتم غمرها في محلول الإلكتروليت الذي يكون من كلور البوتاسيوم KCl في وعاء بيشر لمدة 30 دقيقة بوجود إلكترود الكالوميل كمسرى مرجعي والبلاتين الذي يمثل الإلكترود المساعد. يتم توصيل كافة المساري إلى الجهاز Voltalab.PGN 201 و

بعد التأكد من توصيل الإلكترودات و إعداد خلية التآكل بالشكل الصحيح يتم إعداد مدخلات التجربة الخاصة بالعينة المختبرة في برنامج 4 volta master ومن ثم يتم إدخال المعلومات الخاصة بالعينة المختبرة كما يظهر في الشكل 11.

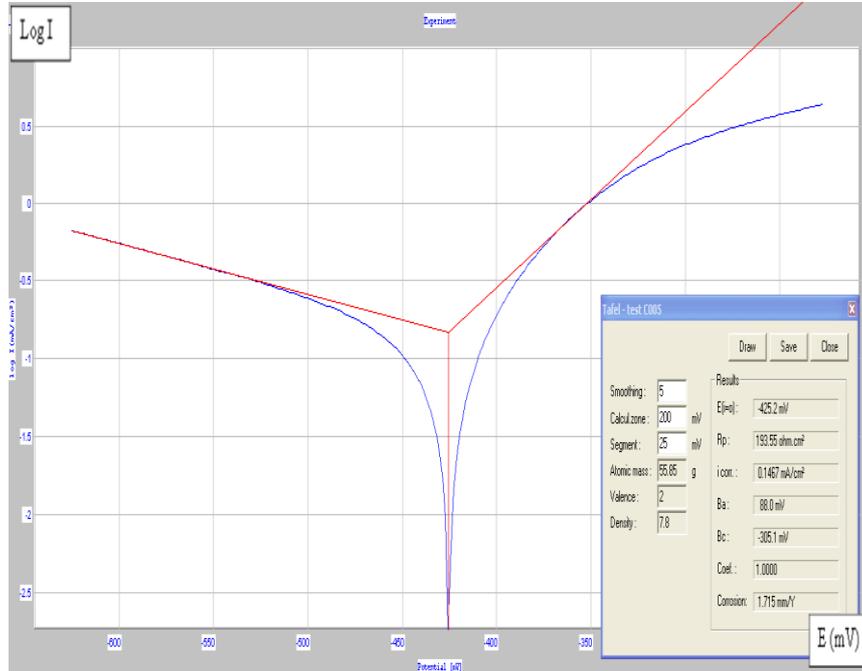


الشكل (10) : جهاز الجهد الكهربائي Voltalab.PGN 201.Potentiostat-Galvanostat

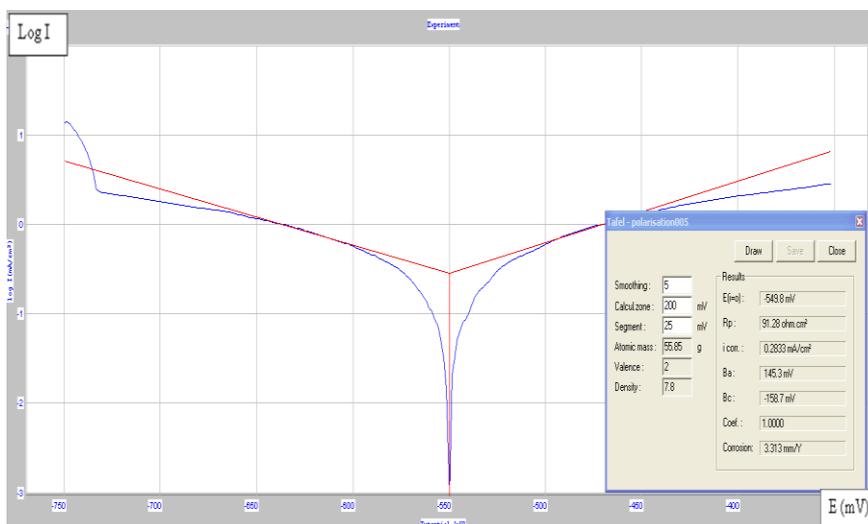


الشكل (11) : صورة فوتوغرافية لمدخلات بيانات العينة المختبرة في جهاز الكمبيوتر

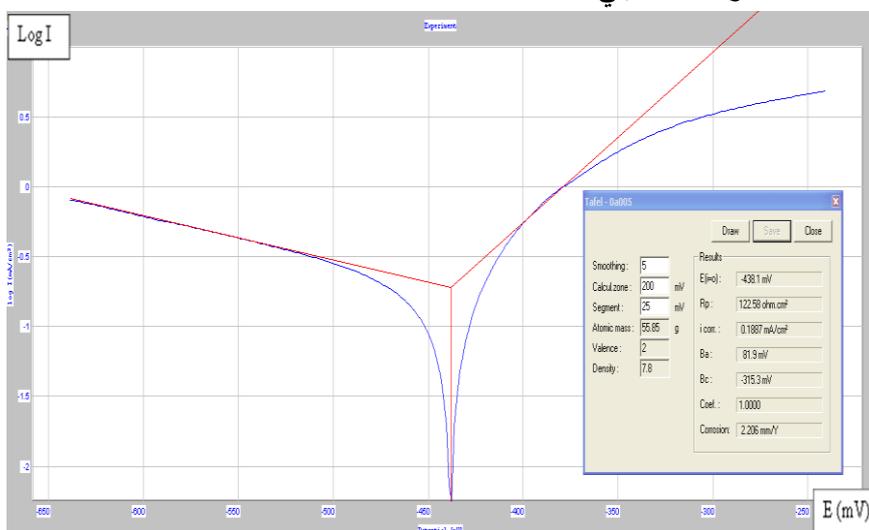
وبعد ذلك يتم تشغيل الخلية بالضغط على الزر البدء تم الضغط على زر البدء في برنامج 4 volta master و في الأخير يتم الحصول على منحنيات الإستقطاب برسم علاقة الكمون بدلالة كثافة تيار التآكل بواسطة البرنامج .
من خلال منحنيات الإستقطاب المحصل عليها و منحنيات المنطقة الأنودية و الكاثودية، من الممكن إيجاد ماسات تافل و تحديد قيم كمون التآكل و تيار التآكل من نقاط التقاطع وكذلك تقييم معدل التآكل من قانون فاراداي و يتم توفير هذه القيم التي تم الحصول عليها بواسطة البرنامج المستخدم ، والذي يعتمد على وجه التحديد على هذا القانون.
تم الحصول على نتائج اختبار الغمر حسب الطريقة الكهروكيميائية. كما أظهرت النتائج المتحصل عليها من خلال منحنى تافل الخاص بمحلول حمض الكبريت H_2SO_4 في الأشكال 12 و 13 الموضحة كما يلي:



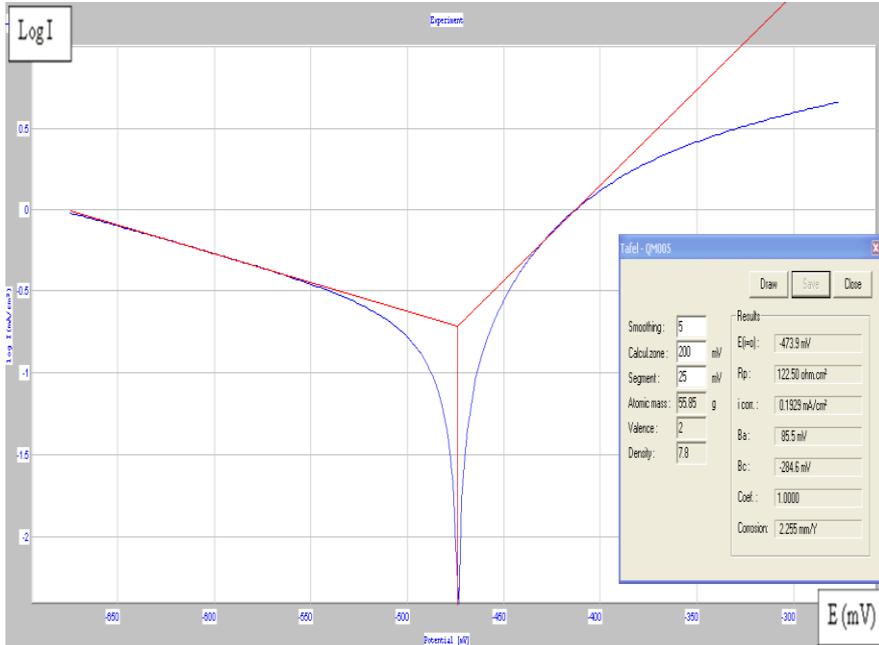
الشكل (12) : منحنى تافل لصلب الكربوني C35 المعالج في محلول حمض الكبريت H_2SO_4



الشكل (13) : منحني تافل لصلب الكربوني C35 غير المعالج في محلول حمض الكبريت H_2SO_4 بينما كانت النتائج المتحصل عليها في محلول كلوريد الهيدروجين HCl موضحة في الأشكال 14 و 15 كما يلي:



الشكل (14) : منحني تافل لصلب الكربوني C35 المعالج في محلول كلوريد الهيدروجين HCl



الشكل (15) : منحني تافل لصلب الكربوني C35 غير المعالج في محلول كلوريد الهيدروجين HCl

تم فحص مقاومة التآكل للصلب الكربوني المعالج بطبقة البوريد و الصلب غير المعالج في كل من محلولي كلوريد الهيدروجين HCl و حمض الكبريت H₂SO₄ على التوالي من خلال نتائج إختبارات الغمر و منحنيات الإستقطاب الكهروكيميائي التي تظهر في الأشكال من 12 الى 15 عند درجة حرارة المخبر و تشير النتائج إلى أن كموّن التآكل لصلب المعالج بالبورة أكثر حساسية ضد التيار الكهربائي من تلك الموجودة لدى الصلب غير المعالج (البوريدي)، ما يعني إحتما لية ضعيفة لحدوث التآكل و مقاومة أفضل ضده، و ذلك يدل على أن طبقة البوريد يمكن أن تكون حاجز حماية لصلب الكربوني C35 في أوساط التآكل المحددة وهو ما بينته نتائج إختبار الغمر بالطريقة الوزنية حيث قلّت طبقة البوريد من فقدان الوزن بشكل كبير في هذه الأوساط .

يُلاحظ من خلال تقاطع مماسات تافل من منحنيات الإستقطاب الكهروكيميائي ما يلي :

1. معدل تآكل الصلب الكربوني C35 في محلول حمض الكبريتيك H_2SO_4 هي 3.313 ملم/السنة وهذه القيمة أكبر من معدل تآكل الصلب C35 المعالج بالبوريد لنفس المحلول والتي تعادل قيمتها 1.715ملم/السنة.

2. معدل تآكل الصلب الكربوني C35 في محلول كلوريد الهيدروجين HCl هي 2.255 ملم/السنة و هذه القيمة أكبر من معدل التآكل لصلب الكربوني المعالج بالبوريد في هذا المحلول و التي قيمتها 2.206 ملم/السنة كما يظهر من التقاطع في منحني تافل .

3. يمكن القول أن معالجة الصلب C35 تحسن بشكل كبير من مقاومة التآكل في محاليل كلوريد الهيدروجين HCl و حمض الكبريتيك H_2SO_4 و التي تظهر معدلات تآكل للعينة المعالجة أقل بكثير من تلك غير المعالجة .

يُعد الصلب الكربوني المعالج بالبوريد C35 أكثر كهروسلبية مقارنةً بغيره. تشير النتائج إلى أن مقاومة التآكل لصلب الكربوني تتراد مع المعالجة ، وتقترب من مقاومة التآكل لـ AISI 316L. على النقيض من ذلك، تم الإبلاغ عن نتائج مماثلة بواسطة Kayali et al [22] بالنسبة للبورون AISI 316L. كيبالي وآخرون ذكروا أن مقاومة التآكل الضعيفة كانت نتيجة التشققات والمسامية على سطح طلاء البوريد. وجد دنغ وآخرون [23] نتائج مماثلة بالنسبة للبورون Inconel 718. أضعفت معالجات البورون مقاومة التآكل للصلب الكربوني. وهذا راجع ربما أن المعالجة الكيميوحرارية للبوارة لم تتم بالشكل المناسب، وكان انتشار ذرات البورن (Boron) في الصلب غير المتجانس، ما جعل مسامات على سطح المعدن ما أدى الى زيادة التآكل الموضوعي بتغلغل سائل الوسط التآكلي الى قلب المعدن.

الخلاصة

في هذه الدراسة، تم التطرق إلى ظاهرة التآكل في الصلب الكربوني C35 في أوساط مختلفة منها الحمضية و القاعدية و المعتدلة (كلوريد الهيدروجين HCl ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH، حمض النيتريك HNO_3 ، حمض الكبريت H_2SO_4 ومحلول ملح الطعام NaCl بتركيز 5%) بالإضافة إلى دور المعالجة الكيميوحرارية البوارة (Boriding) كوسيلة مقاومة وحماية للصلب من هذه الأوساط الهجومية.

من خلال هذه الدراسة و التي كانت وفقاً لأبعاد ثابتة و طرق محددة و قياسات مقارنة بين نتائج معدلات التآكل و وفق طريقتين: الفيزيائية و الكيميائية و اللتين كانت نتائجهما متقاربة، يتضح إختلاف أثر و هجومية هذه الأوساط على الصلب الكربوني C35 بإختلاف أنواعها إضافة إلى إمكانية تثمين دور المعالجة الكيميوحرارية كوسيلة للحماية و تحسين مقاومة الصلب في هذه البيئات. من خلال هذه الدراسة يمكن استخلاص النقاط التالية:

1. تتغير معدلات تآكل الصلب الكربوني باختلاف وسط التآكل وقد بيّنت النتائج أن معدلات التآكل في الأوساط الحمضية كانت الأعلى مقارنة بمعدلات التآكل في الأوساط القاعدية و المعتدلة.
2. تنخفض مقاومة التآكل للصلب الكربوني في الأوساط الحمضية مع إزدياد درجة حموضة هذه الأوساط .
3. تظهر أهمية المعالجة الكيميوحرارية بالبورون (boron) لسطح عينات الصلب C35 في تحسين مقاومة التآكل لصلب الكربوني في بيئات التآكل الحمضية (كلوريد الهيدروجين HCl و حمض الكبريت H_2SO_4) حيث خفّضت من معدلات التآكل و فقدان الوزن بشكل ملحوظ .
4. تتشابه نتائج الدراسة وفق الطريقتين الوزنية و طريقة منحنيات الإستقطاب الكهروكيميائي.

المراجع:

- [1] Gustavo A. Cragolino, Corrosion fundamentals and characterization techniques, Techniques for Corrosion Monitoring, Chapter 2 Wood head Publishing Series in Metals and Surface Engineering (2008), pp. 6-45.
- [2] عبير، محمد ، حماية حديد التسليح المغمور في المحلول الألكتروليتي من التآكل باستخدام المثبطات، مجلة بابل للعلوم الهندسية العدد (3) ، (2014) المجلد(22)
- [3] Corrosion Costs and Preventive Strategies In the United States , NACE International (2002), pp.1-12.

- [4] B. Hou, X. Li, X. Ma, C. Du, D. Zhang, M. Zheng, W. Xu, D. Lu & F. Ma, The cost of corrosion in China, npj materials degradation, 4 (2017).
- [5] J. Kruger, and S.Begum, Corrosion of Metals: Overview Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, (2016)
- [6] H. Kumar, V. Yadav, Highly efficient and eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in 5 M HCl: An anti-pitting and anti-cracking agent, Chemical Data Collections Volume 30, (2020), 100552.
- [7] سالم علي جبريل (2020)، دراسة مقارنة معدلات تآكل حديد التسليح المنتج محلياً والمستورد في وساط مائية مختلفة، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد 22، ص 150-164.
- [8] هيثم العبيدي و طارق عبد الرزاق (2010)، دراسة تأثير نسبة الكربون على معدل التآكل في الصلب الكربوني ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، مجلد 28، العدد 4.
- [9] خليل ثابت حسان دراسة تأثير بعض المحاليل على ارتنج الايبوكسي وحساب معاملات الانتشار لهذه المحاليل
J. of university of anbar for pure science: Vol.4:NO.1 :(2010) ISSN: 1991-8941.
- [10] H. Masrub, F. Bheleel, and H..S.Lahbishi, Investigation for Pitting Corrosion Resistance of 304 Stainless Steel by use of Ferric Chloride ASTM G48-03, International Science and Technology Journal, Vol.25, pp 401-410. 2021.
المجلة الدولية للعلوم والتقنية العدد.25، (2021) ص 401-410.
- [11] مفتاح الفيتوري، مصطفى خليفة، بلعيد العجيل، دراسة تأثير المعالجة الحرارية وخشونة الأسطح علي معدلات تآكل الصلب منخفض الكربون، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد 14 (2018).

- [12] A. Kaouka, O. Alaoui, M Keddou, Properties of boride layer on boridesae 1035 steel by molten salt , Applied Mechanics and Materials 467, pp. 116-121 (2014).
- [13] .A. Kaouka, K Benarous, Electrochemical boriding of titanium alloy Ti-6Al-4V, J. of Materials Research and Technology 8 (6), (2019) pp. 6407-6412.
- [14] A. Kaouka, K Benarous, Characterization and properties of boriding titanium alloyTi6Al4V, (2020) Acta Physica Polonica A 137 (4), pp. 493-495.
- [15] . F. Ghomari, A. Khelidj, A. Bezzar, O. Benali , la perte de corrosion d'un acier, (in French) Sail, Lebanese Science Journal, Vol. 14, No.1. (2013).
- [16] L. A. Allaoui, and O. Allaoui, Corrosion resistance of borided layers obtained on XC38 steel Indian Journal of Engineering & Materials Sciences, 25 (2018), pp. 4721-424.
- [17] İ. Türkmena, E. Yalamaça, M. Keddou, tribological behaviour and Investigation of tribological behaviour and diffion model of Fe₂B layer formed by pack boriding on SAE 1020 steel, Surface and Coatings Technology, Vol. 377, (2019), 12488.
- [18] .I. Gunes, M. Erdoganb, A. G. Çelik, Corrosion Behavior and Plasma Nitrided and Borided AISI M2 Steel Characterization of Materials Research., (2014) 17(3) pp. 612-618.
- [19] M. Erdogan, I. Gunes, Corrosion Behavior and Microstructure of Borided Tool Steel MM. Revista material, V N.2(2015) 20.
- [20] .G.K. Kariofillis, G. E. Kiourtsidis, D. N. Tsipas, Investigation of corrosion behaviors at different solutions of boronized AISI 316L, stainless steel Surface & Coatings Technology, 201 (2006) pp. 19–24.

- [21] .P. Pearson , A. Cousins, Assessment of corrosion in amine-based post-combustion capture of carbon dioxide systems, Absorption-Based Post-combustion Capture of Carbon Dioxide (2016) pp. 439-463.
- [22] .Y. Kayali, A. Büyüks, I. Günes, and Y. Yalçin, Investigation of Corrosion Behaviors at Different Solutions of Boronized AISI 316L Stainless Steel, Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2013, Vol. 49, No. 3, pp. 348–358.
- [23] P. D.Deng, C. Wang, Q.Liu T, Niu, Effect of standard heat treatment on microstructure and properties of borided Inconel 718, Transactions of Nonferrous Metals Society of China Vol. 25, Issue 2 (2015) 437-443.

دور عناصر تنسيق الموقع للميادين والساحات العامة في رفع كفاءة الأداء الوظيفي للخدمات بالمدن

أ.صباح أبو بكر بالخير
المعهد العالي للعلوم والتقنية
قسم التقنيات العمارة / طرابلس
bebajalal@yahoo.com

أ.جميلة الهادي الحنيش
كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية
جامعة الزاوية - الزاوية
frejam75@yahoo.com

1. الملخص:

تعتبر الساحات العامة والميادين أحد أهم أشكال الفضاءات العامة وعنصرًا من عناصر المدينة وتعتبر مكونًا هامًا للنسيج الحضري لاحتضانها أنشطة السكان المختلفة وهي من أكثر العناصر التي تتجلى فيها العلاقة بين الإنسان والبيئة التي يعيش فيها وتعكس الصورة العامة لها وتعاني هذه الفراغات وخصوصًا في الدول النامية من تدهور خطير لبيئتها العمرانية والبصرية والبيئية نتيجة عدة أسباب حيث أصبحت تقتصر إلى الأمان والنظافة والترتيب والتجهيز بالآلات والنباتات المناسبة بالإضافة للتشوه والتلوث البصري والبيئي والازدحام المروري.

وتهدف هذه الورقة إلى محاولة التوصل لمنهج عملي يمكن تطبيقه عند تطوير وإحياء الميادين والساحات العامة للمدن بما يحافظ على الموروث الثقافي وتوفير بيئة آمنة ومستدامة.

الكلمات الدالة: الساحات العامة والميادين، النسيج الحضري، والتلوث البصري والبيئي والازدحام المروري، الموروث الثقافي.

Abstract

Public squares and squares are one of the most important forms of public spaces and an element of the city. It is an important component of the urban fabric because it embraces the various activities of the population. It is one of the most elements in which the relationship between man and the environment in which he lives and reflects the general image of it. These spaces, especially in developing countries, suffer from a serious deterioration. Its urban,

visual and environmental environment is a result of several reasons, as it has become lacking in safety, cleanliness, arrangement and equipment with appropriate machinery and plants, in addition to deformation, visual and environmental pollution, and traffic congestion.

This paper aims to try to reach a practical approach that can be applied when developing and reviving the public squares and squares of cities in order to preserve the cultural heritage and provide a safe and sustainable environment .

2. المشكلة البحثية:

إن الساحات والميادين العامة تعالج إشكالية التفاعل بين الانسان ومحيطه وتوفر له الراحة من ضغوط الحياة وتمثل الرئة التي تنقي المدينة وبسبب سوء التخطيط وعدم ادراك الانسان بأهميتها وبسبب الزيادة السكانية والحروب وبعض السلوكيات الخاطئة نتجت مشكلة البحث في عدة نقاط منها: عدم توفير البيئة الصحية الأمنة والنقص في الساحات وعدم استكمال الساحات الخاصة بالمناطق السكنية أدى على الضغط على الساحات العامة وإهمال الساحات القليلة الموجودة نتيجة لعدم مراعاة الأسس التخطيطية و التصميمية كما أن طريقة التمويل لهذه الساحات غير واضحة فتعاني من نقص وإهمال وقلة الصيانة والتعمير كما أن البعض منها غير متكامل ولا تعكس واقع التصميم بل تعكس تغيرات الحياة الاجتماعية وتفككها وتعاني أيضا من تدني مستوى السلامة والأمن ونقص الوعي البيئي لدى زوار هذه الفراغات.

3. الهدف من البحث:

يهدف البحث لتوفير بيئة صحية امنة ومستدامة في الساحات العامة والميادين للمستعملين لما تشكله هذه الميادين والساحات من أهمية والتي تمثل القلب النابض للمدينة الذي ينقي الهواء ويمدنا بالأكسجين ويسلب الأنظار ويجمل المدن وذلك باستخدام الأسس التخطيطية والتصميمية المناسبة لما له من اثار في تحسين نوعية الحياة للمواطن وتحقيق الاستدامة للمناطق العمرانية داخل المدن كما يهدف الى دراسة مفهوم الفراغ وعلاقته بالمدينة وتقييم

الوضع الحالي لميدان مدينة الزاوية ودراسة سبل تطوير الفراغات العامة بالمدن بشكل عام ومدينة الزاوية بشكل خاص .

4. منهجية البحث:

اعتمد البحث المنهج الاستقرائي والوصفي التحليلي من خلال جمع المعلومات والمراجع المتوفرة من الكتب والمجلات ودراساتها وتوثيقها وتحليلها ودراسة ميدان مدينة الزاوية وتحليله وتقييمه واقتراح الحلول والتوصيات.

5. مفهوم الفراغات الحضرية:

تعتبر الفراغات الحضرية إحدى أهم عناصر التكوين الحضري في المدن وهي مهمة جداً لسكانها الذين هم بحاجة ماسة لها للترويح عن أنفسهم ففراغات المدن لم توجد للمركبات فحسب بل إنها وجدت كمناطق عامة للتواصل البشري وممارسة أنشطة لا يمكن ممارستها داخل الوحدة السكنية فالفراغات المختلفة في المدن التي تمثل بالنسبة لقاطنيها امتداداً لا بد منه لفراغ المنزل الداخلي والخاص يجب أن تخدم الفئات العمرية والاجتماعية المختلفة وتتناسب مع الأحوال الجوية.

ولقد أدت الزيادة الكبيرة في أعداد المركبات إلى إحداث خلل في العلاقة بين الإنسان والفراغات العمرانية في مدينة الزاوية حيث تحولت وظائف هذه الفراغات من كونها مناطق للتواصل الإنساني والترفيه وتبادل المعلومات إلى مناطق تزدهم بالمركبات الآلية وما يصدر عنها من ضجيج وغازات تشكل خطراً على حياة الإنسان.

✚ الفراغ هو المجال الثلاثي الأبعاد الذي تحدث الأشياء والأحداث فيه ولها موقع واتجاه في هذا الفراغ من أجل أداء غرض معين أو حالة معينة بينما الفراغ العمراني هو كل فراغ بين المباني في المدينة ويشمل كل ما يحيط بها من ممرات وساحات عامة وميادين ومساحات مائتة وملاعب وحدائق خاصة وعامة ومواقف سيارات وطرق. (مصطفى، أسامة عبدالله صالح)

وتعتبر الفراغات الحضرية أهم عنصر من عناصر التكوين الحضري في المدينة ومهمة جدا لسكانها للتواصل البشري وللقيام بنشاطات لا يمكن القيام بها داخل الوحدة السكنية

للترويح عن أنفسهم وللراحة البدنية والنفسية بحيث تناسب وتخدم السكان بمختلف الفئات العمرية والاجتماعية.

1.5 أهمية الفراغات الحضرية:

تتمثل أهمية الفراغ الحضري فيما يلي:

1. تطوير وتنظيم علاقة الناس مع الفراغ والمحيط بحيث يؤثر كل منهما في الآخر.
2. توفير الراحة للناس ولمستخدمي الفراغ وتلبية احتياجاتهم وربطهم بمجتمعاتهم من خلال التصميم.
3. البيئة الفيزيائية المتوفرة في الفراغ نفسه تؤثر على سلوك وتصرفات الأشخاص لأن التصرفات البشرية ظرفية متلازمة وهي جزء لا يتجزأ من المحتوى الاجتماعي والثقافي والحسي.
4. ربط الفراغ بالمجتمع حيث يصعب وجود فراغ من غير محتوى اجتماعي والعكس صحيح وكذلك يقوم المجتمع بتطوير وتشكيل الفراغات بمختلف الوسائل والطرق.

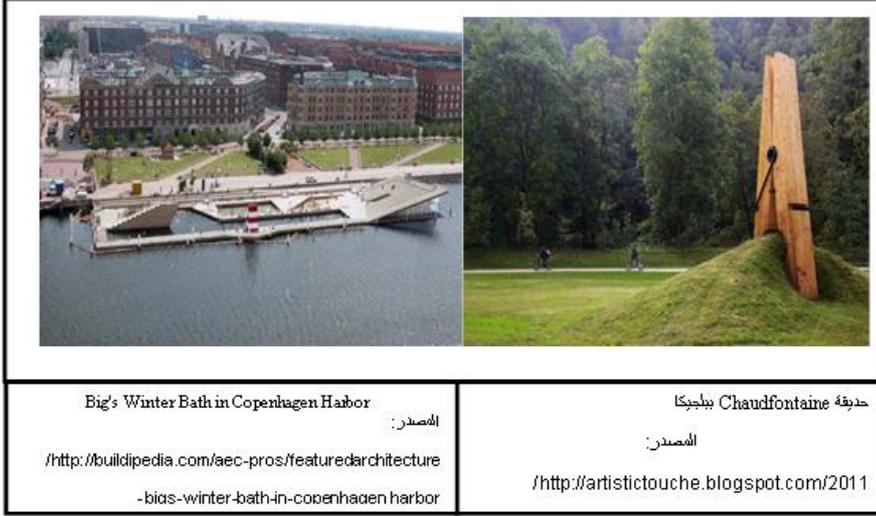
2.5 تصنيف الفراغات الحضرية:

تصنف الفراغات الحضرية الى نوعين هما:

1.2.5 الفراغات الطبيعية:

هي فراغات تشكلت بفعل العوامل والعناصر الطبيعية دون تدخل من الإنسان مثل الجبال والأنهار والوديان

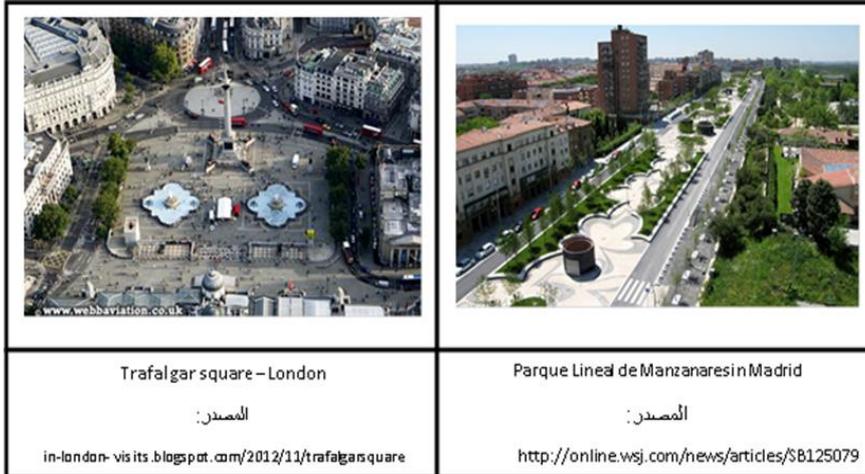
حيث أنها تساعد في تكوين الهوية الطبيعية للمدينة نفسها فمثلاً نلاحظ الاختلاف بين مدينة وأخرى من خلال تضاريسها التي تعطيها شكلها فعلى سبيل المثال هناك مدنا تعتبر مدناً شريطية لوقوعها بين جبلين بينما هناك مدناً أخرى تعتبر مركزية لتجمعها حول بؤرة ناتجة من التضاريس الطبيعية التي شكلتها وأيضاً هنالك مدناً أخرى قد يقسمها نهر أو بحر يعمل على تحديد معالمها وكما هو موضح بالشكل رقم (1) لمثل هذا النوع من الفراغات



شكل رقم (1) أمثلة للفراغات العامة الطبيعية

2.2.5. الفراغات الحضرية العمرانية:

هي فراغات تشكلت من صنع الإنسان مثل المتنزهات والساحات والبحيرات الاصطناعية وذلك لتلبية احتياجاته الاجتماعية والنفسية وازدانة البهجة والجمال للمدينة كما هو موضح بالشكل رقم (2) التالي:



شكل رقم (2) أمثلة للفراغات العامة العمرانية

والشكل رقم (3) يوضح أنواع الفراغات الحضرية العمرانية



شكل رقم (3) يوضح أنواع الفراغات الحضرية العمرانية

3.5 شروط نجاح الفراغ الحضري: (Lynch, Kevin)

- قام كيفن لينش بوضع خمسة شروط يجب توافرها في البيئة الحضرية لضمان نجاحها:
1. الحيوية: التوافق ما بين طبيعة المكان مع احتياجات ووظائف أفراد المجتمع.
 2. الإحساس: الإحساس بالفراغ والمكان وربطهما مع الوقت بما يضمن تنظيمه.
 3. الملاءمة: ملاءمة المكان وشكله وسعته مع تصرفات المستخدمين.
 4. الوصول: إمكانية الوصول إلى كل ما يحتاجه الإنسان ومتوفر بالفراغ كالخدمات والمعلومات وغيرها.
 5. السيطرة: القدرة على الوصول إلى المكان وأنشطته من خلال السيطرة على حركة الناس بداخل الفراغ.

4.5 احتياجات السكان داخل الفراغ الحضري:

ويجب أن يحقق أسلوب تصميم الفراغات العامة أهدافا لمستخدميها بحيث تخلق علاقات قوية بين المجتمع والمكان ويجب أن تسمح بدخول جميع الفئات والطبقات وأن تلبي وتخدم احتياجات المستخدمين بحيث تخلق نوع من الراحة والانتماء لمستخدمي هذا الفراغ.

وبناء على ذلك تم تحديد أربع احتياجات أساسية يطلبها الناس للشعور بالرضا في الفراغ العام:

- الراحة: يجب أن يحقق الفراغ الحضري لمستخدميه الراحة والانتماء بحيث يستطيعون قضاء أطول فترة ممكنة فيه وعوامل الراحة بيئية واجتماعية وفيزيائية وهذه العوامل هي سر نجاح الفراغات وبالتالي يزداد إقبال الناس على هذه الفراغات.
- الاسترخاء: شعور الناس بالراحة النفسية يساعدهم على الاسترخاء وبالتالي راحة الجسم والعقل معا وذلك بتوفير الأجواء والعناصر المناسبة لذلك مثل الأشجار والمياه دون أن يؤثر ذلك على معطيات ومناحي التصميم.
- الاكتشاف: التنوع والاختلاف في البيئة المحيطة بالفراغ والتنوع بالمشاهد يساعد على تنمية عنصر الاكتشاف ويمكن تحقيق ذلك مع تقدم الوقت واختلاف فصول السنة كما أن عنصر الاكتشاف يتطلب الخروج عن العادات والروتين اليومي وعدم الشعور بالخطر.
- الارتباط الفعال: إن الفراغات العامة هي التي توفر التواصل بين البشر سواء كان مباشرا أو غير مباشر بحيث يتفاعلون مع المحيط وهذا يوجد لديهم الراحة والرضا.

5.5 مكونات وعناصر الفراغ الحضري:

يتكون الفراغ العمراني من المكونات المادية والأنشطة الإنسانية وهما المحددان الرئيسيان لشخصية الفراغ

وتشكيله ويتكون كل منهما مما يلي:

- البيئة المادية: والتي تعطى للفراغ العمراني شكله وطابعه الخاص وتتضمن في:

1	الحوائط	2	الأرضيات
3	الأسقف	4	عناصر نباتية
5	عناصر مائية	6	الأثاث

- الإنسان: وكل ما يتعلق به من أنشطة وسلوك وتصرفات داخل هذا الفراغ وتتمثل في:

1	أنشطة الحركة	2	أنشطة الاستقرار
3	أنشطة الوقوف	4	أنشطة الجلوس

والفراغ الحضري السليم هو من توافرت فيه خصائص بصرية فريدة هي: وحدة التصميم ومراعاة النسب والمقاييس وإظهار الكتل والأسطح والتباين في الملمس واستخدام مواد البناء المناسبة وان يسهل إدراكه بصريا.

6.5 أنواع الفراغات الحضرية:

1.6.5 أولا من حيث الشكل:

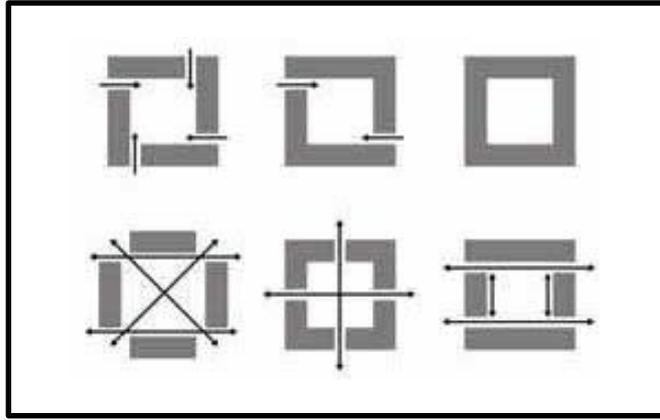
أ- الفراغات الخطية: بمختلف أشكالها المستقيمة والمنحنية والمتعرج والتي ترتبط أشكالها بمحاورها وطريقة ربطها هي التي تحدد وظيفتها الأساسية.
ب- الفراغات المجمعّة: ترتبط أشكالها أيضا بمحاورها وطريقة ربطها إلا أن ذلك لا يحدد وظيفتها الأساسية التي ترتبط أساساً بتداخل وتفاعل الأنشطة الإنسانية في الفراغ وبالتالي فإن هذا النوع من الفراغات يرتبط بشكل كبير بالمستخدمين ليعطي فرصة أكبر للناس للتفاعل والاجتماع في مجموعات وممارسة الأنشطة المشتركة.

2.6.5 ثانيا من حيث النسب والأبعاد:

يختلف تأثير الفراغ على الإنسان تبعاً لأبعاده ونسبه وزواياه الأفقية والرأسية فالفراغات الشاسعة تفقد العلاقة بين الحوائط المحددة لها كما لا يوجد توافق بين الحوائط والأرضيات ويضعف الإحساس بالاحتواء. وبصورة عامة فإن للفراغات من حيث نسبها وأبعادها صور ثلاث هي (حسن وعاطف حمزة): فراغات حميمة أو إنسانية وفراغات عميقة والفراغات غير المحسوسة.

3.6.5. ثالثا من حيث الغلق:

تتحدد نوعية وشدة الغلق من العلاقة بين محددات الفراغ مع بعضها البعض وتتقسم هذه الفراغات من حيث الغلق إلى ثلاث أنواع هي الفراغ المفتوح والفراغ المغلق والفراغ شبه المغلق كما هو موضح بالشكل رقم (4)



شكل رقم (4) يوضح أنواع الفراغات المغلقة

المصدر: خليفة، هينار أبو المجد أحمد، تصميم الفراغات العمرانية لتحقيق الراحة الحرارية باستخدام التقنيات

الحديثة للتحكم المناخي، رسالة ماجستير، جامعة القاهرة، القاهرة، مصر، 2004 م.

4.6.5 رابعا من حيث التدرج:

يمكن تقسيم الفراغات العمرانية من حيث التدرج الاستخدام والوظيفة إلى ثلاث أنواع: الفراغ الرئيسي والفراغ الثانوي وفراغ الانتقال.

5.6.5 خامسا من حيث المستخدمين:

لنوعية المستخدمين للفراغات العمرانية تأثير على الفراغ من حيث شكله وطبيعته وصفاته كما أن لطبيعة الغرض الذي يتواجد من أجله في الفراغ العمراني دور أيضا ويمكن تقسيم الفراغ وفق هذا النوع الى أربعة اقسام هي: الفراغ العام وشبه العام وشبه الخاص والخاص.

6.6.5 سادسا تصنيف الفراغ من حيث الحركة: وينقسم الى نوعين هما:

- فراغ ديناميكي: وهو فراغ يحدث به حركة مستمرة مثل الشارع حيث يعتبر شريان الحياة اليومي داخل المدينة والتي تتم من خلاله معظم الأنشطة ويتم تحديد هذا الفراغ إما بمجموعة من المباني أو الحوائط أو الأشجار.
- فراغ استاتيكي: وهو فراغ محدد المعالم والحدود يمكن إدراكه بسهولة مثل الميادين والساحات ويكون محدداً من جميع الأطراف بالمباني والأشجار ويمكن أن يشكل عنصر جذب للمدينة.

6. تصميم الفراغات الحضرية:

يمكن تعريف التصميم الحضري (أو العمراني) بأنه حلقة الوصل بين التصميم المعماري والتخطيط العمراني ويطلق عليه عمارة المدن أو التعبير المرئي للتخطيط العمراني ويضاف إليه بعدي الارتفاع والزمن والتصميم العمراني يأخذ ملامحه من تداخل المجالين: التصميم المعماري والتخطيط العمراني حيث يستمد من العمارة فكرة التشكيل الفراغي (الحيز ثلاثي الأبعاد) كما يستمد منها أيضاً التشكيل البصري كالاتزان والإيقاع والوحدة البنائية وغيرها ويستمد من التخطيط العمراني الإحساس بالفراغات المحيطة والأنشطة التي تحدث بها. (فرحات وباهر إسماعيل).

1.6. أهداف التصميم الحضري:

يجب أن يحقق التصميم الحضري ثلاث أهداف رئيسية هي: الملاءمة والمثانة والجمال في الوقت المناسب وبالتكاليف المناسبة وترتبط تلك الوظائف بالإنسان وطبيعته وخصائصه وأنشطته وخبراته وإدراكه للبيئة خاصة فيما يتعلق بوظيفتي الملاءمة والجمال ويمكن تلخيص أهدافه فيما يلي:

1. الترويح عن النفس والاستجمام والنقاة ومزاولة الرياضة.
2. الفصل بين المباني في المناطق المزدحمة وتوفير الخصوصية حيث يطلب ذلك.
3. توفير أماكن لعب للأطفال خاصة أولئك القاطنين في شقق سكنية في المباني العالية.
4. توفير جو بيئي مناسب وتوفير حماية معينة من الشمس أو الرياح أو الضوضاء أو غير ذلك من العوامل الطبيعية والملوثات الجوية.
5. حل بعض المشاكل مثل حماية التلال والمرتفعات من الانهيار.



6. حل بعض المشاكل على مستوى المدينة مثل التلوث وكذلك تجميل المدن وتنسيق الشوارع والبياديين وغير ذلك.

2.6 مراحل التصميم الحضري:

هناك مجموعة من الخطوات يجب اتباعها عند البدء في تنسيق موقع ما وتشمل هذه الخطوات ما يلي:

1. معاينة الموقع بما يشمل من مباني وأشجار وأرصفة وأثاث وشوارع وتمديدات صحية وكهربية وطبوغرافية وعوامل مناخية مثل الحرارة والشمس والرياح وغير ذلك.
 2. تحضير برنامج المشروع الذي يشمل المتطلبات المختلفة المطلوب تحقيقها في الموقع بناءً على رغبة المستفيدين.
 3. تحليل المعلومات المختلفة المتوفرة من خلال الخطوات السابقة وفهم الموقع بما يشمل من مشاكل تنسيقية مختلفة.
 4. الاستفادة من هذه المعلومات في وضع فكرة عامة أو استراتيجية مميزة لتنسيق الموقع ومن ثم وضع الحلول بما يناسب هذه الفكرة أو الاستراتيجية العامة.
 5. تطوير الحلول بما يخدم التفاصيل الخاصة بالموقع وبمتطلباته وإظهار هذه الحلول في شكل رسومات هندسية معبرة لتلك الأفكار والحلول.
 6. إعداد دراسات جدوى من حيث التكلفة والفائدة وإعداد الرسومات التنفيذية والمواصفات الخاصة بالمواد المستخدمة وغير ذلك من المتطلبات الإدارية والقانونية العامة والتنفيذية.
 7. تحويل الرسومات المختلفة إلى واقع ملموس من خلال العمليات الإنشائية المختلفة المطابقة لنتائج العمليات السابقة.
- وتعتبر مرحلة جمع وتحليل المعلومات والبيانات وصياغة البرنامج المعماري من أهم مراحل التصميم الحضري، فهي من المراحل الأولية في عملية التصميم، والهدف النهائي لتلك العملية هو التوصل إلى مخرج تصميمي يحقق إطاراً وظيفياً ومعنوياً ملائماً للأنشطة الإنسانية. (فرحات وباهر إسماعيل)
- وهناك نوعين من البيانات المطلوبة هي:

- النوع الأول: بيانات تتعلق بالفراغ أو الحيز المراد تصميمه وبذلك فهي تتعامل مع موضوعات خاصة بالعوامل البيئية والأمن والسلامة والأساليب التكنولوجية واشتراطات وقوانين البناء والمحددات الاقتصادية (من تكاليف وصيانة...)
- النوع الثاني: بيانات تتعلق بمستعمل الفراغ أو الإنسان وهي تتعلق بالمتطلبات الوظيفية والمعنوية للأنشطة التي تدور في الفراغ (من هم مستعملي الفراغ؟ ماذا يريدون؟ ماذا سيفعلون؟ وكيف؟)

3.6 محددات تشكيل البيئة الحضرية:

محددات تشكيل البيئة هي: النفاذية، التنوع والاستقرار والفعالية والملاءمة البصرية والغنى والشخصية الذاتية.

4.6 عناصر التصميم الحضري:

وتعتبر عناصر التصميم أكثر ما يؤثر في استقراء المكان وهي: المسارات والمناطق ونقاط الالتقاء أو العقد والعلامات المميزة والحدود. وهناك مداخل وتوجهات عديدة لتصميم المناطق المفتوحة والأسس التصميمية لها هي: (حسن ومحمود يسري) المحاور والمقاييس والوحدة والترابط والتناسب والسيادة والسيطرة والبساطة والطابع والمظهر الخارجي والتكرار والتنوع والتتابع والانتساع والألوان والتناظر والتوافق والإضاءة والظل واختيار أنواع النباتات المختلفة.

7. أهم الفراغات الحضرية العامة بمدينة الزاوية (داخل المخطط) - ليبيا

من أهم الفراغات الحضرية العامة بمدينة الزاوية نادي الأولمبي ونادي أساريا ونادي الطفل والاسرة (المنتزه) والساحة الشعبية وبيوت الشباب وهي ساحات عامة مفتوحة بالإضافة لميدان الشهداء وبعض المناطق الخضراء المتفرقة كما تستغل ملاعب المدارس كملاعب أطفال وكما هو موضح بالشكل رقم (5) توزيع هذه الفراغات داخل مخطط المدينة .



شكل رقم (5) يوضح الفراغات الحضرية العامة على مخطط مدينة الزاوية
المصدر: مكتب التخطيط الزاوية

1.7. أهم المميزات للفراغات الحضرية العامة بمدينة الزاوية (داخل المخطط) بشكل عام:

تتمثل في التنوع في أنواع الفراغات وهي:

- فراغات طبيعية متمثلة في الشواطئ.
- فراغات نوادي وملاعب مثل نادي الطفل والاسرة والأولمبي ونادي أساريا والساحة الشعبية.
- فراغات عامة مثل ميدان الشهداء بالإضافة للفراغات بين العمارات والاحياء السكنية.

التوزيع وعدم المركزية لهذه الفراغات وهي موزعة على المخطط كما سبق توضيحه بالشكل رقم (5)

مناخ المدينة يسمح بالتشجير وتجميل الطرق والحدائق.

2.7. أهم السلبات للفراغات الحضرية العامة بمدينة الزاوية (داخل المخطط) بشكل عام:

انعدام الوعي البيئي والاهتمام بهذه الفراغات من المستعملين ونتيجة للحرب

والصراعات التي شهدتها المدينة والسلوكيات الخاطئة تعرضت للتخريب.

- سوء نسق توزيع هذه المفردات مع الاستعمالات القائمة ومع بعضها البعض.

- قلة عناصر ومفردات تنسيق الموقع في معظم فراغات منطقة وسط المدينة.
- عدم ملائمة تصميم عناصر ومفردات تنسيق الموقع للنواحي المناخية للمنطقة.
- عدم ملائمة خامات ومواد التشطيب للغرض الوظيفي لهذه العناصر.
- انعدام وصعوبة اعمال الصيانة لبعض المفردات وخاصة تلك العناصر ذات الاشكال الصعبة.
- عدم توافق العناصر الطبيعية (النباتات والعناصر المائية) مع العناصر الصناعية.
- عدم توافق التصميم لبعض هذه المفردات مع المتطلبات الانسانية.
- تجاهل العنصر اللوني عند تصميم عناصر تنسيق الموقع بما يقلل من جذب المستخدمين لها.
- التشابه الكبير لمعظم العناصر وعدم تفرّد تصميماتها بما يضعف من امكانيات تعريف المكان من خلال هذه العناصر.
- الازدحام المروري على الشوارع المحيطة طيلة أوقات النهار وأجزاء كبيرة من المساء.
- غالبية المقاعد والآتات مثبتة على جوانب الممرات بدون تخصيص أماكن للجلسات وعدم كفاية الإضاءة.
- نظرا لعدم استكمال الفراغات الحضرية بالمناطق السكنية وعدم تأهيلها وتأثيرها زاد الضغط على الساحات العامة.

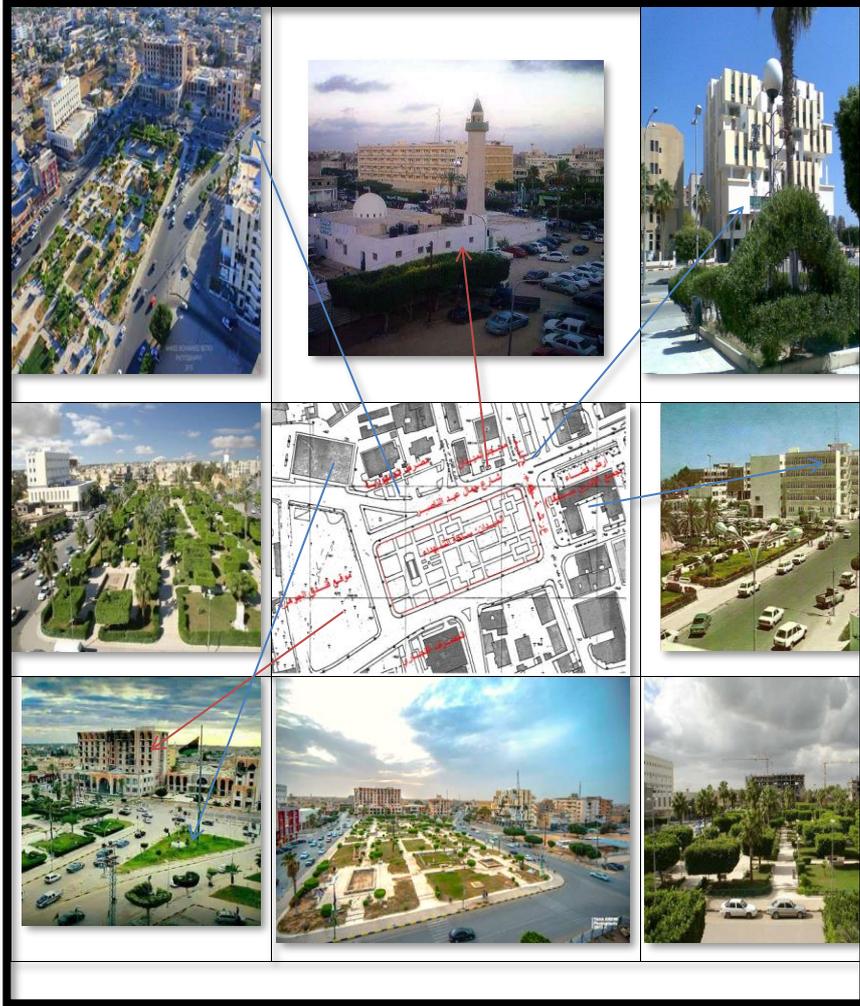
8. تحليل وتقييم الفراغ الحضري ميدان الشهداء بمدينة الزاوية:

سيتم تحليل الفراغ الحضري ميدان شهداء الزاوية وفق الجدول الآتي:

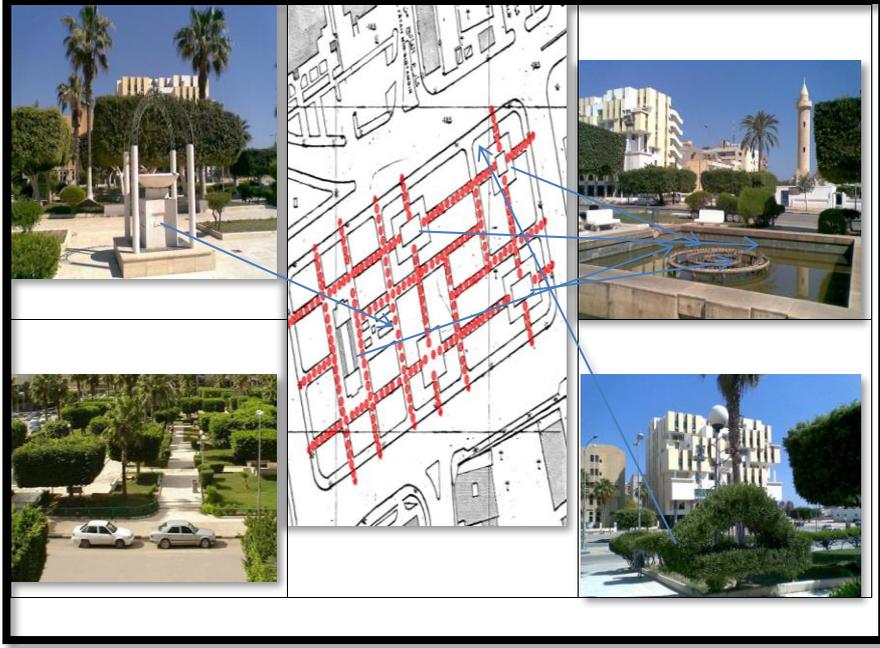
اسم الفراغ الحضري	ميدان الزاوية (ساحة الشهداء)
نبذة مختصرة	يقع في الجزء الجنوبي الغربي من مخطط مدينة الزاوية ويتوسطها تقريبا ويحده من الشمال شارع جمال عبد الناصر ومن الشرق شارع عقبة بن نافع على الشمال منه مصرف الجمهورية ومن الجنوب المصرف التجاري ومن الغرب فندق جوهرة الزاوية ويبرز الميدان بشكله التخطيطي وأهمية بصرية وللميدان أهمية رمزية عند سكان المدينة حيث شهد أحداث ثورة 17 من فبراير وكافة النشاطات والفعاليات الوطنية.
المساحة التقريبية	10576 متر مربع

التصنيف	ميدان عام
النظام التصميمي	النظام الهندسي المنتظم
أهم المميزات	<ul style="list-style-type: none">• تنوع المساحات الخضراء والأشجار مثل أشجار النخيل والديونيا والسنديان دائم الخضرة.• وجود عدد ستة نافورة مياه.• وجود النصب التذكاري.• قربه من المطاعم والمقاهي.• استخدام النظام الهندسي البسيط يسهل عملية الصيانة.
أهم السلبيات	<ul style="list-style-type: none">• الملل والرتابة نتيجة الممرات الطويلة المستقيمة.• الازدحام المروري على الشوارع المحيطة طيلة أوقات النهار وأجزاء كبيرة من المساء.• غالبية المقاعد مثبتة على جوانب الممرات بدون تخصيص أماكن للجلسات كما أنها غير صديقة للبيئة وعدم كفاية الإضاءة.• استحداث أماكن لعب للأطفال غير صديقة للبيئة ولا يتوفر فيها وفي الموقع عنصر الامان.• تقع المداخل مباشرة على الشارع العام مما يعرض الأطفال لأخطار حوادث الطرق.• تعاني من الإهمال وقلة وعي المستخدمين وتحتاج لصيانة دورية• إضافة فعاليات جديدة مثل العاب الأطفال دون دراسة مع عدم وجود عنصر الأمان والسلامة لهم.• قربه من منطقة تجارية مكتظة.

وكما هو موضح بالشكل رقم (6) موقع الميدان والمجاورات ومكوناته



شكل رقم (6) يوضح موقع ومجاورات الفراغ الحضري لميدان الزاوية
والشكل رقم (7) يوضح النظام الهندسي للميدان ومكوناته



شكل رقم (7) يوضح مكونات الفراغ الحضري لميدان الزاوية

9. الخلاصة:

1.9 نتائج عامة:

1. فقدان التعايش الإنساني في غالبية الفراغات العمرانية في مدينة الزاوية واختفاء فراغات الجلوس والاستقرار في الكثير منها وخاصة للمناطق السكنية وتميز الطابع العام بالتركيز على الأنشطة المتنوعة وخاصة التجاري منها وكثافة الحركة وتداخل حركة السيارات والمشاة والإحساس بالازدحام الناتج من حجم حركة وكثافة المرور العالية.
2. لجوء الكثير من الناس للمنتزهات والاستراحات والشاليهات الخاصة التي يجدون فيها غالبية المرافق الضرورية من أماكن للجلوس ومسطحات مائية ومساحات خضراء وألعاب الأطفال وما إلى ذلك من وسائل الراحة والترفيه
3. عدم وجود وعي لدى مستخدمي هذه الفراغات بكيفية الحفاظ عليها وعدم تلويثها أو ترك مخلفاتهم على الأرصفة أو المناطق الخضراء.

4. عدم المتابعة الكافية من قبل المؤسسات الرسمية للفراغات الحضرية في المدينة وعدم بحث سبل تطويرها وتهيئتها بالاستعانة بالباحثين والمختصين.

2.9 نتائج خاصة بعناصر تأييث الفراغات الحضرية:

1. التشابه الكبير لمعظم العناصر وعدم تفرّد تصميماتها بما يضعف من إمكانات تعريف المكان من خلال هذه العناصر.
2. تجاهل العنصر اللوني عند تصميمها بما يقلل من جذب المستخدمين لها.
3. عدم توافق التصميم لبعض هذه العناصر مع المتطلبات الإنسانية.
4. عدم القيام بالصيانة الدورية لبعض العناصر مما يجعلها عرضة للتلف وتشكل خطورة على المستخدمين.
5. عدم توفير منحدرات بشكل كافي لاستخدام ذوي الاحتياجات الخاصة.
6. عدم مراعاة الاختلاف في ملمس الأرضيات لمواءمة الاستخدام من قبل ذوي الاحتياجات الخاصة لا سيما من المكفوفين.

10. التوصيات:

بناءً على سبق من نتائج حول الفراغات العامة الحضرية في مدينة الزاوية نخرج بالتوصيات التالية:

1. مواءمة الفراغات العامة الحضرية لمتطلبات ذوي الاحتياجات الخاصة.
2. تصميم مقاعد الجلوس بشكل يتلاءم مع المكان الموجودة فيه وتماشياً مع البيئة المستدامة وزيادة عددها ودراسة أماكن توزيعها.
3. الاهتمام بالإضاءة الليلية والتنوع في أشكال وألوان وحدات الإنارة.
4. الاهتمام بمتطلبات الأطفال عبر توفير المزيد من الألعاب الخاصة بهم وصيانتها بشكل دوري.
5. الاهتمام بعناصر الأمان مثل الحواجز والعوائق لا سيما حول الفراغات المطلّة على الشوارع ذات الحركة المرورية الكثيفة.
6. زيادة العناصر المائية لأنها تصفي الروح الديناميكية للمكان إضافة إلى تأثيراتها الجمالية والمناخية.
7. زيادة المسطحات الخضراء والاهتمام بصيانتها.

8. استغلال الطاقة الشمسية في الأماكن المفتوحة لاسيما لتوفير الإضاءة الليلية.
9. استغلال مبدأ إعادة الاستخدام لإنتاج بعض عناصر تأثيث الفراغ وذلك ترسيخاً لهذا المبدأ ولفت أنظار الناس إليه مثل استخدام إطارات السيارات بعد تلويثها وجذوع الأشجار كأماكن للجلوس واستخدام صناديق القمامة التي يتم الفرز فيها حسب الخامات مثل الزجاج والورق والمعادن من أجل إعادة التدوير.
10. استغلال الفراغات المهملة التي تحصرها بعض العمارات في خلق فراغات حضرية لاستخدامها من قبل ساكني هذه العمارات واستكمال الموجود منها وتخفيف الضغط عن الحدائق العامة شيئاً ما.
11. وضع المعايير والاعتبارات والأسس التصميمية للفراغات العمرانية بناءً على دراسات وأبحاث متعددة لاحتياجات المستخدمين ولتأثير البيئة المبنية المحيطة على تحقيق الأهداف التربوية.
12. قيام الجهات المعنية بزيادة التوعية لدى السكان وحثهم على الحفاظ على المرافق العامة بشتى الوسائل والطرق ومن الممكن أن يتم ذلك عبر جولات على طلبية المرافق والمدارس أو توجيه خطباء المساجد لحث الناس على هذا الأمر أو عبر الياقظات لمختلفة النشرات الخاصة.
13. عمل نشاطات تطوعية في المساهمة في عملية التشجير.
14. توفير البنية الأساسية التحتية اللازمة لإنشاء الحدائق والمنتزهات في إطار التخطيط العمراني.

11. المراجع

- [1] مصطفى، أسامة عبد الله صالح، تشكيل الفراغات والساحات العامة في البلدة القديمة في مدينة نابلس: تحليلها ومقترحات تطويرها، رسالة ماجستير غير منشورة في التخطيط الحضري والإقليمي، جامعة النجاح . الوطنية، نابلس، 2010 .
- [2] حسن، عاطف حمزة، تخطيط المدن أسلوب ومراحل، جامعة قطر، قطر، 1992 .



- [3] فرحات، باهر إسماعيل ، العلاقة التبادلية بين السلوك الإنساني والبيئة المادية في الفراغات العمرانية ، رسالة ماجستير غير منشورة في التخطيط والتصميم العمراني، جامعة مصر الدولية، القاهرة ، مصر، 2001 م .
- [4] حسن، محمود يسري، أسس ومعايير التنسيق الحضارى للمناطق المفتوحة والمساحات الخضراء، المجلس الأعلى للتخطيط والتنمية العمرانية ، القاهرة، مصر، 2008 م .
- [5] Lynch, Kevin: The Image of the City, Library of Congress, Twentieth Printime, USA 1990.

ضوابط القبول في المدارس المعمارية والقدرة الاستيعابية للتعليم المعماري نحو برنامج يمهد لممارسة مهنية جيدة. (الوضع القائم والحلول المقترحة تجربة قسم العمارة -جامعة طرابلس)

م. ثريا عاشور عطا الله

جامعة طرابلس - كلية الهندسة قسم العمارة والتخطيط العمراني

Email [tourayaashour@gmail.com]

المستخلص:

يبقى التعليم المعماري المهني محل اهتمام العديد من الباحثين، كما إنه يشغل العديد من جداول اعمال مدارس الهندسة المعمارية ويتصدر اولوياتها أحيانا، وقد ظهرت مجموعة من الدراسات اختص عدد منها بالتركيز على دراسة استوديوهات التصميم، والأخر بجودة التعليم المعماري وأساليب تقويمه والتوجه الواضح لمعرفة من ينبغي له ان يعلم التصميم، وما هي المؤهلات المطلوبة لتمكنه من أداء هذه المهمة والكيفية الصحيحة لتقييم هذه المؤهلات. وبالمقابل فإن مسألة من ينبغي له أن يدرس الهندسة المعمارية؛ لا تكاد تظهر إلا بشكل مقتضب. فيتم التطرق إليها في الدراسات مباشرة تحت مسمى طالب العمارة، أي الطالب بعد دخوله منظومة برنامج التعليم المعماري. هذه المنظومة التي ظهر بعض الضعف في مواثمتها لاحتياجات سوق العمل.

تطرح هذه الدراسة مسألة التعليم المعماري من حيث معايير القبول في مدارس الهندسة المعمارية وضوابطه وما يترتب عليه من نتائج، والوسيلة لذلك بدراسة تحليلية للقبول في مدارس العمارة الدولية منذ إضفاء الطابع المؤسسي على التعليم المعماري، ومقارنته بحالة دراسية هي " قسم هندسة العمارة والتخطيط العمراني بجامعة طرابلس -ليبيا". في محاولة لتقديم رؤية نقدية لطالب العمارة في جامعة طرابلس، ورصد بعض الاشكاليات والسلبيات التي تواجهه واستقرارها. ويتوقع ان تساهم نتائج وتوصيات هذه الدراسة في تمهيد الطريق لتطوير عملية اختيار وإعداد طالب العمارة في الجامعات الليبية، وإيجاد الطريق للرقى في بناء فكره المعماري وترسيخ وجودية المكون الابداعي في هذا الطريق، وذلك استعدادا

لدراسة مجال العمارة ولممارسته مهنيا، ولدعم احتياجات المجتمع الليبي الحالية والقادمة بهذا المجال، فالعمارة والتعليم المعماري متعلقان بالتطورات المجتمعية ويأتیان كاستجابة لها.

الكلمات الدلالية: التعليم المعماري، ضوابط القبول، طالب العمارة، القدرة الاستيعابية.

Abstract:

Professional architectural education remains of interest to many researchers, and it occupies many of architecture school's agendas, and sometimes tops their priorities. Some of researches focused on the study of design studios, the others on the quality of architectural education. Plus some researches had a clear orientation to know who should teach design, and what qualifications are required to enable performing this task, and how can be evaluated. Conversely, the question of who should study architecture; It appears only briefly. It is addressed in the studies directly under the name of architecture student (the student after entering the architectural education program system), this system, which showed some weakness in its alignment with the needs of the labor market. This paper raises the issue of architectural education in terms of admission criteria in schools of architecture, with its controls and the consequent results. The methods for that is an analytical study of admission to international schools of architecture since the institutionalization of architectural education, and comparing it to a case study, which is the "Department of Architecture and Urban Planning at the University of Tripoli – Libya". In an attempt to provide a critical vision for the architecture student at the University of Tripoli and to monitor some of the problems and negatives facing him. It expected that, the results and recommendations of this paper would pave the way to develop the process of selecting and preparing architecture students in Libyan universities, and finding the way to advance their architectural ideas and to build up their creativities. As preparation for studying the field of architecture and practicing it professionally. In term of support the current and future needs of the Libyan society in this field. Therefore, Architecture and architectural education related to social developments and came as a response to them.

Keywords: Architectural education, Admission controls, Architecture student, Carrying capacity.

1. مقدمة:

العمارة بكل غموضها الفسيولوجي، كما أوضح المعماري دانييال ليبسكن، تحوي مصدرا ما يربط الفكر الابداعي للإنسان بالقدرة على التصميم، وعلى الرغم من أن هذا المصدر مجهول إلا ان العمل على دراسته والوصول اليه قد يساهم في الوصول لبعض المحددات التي قد توضح ما الذي يجب ان يتصف به طالب العمارة، او المتجه للدراسة بهذا المجال (الدعوي، 2010). والعمارة كذلك هي الفن والعلم المعني باستيعاب النشاط البشري داخل البيئات الداخلية والخارجية، والمسئول عن رفاه المستوطنات البشرية من الناحية الوظيفية فضلاً عن الجمالية (علي عبد الرؤوف، 2011). لذلك فإن العمارة وتعلمها ظاهرة كثر الخوض في افاقها وشغل التعليم المعماري ولايزال اهتمام العديد من الباحثين، وشكل اولوية احيانا في جداول اعمال العديد من مدارس الهندسة المعمارية والعمارة. وقد ظهرت مجموعة من الدراسات اهتم عدد منها بالتركيز على دراسة استوديوهات التصميم، والأخر اخصت بجودة التعليم المعماري وأساليب تقويمه والتوجه الواضح لمعرفة من ينبغي له ان يعلم العمارة والتصميم المعماري، و ما هي المؤهلات المطلوبة لتمكنه من أداء هذه المهمة، و ما الكيفية الصحيحة لتقييم هذه المؤهلات؛ و بالمقابل فإن مسألة من ينبغي له أن يدرس العمارة او الهندسة المعمارية؛ لا تكاد تظهر إلا بشكل محدود، فيتم التطرق إليها في الدراسات مباشرة تحت مسمى طالب العمارة، أي الطالب بعد دخوله منظومة برنامج التعليم المعماري. (هذه المنظومة التي تُعرف بأنها منظومة برنامج متكامل لتعليم مهنة العمارة بمكوناتها: مدرسين، طلاب، مناهج دراسية ومكان وطريقة تدريس)، (عفيفي، 2012). ووفقا لهذا التعريف اتضح أن العديد من المدارس المعمارية تعاني تحديات تتعلق بنوعية مخرجاتها (الخريجين)، وضعف مؤائمتها لاحتياجات سوق العمل، خاصة في المنطقة العربية (ابوسعدة، 2003)، (ال يوسف وآخرون، 2014).

وهذا ما يؤكد أيضا المعماري سوليفان: حيث أوضح بأن التعليم يعتبر مسئولاً عن العقم المعماري ويرى ان التعليم المعماري الصحيح مرتبط بالاتصال بالطبيعة واستخراج

الملكات والمواهب وتنمية القدرات بالرأس والقلب، ويؤكد دائما على اهميه ان يعلم الانسان نفسه بنفسه. وأضاف اليه ماكيتون بتأكيدہ ليس فقط على التعليم بل على أهمية الصفات الشخصية للمتعلم وللمصمم، وكذلك أهمية تركيز مدارس العمارة على تعليم الطالب القدرة على التفكير بمستوى المفاهيم والرؤى والابداع خاصة في عالمنا المعاصر شديد التعقيد والتركيب (عبد الباقي، 1997) (ابوسعدة، 2003). وجراء تعقيد عالمنا واحتياجاته ازداد تعقيد العملية التعليمية بشكل عام والتعليم بمدارس العمارة بشكل خاص، حيث انه وبمرور الزمن تزداد المعلومات وتتعاظم كما ونوعا بسبب التغيرات المعاصرة والتطورات التكنولوجية المصاحبة لها، مما يعني بروز الحاجة لاستيعاب هذا التطور والتغير خلال فترة زمنية محدودة، والمتمثلة في الفترة التعليمية الجامعية والمحكومة بعدد معين من السنوات، لذلك تبرز المشكلة في كيفية السيطرة والحصول على الكفاءة والتأثير في استيعاب التطور، وما يتبعه من ضرورة التعرف علي المواصفات والمقومات التي يجب ان تتوفر في المتعلم لهذا المجال والدارس لهذا التخصص (الدهوي، 2010). فمعايير اختيار طالب العمارة ومواصفاته من الأهمية بمكان، حيث انه من الانطباع السائد عند طلاب العمارة وعن الممارسة المهنية لهذا المجال انها صعبة وقاسية بل وصارمة أحيانا، وتتطلب الكثير من الاجتهاد والانضباط وهذا مرجعه الي ساعات التدريب والعمل الطويلة في التصميم والبحث والتشكيل. وكما أكد بيتر كوك ان التعليم المعماري مساق تعليمي متعدد المجالات حيث قال: "يبدو أن العمارة لديها تفويض بإشراك نفسها في العديد من القضايا: كعلم الاجتماع والفن والتاريخ والأسلوب والميكانيكا وغيرها". فالعمارة والتعليم المعماري متعلقان بالتطورات المجتمعية وبأتيان كاستجابة لها (Cook، 2002).

2. الهدف من هذه الورقة: تطرح هذه الورقة مسالة التعليم المعماري من حيث معايير القبول في مدارس العمارة والهندسة المعمارية وضوابطه وما يترتب عليه من نتائج. وذلك بدراسة تحليلية للقبول في مدارس العمارة الدولية منذ إضفاء الطابع المؤسسي علي التعليم المعماري، ومقارنته بدراسة حالة هي " قسم هندسة العمارة والتخطيط العمراني بجامعة طرابلس-ليبيا ". في محاولة لتقديم رؤية نقدية لطالب العمارة في جامعة طرابلس، ورصد بعض الاشكاليات والسلبيات التي تواجهه واستقرأها. ويتوقع ان تساهم

نتائج وتوصيات هذه الورقة في تمهيد الطريق لتطوير عملية اختيار وإعداد طالب العمارة في الجامعات الليبية، وإيجاد المنهاج للراقي في بناء فكره المعماري وترسيخ وجودية المكون الابداعي في هذا الطريق، وذلك استعدادا لدراسة مجال العمارة ولممارستها مهنيا، ولدعم احتياجات المجتمع الليبي الحالية والقادمة بهذا المجال.

3 . بعض المفاهيم المتعلقة بالتعليم المعماري:

1.3. موجز عن تاريخ التعليم المعماري: قبل الحرب العالمية الأولى، صُممت أغلب مدارس العمارة في العالم الغربي على غرار المدرسة الوطنية الفرنسية للفنون الجميلة (البوزار) التي تأسست 1819م عن طريق الاكاديمية الملكية للعمارة. وقد شُجع تعليم الفنون الجميلة للقيم التاريخية والكلاسيكية العظيمة السابقة كالعمارة اليونانية والرومانية، وتم اعتماد المهن المحترفة المدعمة بالمعرفة والمهارات. وأثر نظام البوزار جدا في العديد من الدول لتمييزها للعمارة والفنون عن غيرها من التخصصات، وفي القرن 19 استقطبت المدرسة المهندسون المعماريون الامريكيون البارزون. وفي القرن 20 أصبح دبلوم الفنون الجميلة في مدارس عمارة اوربا هو السائد. وشهد النصف الثاني من القرن 20 نموًا هائلاً في التعليم العالي، حيث أصبحت الجامعة هي المكون الاساسي لمخرجات العمارة، وتأسست العديد منها حول العالم. واغلب مدارس العمارة تعمل اليوم كأقسام أكاديمية داخل الجامعات بالشراكة مع الأقسام الأخرى، وفي بعض الأحيان بشكل مستقل. حتى الستينيات كانت الفنون التطبيقية ومدارس الفن والعمارة تعكس ايديولوجيات الحركة الحديثة والتي تجسدت فعليا بظهور مدرسة (الباوهاوس). فكانت العمارة وحدة إلى جانب وحدات أخرى مخصصة للفنون والحرف اليدوية، ونتاجت مواقف ثقافية جديدة وإصلاحات في التعليم وفي الفنون المعاصرة والتصميم والهندسة المعمارية، هذه الإصلاحات رفضت الكلاسيكية كاتجاه، واندفعت بقوة في تمكين الفنون والحرف والتصميم من خلال استخدام التقدم الصناعي والتكنولوجي (عفيفي، 2012) (Goldschmidt & Rachel-2001).

2.3. بعض امثلة ومعايير القبول للدخول لمدارس العمارة:

معايير القبول بكلية الفنون الجميلة (البوزار) يتعلق القبول بهذه المدرسة بالإنجاز والطابع المميز حيث تتمثل مسابقة الدخول لهذه الكلية في النحو التالي: يلتحق الطلاب المتقدمين و الطامحين للدخول للبوزار بأتيليه قبل اختيارهم النهائي، حيث يتدربون لمسابقة الدخول لعدة اشهر، ومسابقة الدخول تتكون من 3 اجزاء لمشكلتين يتم العمل عليها برسومات (سكتش)، هو حول تنفيذ مهام التصميم والعرض والتقديم في هيئة عمل متكامل في غضون فترة زمنية محدودة.

ففي المشكلة الأولى: يطُلب من المرشحين تصميم بنية معمارية بسيطة باستخدام زخارف كلاسيكية.

وفي المشكلة الثانية: على المرشحين إنتاج رسم دقيق على نطاق واسع لعنصر معماري زخرفي (مثل رأس عمود) مثلاً.

اما الجزء الثالث من المسابقة فكان عبارة عن اختبار كتابي شامل لفحص المعرفة العلمية للمرشح او المتقدم للدخول بالكلية (Goldschmidt & Rachel -2001).

اما معايير القبول للباوهاوس: كان مبدأها: "أي شخص يتمتع بسمعة جيدة، ودليل أكاديمي كافي بغض النظر عن العمر أو الجنس، سيتم قبوله، بقدر ما تسمح به المساحة". فيمكن قبول المرشحين للتدريب، مع تقديم ما يثبت من مؤهلات بسيطة كحافضة الاعمال، لفترة تجريبية مدتها ستة أشهر، والنجاح فيها هو معيار القبول للدخول لهذه المدرسة. بالإضافة الي انه لم تكن امتحانات القبول مفروضة بسبب القيود المفروضة على قدرة استيعاب المدرسة؛ بل كانت تهدف إلى ضمان حد كافٍ للتأهب (عفيفي،2012).

ويمكن تلخيص معايير قبول الطلاب في مدارس العمارة او اقسامها كالبوزار والباوهاوس بالإضافة لعدد من المدارس الحديثة من دول مختلفة في التالي:

- اولاً: الاداء الأكاديمي ومعدلات الاداء بالمدارس الثانوية، او بالمراحل التمهيديّة بالجامعة ان وجدت، وبعض اختبارات الكفاءة العامة (وتظهر بعض الاختبارات السيكولوجية في بعض من هذه المدارس).

• ثانيا: اختبارات وامتحانات للمفاضلة وللقدرات الخاصة بدخول العمارة والبدأية بالتعليم المعماري حيث تتنوع وتتعدد من: - اختبار للمهارات - مقابلات شخصية - مقالات مكتوبة- حقيبة اعمال - امتحانات تحريرية - امتحانات مهارة وغيرها. ولكل معيار من هذه المعايير وزن مختلف وفقا لنظم التقييم العامة التي تستخدمها كل مدرسة او جامعة او كلية (Goldschmidt & Rachel -2001).

وخلصت بعض الدراسات الي ان مدارس العمارة والهندسة المعمارية وكذلك ممارسة مهنة العمارة برغم اختلافها وبرغم اختلاف الثقافات التي تنتمي اليها، قد تتشابه الي حد ما وبشكل كافي لتسمح للتقل للمعماريين بين الشركات ومجالات الخبرة. وبرغم من ان العديد من الدراسات اظهرت اوجه الشبه والاختلاف بين مدارس العمارة والهندسة المعمارية إلا ان كيفية تأثير أوجه التشابه والاختلاف هذه على خبرة الخريجين وأدائهم غير واضحة. ليس هذا فحسب بل ربما لا نعرف سوى القليل جدا عن الطرق التي تمارس بها هذه المدارس السيطرة على استيعابهم للطلاب من خلال معايير القبول التي يفرضونها. حيث تعكس هذه المعايير القيم والمعايير المؤسسية والمجتمعية فيما يتعلق بالتصميم وسياقه (Dare. A & others، 2015).

4. التعليم المعماري والتصميم: ينطوي التصميم المعماري والذي يعد اساس التعليم المعماري كما اشار ريكوود، على التعلم القائم على حل المشكلات، وبهذا الاسلوب فهذا النوع من التعليم يركز على المتعلم ويتطلب منه تقييم المشكلة وتحديد المعلومات والمهارات اللازمة لحلها، اضافة الي القدرة على نقد المعلومات التي تلتزم اتخاذ قرار وتحديد سيناريو يتمثل في حل مشكل ما، ويتجلى هذا السيناريو في مساحة للحوار بين تجارب سابقة ومعرفة يوفرها التعليم المعماري تندمج فيها الافكار لتنبثق وتتجسد حلولاً فيما بعد. ويقترح ريكوود كذلك أنه من خلال البرامج التعليمية في تعلم العمارة والتصميم المعماري، غالباً ما يتم تحدي الطلاب بأفكار جديدة، ويسمح لهم بمناقشة قيمهم ووضع خطط محتملة لوضع حقيقي ومحاكي. حيث من خلال مناقشات واعمال ومقترحات يتعلم الطلاب كيفية استيعاب ملاحظاتهم الشخصية وتجربتها في تصاميمهم، لتكون اشبه ببناء الفكر بشكل تحفيزي (Rickwood ,1999).

وكتب براين إدواردز أن "التعليم المعماري ليس العالم الحقيقي، لأنه الي حد ما يحاكي ما يوجد بالواقع لكن من الضروري أن ينخرط في أجندة الواقع" (إدواردز ، 1999). ويعتقد لوسون أن التعلم بمدارس العمارة والمستند إلى التصميم المعماري والذي يشكل استديو التصميم اساسا له يعد القاعدة لتطوير مهارات التعلم لدى الطلاب وذكاءهم النقدي، ويزودهم بغريزة تعلم للتعامل مع التغيير المستمر الذي لا مفر منه في حياتهم المهنية. ليس هذا فحسب بل ويدعم كل من بروكفيلد وبريسكيل هذا الرأي ويعتقدان أن النقاش خلال العملية التصميمية يحسن الاستراتيجيات المعرفية الأعلى جودة للتعلم. وأشاروا الي ان الممارسة المعمارية والعمل الجماعي قاعدة فعالة واساسية من سمات الممارسات المعمارية الناجحة، وأن الفريق الذي يعمل كشكل من أشكال التعلم التعاوني والجماعي قد أدى إلى تحقيق مستوى عال من الإنجاز (Brookfield & Preskill 1999).

5. ولا يزال الجدول قائم بين ايهما الاجدى والأكثر تأثيرا مواصفات المتقدم لدراسة العمارة او البرنامج المعد لتجهيز هذا المتقدم او من الافضل الجمع بشكل او باخر بين الاثنين: وفي هذا الصدد يرجح (فادن واخرون، 1999) وكذلك (عفيفي، 2012) لإعداد معماريين متميزين، لهم القدرة على الجمع بين المعرفة، والابداع المعماري، والوعي الهندسي، انه يجب ان يكون التركيز على البرنامج التعليمي المعماري أكثر من ماهية ومواصفات طالب العمارة. وقد اوضحوا ان وجود برنامج متكامل لتعليم مهنة العمارة ضمن وحدة تعليم أكاديمية متكاملة الأهداف، والمدخلات، والبيئة، والمنهج، والمخرجات، ومصادر التقويم، وأدوات التقويم هي من سبل الوصول للمعماري المتميز الذي سيكون أحد اساسات العمارة الجيدة (عبد الباقي، 1987). في حين دراسات اخرى اكدت انه وبخلاف الكثير من التخصصات في الجامعة تحتاج كليات العمارة والتخطيط أن تغرس في نفوس طلابها حب المهنة. وقبل ذلك حسن الاختيار من الطلاب المتقدمين للدراسة بهذا التخصص قدر الإمكان لان ذلك عامل مهم ومهم جدا للوصول لنتائج أفضل. وخلصت دراسات أخرى إلى أهمية وجود مقياس لقياس فاعلية الأداء لإنتاجية الطالب في مدارس العمارة، وأهمية المراجعة والمتابعة المستمرة للمناهج

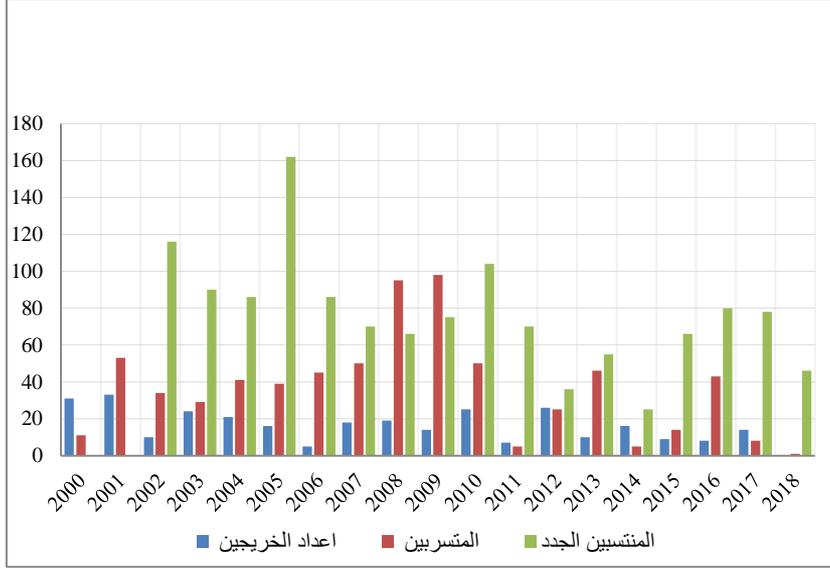
ومحتوياتها وطرائق تدريسها وأعضاء هيئة التدريس، وهذا يؤكد أهمية وجود برنامج شامل بتقويم شامل لبرامج التعليم المعماري ولضمان نتائج أفضل (الدهوي، 2010).

6. القدرة الاستيعابية: قد يبدو التوسع في بعض مدارس العمارة أمرًا لا مفر منه وبرنامج التوسع تحتاج الي النظر والتخطيط بعناية للإعداد له، وهناك حاجة إلى تعزيز فهم العالم الأكاديمي المعماري من خلال المزيد من الدراسات حول تدريس التصميم المعماري وتعليم أعداد كبيرة من الطلاب. ويبقى التساؤل عما إذا كانت أعداد الطلاب المتزايدة قد غيرت معايير التعليم، فدراسة للعلاقة بين زيادة اعداد الطلاب الدارسين بالعمارة والمحددات الأخرى التي تمثل منظومة التعليم بمدارسها، وذلك لوضع استراتيجيات عملية لإدارة الأرقام المتزايدة امر مهم جدا للوصول لاتزان بين اعداد الطلاب وباقي المكونات للعملية التعليمية بمنظومة مدارس العمارة واقسامها. (Wood & Others, 2003)

7. دراسة حالة: بدراسة حالة تم دراسة بيانات من احصائيات طلبة قسم هندسة العمارة والتخطيط العمراني بجامعة طرابلس-ليبيا للفترة الزمنية من سنة 2000 وحتى سنة 2018 في محاولة لتقديم رؤية نقدية لطالب العمارة في جامعة طرابلس، ورصد بعض الاشكاليات واستقراءها من عملية الانتساب للقسم وحتى انهاءه للدراسة الجامعية الاولى. فالانتساب للقسم يكون بعد اجتياز امتحان للمفاضلة يتكون من ثلاثة أجزاء وهي: مهارات الرسم (الرسم الحر)، والامتحان المخصص للثقافة والمعلومات للمتقدم، واخيرا المقابلة الشخصية واختبار المهارة والتي يتم فيها اختبار مهارات محددة عند المتقدم منها الابداع، والعمل تحت ضغوط معينة وغيرها. اضافة لذلك يسمح للمتقدم بعرض حافظة اعمال او اي نوع من الادلة لمهارة يملكها المتقدم ولها علاقة بالتخصص. وركزت دراسة الحالة على أعداد الطلبة الخريجين ومقارنتهم ببيانات الطلبة المنتسبين للقسم، ومن خلال المقارنة وما فيها من تباين جلي بالإعداد بين من انتسب للقسم ومن استكمل دراسته بنجاح تم تحليل البيانات للوصول لقراءات تفصيلية أكثر للطلبة (المتسربون) والذين لم يتخرجوا من القسم. اضافة للفترة الزمنية للطلبة والتي استغرقوها حتى تخرجهم والتي ظهرت فيها هي الأخرى مشاكل لا يمكن تجاهلها من حيث تفاوت وطول الفترة الزمنية للدراسة.

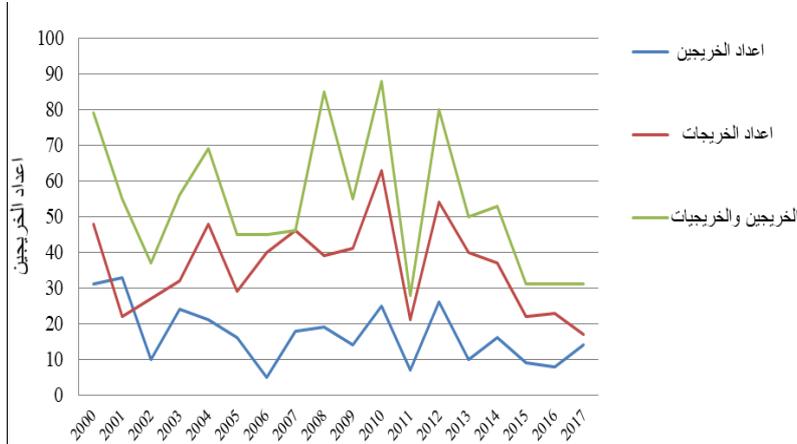
1.7. الدراسة التحليلية للبيانات:

بداية بأعداد الطلبة الخريجين والمتسربين والمنتسبين لطلبة قسم العمارة جامعة طرابلس للفترة من عام 2000 وحتى عام 2018.



شكل (1) – رسم بياني لإعداد الطلبة الخريجين والمتسربين لطلبة قسم العمارة من سنة 2000- الي سنة 2018.

ويمكن ملاحظة الزيادة الواضحة بالطلبة المنتسبين مقارنة بمن انهو دراستهم بنجاح في سنوات فترة الدراسة، مع وجود اعداد كبيرة للطلبة المنسحبين او المتسربين من القسم والذي كان لزاما الوقوف عندهم وتحليل بياناتهم. وقبل ذلك يمكن القاء نظرة على اعداد الطلبة الخريجين الذكور والاناث لفترة الدراسة وهي كما تظهر بشكل 2.



شكل (2) - رسم بياني لإعداد الخريجين بقسم العمارة جامعة طرابلس خلال الفترة (2000-2017) ومقارنة بين اعداد الذكور والاناث.

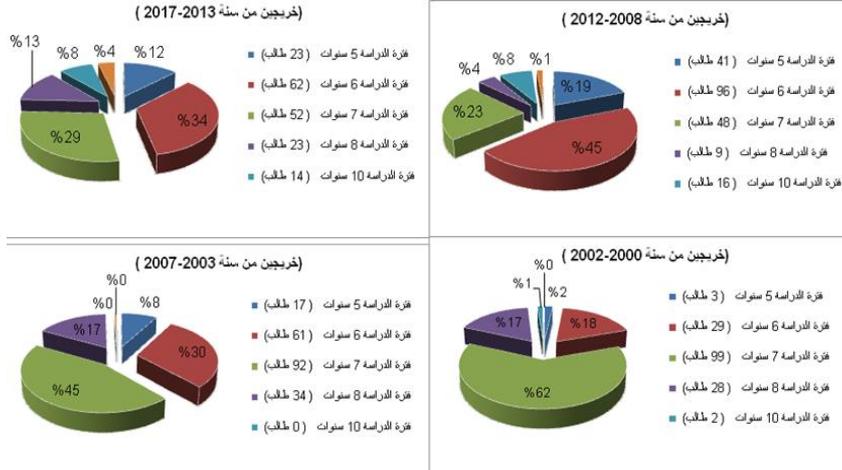
UK universities ranked by subject area: Architecture

Go to overall league table

	Guardian	Satisfie d with course	Satisfie d with teachin g	Satisfie d with feedbac k	Stude nt to staff ratio	Spend per student/1 e month	Averag e entry score/10	Value added/1 month	Caree r after 6 months
2018 Institution	0	course	g	k	ratio	0	tariff	0	s
1 Cambridge	100	88	95.0	71.8	12.7	10	221	7	n/a
2 Bath	90.6	98.0	98.0	82.9	19.1	7	203	8	98
3 UCL	89.8	75.8	86.7	62.8	11.1	10	199	9	92
4 Sheffield	84.2	97	98.0	91.8	15.1	6	169	4	89
5 Nottingham	83.7	93.1	94.0	85.7	14.8	9	171	7	87
6 Huddersfiel	80.8	94.0	92.4	86.4	9.3	4	130	9	82

مع ملاحظة ان معدل اعداد الطلبة بالقسم خلال فترة الدراسة تتدرج من 380 - الى 650 طالب وطالبة ونسبة اعداد الطلبة للأساتذة بنسبة 1:15 .. وذلك بمعدل كبير يتلاءم مع المعدل المستخدم بالمدارس العالمية

- ومن خلال ما تم عرضه من بيانات يبرز التساؤل ووفقا لموضوع هذه الورقة ويتجه مباشرة الي مدي فعالية الاستراتيجية المتبعة لقبول الطالب بقسم العمارة والتخطيط العمراني جامعة طرابلس، او مدي ملائمة البرنامج الدراسي بهذا القسم التعليمي لهذه الاستراتيجية. ولهذا تم التفصيل أكثر في هذه البيانات ليتضح ظهور نتائج وقراءات وأسباب دفعت لهذه النتائج.
- أحد المشاكل التي ظهرت والتي تتعلق مباشرة بالخريجين وهي طول فترة الدراسة بالقسم: والتي يمكن ملاحظتها في الشكل التالي حيث كانت من 5 سنوات وحتى 10 سنوات.



شكل (3) رسم بياني يوضح سنوات الدراسة التي استغرقها بعض الخريجين من قسم العمارة خلال فترة الدراسة.

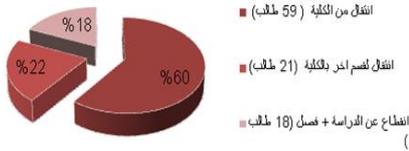
- فبين الاستمرار بالدراسة للطالب والانتهاؤ بالزمن المحدد، الي ظهور بعض المرونة باللوائح التي تضبط العملية التعليمية. ومدة الفترة المخصصة للدراسة، وتجميد بعض اللوائح والمرونة في بعضها في فترة الحرب وما تلتها لتظهر فئة تخرجت ونالت الشهادة بعد 10 سنوات. وغياب التركيز على تطبيق جميع معايير الجودة خاصة بما يتعلق بالنظام الاداري وتفصيله.

تحليل بيانات الطلبة المتسربين:

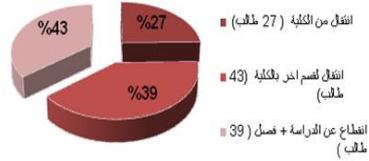
- الاشكال التالية توضح مصير المتسربين من طلبة القسم والي اين اتجهوا، حيث تلخصت في: الانتقال من الكلية - الانتقال من القسم لقسم اخر داخل الكلية - الانقطاع عن الدراسة والفصل (الطرد) من الجامعة.



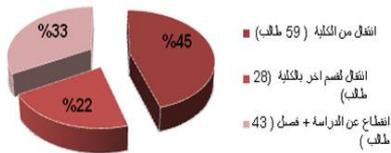
خلال السنوات (2002-2001-2000)



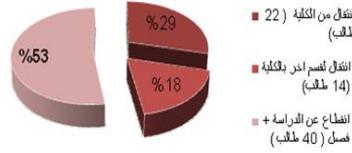
خلال السنوات (2005-2004-2003)



خلال السنوات (2008-2007-2006)

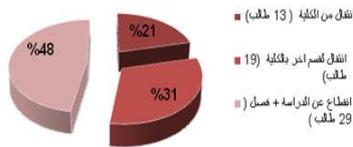


خلال السنوات (2012-2011-2010)

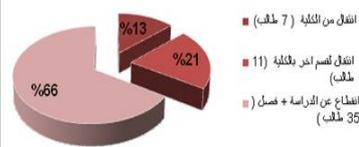


الشكل (4) تحليل بيانات الطلبة المتسربين من القسم للسنوات من 2000-الي 2010.

خلال السنوات (2015-2014-2013)



خلال السنوات (2018-2017-2016)



الشكل (5) تحليل بيانات الطلبة المتسربين من القسم للسنوات من 2013-الي 2018

اسباب ترك التخصص والتسرب للمنتسبين للقسم وعدم استكمالهم للدراسة به يرجع الى:

- الصدمة في التعرف على المجهود المطلوب للتخصص.
- انخفاض الدرجات والمعدلات مقابل كم المجهود المبذول.
- التعامل القاسي وصعوبة التواصل بين الطالب والأستاذ.
- التكلفة الباهظة للتخصص - خصوصا مع الازمة التي تمر بها البلاد (الحرب).
- الحاجة للتثقل والبحث والاستكشاف والذي يتطلبه التخصص والذي يصعب على البعض خاصة البنات.
- صعوبة الانجاز للمقررات والتخرج بالزمن المحدد.
- مشاكل ذهنية أصابت البعض بسبب كثرة الضغط والعمل.

الحالة الامنية ومتطلبات التخصص
ساعات العمل المطلوبة
اعداد اختلاف طرق تعليم نسبية
المتسربين 2016
الانتقال للأقسام بعد فصلين
فصل انتقالي مسهل الانقطاع - عدم الاستمرار
متطلبات معمل الكاليمي سنتي
مادية وازمة ظروف صحية
وتدريبية
صحية

8. الخلاصة و التوصيات :

- يكشف المنظور التاريخي لهذه الدراسة أنه لم يتغير الكثير فيما يتعلق بمداخل الوصول إلى التعليم المعماري (امتحانات القدرات للدخول لأقسام العمارة ومدارسها): فالمدارس كانت دائما انتقائية بسبب الموارد المحدودة المتاحة لاستقبال اعداد معينة وفقا لمعايير الاستيعاب المحددة لديها، بالإضافة لحاجة سوق العمل لتخصصات معينة. والذي تغير هو تنوع وتعقيد المقاييس المستخدمة لتحديد العناصر الملائمة والأداء المناسب. لذلك من الضروري العمل بشكل واضح لتحديد معايير تحقق الهدف وتواكب الاحتياج.
- إن مسألة معايير القبول في مدارس العمارة ومواصفات الطالب المحتمل الانسب لها، يتلخص وفق معطيات هذه الدراسة في التالي: - 1. الطموح المشروع

الذي أظهرته مؤسسات تعليم العمارة ومدارسها للقبول بأفضل الطلاب، الذين تجتذبهم وفق معايير تحددها تماشياً مع توجهها الأكاديمي (بحثي، تطبيقي، ... الخ).
2. رؤية المجتمع (الذي يعد المحيط الراعي لهذه المؤسسات التعليمية ويشاطرها نفس الطموح)، واحتياجاته، بالإضافة لموروثه الاجتماعي والثقافي.

- صعوبة التخصص وصرامة برنامجه تدفع وبقوة الي أهمية التعريف به، وتفاصيل برامجه التعليمية ومناهجه وذلك لفتح المجال للمتقدمين للاختيار بالشكل الصحيح اما الانغماس في هذا التخصص أو الاتجاه لغيره. ومن هذا المنطلق يجدر التفكير بطريقة فعالة لإعداد الطالب قبل دخوله اساساً لامتحانات المفاضلة (دورات تدريبية وأخرى تعريفية بالتعليم المعماري، وكيفية دراسته وما الذي يحتاجه من مهارات، إضافة للتعريف ببيئة العمل وما الفرص المتاحة للخريج بعد الانتهاء من الدراسة).

- شمولية التعليم المعماري وعلاقته بالعلوم الانسانية والتطبيقية، يرسم قاعدة عريضة لشخصية طالب العمارة المُحتملة، وكذلك المهارات التي يملكها او التي سيكتسبها. وهذا بدوره يستوجب تصنيف وتحديد أي المهارات التي يجب ان تكون موجودة بالطالب المنتسب وأيها يمكن اكتسابه خلال مرحلة الدراسة بهذا المجال.

- بين مهارات الاداء الفني والذي يعد (إرثاً للبوزار)، وما يلعبه الإبداع والتقنية (كارث للباوهاوس)، بالإضافة إلى قوة التفكير والكفاءة العالية؛ صار من الانسب العمل على فصل التوجهات والتخصصات بالتعليم المعماري لحالة الدراسة، وخلق مجالات اوسع للدراسة، ووضع استراتيجيات لذلك.

- مع محاولات بعض المدارس الاتجاه لوضع البرنامج الدراسي للتعليم المعماري في اطار التطوير لمواكبة العصر من جهة ولتلبية احتياجات مجال الممارسة (سوق العمل) من جهة اخرى؛ صار لزاماً العمل على التزامن في الخُطى بين تطوير البرنامج وتقويمه وإعداد الطالب للممارسة وبين طريقة الاختيار لهذا الطالب (فعبارات "التميز" و "الحصص-الكوتا" و "الصدفة" هي كلمات استخدامها بات قرينا بمنظومة واهنة)، عوضاً عن ذلك وبالنظر للتجارب الاخرى يمكن فتح المجال لأعداد اكبر

وعبر فترة إعداد قصيرة وصارمة. يمكن من خلالها الاختيار الصحيح وبنائج دقيقة للمنتسبين لهذا التخصص.

• وضع اهداف عامة لبرنامج تفصيلي تظهر فيه الممارسة بحضور متناسب مع المعرفة والابداع لسد الهوة بين التعليم والمهنة الذي يطل بهامته مهيمنا على العمارة الليبية.

• نتيجة لان العمارة والتعليم المعماري مرهونا بالتطورات المجتمعية وتعتبر كاستجابة لها، وكذلك ما يحمله الواقع الليبي المعاصر من سلبيات، فهذا تماما ما يدفعنا الي توعية طالب العمارة لضرورة التعرف على هذه السلبيات وتحليلها وابرز أسباب وجودها، في محاولة جماعية للتغلب عليها بدلا من تجاهلها. ويمكننا اعتبار هذا مؤشرا جيد يمكن اعتماده كأحد معايير الاختيار للدخول والخوض في مجال التعليم المعماري.

• مع محاولات بعض المدارس الاتجاه لوضع البرنامج الدراسي للتعليم المعماري في إطار التطوير لمواكبة العصر من جهة ولتلبية احتياجات مجال الممارسة (سوق العمل) من جهة اخري؛ صار لزاما العمل على التزامن في الخُطى بين تطوير البرنامج وتقويمه وإعداد الطالب للممارسة وبين طريقة الاختيار لهذا الطالب (فعبارة "التميز" و "الحصص-الكوتا" و "الصدفة" هي كلمات استخدمها بات قرينا بمنظومة واهنة)، عوضا عن ذلك وبالنظر للتجارب الاخرى يمكن فتح المجال لأعداد أكبر وعبر فترة إعداد قصيرة وصارمة. يمكن من خلالها الاختيار الصحيح وبنائج دقيقة للمنتسبين لهذا التخصص.

• وضع اهداف عامة لبرنامج تفصيلي تظهر فيه الممارسة بحضور متناسب مع المعرفة والابداع لسد الهوة بين التعليم والمهنة الذي يطل بهامته مهيمنا على العمارة الليبية.

• نتيجة لان العمارة والتعليم المعماري مرهونا بالتطورات المجتمعية وتعتبر كاستجابة لها، وكذلك ما يحمله الواقع الليبي المعاصر من سلبيات، فهذا تماما ما يدفعنا الي توعية طالب العمارة لضرورة التعرف على هذه السلبيات وتحليلها وابرز

أسباب وجودها، في محاولة جماعية للتغلب عليها بدلا من تجاهلها. ويمكننا اعتبار هذا مؤشرا جيد يمكن اعتماده كأحد معايير الاختيار للدخول والخوض في مجال التعليم المعماري.

- تتأثر معايير القبول للبرامج المعمارية بتوجهات من لديهم القدرة على تحديد سياسات القبول، ومن هنا يتجه بنا المقام الي التركيز على التوافقية بين سياسات القبول وبين متطلبات سوق العمل (فأهمية حسن اختيار الطلاب المتقدمين لدراسة العمارة بمعايير فعالة، لا يقل اهمية عن وجود تقويم شامل لبرامج التعليم المعماري من شأنه متابعة فعالية اداء الطالب ومراجعة وتقييم البرنامج الدراسي).
- عدم وضوح نجاح معايير القبول المستخدمة بحالة الدراسة وفعاليتها، اضافة لضعف قاعدة البيانات لممارسي المهنة يجعل الدقة في التعامل مع البيانات غير موثوق النتائج الامر الذي يدفع للبدء فعليا بالتوجه البحثي للتوثيق وحصص البيانات ليتم التعامل مع حقائق.
- من بيانات دراسة الحالة وتحليلها خاصة فيما يتعلق بالفترة الزمنية التي يحتاجها الطالب للتخرج، توصي الدراسة بتطبيق اللوائح كالتالي تتعلق بالمدة، ووضع بدائل لنوع الشهادة التي يمكن للقسم استصدارها لمنح فرصة لتميز الطالب المجتهد فقط بشهادة بكالوريوس العمارة.
- ومن نتائج التحليل ايضا تحول قسم العمارة نسبيا ووفقا لفترة الدراسة المستهدفة لبيئة طاردة للطلاب (ذو المعدل الأكاديمي المرتفع) وفقا لأعداد الطلبة المنتقلين لأقسام اخرى بعد فصل او فصلين دراسيين فقط من التحاقهم، رغم رغبتهم الشديدة بدراسة هذا التخصص، وذلك لأسباب مختلفة، هنا علينا البحث جديا في وضع استراتيجيات مثل: العمل على خلق بيئة مساعدة بالتوازي مع فصول الدراسة الاولى بالتخصص تهيئ الطالب للانخراط بالتخصص والاندماج فيه وتحسين اداءه.
- مسؤولية التدريس في سد حاجة الطالب ومساعدته في تحويل حصيلة المعرفة والمعلومات الي رصيده المعرفي للتأثير على العملية الابداعية في تعليم العمارة، تحتاج الي الاهتمام، فالمشاركات العلمية وورش العمل والدراسات التي تنتج للطلاب والاستاد فرصة الاختلاط بالثقافات والتعرف على الكثير من خلال التنوع اضافة

لإثارة الجانب المهني بموازاة البحثي. او من خلال انعكاس مفهوم ومنهج التفكير العالمي والفعل المحلي على مفاهيم التعددية المعرفية والثقافية وإعطاء الفرصة للطلاب للتعرض الحيوي لما يحدث في العالم بالتحليل والتفكير والتأمل ثم التطبيق.

8. المراجع:

أولاً المراجع العربية:

- [1] علي عبد الرؤوف (2011) مفهوم ودلالة الإبداع في التعليم المعماري والعماري المعاصر، نحو رؤية للنقد ومنهجية للتطوير-. نشرة فصلية- العدد 14- جامعة قطر <https://www.researchgate.net/publication/319350598>
- [2] هشام ابو سعدة (2003) تعليم التصميم المعماري على ضوء العلاقة بين عمليتي الابداع والتصميم، مجلة الامارات للبحوث الهندسية 8(2) 23-34 مقالة نظامية . كلية العمارة .جامعة الملك فيصل . المملكة العربية السعودية.
- [3] سهى الدهوي (2010) اثر تطور المعلومات في تطوير مناهج التعليم المعماري . الجامعة التكنولوجية - قسم الهندسة المعمارية - بغداد - العراق. المجلد 6، العدد 19-20-21.
- [4] اريج عفيفي (2012) التعليم المعماري في فلسطين--اطروحة ماجستير مجازة -جامعة النجاح الوطنية -الهندسة المعمارية كلية الدراسات العليا -نابلس-فلسطين.
- [5] ابراهيم عبد الباقي (1997) نشأة التعليم المعماري، مجلة عالم البناء -العدد 189- القاهرة.
- [6] ابراهيم ال يوسف، احمد حداد ، عبد الله سلمان (2014) التوجه نحو الجودة والاعتمادية في التعليم المعماري، قسم هندسة العمارة في الجامعة التكنولوجية انموذجا . مجلة القادسية للعلوم الهندسية -مجلد 7 - العدد 4. بغداد .
- [7] ابراهيم عبد الباقي (1987) بناء الفكر المعماري والعملية التصميمية-مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية-القاهرة .
- [8] مجيب الرحمن عامر (2013) مقالات في العمران - (التعليم المعماري و خريطتنا الوراثة، هموم طالب العمارة.مجلة العمارة .القاهرة.
- [9] حسن شحاتة (2001) التعليم الجامعي والتقويم الجامعي بين النظرية والتطبيق -الدار العربية للكتاب-القاهرة.
- [10] الحارث عبد الحميد حسن (2007) اللغة السيكلوجية في العمارة-المدخل في علم النفس المعماري- دار صفحات للدراسات والنشر -دمشق.



- [11] يوسف المنسي (1998) استراتيجيات التعليم المعماري بمستوياته المختلفة بقطاع غزة -
جامعة الأزهر . كلية الهندسة، القاهرة .
- [12] يوسف فادان، و إسماعيل هيكل، نمير ، (1998) تصميم نموذج لتقويم برامج التعليم
المعماري في الجامعات العربية -مجلة اتحاد الجامعات العربية -عدد 34 .

ثانيا المراجع الإنجليزية :

- [1] Goldschmidt.G, Sebba.R (2001). Who Should Be a designer? Controlling Admission Into Schools of Architecture, Technion-israel institute of technology, faculty of architecture and town planning. National institute for testing and evolution.
- [2] Dare-Abel .O. A & others (2015) Pathways to Architectural Education and Practice Success in Nigeria. Department of Architecture, Covenant University, Ota, Nigeria. Journal of Education and Practice www.iiste.org. Vol.6, No.4
- [3] Wood. A, Samant.S , Sassi.P, Sharr.A (2003) Strategies for increasing student numbers in architectural design studio- TBUH, Research paper, School of the built environment, university of Nottingham, UK.
- [4] Olweny. M (2017) Students' motivation for architecture education in Uganda- Welsh School of Architecture, Cardiff University, United Kingdom. Frontiers of Architectural Research <http://www.keaipublishing.com/en/journals/frontiers-of-architectural-research/> at www.sciencedirect.com .
- [5] Melissa Kirkpatrick (2019) Mental health& wellbeing for architecture students, architects benevolent society. <https://www.Absent.org.uk/2>.
- [6] <http://portico.space/journal//mental-health-wellbeing-while-studying-architecture>
- [7] Cook, P (2002), Keeping the dream alive, Building Design, no. 1519, Feb. 8, p. 11.

- [8] Rickwood, R(1999) , Design management: teaching innovation, Conference on design education. The Lighthouse, Glasgow, RIAS
- [9] Brookfield, S& Preskill, S.(1999), Discussion as a Way of Teaching: tools and techniques for university teaching. Buckingham, Society for Research into Higher Education & Open University
- [10] Edwards, B.(1999), Summary and Future Agenda, Conference on design education, The Lighthouse, Glasgow, RIAS
- [11] McCue, Gerald., “Thoughts About Architectural Education” Journal of King Saud University, Architecture and Planning, V 6, K.S.U Libraries, 1414 A.H/11994 A.D., pp 3-

تقييم ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع في تنفيذ مشاريع قطاع الصحة

"دراسة حالة: مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي"

أ. محمد الحسين محمد عبدالرحمن

كلية الهندسة جامعة خليج السدرة

mahomedalhossinabdalrhman@gmail.com

د. مصطفى أحمد بن حكومة

كلية العلوم التقنية_مصراتة

m_hkoma2017@yahoo.com

ملخص البحث:

هدفت الدراسة إلى تقييم ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع في تنفيذ مشاريع قطاع الصحة بالتطبيق على مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي كحالة دراسية ، مركزاً على مشكلة يمكن تحديدها بأنه رغم التطور الملحوظ في آليات ووسائل وتقنيات الشركات الإنشائية والمكاتب الاستشارية لإدارة تنفيذ المشاريع الإنشائية إلا أنه قد تظهر بعض نقاط الضعف والسلبيات في مهنية وأداء هذه الجهات المتخصصة، وقد يصاحب هذا الضعف في التخطيط غير السليم وعدم الفهم الدقيق للتخطيط الهندسي مما يؤدي إلى فقدان السيطرة على مكونات التحكم في المشروع الهندسي.

وخلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج أهمها: إن إدارة المشروع المثال لا تدرك أهمية تطبيق الأساليب الهندسية في إدارة وتخطيط المشروعات مما أدى إلى سوء تخطيط موارد المشروع ومن أهمها المورد الزمني، وأن تطبيق أساليب الإدارة الهندسية يؤدي إلى تقليل زمن المشروع والذي بات واضحاً أن زمن المشروع قد تم تقليله إلى 18 شهراً بدلاً من 22 شهراً، كما يؤدي تطبيق أساليب الإدارة الهندسية إلى الرقابة على تكاليف المشروع كأسلوب القيمة المكتسبة، وأن استخدام أساليب الإدارة الهندسية يؤدي إلى تصير زمن إنجاز المشروع دون أن تتأثر التكلفة وجودة المشروع..

الكلمات المفتاحية: الإدارة الهندسية، القيمة المكتسبة، المشروع الإنشائي، أسلوب بيرت، أسلوب المسار الخرج..

1- مقدمة

في ظل تنامي الاحتياجات الإنسانية لتحقيق متطلبات التنمية الشاملة والتوافق مع تطورات التكنولوجيا الحديثة تنامي الاحتياج للازدياد في التوسع في مجال صناعة الانشاءات ليلبي بعض متطلبات هذه الاحتياجات المتنامية مثل إنشاء مستشفيات حكومية ومدارس ومباني تجارية وصناعية وغيرها، مما تطلب معه وجود هيئات ومكاتب رسمية للإشراف على إدارة وتنفيذ هذه المنشآت وحل المشكلات الفنية التي تعترضها ليتمكن تنفيذها في الوقت المحدد وبالجودة المطلوبة.

ورغم التطور الملحوظ في آليات ووسائل وتقنيات هذه الهيئات والمكاتب لإدارة تنفيذ المشاريع الانشائية إلا أنه قد تظهر بعض نقاط الضعف والسلبيات والإيجابيات في مهنية وأداء هذه الجهات المتخصصة التي تكلف بمباشرة إدارة تنفيذ المشاريع الانشائية [1]..

تمارس صناعة الانشاءات مجموعة من أساليب إدارة المشاريع الهندسية، من ضمنها أسلوب التحليل الشبكي (NTT) Network Analysis Technique، وأسلوب جانث (GT) Ghant Chart Technique، وأسلوب تقييم ومراجعة المشاريع Project Evaluation & Review Technique (PERT)، وأسلوب المسار الحرج Critical Path Method (CPM) وأسلوب هندسة (VE) Value Engineering، وأسلوب القيمة المكتسبة (EVM) Earned Value Method في إدارة وتخطيط وضبط تكاليف المشروع، وبالتالي فإن المشروع يحتاج إلى أنشطة ومهام متنوعة ومتعددة قد تصل إلى آلاف المهام، بعضها يمكن أداءه منفرداً والآخر يعتمد أداءه على غيره من الأنشطة، وتحتاج عملية التنفيذ إلى مجموعة من الموارد، وبالنظر لمحدودية تلك الموارد وما تتطلبه من حساب دقيق للتكلفة والوقت، وبسبب وجود القيود الخاصة للاستخدام يتطلب الأمر استخدام الأساليب العلمية وخاصة أساليب بحوث العمليات، في تخصيص الموارد وإعادة تخصيصها لضمان الاستخدام الأمثل وتحسين عمليات الأداء بتقليل وقت تنفيذ المشروع وبالتالي التكلفة [2].

2- الدراسات السابقة

أجرى (جانم، 2011) دراسة لتحليل ممارسات إدارة المشاريع في قطاع الاسكان والمرافق[4]. بهدف تقييم ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع التي تتبعها الإدارات العامة في القطاع العام في فلسطين، ومن ثم استكشاف تقنيات وأدوات فعالة في إدارة المشاريع ضمن القطاع العام. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي؛ حيث تم تصميم وتوزيع استبيان لاستقصاء آراء (35) مديراً للمشروع بالقطاع العام. وأظهرت نتائج الدراسة أن هناك عدم كفاءة في ممارسات إدارة المشاريع في القطاع العام في فلسطين مقارنة بالممارسات العالمية، وهناك نقص في التغذية العكسية للمعلومات وعدم تعميم الدروس المستفادة من المشاريع السابقة مما أدى إلى انخفاض مستوى نجاح المشروع.

وقامت الباحثة (العبيدي، 2009) بدراسة أثر العوامل الاستراتيجية في تحسين فاعلية تقويم الأداء الإداري للمشاريع[5]. واستخدمت منهجاً وصفيّاً تحليلياً لتحقيق هدف الدراسة من خلال استقصاء آراء (30) فرداً على المستويين (الإدارة العليا والإدارة التنفيذية للمشروع). وخلصت الدراسة إلى وجود أثر إيجابي للعوامل الاستراتيجية في تحسين فاعلية تقويم الأداء الإداري، وأن معايير الموقف التنافسي كانت أكثر المتغيرات تأثراً بالعوامل الاستراتيجية، وتعمل إدارة المشروع على مشاركة الفئات المستهدفة بفاعلية في مختلف مراحل دورة حياة المشروع، وتهتم إدارة المشروع باستخدام وسائل بديلة للحصول على المخرجات نفسها بتكاليف أقل، وتعمل إدارة المشروع على استخدام الموارد (المدخلات) في تعظيم قيمة المخرجات (القيمة المضافة)، وتظهر إدارة المشروع اهتماماً وتعاوناً كبيرين لإيجاد حلول صحيحة للمشاكل والقضايا في القطاعات المستهدفة حتى وإن لم تكن من ضمن مهمة المشروع المكتوبة والمتعاقد عليها.

وفي دراسة أخرى أعدها (سليمان، 2005) بعنوان: "تطبيق طريقة السار الحرج لتجنب مشكلة التأخير في المشاريع الإنشائية"[6] هدفت إلى تطوير نظام إدارة المشروع من خلال تطبيق طريقة المسار الحرج وتقنية القيمة المضافة لتجنب التأخير الزمني في المشاريع الإنشائية. اعتمدت الدراسة في منهجها على الأسلوب الاستطلاعي في جمع بياناتها من خلال تصميم استبانة وزعت على أفراد 0 عينة الدراسة قوامها (204) مهندساً ومديراً

للمشروعات الإنشائية . وأظهرت نتائج الدراسة وجود ندرة في الأبحاث العلمية ذات العلاقة بإدارة ومراقبة الفترة الزمنية للمشاريع الإنشائية، وهناك قصور في استخدام تقنيات إدارة المشاريع مثل أسلوب المسار الحرج في ليبيا، وأن سبب عدم استخدام أسلوب المسار الحرج هو رفض الإدارة العليا للمشاريع استخدام هذه التقنية في عمليا التخطيط للمشاريع، وأن نجاح استخدام تقنية (CPM) غير مستخدمة من قبل الإدارة العليا للمشاريع الإنشائية في ليبيا .

وفي دراسة سابقة أخرى للطائي، (2009)، بعنوان: "إدارة وتخطيط الكلف في مشاريع التشييد"[7]. هدفت هذه الدراسة إلى إبراز أهمية اتباع الإدارة السليمة والتخطيط المحكم للكلفة من بداية المراحل الأولى لمشروع التشييد بغية تسهيل مهمة وضع الأسس العلمية الصحيحة لمتابعة وضبط كلفة المشروع. وكشفت النتائج عدم وضوح الرؤيا عند وضع البرمجة والخطط، وعدم إيلاء التخطيط الأهمية المطلوبة، ونقص البيانات والمعلومات الكفوية المطلوبة، وضعف في كفاءة الأداء للكادر الخاص بالبرمجة والتخطيط، وضعف واضح في مجال التخطيط لمختلف المؤسسات والقطاعات المحلية سببها عدم الاهتمام بالاستخدام الأمثل للمستويات الثلاثة لعملية التخطيط والبرمجة في المشاريع، والاعتماد على نوع واحد من أنواع التخطيط الروتيني، والتركيز على الوقت فقط وإهمال مجالات التخطيط الأخرى، مثل استخدام البدائل وهندسة القيمة وتحسن النوعية. أما دراسة الجزائري[8] (2008) تناولت استخدام أساليب جدولة المشروع، بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لإنجاز المشاريع. حيث هدفت دراسته إلى إبراز أهمية استخدام الأساليب العلمية الحديثة وخاصة أساليب بحوث العمليات، في تخصيص الموارد وإعادة تخصيصها لضمان الاستخدام الأمثل وتحسين عمليات الأداء بتقليل وقت تنفيذ المشروع وبالتالي التكلفة. وبينت النتائج الافتقار الواضح إلى استخدام أساليب وبحوث العمليات في تخصيص الموارد بهدف تقليل الوقت والتكلفة، وإن عملية التخطيط وإعداد الجدولة تتطلب المعرفة في كيفية استخدام الأساليب العلمية ومنها بحوث العمليات، وأن تحديد مسؤوليات التنفيذ بشكل واضح ينعكس على فاعلية إدارة المشروع، وأن عدم اتباع أسلوب نظام تقارير تقدم الانجاز والذي يمكن من خلاله اكتشاف التأخير والتعرف على

أسبابه بشكل مبكر، وهناك ضعف عمليات التخطيط والتي أدت بدورها إلى الفشل في إنجاز المشروع في الوقت المحدد.

وقد أشارت الدراسات السابقة أن أغلب المشاريع الإنشائية سواء على المستوى المحلي أم العالمي تعاني ظاهرة ازدياد التكلفة وهذا ناتج عن العديد من العوامل. وتختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة من حيث تركيزها على أثر تطبيق أساليب الإدارة الهندسية في تنفيذ مشروعات قطاع الصحة، من خلال الوقوف على واقعها والاستفادة من خبرات وتجارب الدول وشركات التشييد الأخرى في تطبيق هذه الأساليب الهندسي.

3- ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع في تنفيذ المشاريع الإنشائية

يعتبر مخطط جانن من أقدم وأبسط أساليب الجدولة Scheduling والتحميل Loading المستخدمة في الحياة العلمية. وقد قدمها هنري جانن - أحد رواد الحركة العلمية وما زالت تستخدم حتى الآن في الصناعة وفي مراكز الخدمات مثل المدارس والمستشفيات. ويعد مخطط جانن من الأساليب الرقابية الوصفية والتقليدية التي شاع استخدامها منذ عام 1900 [9].

ويعتبر أسلوب التحليل الشبكي إحدى الأساليب الحديثة نسبياً في إدارة المشاريع، والتي ظهرت نتيجة لحاجات عاجزة عن تليتها الطريقة التي سبقتها، ونخص بالذكر طريقة جانن GHANT. لذلك ظهرت في نهاية الخمسينات مجموعة من أساليب شبكات الأعمال وأهمها أسلوب CPM/PERT، ويهدف كل من الأسلوبين إلى تقديم مدخل بياني لجدولة وتخطيط المشاريع، يساعد مدير المشروع في تصور الأزمنة اللازمة والوقت المتوقع لإنجازها وتحديد العلاقات الفنية بينها، وبالتالي تقدير الوقت المتوقع لانتهاء من المشروع، كذلك فإن كل منهما يمكن من متابعة تقدم التنفيذ في الأزمنة للتعرف على تقدم الأداء والكشف عن الانحرافات واتخاذ الإجراءات اللازمة لضمان حسن سير الأداء. كما وقد ظهر أسلوب آخر هو أسلوب GERT، وهو نموذج معدل من الأسلوبين السابقين CPM/PERT [10].

أما أسلوب المسار الحرج Critical Path Method (CPM) فقد استخدم عام 1973 من قبل القوات المسلحة المصرية في عبور قناة السويس واستخدم لأول مرة في

العراق عام 1975 م في بناء سد حميرين، وتعد طريقة المسار الحرج أداة لتخطيط وتنفيذ ومراقبة المشروعات الضخمة والمعقدة، باستخدام عامل زمني واحد لكل نشاط فقط، وتقوم على أساس تحديد مجموعة الأنشطة التي يجب أن تعطى اهتماماً خاصاً في التخطيط والتنفيذ، لأن إكمال المشروع في وقت محدد وبتكاليف محددة، يعتمد إلى درجة كبيرة على الأنشطة الواقعة على المسار الحرج [11]. ويقصد بالمسار الحرج هو أطول مسار خلال الشبكة، أو أنه المسار الذي يستغرق أقصى وقت لإنجاز المشروع من حدث البداية إلى حدث النهاية.

ويهدف أسلوب مراجعة وتقييم المشروعات إلى تصميم طريقة يتم بها تخطيط مشروع إنتاج الصاروخ Polaris بشكل يمكن من إحكام الرقابة على التنفيذ حتى يتم إنجاز المشروع في موعده المحدد. وأوضحت نتائج التطبيق أن أسلوب Project Evaluation and Review Technique (PERT) في هذا المشروع، قد أدى إلى تخفيض فترة المشروع المقدره أصلاً بواسطة المهندسين (بحوالي عامين كاملين)، وتم إنجاز هذا المشروع في أربعة سنوات بعد أن كان التقدير المبدئي لإنجازه هو ست سنوات. ونظراً للنجاح الكبير في استخدام هذا الأسلوب، فقد ذاع صيته في كثير من المشروعات المدنية والعسكرية حتى أن أسلوب PERT قد أصبح شائع الاستخدام من قبل جميع المقاولين الذين يتعاملون مع وزارة الدفاع الأمريكية [12].

ويستخدم أسلوب القيمة المكتسبة (EVM) Earned Value Method قياس وتقييم أداء المشروع المنجز، بمقارنة حجم العمل المخطط له مع المنجز الفعلي، بهدف تحديد فيما إذا كان المشروع على المسار الصحيح. وعلى الرغم من أن حسابات القيمة المكتسبة يتم إجراؤها عادةً باستخدام الحاسوب، فإن من المهم معرفة أسس كل عملية حسابية وفهم ما تعنيه.

والقيمة المكتسبة هي الكلفة المخططة للعمل المنجز فعلياً في فترة زمنية محددة، وهي مقياس لقيمة الدينار للعمل المنجز فعلاً، ويتم تحديد حجم القيمة المخططة من خلال جمع تقديرات كلفة الأنشطة التي تم الانتهاء منها فعلاً في فترة زمنية محددة، وتدعى هذه الكلفة أيضاً بجدول موازنة الأعمال المنجزة Budgeted Cost of Work Performed (BCWP) [9].

3- النتائج والمناقشة

1. الحالة الدراسية

يقع المستشفى داخل نطاق مدينة زليتن، ومساحته الكلية التقريبية حوالي (12,000) متر مربع، ومصنف من المرافق الخدمية الذي تبلغ سعته السريرية (480) سرير، ويخضع الان إلى الصيانة منذ أكثر من (15) سنوات، والمتوقع أن تصل سعته السريرية بعد اكتمال الصيانة (720) سريراً، كما يحتوى على عدة أقسام طبية وطبية مساعدة وتسييرية، وعدد الكادر الوظيفي العامل بالمستشفى حتى عام 2016 بلغ حوالي (1700) موظفاً بجميع التخصصات، ويوجد به عدد (13) مكتباً لتسيير العمل و(8) إدارات لكل إدارة بها عدة أقسام لتسيير العمل بالمستشفى [14].

والجدول التالي رقم (1) يقدم معلومات عن عقد مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي بتنفيذ الشركة العامة لإنشاء المراكز الإدارية بالتعاون مع شركة مع شركة (سما للمقاولات العامة).

جدول 1: عقد مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي

ت	البيان	بيانات العقد
	رقم العقد	(2007/106)
	قيمة العقد	29,989,019,000 دينار ليبي
	مدة العقد الأصلية	22 شهرا
	مدة تمديد العقد الأول	8 شهور
	مدة تمديد العقد الثاني	9 شهور و 15 يوماً
	مدة تمديد العقد الثالث	5 شهور و 15 يوماً
	تاريخ استلام الموقع	2007/7/17 م
	تاريخ البدء بالعمل	2007/7/17 م
	تاريخ الانتهاء المقرر	2009/05/17 م
	نسبة الإنجاز الكلية للمشروع	80.50%

والجدول رقم (2) يوضح أنشطة المشروع والمدة الزمنية وتكاليفها وفقاً للعقد مقسمة إلى (21) نشاط لإكمال المشروع.

جدول 2: أنشطة المشروع والمدة الزمنية وتكاليفها

ت	كود النشاط	وصف النشاط	زمن (أسبوع)	التكلفة د.ل
1	A	تجهيز واعداد موقع	5	35326.470
2	B	تصميم الخرائط الهندسية	4	25430.000
3	C	التوريدات 1	7	922325.348
4	D	تنفيذ أعمال الحفر والردم	3	15725.249
5	E	تنفيذ الأعمال الخرسانية الخاصة بهياكل	3	16438.475
6	ب	التوريدات 2	9	1412702.72
7	G	بناء غرفة التحكم لوضع وتركيب منظمات	5	68652.000
8	H	تركيب هياكل المسطحات	2	25794.990
9	I	تركيب وتوصيل صفيح المسطحات	1	45842.479
10	ت	تركيب وتوصيل البطاريات	2	19304.477
11	K	تركيب وتوصيل مغيري التيار	1	15326.386
12	L	التوصيلات الكهربائية الداخلية لصفيح من المسطحات	2	12328.453
13	M	تركيب وتوصيل منظمات الشحن	2	13347.614
14	N	تركيب منظومة القياس والتسجيل الآلي	1	17325.487
15	O	تركيب مولد ديزل (بقدره 75 ك.ف.أ)	2	14513.000
16	P	تركيب منظومة التآريض	2	15845.847
17	Q	توصيل المسطحات بغرفة التحكم عن طريق مد كوابل أرضية	1	12947.374
18	R	التوصيلات الكهربائية بين منظمات الشحن والبطاريات	2	13722.535
19	S	التوصيلات الكهربائية التي تربط بين صفيح المسطحات ومنظمات الشحن	3	14608.627
20	T	تركيب أنظمة إنارة الشوارع	1	70350.000
21	U	توصيل المنظومة المركزية بالشبكة الداخلية	3	14254.743

أشارت وثائق والتقارير الفنية الخاصة بعقد المشروع والتقارير الفنية الخاصة بمشروع الدراسة إن التمديدات الزمنية سببها ليس في التعديل في مجال العمل فحسب، بل أغلبها تمثلت في سوء التقدير الزمني المخطط لإنجاز المشروع، وسوء اختيار المقاول بالباطن، وقلة الخبرات الفنية المتخصصة في التجهيزات الطبية، مما أضطر الباحثان بالاتصال بالعديد من المكاتب الاستشارية في صناعة التشييد، كذلك الاستفادة من مشاريع مشابهة فيما يتعلق بتحديد مدة تنفيذ أنشطة مشروع في بعض الأقطار العربية.

مكونات المشروع

تم توزيع تكلفة بنود مكونات المشروع الرئيسية كما هي موضحة بالجدول رقم (3) وفقاً لعقد المشروع رقم (2007/106) الخاص بصيانة وتطوير مستشفى مصراثة المركزي.

جدول (3): توزيع تكلفة بنود مكونات المشروع

ت	البيان	القيمة	النسبة المئوية من
1	أعمال التصميم الهندسي	600.266.000	2.00%
2	أعمال الهدم والإزالة ونقل المواد الى	3.192.452.550	10.65%
3	أعمال البناء	668.328.100	2.22%
4	أعمال البياض	266.700.000	0.22%
5	أعمال الطلاء	567.506.500	0.88%
6	أعمال اكتساء الأرضيات والحوائط	2.841.517.00	1.90%
7	الأعمال المعدنية والأبواب والنوافذ	2.153.604.000	9.50%
8	أعمال التغذية بالمياه والأعمال	1.098.502.000	7.18%
9	أعمال الطبقات العازلة	2.410.224.610	3.66%
10	الأعمال الكهربائية	10.088.842.940	8.03%
11	أعمال متنوعة وأعمال	6.101.075.300	33.64%
	الإجمالي: فقط تسعة وعشرون مليون	29.989.019.000	100%

والجدول التالي رقم (4) يوضح الأنشطة والفترات الزمنية لها والفائض في أنشطة المشروع

جدول 4. الأنشطة والفترات الزمنية لها والفائض في أنشطة المشروع المثال

ت	اسم	بيان النشاط	مدة
1	A	أعمال التصميم الهندسي	80
2	B	أعمال الهدم والإزالة ونقل المواد الى المكبات العامة	78
3	C	أعمال البناء	125
4	D	أعمال البياض	135
5	E	أعمال الطلاء	145
6	F	أعمال الإكتساء الارضيات والحوائط (بلاط + رخام)	95
7	G	الأعمال المعدنية والأبواب والنوافذ والأسقف المعلقة	116
8	H	أعمال التغذية بالمياه والاعمال الصحية وصرف مياه الامطار	124
9	I	أعمال الطبقات العازلة	120
10	J	الأعمال الكهربائية	172
11	K	أعمال متنوعة وأعمال كهروميكانيكية بما فيها نظام التكييف	160
			1350

من خلال الاطلاع على الجدول رقم(4) اتضح أن سوء التخطيط الجيد وسوء التقدير الزمني لأنشطة المشروع والتي بلغت (1350) يوماً، الأمر الذي جعل المقاول يطالب بتمديد مدد لإنجاز أنشطة المشروع، وهذا بالتالي يعكس الخبرة غير الجيدة لدى المقاول المحلي خصوصاً في إدارة المشاريع. وهذا ما سيتم اتخاذها في الاعتبار عند القيام بجمع المعلومات وتحليل بيانات المشروع من خلال استخدام الأساليب الهندسية في إدارة المشروعات وتوضيح أثرها، وتطبيق أحد برامج الحاسوب في تخطيط وإدارة المشروعات كذلك استخدام برنامج الإكسل. والجدير بالذكر أن العطاءات المقدمة الأخرى قدمت فترات زمنية لإنجاز المشروع في أكثر من (1000) يوم. ولكن سوء اختيار العطاء المبني على الاعتماد على أدنى سعر والمدة غير المنطقية في إتمام المشروع، والتي بلغت اثنان وعشرون شهراً كان سبباً رئيساً في تمديد العقد لثلاثة مرات ولم ينجز حتى تاريخ إعداد هذا البحث نتيجة النزاعات الناشئة بين أطراف عقد المشروع. وهنا يبدو جلياً أن استخدام الأساليب الهندسية في إدارة المشروع بدءاً من التخطيط للمشروع مروراً بعمليات التنفيذ

والمراقبة وانتهاء بإغلاق المشروع وما تتضمنه هذه المرحلة وأهميتها البالغة في دورة حياة المشروع.

تطبيق أساليب الإدارة الهندسية في تنفيذ المشروع

لتحقيق أهداف الدراسة نحو معرفة ممارسات وتطبيقات إدارة المشاريع في تنفيذ مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي سيتم تناول بعض الأساليب بدءاً من عمليات التخطيط الهندسي باستخدام التحليل الشبكي ورقابة المشروع ثم التركيز على ضبط تكاليف المشروع بأسلوب القيمة المكتسبة والتي تعد أهم أساليب الإدارة الهندسية في قياس انحراف تقدم المشروع.

ولإسقاط أسلوب التحليل الشبكي على مشروع صيانة وتطوير مستشفى زليتن المركزي موضوع الدراسة حيث أمكن الإطلاع على مشروعات مشابهة في مجال تنفيذ مشروعات القطاع الصحي ومقابلة العديد من الاستشاريين والمهندسين من ذوي الخبرة في مجال إدارة المشروعات عموماً ومشاريع قطاع الصحة على وجه الخصوص. فقد تم جمع هذه الممارسات وإسقاطها على مشروع الحالة الدراسية وتبويبها بالجدول رقم (5).

جدول 5. الأنشطة والفترات الزمنية لها وفق العقد

ت	اسم النشاط	بيان النشاط	مدة النشاط/	تكلفة النشاط/ دينار
1	A	أعمال التصميم الهندسي	65	600.266.000
2	B	أعمال الهدم والإزالة ونقل المواد الى	70	3.192.452.550
3	C	أعمال البناء	95	668.328.100
4	D	أعمال البياض	112	266.700.000
5	E	أعمال الطلاء	112	567.506.500
6	F	أعمال الإكتساء الارضيات والحوائط	88	2.841.517.00
7	G	الأعمال المعدنية والأبواب والنوافذ	102	2.153.604.000
8	H	أعمال التغذية بالمياه والاعمال الصحية	124	1.098.502.000
9	I	أعمال الطبقات العازلة	114	2.410.224.610
10	J	الأعمال الكهربائية	134	10.088.842.940
11	K	أعمال متنوعة وأعمال كهروميكانيكية بما	122	6.101.075.300
			1150	29.989.019.000

يلاحظ من الشكل رقم (1) أن تخطيط الأنشطة كان يعتمد على العلاقة التساقبية (FS)، وهذا مفهوم خاطئ لمخططي المشروع مما أدى إلى زيادة غير منطقية ليس لها أي مبرر، حيث إنها التخطيط المعد وفق العقد المبرم لا يحتاج إلى هذه الفترات الزمنية الطويلة لإنجاز المشروع، مما يدل جلياً أن عدم تطبيق أدوات الإدارة الهندسية لها الأثر الفعال في سوء إدارة وتخطيط وضبط تكاليف المشروع. كما لم تعتمد الإدارة الهندسية أسلوب شبكات الأعمال كذا تطبيق العلاقات التساقبية بين الأنشطة. ومن خلال تطبيق أساليب وممارسات لإدارة الهندسية على المشروع أمكن جدولة المشروع وتقسيمه إلى (17) نشاط كلاً حسب الزمن المخصص له، والذي نتج عنه حساب شامل وكامل لأجزاء المشروع والذي بلغ 540 يوم للمشروع، بحيث يتم المراقبة والسيطرة يوم بيوم لكل نشاط.



شكل (1): مخطط جاننت وفق المعمول وفق المشروع

كما أن على إدارة المشروع التركيز على (12) نشاط تقع على المسار الحرج ليسهل مراقبتها من حيث الموارد والعمالة والمقاولين الباطن وعمليات أخرى تتعلق بإدارة المشروع، والتي تقع على المسار الحرج للحد من مخاطر زيادة التكاليف نتيجة حدوث التأخير غير المتوقع.

وهنا يُنظر إلى عملية الرقابة على الوقت على أنها مقارنة بين الأداء الفعلي والجدول الزمني المخطط، بهدف تحديد الانحراف، وتقييم الخيارات الممكنة، واتخاذ القرارات المناسبة.

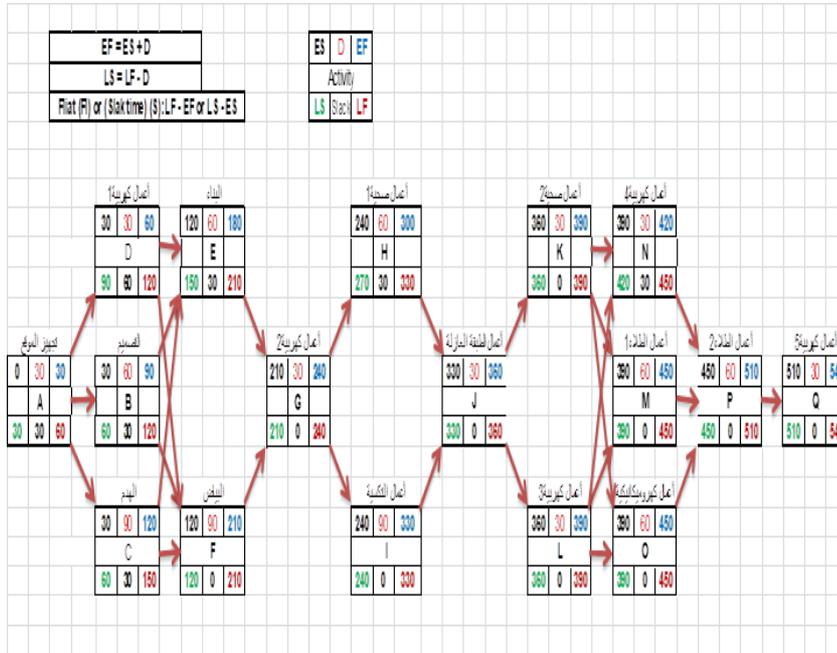
وفي هذا السياق أمكن تخطيط المشروع إلكترونياً بحيث يتم التحكم في أزمدة الأنشطة بمجرد تغيير أحد الأوقات المبكرة والمتأخرة والتي أثبت جدواها عملياً باستخدام برنامج الجداول الإلكترونية (الإكسل). وقد تم أيضاً تمثيل الأنشطة والفترات الزمنية لها المبينة بالجدول رقم (6) وفقاً لمخطط جانتي كما هو مبين بالشكل رقم (2). علماً بأنه تم إدخال إحدى عشرة نشاط رئيسي لإتمام أربع قواطع لإنجاز عمل المشروع. والتي تمثل فعلياً (44) نشاط موزعة بالتساوي أي 11 نشاط لكل قاطع.

جدول (6). الأنشطة والفترات الزمنية لها وفق العقد (بعد إعادة التخطيط)

ت	كود النشاط	اسم النشاط	تكلفة النشاط / دينار	الفترة الزمنية	الأنشطة السابقة
1	A	تجهيز الموقع		20	
2	B	أعمال التصميم	600.266.000	65	A
3	C	أعمال الهدم	3.192.452.550	80	A
4	D	أعمال كهربية 1	1.008.884.294	15	A
5	E	البياض	266.700.000	115	B,D
6	F	البناء	668.328.100	95	C,B
7	G	أعمال كهربية 2	2.017.768.588	45	E,F
8	H	أعمال صحية 1	549251000	55	G
9	I	أعمال تكسية	2.841.517.00	70	G
10	J	أعمال الطبقة العازلة	2.410.224.610	22	H,I
11	K	أعمال صحية 2	549251000	40	J
12	L	أعمال كهربية 3	2.017.768.588	40	J
13	M	أعمال الطلاء 1	28375325	35	K,L
14	N	أعمال كهربية 4	2.017.768.588	22	K,L
15	O	أعمال كهروميكانيكية	6.101.075.300	80	K,L

M,N,O	90	28375325	أعمال الطلاء 2	P	16
P	30	1.008.884.294	أعمال كهربية 5	Q	17

والشكل التالي رقم (1) يوضح المخطط الشبكي الذي تم اقتباسه من برنامج الإكسل . حيث يشير الشكل المذكور إلى أنشطة المشروع وأوقات المبكرة والمتأخرة لكل نشاط، إضافة إلى زمن الفائض لكل منها والزمن الكلي لإنجاز المشروع وهو 540 يوم أي بواقع (18) شهراً أي بفارق (4 أشهر) وهو زمن العقد الأصلي مطروحاً منه زمن المشروع بعد إدخال تقنيات التخطيط الشبكي وأسلوب المسار الحرج ليصبح الفارق (4 أشهر) . ناهيك عن التمديدات التي تعرض لها المشروع لعدة سنوات نتيجة لأسباب عدة أهمها طرق التنفيذ وضعف استخدام أساليب الإدارة الهندسية.



شكل (1): التخطيط الشبكي لمشروع البحث

ولسهولة وسرعة ودقة الإنجاز تم استخدام برنامج الإكسل لحساب الأوقات المبكرة والمتأخرة للمشروع كما يوضحه الجدول رقم (7).

جدول رقم 7. الأوقات المبكرة والمتأخرة للمشروع

النشاط	كود النشاط	وصف النشاط	الفترة الزمنية	أول وقت بدء ممكن	آخر وقت بدء ممكن	ممكن EF أول وقت إتمام	ممكن LF آخر وقت إتمام	الوقت الفائض
النشاط	Code	Description	t	ES	LS	ESij+tij	LF	SL
1	A	تجهيز الموقع	30	0	30	30	60	30
2	B	أعمال التصميم	60	30	30	90	120	30
3	C	أعمال الهدم	90	30	0	120	120	0
4	D	أعمال كهربية 1	30	30	64	60	120	60
5	E	البياض	90	120	0	210	210	0
6	F	البناء	60	120	30	180	210	30
7	G	أعمال كهربية 2	30	210	0	240	240	0
8	H	أعمال صحية 1	60	240	30	300	330	30
9	I	اعمال تكسية	90	240	0	330	330	0
10	J	أعمال الطبقة	30	330	0	360	360	0
11	K	أعمال صحية 2	30	360	0	390	390	0
12	L	أعمال كهربية 3	30	360	0	390	390	0
13	M	أعمال معدنية	60	390	0	450	450	0
14	N	أعمال كهربية 4	30	390	30	420	450	30
15	O	أعمال	60	390	0	450	450	0
16	P	أعمال الطلاء	60	450	0	510	510	0
17	Q	أعمال كهربية 5	30	510	0	540	540	0

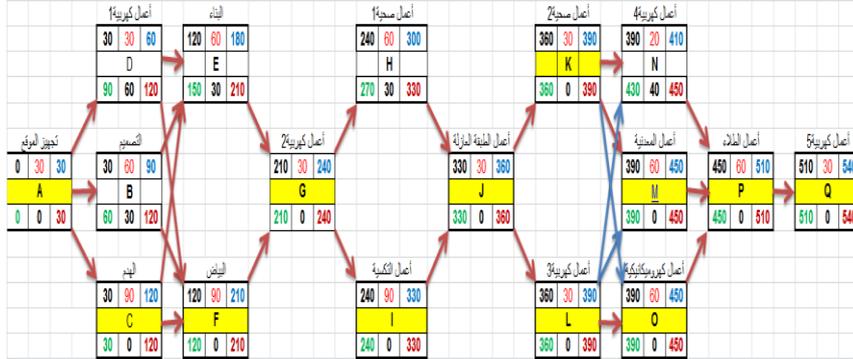
والجدول التالي رقم (8) يوضح الأنشطة الواقعة على المسار الحرج لمشروع البحث.

جدول 8. الأنشطة الواقعة على المسار الحرج لمشروع البحث

النشاط	كود النشاط	وصف النشاط	الفترة الزمنية	أول وقت بدء	آخر وقت بدء	EF	إتمام ممكن أول وقت	إتمام مسموح آخر وقت	الوقت الفائض
Activity	Code	Description	t	ES	LS	EF	ESij+tij	LF	SL
1	A	تجهيز الموقع	30	0	30	30	30	60	30
2	B	أعمال التصميم	60	30	30	30	90	120	30
3	C	أعمال الهدم	90	30	0	0	120	120	0
4	D	أعمال كهربية 1	30	30	64	60	60	120	60
5	E	البياض	90	120	0	0	210	210	0
6	F	البناء	60	120	30	180	180	210	30
7	G	أعمال كهربية 2	30	210	0	0	240	240	0
8	H	أعمال صحية 1	60	240	30	300	300	330	30
9	I	اعمال تكسية	90	240	0	0	330	330	0
10	J	أعمال الطبقة	30	330	0	0	360	360	0
11	K	أعمال صحية 2	30	360	0	0	390	390	0
12	L	أعمال كهربية 3	30	360	0	0	390	390	0
13	M	أعمال معدنية	60	390	0	0	450	450	0
14	N	أعمال كهربية 4	30	390	30	420	420	450	30
15	O	أعمال	60	390	0	0	450	450	0
16	P	أعمال الطلاء	60	450	0	0	510	510	0
17	Q	أعمال كهربية 5	30	510	0	0	540	540	0

وقد تم استخدام المعادلة التالية لحساب المسار الحرج وهي:

Float (FI) or (Slack time) (S): $LF - EF$ or $LS - ES$



شكل (2). الأنشطة الواقعة على المسار الحرج

أسلوب تقييم ومراجعة المشروع

يعتبر هذا الأسلوب من أساليب إدارة المشاريع التي عرف اختصار بالغة الإنجليزية Programming Evaluation and Review Technique (PERT) حيث مكنت هذه التقنية المديرين من تخطيط وجدولة ومراقبة المشروعات الضخمة والمعقدة بتوظيف ثلاثة تقديرات زمنية لكل نشاط هي: الزمن المتشائم، الزمن المتفائل والزمن الأكثر احتمالاً. حيث يقدر الزمن اللازم لتنفيذ النشاط بطريقة احتمالية، وذلك بالاعتماد على توزيع بيتا الاحتمالي، لأن تقديرات هذا التوزيع تتمتع بمعايير جودة التقديرات الإحصائية أكثر من غيرها من التوزيعات، وذلك حسب نتائج البحث المقدم من قبل العالم (VANSLYKE) حول أثر تغيير التوزيع الاحتمالي على زمن المشروع.

وتطبيقاً للأسلوب أسلوب تقييم ومراجعة المشروع تم جدولة وحساب التقديرات الزمنية لكل نشاط (التشاؤمي، التفاؤلي، والزمن الأكثر احتمالاً) وفقاً للمعادلات التالية وكما هو موضح بالجدول رقم (9).

جدول (9). التقديرات الزمنية لكل نشاط (التشاؤمي، التفاولي، والزمن الأكثر احتمالاً)

ت	النشاط	التقديرات الزمنية بالأيام			المتوسط	التباين
		a	m	b		
1	تجهيز الموقع	25	30	35	30	2.778
2	أعمال التصميم	50	60	70	60	11.111
3	أعمال الهدم	85	90	95	90	2.778
4	أعمال كهربية 1	25	30	35	30	2.778
5	البياض	85	90	95	90	2.778
6	البناء	50	60	70	60	11.111
7	أعمال كهربية 2	25	30	35	30	2.778
8	أعمال صحية 1	50	60	70	60	11.111
9	اعمال تكسية	85	90	95	90	2.778
10	أعمال الطبقة	25	30	35	30	2.778
11	أعمال صحية 2	25	30	35	30	2.778
12	أعمال كهربية 3	25	30	35	30	2.778
13	أعمال معدنية	50	60	70	60	11.111
14	أعمال كهربية 4	25	30	35	30	2.778
15	أعمال	50	60	70	60	11.111
16	أعمال الطلاء	50	60	70	60	11.111
17	أعمال كهربية 5	25	30	35	30	2.778
55.556 مجموع التباينات على المسار الحرج						

حيث إن X : هو القيمة التي ترغب ان ينتهي عندها المشروع
وأن μ : هي قيمة لمسار الحرج للمشروع وتساوي 540 يوم
ولسرعة إنجاز المعادلات والحصول على نتائج دقيقة تم استخدام برنامج الجداول
الإلكترونية (الإكسل)، حيث ظهرت قيمة الانحراف المعياري المحسوبة (7.454) يوم.
والجدول التالي رقم (14.5) يبين نسبة احتمال المدة التي تسعى إنجاز المشروع عندها.
فمثلاً كان احتمال إنجاز المشروع طبقاً للمسار الحرج وهو 540 يوم أي بنسبة احتمال
إنجاز 50% فقط، وهذا يبين فيما لا يدعو مجالاً للشك أن هناك سوء تخطيط زمني أدى

إلى هذه النسبة، وكان لا يمكن معرفة هذه النسبة لولا تطبيق الأسلوب الهندسي بيرث، وكلما قلة القيمة عن 540 يوم أو عن مدة المسار الحرج كلما قلة نسبة احتمال انجاز المشروع، وهذا واضح جلياً عند حسابنا للقيمة (Z) المناظرة للقيم من المعادلة رقم (4).

نتج هذه المعادلة يتم مناظرته للقيمة الموجودة في جدول التوزيع الطبيعي (Z - Table) فقد ظهرت لنا أن قيمة Z عند 550 يوم وتطبيق المعادلة باستخدام برنامج الإكسل أمكن الحصول على قيمة (Z) وهي (1.34)، والقيمة المناظرة للقيمة Z المتحصل عليها في جدول التوزيع الطبيعي فهي مساوية (0.999) أي بنسبة إنجاز 91%، وهذه النتيجة يجب أن يعول عليها مدير المشروع كثيراً، حتى وإن كان هناك عشرة أيام فقط فارق زمني بين هذه المدة المطلوبة للإنجاز والمدة المخطط لها حسب المسار الحرج (وهو 540 يوم). ولهذا يتطلب من إدارة المشروع الاستغلال الأمثل لهذه الفترة لا سيما المخاطر المحتملة سواء الظاهرة منها ام غير المرئية.

جدول (10): نسب احتمال إنجاز المشروع وفقاً لجدول التوزيع الطبيعي

z	x	m	% Completion	
-0.67082	535	540	0.2514	25%
-1.34164	530	540	0.1075	11%
-2.01246	525	540	0.0174	2%
-3.3541	515	540	0.0004	0%
0	540	540	0.5	50%
0.67082	545	540	0.7486	75%
1.341641	550	540	0.9099	91%

والخطوة الأولى في تحليل القيمة المكتسبة هي تحديد القيم الثلاث التالية:
القيمة وفق الخطة Planned value وتدعى هذه التكلفة أيضاً بجدول موازنة تكلفة العمل
(Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS).

القيمة المكتسبة Earned value : وتدعى هذه التكلفة أيضاً بجدول موازنة الأعمال المنجزة (Budgeted Cost of Work Performed(BCWP).
التكلفة الفعلية Actual Cost: وتدعى هذه التكلفة بالتكلفة الفعلية للعمل المنجز Actual Cost of Work Performed(ACWP).

وعلى هذا سيتم حساب كل القيم كالتالي:

▪ تكلفة العمل المنجز Budgeted Cost Work Performed

$$BCWP = \text{Actual Time} \times \text{Budgeted Cost}$$

▪ التكلفة وفق الخطة Budgeted Cost Work Scheduled

$$BCWS = \text{Scheduled Time} \times \text{Budgeted Cost}$$

▪ التكلفة الفعلية حسب العمل المنجز Actual Cost Work Performed

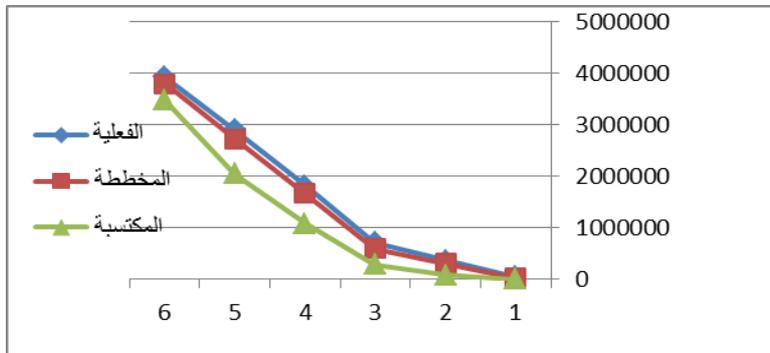
$$ACWP = \text{Actual Time} \times \text{Actual Cost}$$

ولحساب هذه المؤشرات من خلال المعادلات التي تم الإشارة إليها أعلاه. وتطبيقاً لأسلوب القيمة المكتسبة في الشهر السادس أي أنه يراد ضبط فترة زمنية محددة لمعرفة واقع القيمة المكتسبة والتكاليف الأخرى عند الشهر السادس على سبيل المثال، فقد وجد عند ضبط التكاليف في الشهر السادس أن إجمالي التراكمي للتكلفة حسب الميزانية المخططة بلغت (3,792,721.55) د.ل وأن إجمالي التراكمي للتكلفة الفعلية بلغ (3,922,262) د.ل وأن إجمالي التراكمي لتكلفة القيمة المكتسبة بلغت (3,480,585.55) د.ل كما أن تباين التكلفة عند الشهر السادس (-441,677.45) د.ل مما يعني أن المشروع يعمل بأعلى من الموازنة المرصودة وأن تباين الجدولة بلغ (-312,136) د.ل مما يعني أن المشروع متأخر عما خطط له وأن مؤشر أداء التكلفة بلغ (0.89) وهذا يعني أن المشروع يكلف أكثر مما قدر له ويعني أيضاً أنه مقابل كل دينار تم إنفاقه على المشروع فإنه يتم إنتاج (0.89) من القيمة ومؤشر أداء الجدولة بلغ (0.92) فإن ذلك يعني أن المشروع قد انتهى بأعلى مما هو مخطط له، وأنه متأخر عن الجدول. وأن الكلفة الكلية المقدرة للمشروع عند انتهائه للشهر السادس بلغت (33,794,549.2) د.ل.

ت	كود النشاط	الميزانية الكلية	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	A	30000	30000											
2	B	570,266.00	285133	285133										
3	C	3,192,452.55			1064152	1064152								
4	D	1,412,438.01						1,412,438.01						
5	E	266,700.00							88900	88900	88900			
6	F	688,328.10	334164.1	334164.1										
7	G	2,421,322.31												
8	H	549,251.00												
9	I	2,841,517.00												
10	J	2,410,224.61												
11	K	549,251.00												
12	L	2,421,322.31												
13	M	2,153,604.00												
14	N	2,421,322.31												
15	O	6,101,075.30												
16	P	567,506.50												
17	Q	1,412,438.01												
التكلفة المخططة التراكمية														
8140188	5806024	5471880	5382960	5294060	5205158.56	3792721.55	2728570	1684418	600266	315133	30000			
6420085	6083507	5782051	5670817	5568586	5468586	3922263	2900921	1820578	710356	370233	50111			
التكلفة الفعلية التراكمية														
4594011	4520495	4386830	4346825	4280150	4186804.56	3480585.55	2043982	1066246	286133	88,539.90	3000			
تكلفة القيمة المكتسبة التراكمية														
-1626074	-1563012	-1395221	-1323992	-1268436	-1281781.45	-441677.45	-656939	-734332	-422223	-281693.1	-47111			
تباين التكلفة = تكلفة القيمة المكتسبة / التكلفة الفعلية														
-1548176	-1285528	-1085030	-1036135	-1013910	-1018355.01	-312136	-684588	-578172	-312133	-226593.1	-27000			
تباين الجدول = القيمة المكتسبة / التكلفة المخططة														
0.75	0.78	0.80	0.81	0.81	0.80	0.92	0.75	0.65	0.48	0.28	0.1			
مؤشر أداء الجدول = التكلفة الفعلية / التكلفة المخططة														
0.72	0.74	0.76	0.77	0.77	0.77	0.89	0.70	0.60	0.41	0.24	0.06			
مؤشر أداء التكلفة = تكلفة القيمة المكتسبة / التكلفة الفعلية														
41909355	40388058	39526960	39123327	39016494	39170094.4	33794543.2	42561911	50262410	73934189	125400237	500926577.1			
التكلفة المقررة عن الإجراء =														

شكل (4): حساب القيمة المكتسبة ليوم ضبط التكاليف عند الشهر السادس

والشكل التالي رقم (5) يبين منحنيات قيم التكلفة المخططة والمكتسبة والفعلية حيث تشير نتائج التحليل للتكاليف المذكورة لمشروع صيانة وتطوير مستشفى مصراتي المركزي تجاوز التكلفة ومتأخر عن الجدولة المخططة وفقا لضبط التكاليف عند الشهر السادس. وبهذا يتطلب اتخاذ إجراءات فعالة لتصحيح الانحراف عن ما هو مخطط له.



شكل (5): منحنيات قيم التكلفة المخططة والمكتسبة والفعلية عند الشهر السادس

النتائج

- من أهم النتائج التي تم التوصل إليها في هذا البحث يمكن إيجازها في التالي:
1. بينت النتائج أن إدارة المشروع لا تترك أهمية تطبيق الأساليب الهندسية في إدارة وتخطيط المشروعات مما أدى إلى سوء تخطيط موارد المشروع ومن أهمها المورد الزمني.
 2. أظهرت النتائج أن تطبيق أساليب الإدارة الهندسية يؤدي إلى تقليل زمن المشروع والذي بات واضحاً أن زمن المشروع قد تم تقليله إلى 18 شهراً بدلاً من 22 شهراً.
 3. يؤدي تطبيق أساليب الإدارة الهندسية إلى الرقابة على تكاليف المشروع كأسلوب القيمة المكتسبة.
 4. أن استخدام أساليب الإدارة الهندسية يؤدي إلى تقصير زمن إنجاز المشروع دون أن تتأثر التكلفة وجودة المشروع.
 5. أن أسلوب شبكات الأعمال أسهم في تحديد أنشطة المشروع وتقليل زمن إنجاز المشروع.
 6. كما أشارت النتائج أن أسلوب المسار الحرج يعتبر من أهم الأساليب الذي أثبت نجاحه في تحديد زمن المشروع الكلي.
 7. أسهم أسلوب تقييم ومراجعة المشروع في تقدير نسبة احتمالية إنجاز المشروع بطريقة احتمالية، وذلك بالاعتماد على جدول التوزيع الطبيعي (Z).
 8. يعد أسلوب القيمة المكتسبة أداة فعالة في قياس الإنحراف وتحديد التكاليف على مختلف أنواعها.
 9. يعد أسلوب التأهيل المسبق من الأساليب العلمية الحديثة المستخدمة في تأهيل الموردين أو المقاولين قبل التعاقد معهم مما يساعد متخذي القرار في اختيار البديل الأفضل للموردين أو المقولين المتعهدين بالمشروع.

التوصيات

1. العمل على تشجيع وتدريب إدارة المشروع بأهمية تطبيق الأساليب الهندسية في إدارة وتخطيط المشروعات.
2. العمل على تطبيق أساليب الإدارة الهندسية بهدف تقليل زمن المشروع وتحسين أداؤها.
3. العمل على تطبيق أسلوب هندسة القيمة المكتسبة لتحسين أداء المشروع وتقليل التكلفة وتجنب تكاليف الصيانة.
4. العمل على تشجيع وتدريب إدارة المشروع على أسلوب التأهيل المسبق لما له من دور في اختيار البديل الأفضل للموردين أو المقولين المتعهدين بالمشروع.
5. تطبيق أسلوب شبكات الأعمال لما له من دور في تحديد أنشطة المشروع وتقليل زمن إنجاز المشروع.
6. تشجيع وتدريب العاملين في صناعة التشجيع على الأساليب الهندسية كأسلوب المسار الحرج الذي يعتبر من أهم الأساليب الذي أثبت نجاحها في تحديد زمن المشروع الكلي.
7. تطبيق أسهم أسلوب تقييم ومراجعة المشروع بهدف تقدير نسبة احتمالية إنجاز المشروع اعتماداً على جدول التوزيع الطبيعي (Z).
8. التدريب والتأهيل الجيد للكوادر في إدارة مشروعات قطاع الصحة على أساليب وطرق التخطيط الحديثة وآليات وأدوات الإدارة الهندسية وأساليب ونظم ضبط تكاليف والميزانيات.
9. كما يوصي البحث بضرورة توعية مدراء المشاريع بأهمية توفير قاعدة بيانات للمشروعات الهندسية.

المراجع

- [1] صويص، غالب جليل وصويص، راتب جليل، وعباسي، غالب يوسف (2018)، أساسيات إدارة المشاريع، عمان: دار إثراء للنشر والتوزيع.



- [2] دودين، أحمد يوسف. 2012. إدارة المشاريع، الطبعة الثانية، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان.
- [3] ماضي، محمود توفيق. 2016. إدارة جدولة المشاريع، الطبعة الثالثة، الدار الجامعية للنشر، القاهرة.
- [4] جانم، ساجدة راشد (2011)، "تحليل ممارسات إدارة المشاريع في قطاع الاسكان والمرافق"، رسالة ماجستير غير منشورة في الإدارة الهندسية، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية.
- [5] العبيدي، أمل سعود (2000)، "أثر العوامل الاستراتيجية في تحسين فاعلية تقييم الأداء الإداري للمشاريع"، رسالة ماجستير في إدارة المشاريع، مقدمة إلى كلية الاقتصاد والإدارة، الأكاديمية العربية في الدنمارك.
- [6] Suliman, Samer Ali, (2005), "Implementation of Critical Path Method "CPM" for Avoiding Construction Projects Delay Problem", A Master Thesis Submitted to the Engineering Project Management, Libyan Academy, Tripoli..
- [7] الطائي، مرفت رزاق، وساكو، زهير ميخائيل (2009)، "إدارة وتخطيط الكلف في مشاريع التشييد"، مجلة الهندسة، المجلد [15]، العدد [4]، جامعة بغداد، العراق.
- [8] الجزائري، صفاء محمد هادي (2008)، "استخدام أساليب جدولة المشروع، بيرت والمسار الحرج في المفاضلة بين الوقت والتكلفة لإنجاز المشاريع"، مجلة المعهد القومي، البصرة.
- [9] بن حكومة، مصطفى أحمد والمبروك، مدحت اسماعيل (2020)، استخدم أسلوب القيمة المكتسبة لقياس أداء مشاريع التشييد وضبط تكاليفها، المجلة الدولية للعلوم والتقنية، العدد [22]، يوليو، 2020.
- [10] Kerzner, H. I. 2006. Project Management: A System approach to Planning, Scheduling, and Controlling", 9th ed. John Wily.

- [11] Suliman, Samer Ali. 2005. Implementation of Critical Path Method "CPM" for Avoiding Construction Projects Delay Problem. A Master Thesis Submitted to the Engineering Project Management, Libyan Academy, Tripoli.
- [12] عبدالسلام، أيمن عبدالسلام. 2013. إدارة مشروعات التشييد، الطبعة الثانية، الدار العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة.
- [13] محسن، عبدالجليل أحمد، (2019)، تطبيق هندسة القيمة في المشاريع الإنشائية، رسالة ماجستير غير منشورة في إدارة التشييد، جامعة المنصورة، جمهورية مصر العربية.
- [14] إدارة شؤون الموظفين بالمركز الطبي مصراتة، 2021.

التعلم القائم على نتائج التعلم باستخدام إدارة أنظمة قواعد البيانات

أحمد العجيلي الرجيب¹، عبد السلام أبوالقاسم البلعزي²، علي المختار الشفح³

1. جامعة صبراتة - كلية الهندسة

2. جامعة الزاوية-كلية الاقتصاد، 3. جامعة الزاوية-كلية الاقتصاد

Ahmed.rgibi@sabu.edu.ly¹, albalazi@zu.edu.ly², ali.shafah@zu.edu.ly³

y³

الملخص:

يهدف المركز الوطني لضمان الجودة في مؤسسات التعليم العالي بليبيا إلى الانتقال تدريجياً من نهج تعلم التدريس التقليدي إلى نموذج التعلم القائم على النتائج (OBE) Outcome-Based Education للوصول إلى تعليم عالي الجودة. ان عدم تحقيق المخرجات التعليمية المرجوة في أغلب مؤسسات التعليم العالي أدى إلى ضرورة إيجاد آليات وطرق تعالج القصور الذي أنتج مخرجات تعليمية غير جيدة، من أحدث الطرق التي تساهم في الوصول إلى مخرجات تعليمية وفق المعايير المرجوة هي طريقة منهجية التعلم القائم على النتائج التي تؤدي إلى الحصول على مستوى عال من نتائج تعلم الطلاب والمشاركة الفعالة لجميع المستفيدين من العملية التعليمية والمتمثلة في الطلبة، أعضاء هيئة التدريس، القطاع العام والخاص، وأخيراً أولياء الأمور. فعلى سبيل المثال، سواء على مستوى المقرر أو البرنامج التعليمي يجب أن تكون الصورة واضحة بالنسبة للطلاب، حيث تصف هذه الصورة ما هو مهم بالنسبة للطالب لكي يكون قادراً على انجازه بعد إنهاء المقرر أو البرنامج التعليمي وذلك بتحديد العناصر الأساسية التي تساهم في منهجية التعلم القائمة على مخرجات التعلم، ومن هذه العناصر: تحديد نتائج التعلم المراد تحقيقها، تصميم المناهج وآليات التدريس والتعلم وطرق التقييم الموجه نحو النتائج المرجوة. في هذه الورقة سوف نقدم منهجية استخدام المحاذاة البناءة في أنشطة التدريس والتعلم والتقييم باستخدام إدارة نظم قواعد البيانات من خلال وتطبيق لغة الاستعلام Structured Language Query لمقرر مبادئ قواعد البيانات وفقاً للمخرجات المرجوة المعدة بنموذج



الجودة بقسم هندسة الحاسب الآلي وتقنية المعلومات - كلية الهندسة- جامعة صبراتة
لتحقيق مخرجات عالية الجودة.
الكلمات الدلالية: التعليم القائم على النتائج (OBE)، المناهج، التدريس، التعلم، التقييم،
.SQL

Abstract

The National Center for Quality Assurance in Higher Education Institutions in Libya seeks to gradually move from the traditional learning approach to the Outcome-Based Education (OBE) model to achieve Intended learning outcomes. The success of the outcome-based learning methodology leads to obtaining a high level of student learning outcomes and the active participation of all beneficiaries of the educational process, represented by students, faculty members, the public and private sectors finally parents.

In another side at the level of the course or the educational program the picture must be clear for the students, this picture describes what is important for the student to be able to accomplish after completing the course or educational program. Therefore, we need to identify the basic elements that contribute to a learning methodology based on learning outcomes, and these elements include: determining the learning outcomes to be achieved, designing curricula, teaching and learning mechanisms, and evaluation methods directed towards the desired results, obtaining continuous improvements for courses and programs. In this paper, we will present the methodology of using constructive alignment in teaching, learning and assessment activities by applying database management systems by using Structured Query Language (SQL) to the course introduction to database system, according to the desired educational outcomes prepared in advance, at the University of Sabratha -Faculty of Engineering - Department of Computer and Information Technology.

1. المقدمة:

إن ضمان تحقيق مخرجات التعلم لجميع مؤسسات التعليم العالي يساهم في تطوير جودة سوق العمل، وذلك من خلال توفير خريجين ذوي مهارات عالية مبنية على التعلم القائم على النتائج. كما إن جودة سوق العمل تنعكس على جودة الخدمات المقدمة للمجتمع في جميع المجالات التعليمية والصحية والخدمية وغيرها من المجالات [1]، [2]. إن التقدم الذي وصلت إليه الأمم المتقدمة تحقق بسبب الاهتمام بالمخرجات التعليمية والمهارات المكتسبة المبنية على التعلم القائم على نتائج التعلم لدى الخريجين.

تسعى جميع مؤسسات التعليم العالي إلى تخريج كفاءات تساهم في بناء المجتمع، وأيضاً تحقيق متطلبات سوق العمل، لذلك تحتاج إلى تطوير العملية التعليمية من خلال عناصرها الرئيسية المتمثلة في تحديد المخرجات التعليمية التي تعكس المهارات المكتسبة ذات التأثير المباشر في سوق العمل الذي يتطلب فتح قناة مباشرة بين مؤسسات التعليم العالي وسوق العمل، تصميم المقررات والبرامج التعليمية القادرة على تحقيق المخرجات المرجوة، تحديد أدوات ووسائل التعليم لكل مخرجة، وأخيراً تحديد كيفية تقييم المخرجات بشكل جزئ أو كلي.

لذلك يجب تصميم معايير الجودة لجميع المقررات والبرامج التعليمية لجميع مؤسسات التعليم العالي من قبل مكتب ضمان الجودة، وكذلك تحديد متخصصين لمراقبة هذه المعايير أثناء تنفيذ أي مقرر أو برنامج تعليمي مما يضمن تحقيق مخرجات المؤسسة التعليمية التي تعكس في الواقع رؤية ورسالة هذه المؤسسة، وأيضاً لعملية التقييم المتمثلة في وحدة الدراسة والامتحانات سواء كانت بالأقسام أو الكليات، من مهام هذه الوحدة تحديد نمط التقييم وفقاً للمخرجات التعليمية لما يحقق أهداف المؤسسة.

2. نتائج التعلم (Learning Outcomes):

المقصود بنتائج التعلم هو ما يكتسبه المتعلم ويُمكنه القيام به عند الانتهاء من عملية التعلم، ويتمثل في المعرفة والمهارات والقدرات الشخصية والاجتماعية أو المنهجية التي يجب أن يحصل عليها المتعلم عند الانتهاء بنجاح من وحدة التعلم، ويمكن شرح ما يمكن اكتسابه بأكثر تفاصيل وتعمق:

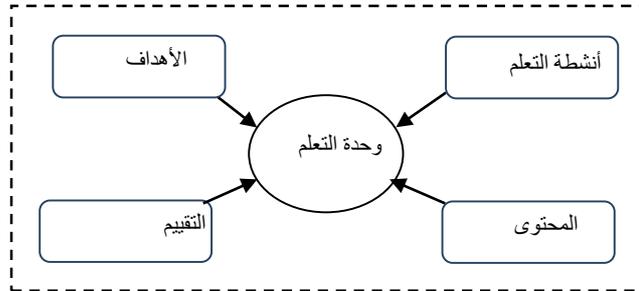
المعرفة: المعرفة هي مجموعة الحقائق والمبادئ والنظريات والممارسات المرتبطة بمجال العمل أو الدراسة [1].

المهارة: تعني القدرة على تطبيق المعرفة واستخدام المعرفة لإتمام المهام وحل المشكلات [1].

الكفاءة: تعني القدرة المكتسبة على استخدام المعرفة والمهارات في مواقف العمل أو الدراسة وفي التطوير المهني والشخصي [3]. أحد الجوانب الرئيسية للكفاءة هو درجة الاستقلالية والمسؤولية التي يمكن للمتعلمين من خلالها تطبيق المعرفة والمهارات.

3. التعلم القائم على مخرجات التعلم (OBE) Outcomes-Based Education

يهدف المتعلمون أو الطلاب إلى تحقيق نتائج التعلم من خلال إكمال وحدة تعلم محددة بنجاح. كما إن كل وحدة تعلم تستهدف اكتساب واحد أو أكثر من أصول المعرفة أو المهارة أو الكفاءة. تعرّف وحدة التعلم على أنها وحدة تعليمية موضوعية في سياقها وكاملة ومكتفية ذاتيًا تتكون من طريقة تدريس وما يرتبط به [4]، [5]، يمكن أن تمثل دورة مدة ثلاثة أشهر أو تكون محاضرة تستغرق ساعة واحدة، قد تختلف وحدات التعلم اختلافاً كبيراً في بعض السمات مثل مدة الأنشطة أو تعقيدها. أن وحدة التعلم تشمل جميع المعلومات والموارد المطلوبة بما في ذلك الأهداف والمحتوى والتقييم ووصف أنشطة التعلم والتعليم وما إلى ذلك، الشكل رقم (1) يصف عناصر وحدة التعلم بوصف أكثر دقة. يجب أن تكون نتائج التعلم محددة، وقابلة للقياس، ويمكن تحقيقها وقياسها، ويمكن دعمها بأدلة منهجية، واقعية وأخيراً محددة بزمن.

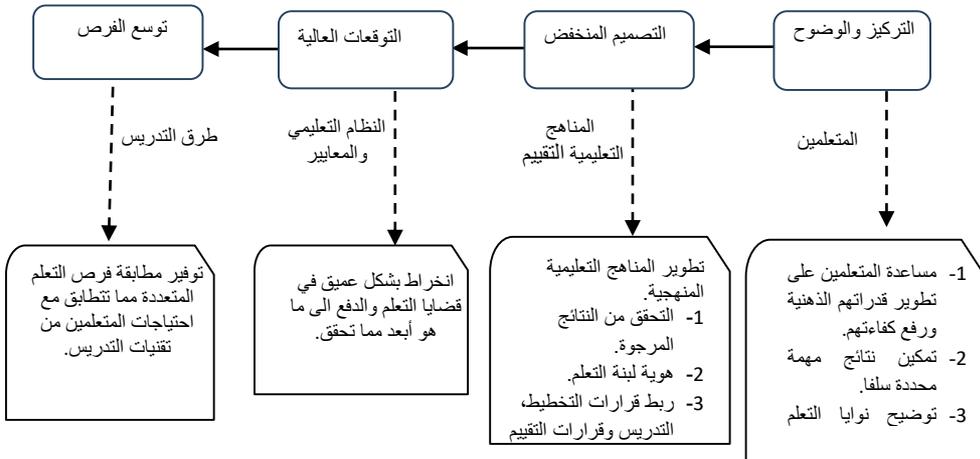


الشكل 1. العناصر الأساسية لوحدة التعلم

تركز جميع عناصر التعلم القائم على النتائج على ما يمكن للطلاب القيام به (نتائج التعلم) بعد الانتهاء من الدراسة، حيث صنف ويليم سبادي (1994) التعلم القائم على النتائج إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

1. التعلم التقليدي المبني على قياس نتائج التعلم وفقاً لإتقان الطلاب للمناهج المعمول بها.
2. التعلم الانتقالي المبني على قياس نتائج التعلم للطلاب من حيث الكفاءة مثل التفكير النقدي، حل المشكلات، مهارات الاتصال والعمل الجماعي.
3. التعلم القائم على النتائج المبني على قياس نتائج تعلم الطلاب من خلال نطاق أوسع متمثل في المعرفة والمهارات والكفاءات العامة والمواقف والقيم التي تحتاج إليها الصناعة والمجتمع [1].

إن مفهوم التعلم القائم على النتائج يعتمد على أربعة مبادئ أساسية تتمثل في التركيز والوضوح والتوقعات العالية، والتصميم المنخفض، وأخيراً توسيع الفرص، الشكل رقم (2) يوضح العلاقة بين هذه المبادئ والمسئول على تنفيذها وكذلك وظيفة كل واحدة منها، حيث تساهم هذه المبادئ في ضمان حصول الطلاب على المعرفة والكفاءة والصفات اللازمة التي تحقق أدوارهم المختلفة في الحياة العملية والعلمية بنجاح.



الشكل رقم 2. المبادئ الأساسية لمفهوم التعلم القائم على النتائج

إن مبدأ " التركيز والوضوح " يساهم في بناء صورة واضحة للتعلم من قبل المعلمين تقدم للطلاب، حيث توضح هذه الصورة القدرات والمهارات المراد تحقيقها وإكسابها للطلاب عند انتهاء المقرر أو البرنامج التعليمي مما يجعل الطالب عنصراً أساسياً ومؤثراً في العملية التعليمية، لتحقيق هذا الهدف يجب وضع هذه الصورة ضمن الأولويات عند التخطيط لتنفيذ المقرر أو البرنامج التعليمي وكذلك أدوات التدريس ونوعية التقييم، من خلال ذلك يتضح إن نتائج التعلم أصبحت المحور الرئيسي لتحديد المحتويات التدريسية، طرق التدريس، أنماط التقييم، كما يجب مشاركة هذه العناصر مع المتعلمين والحفاظ على التوافق بين كل من النتائج، والتدريس، والتقييم.

أما بالنسبة إلى مبدأ " التوقعات العالية " فهو مبني على ثلاث مكونات رئيسية تتمثل في رفع مستوى الأداء، وإعطاء جميع الطلاب إمكانية الوصول إلى تعليم عالي المستوى مليء بالتحديات.

أما مبدأ "التصميم المنخفض" فهو مبني على إنشاء وخلق نتائج بارزة تساهم في استخلاص النتائج التمكينية التي توفر أساسيات تحقيق نتائج أوسع، بشكل آخر المقصود بالتصميم المنخفض هو تحقيق المخرجات من أسفل (الجزئي) إلى أعلى (المخرجات العامة للتعلم). أخيراً مبدأ " الفرص الموسعة ودعم نجاح التعلم " إن مفهوم هذا المبدأ واسع جدا حيث يركز على عنصر الوقت المتمثل في (ساعات التدريس، الجداول الزمنية، والتقييم)، التي تساهم في تنظيم وتنسيق فرص التعلم، كما يركز هذا المبدأ على أهمية استخدام المعلمين أساليب مختلفة في التدريس تساهم في استيعاب الطلاب.

عندما يقوم المعلمين بإتباع هذه المبادئ، وتنظيم جميع العناصر حول نظام تعليمي يقوم بتقديم جميع احتياجات الطلاب يكونوا قادرين على القيام بالمهارات المكتسبة الناتجة من التعلم القائم على النتائج.

لتصميم وحدة تعلم جيدة وناجعة علينا إتباع استراتيجيات وقيود محددة وطرق تدريس تحتوي على مجموعة من الأنشطة الموجهة نحو نتائج التعلم، وتطلب من المتعلمين وداعمين التعلم القيام بها. على سبيل المثال المحاضرات، التعلم القائم على حل المشكلات، التفكير والمشاركة. الجزء المهم الذي يجب تضمينه كمحور رئيسي مع طرق

التدريس هو نتائج التعلم المرجوة، ولضمان تحقيق نتائج التعلم يجب على المتعلمين اجتياز التقييم المرتبط بشكل كامل مع وحدة التعلم.

4. طرق التدريس ووحدات التعلم

Teaching Methods and Unit of Learning

تحتوي طرق التدريس على نمط مجموعة من الأوصاف العامة للأنشطة في العملية التعليمية، وعمومية هذه الأنشطة لا يتم وضع طريقة التدريس بشكل مباشر من قبل المعلمين، يجب ان تتكيف طرق التدريس مع سياق التطبيق مثل الموضوع، الفئة المستهدفة، البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات، حيث يؤدي ذلك إلى وجود طرق التدريس ووحدات التعلم ضمن سياق محدد واحد.

5. تقييم نتائج التعلم بالنسبة للطلاب

Assessing Students' Learning Outcomes

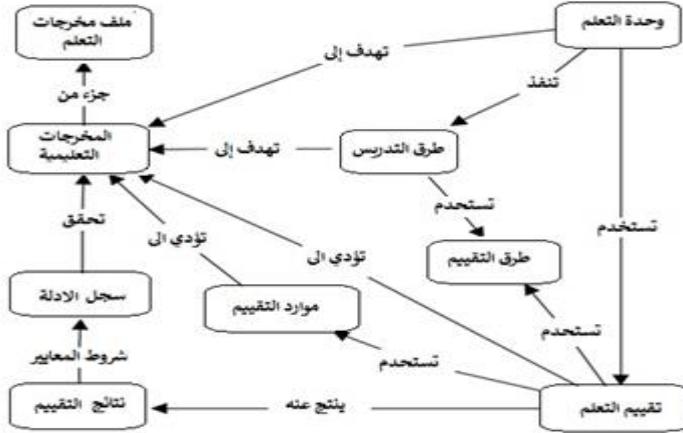
تعتبر عملية التقييم مهمة جداً عند تصميم وحدات التعلم، حيث تحدد عملية التقييم موارد وأساليب التقييم المتوقع استخدامها أثناء عملية التعلم، وذلك لتحقيق نتائج التعلم المرجوة، من خلال ذلك نجد إن نتائج التعلم تحتاج إلى تحديد طريقة التقييم بشكل مفصل من خلال استخدام مجموعة من موارد التقييم مثل الاختبارات وتقييم الإقران [6].

6. المحاذاة البناءة Constructive Alignment

تتكون المحاذاة البناءة من جانبان هما جانب " البناء " الذي يركز على إقحام الطلبة للمشاركة في أنشطة التعلم لتحقيق المخرجات المرجوة مما يجعل التدريس مجرد محفز للتعلم، أما جانب المحاذاة فهو مبني على فكرة ما يقوم به المعلم والمتمثل في إنشاء بيئة تعليمية تدعم أنشطة التعلم المناسبة لتحقيق النتائج المرجوة واختيار آليات التقييم المناسبة مع أنشطة التعلم المقترحة لتحقيق النتائج المرجوة.

7. خارطة التعلم القائم على مخرجات التعلم

تتمثل خارطة التعلم القائم على مخرجات التعلم في مجموعة من العلاقات المختلفة بين مجموعة من الكائنات الأساسية التي تساهم في بناء نظام التعلم القائم على المخرجات التعليمية، الشكل رقم (3) يوضح ذلك.



الشكل رقم 3. خريطة مفاهيم التعلم القائم على مخرجات التعلم

تهدف وحدة التعلم إلى تحقيق المخرجات التعليمية التي من خلالها يتم تحقيق الأهداف المرجوة المستنبطة من ملف الأهداف العامة للمخرجات التعليمية، إن كل وحدة تعليمية تحتاج إلى تنفيذ طريقة تدريسية معينة تتناسب معها لتحقيق مخرجة التعلم المرجوة، وأيضاً تحتاج كل وحدة تعليمية إلى استخدام آلية مناسبة لتقييمها لتحقيق المخرجة التعليمية، إن نظام تقييم التعلم يستخدم طرق مختلفة للتقييم، كما توفر نتائج التقييم المتمثلة في سجلات الأدلة التي بدورها تثبت تحقيق مخرجات التعلم [7].

من خلال المفهوم العام لخريطة التعليم القائم على المخرجات التعليمية يتضح إن هناك محاذاة بين ثلاث كائنات رئيسية تتمثل في وحدة التعلم، طرق التدريس وأخيراً تقييم مخرجات لتعلم.

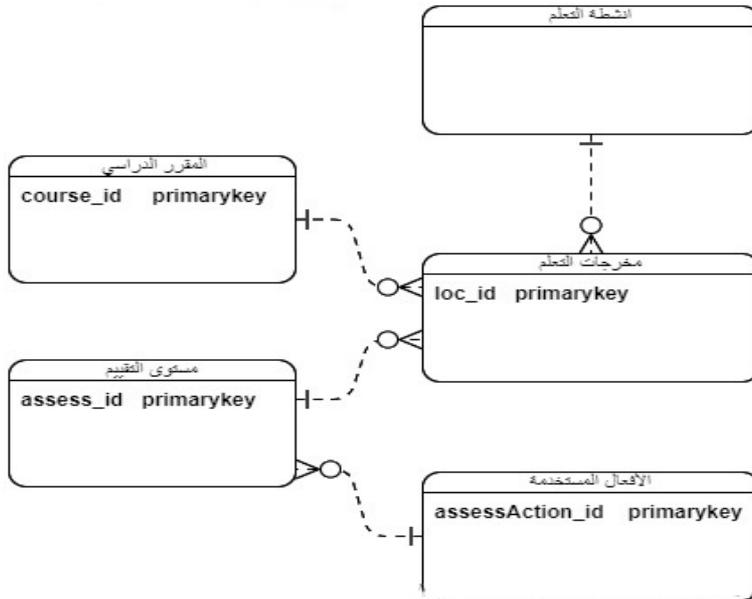
8. المحاذاة البناءة في عملية التعلم باستخدام قواعد البيانات

تتميز قواعد البيانات بقدرتها على إدارة البيانات من خلال العلاقة بين مجموعة مختلفة من الكائنات المرتبطة مع بعضها البعض بشكل رياضي أو منطقي لبناء نظام معين حيث يوجد العديد من العلاقات التي بدورها تحدد سلوكيات وسياسات النظام، لذلك يمكننا استخدام قواعد البيانات من خلال تحديد العلاقة بين الكينونات لتحقيق المحاذاة البناءة

للعناصر الأساسية في عملية التعلم والعلاقة بينهم للوصول إلى مخرجات التعلم المرجوة [8].

من هذا الجانب قمنا بتصميم قاعدة بيانات تقوم على تحقيق التعلم القائم على مخرجات التعلم من خلال استنباط سلوكيات وسياسات النظام من خريطة مفاهيم التعلم القائم على المخرجات المتمثلة في الشكل رقم (3) وذلك بتحويلها إلى مخطط العلاقة بين الكائنات Entity Relation Diagram (ERD) الذي يحتوي على مجموعة من الكائنات تتمثل في ملف المخرجات، ووحدة التعلم، وأنشطة التعلم والتدريس، وطرق وموارد التقييم، كذلك العلاقات بين هذه الكائنات كما في الشكل رقم (4).

بعد ذلك، تم استخدام لغة SQL لبناء جداول قاعدة البيانات تحقق مخطط العلاقة بين الكائنات ERD وكذلك ربطها بعلاقات تحقق المخرجات التعليمية المرجوة باستخدام المحاذاة البناءة بين هذه الكائنات.



شكل رقم 4. مخطط ERD لعناصر التعلم الأساسية

9. دراسة حالة

لتطبيق منهجية المحاذاة البناءة في تحقيق التعلم القائم على النتائج قد تم اختيار مقرر نظم قواعد البيانات كحالة دراسية واستخدام المخرجات التعليمية لهذا المقرر كمف للمخرجات التعليمية المتمثلة في الآتي:

1. Understand user requirements/views
2. Understand existing and future data processing needs
3. Develop an enterprise data model that reflects the organization's fundamental business rules
4. Develop and refine the conceptual data model, including all entities, relationships, attributes, and business rules
5. Integrate and merge database views into conceptual model
6. Apply normalization techniques
7. Identify data integrity and security requirements

قد تم استخدام هذه المخرجات على أساس مدخلات رئيسية لملف المخرجات الذي تم ربطه بجدول وحدات التعلم، وجدول أنشطة التعلم، وأخيرا جدول طرق وموارد التقييم، حيث حددت العلاقة بين هذه الجداول بشكل يوفر بيئة تعلم مثالية، وكذلك المحاذاة بين هذه الجداول يساهم في تحقيق تعلم قائم على النتائج من خلال اختيار أنشطة التعلم والتقييم المناسب لكل وحدة تعلم.

قد وفر النظام المصمم مستويات التقييم والأفعال المناسبة لكل مخرجة كما هي موضحة في الجدول رقم (1).

الجدول رقم 1. يوضح مستويات التقييم والأفعال المستخدمة في عملية التقييم

Assessment id	Description	Assessment Verb
1	Remember	Choose, Define, Find, Label, List, Match, Recall, Select, Show, Spell, Tell, What, When, Where, Which, Who, Why.

2	Understand	Classify, Demonstrate, Explain, Extend, Illustrate, Interpret, Outline, Relate, Summarize, Translate.
3	Apply	Apply, Build, Choose, Construct, Develop.
4	Analysis	Analyses, Assume, Categorize, Classify, Compare.
5	Evaluate	Appraise, Assess, Award, Choose, Criticize, Evaluate.

أيضاً حقق النظام الذي تم تصميمه ربط كل مخرجة تعليمية بمستوى من مستويات التعلم وفق سلم بلوم [9] ، حيث تم الحصول على النتائج الموضحة في الجدول رقم (2) أثناء تنفيذ برنامج لغة الاستعلام القياسية SQL.

الجدول رقم 2. يوضح العلاقة بين المخرجات التعليمية ومستوى التقييم

ID	Outcomes Description	Course Code	Assess ID	Assess Description
21	Understand user requirements	CET440	1	Remember
22	Understand existing and future data processing needs	CET440	2	Understand
23	Develop data model and business rules	CET440	3	Apply
24	Develop and refine the conceptual data model	CET440	4	Analyses
25	Integrate and merge database views into conceptual model	CET440	4	Analyses
26	Apply normalization techniques	CET440	5	Evaluate
27	Develop data integrity and security requirements	CET440	5	Evaluate

إن العلاقة بين المخرجة التعليمية وأنشطة التعلم مهمة جداً في عملية التعلم القائم على النتائج حيث يتم تحديد نشاط مناسب لكل مخرجة تعليمية لضمان جودة المخرجة [10]، لذلك قد تم إيجاد علاقة في النظام الذي صُمم للربط بين مخرجات التعلم وأنشطة التعلم. الجدول رقم (3) أنتج أنشطة تعلم ديناميكية مع المخرجات المرجوة وفق مواصفات واحتياجات كل مخرجة على حدة.

الجدول رقم 3 يوضح العلاقة بين المخرجات التعليمية وطرق التدريس

Loc's ID	Outcomes Description	Course Code	Teaching id	Teaching Method
21	Understand user requirements	CET440	1	Lecture
22	Understand existing and future data processing needs	CET440	1	Lecture
23	Develop data model and business rules	CET440	2	Lab
24	Develop and refine the conceptual data model	CET440	4	Case Study
25	Integrate and merge database views into conceptual model	CET440	2	Lab
26	Apply normalization techniques	CET440	1,2	Lecture + Lab
27	Develop data integrity and security requirements	CET440	1,2	Lecture + Lab

10. الخلاصة

إن التعلم الحديث القائم على المخرجات التعليمية يتمثل في نهج قائم على النتائج من خلال المعارف والمهارات والكفاءات التي يحققها المتعلم، إن هذه النتائج تلعب دوراً مهماً وبشكل متزايد في الحياة المهنية، كما إن هذا النوع من التعلم مرتبط ارتباطاً وثيقاً بعملية التقييم وإيضاً التعلم النشط المبني على أنشطة وطرق تدريس حديثة تساهم بشكل بناء في اكتساب الطلاب المخرجات المستهدفة.

في هذه الورقة قد تم تقديم الإطار النظري المقترح للمحاذاة بين المخرجات التعليمية وأنشطة التعلم وآليات التقييم القائمة على مخرجات التعلم، إن النموذج المصمم باستخدام Entity Relation Diagram (ERD) يحقق التعلم المبني على التقييم وأنشطة التعلم، حيث صمم هذا المخطط ليراعي جميع العلاقات بين العناصر الأساسية لعملية التعلم وكذلك إجراء عملية التقييم والتقويم لها عند وجود قصور في إحدى المخرجات التعليمية أو عدم توافقها سواء مع أداة التقييم أو النشاط التعليمي الذي اسند إليها. كما تم استخدام لغة SQL لبناء جداول قاعدة البيانات تحقق مخطط العلاقة بين الكائنات ERD وكذلك ربطها بعلاقات تحقق المخرجات التعليمية المرجوة باستخدام المحاذاة البناءة بين هذه الكائنات.

المراجع

- [1]. EQF. (2000). The EQF for lifelong learning, Office for the publication of the EC, ISBN 978-92-79-0847-4
- [2]. Najjar J., Klobučar T. (2009). Report of study of learning needs building blocks and the standards to be used, ICOPER Project report.
- [3]. IEEE RCD. (2007). IEEE Reusable Competency Definitions (RCD), <http://www.ieeeltsc.org/working-groups/wg20Comp/>
- [4]. Olivier, B., & Tattersall, C. (2005). The Learning Design Specification. In R. Koper & C. Tattersall (Eds.), Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training (pp. 21- 40). Berlin: Springer
- [5]. Koper, R., Olivier, B., & Anderson, T. (Eds.). (2003). IMS Learning Design Information Model. IMS Global Learning Consortium.
- [6]. Wills G., Bailey C., Davis H., Gilbert L., Howard Y., Jeyes S., Millard D., Price J., Sclater N., Sherratt R., Tulloch I. and Young R. (2007): An e-Learning Framework for Assessment (FREMA), in Proceedings for 11th CAA Conference 2007.
- [7]. Confederation of EU Rectors' Conference and Association of European Universities (2000). The Bologna Declaration on the European space for higher education: an explanation.
- [8]. Directorate-General for Education and Culture (2004): "ECTS Users' Guide – European Credit Transfer and Accumulation System and Diploma Supplement". Brussels.

- [9]. ABET. 2008-2009 Accreditation Policy and Procedure Manual. [14] Bloom, B.S., Hastings, J.T. and Madaus, G.F. (1971): Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York: McGraw-Hill
- [10]. Quality Assurance Agency for Higher Education (QAA) (2000): Code of practice for the assurance of academic quality and standards in higher education, Section 6: Assessment of students, May 2000,
<http://www.qaa.ac.uk/academicinfrastructure/codeOfPractice/section6/default.asp>. Retrieved: November 2009.

النموذج الأمثل لتصنيف الإصابة ببكتيرية المعدة الحلزونية لدى أطفال المدارس بين الإنحدار اللوجستي والتحليل التمييزي

أ.عبد السلام محمد قنيديلة

د. مصطفى محمد الفقي

أ.محمود أحمد اشتوي

قسم الإحصاء - كلية العلوم
- الجامعة الإسلامية
الاسمرية

قسم الإحصاء - كلية
العلوم- جامعة الزاوية

قسم الإحصاء - كلية العلوم
- جامعة المرقب

elfagi65@gmail.com

المخلص

يهدف هذا البحث إلى إجراء مقارنة بين طريقتين للتمييز أو التصنيف وهما أسلوب الإنحدار اللوجستي وطريقة الدالة التمييزية، وقد أجريت تلك المقارنة للمفاضلة بين الطريقتين، حيث تم تحليل بيانات حقيقية من المدارس العامة ببلدية الخمس- ليبيا، وتم اختيار هذه العينة بأسلوب العينة العشوائية العنقودية وذلك بتوزيع استمارات الاستبيان على 199 طالب وطالبة من المصابين ببكتيرية المعدة الحلزونية والغير مصابين ببكتيرية المعدة الحلزونية وكذلك تم إجراء بعض التحاليل المختبرية لهم وقد أعتبر أن الاطفال المصابون والغير مصابون كمتغير تابع، أما المتغيرات التي تم تحديدها بعد مراجعة بعض الاطباء المتخصصين بالأطفال اعتبرت كمتغيرات مستقلة، وتم استخدام معيار نسبة التصنيف الكلي كمعيار للمقارنة، وقد توصلت الدراسة إلى أن النماذج المقترحة أعطت نتائج متطابقة من حيث معنوية التأثير وأهمية المتغيرات المستقلة الداخلة في التحليل وأن طريقة الإنحدار اللوجستي أعطت نسبة تصنيف أفضل من الدالة التمييزية.

الكلمات المفتاحية: الإنحدار اللوجستي، الدالة التمييزية، التصنيف، بكتيرية المعدة الحلزونية، معنوية التأثير.

Abstract

This research aims to make a comparison between two methods of discrimination or classification, namely the logistic regression method and the method of discriminatory function, and this

comparison was made to compare the two methods, where real data were analyzed from public schools in Al-Khums – Libya, and this sample was chosen by the method of cluster random sampling by distributing forms the questionnaire was given to 199 male and female students with and without H. pylori infection, as well as some laboratory analysis was conducted for them.

It was considered that the infected and uninfected children as a dependent variable, while the variables that were identified after reviewing some pediatricians were considered as independent variables. The overall classification ratio criterion was used as a criterion for comparison, and the study concluded that the proposed models gave identical results in terms of the significance of the effect and the importance of the independent variables included in the analysis, and that the logistic regression method gave a better classification rate than the discriminatory function.

أولاً: الجانب النظري

1.1. مقدمة:

يواجه الباحثين أحياناً عند دراستهم للعديد من الظواهر وجود عدد كبير من المتغيرات المتعلقة بالدراسة، وهذه الدراسات قد تكون متداخلة أو مختلفة أحياناً في طبيعتها مما يصعب عملية الوصول الي فهم وتغير هذه الظواهر، لذلك فإننا نلجأ الي البحوث العلمية لفهم وتفسير هذه الظواهر باستخدام التحليل الاحصائي، فالتحليل الاحصائي في البحوث العلمية يهدف الي التوصل الي تفسير منطقي لبيانات هذه الظواهر وتحليلها فيعتبر التحليل الاحصائي جزءاً هاماً من طرق البحث العلمي التي يكثر تطبيقها عند دراسة مشاكل الاقتصاد والعلوم الصحية والطبيعية وغيرها.

وأن هناك بعض طرق التحليل الاحصائي متعدد المتغيرات في هذا المجال منها التحليل التمييزي أو التصنيفي والانحدار اللوجستي الثنائي والذي يهتم في كيفية التمييز بين مجموعتين أو أكثر من الافراد أو الاشياء، وتعد هذا التحليل من أبرز مواضيع متعدد المتغيرات التي من خلالها يمكن تصنيف بيانات الدراسة.

وفي هذا البحث تم استخدام أسلوب التحليل التمييزي الذي يعتبر أحد الأساليب المهمة في التحليل الاحصائي متعدد المتغيرات، حيث يتم بموجبه استعمال مجموعة من المتغيرات

الفصل (التمييز) بين مجموعتين أو أكثر عن طريق دوال تمييزية قد تكون خطيه أو تربيعيه وهذه عبارة عن توليفة خطيه للمتغيرات التوضيحية إذ يتم الاعتماد على هذه الدالة في التنبؤ، وتحديد المتغيرات التفسيرية (المستقلة) التي تساهم بشكل مؤثر في التمييز ما بين مجموعتين فأكثر وفي تصنيف مفردة جديدة لإحدى المجموعات قيد الدراسة بأقل خطأ تصنيف ممكن، كما يهدف لصياغة نموذج رياضي يمكن من خلاله تصنيف الأطفال إلي أطفال مصابين ببكتريا المعدة وآخرين غير مصابين ببكتريا المعدة .

وكذلك تم استخدام أسلوب الإنحدار اللوجستي الذي يعد حالة خاصة من حالات الإنحدار العامة، ويطلق عليها أحياناً نماذج اللوجت (Logit Models) وتستخدم عند الحاجة للتنبؤ بوجود صفة أو ظاهرة أو خاصية معينة بالاعتماد، على قيم متغير أو مجموعة من المتغيرات المستقلة الأخرى التي لها علاقة بالمتغير التابع؛ ويستخدم الإنحدار اللوجستي في كثير من مجالات الحياة، مثلاً في مجال الطب والبيولوجيا والجيولوجيا والزراعة، وعندما يكون المتغير التابع ذات طبيعة ثنائية أو مصنفة، فانطلاقاً من هذه المفاهيم حول التحليل التمييزي والإنحدار اللوجستي تمت دراسة وتطبيق هذه الأساليب الإحصائية لتحديد أهم العوامل المؤثرة غلي الإصابة ببكتريا المعدة لدي الاطفال في المدارس العامة بمنطقة الخمس كذلك تصنيف الاطفال إلي اطفال مصابين وآخرين غير مصابين .

2.1. الدراسات السابقة :

هناك بعض الدراسات السابقة التي استخدمت أسلوب التحليل التمييزي والإنحدار اللوجستي الثنائي نذكر منها:

1- استخدمت الباحثة وفاء مصطفى سيد (2010): الدالة التمييزية لدراسة مستوى الإصابة بمرض الفشل الكلوي حيث تناولت الدراسة تحليل العوامل المؤثرة في مستوى الإصابة بمرض الفشل الكلوي باستخدام الدالة التمييزية، وعملت هذه الدراسة علي تحقيق أهداف أهمها صياغة نموذج رياضي يمكن من خلاله تصنيف الأفراد المصابين بالفشل الكلوي والأفراد الغير مصابين بالفشل الكلوي، كما هدفت الدراسة إلي معرفة أهم المتغيرات تأثيراً علي مستوى الإصابة بالفشل الكلوي، حيث استندت الدراسة علي عدة فرضيات أهمها أن هناك تأثير من قبل المتغيرات المدروسة علي مستوى الإصابة بالفشل الكلوي،

وتوصلت الدراسة إلي عدة توصيات أهمها الانتباه إلي مشكلة التداخل الخطي ، استخدام دالة التمييز في عملية التمييز والتصنيف.[10]

2- أجرت الباحثة فريال محمد النويري (2013 م) دراسة بعنوان: استخدام الدالة التمييزية الخطية لتمييز مرض السكري المصابين من غير المصابين بالفشل الكلوي، وأوضحت الدراسة أهم العوامل التي لها دور في تمييز مرض السكري المصابين من غير المصابين بالفشل الكلوي واستخدام التحليل التمييزي للتوصل لنموذج رياضي يُمكن تصنيف مرض السكري المصابين وغير المصابين بالفشل الكلوي وذلك بالاعتماد على متغيرات (نسبة السكر في الدم، اليوريا، العمر) وباستخدام الدالة التمييزية تم التوصل إلى أن النموذج التمييزي له دقة تصنيف عالية 91 % وخطأ 9 % . [9]

أجري الباحث عثمان خضر مصطفى (2011) دراسة بعنوان: العوامل المؤدية الي حوادث المرور والاصابات الناتجة عن هذه الحوادث باستخدام الإنحدار اللوجستي، وهدفت الدراسة الي التعرف علي العوامل المؤدية الي حوادث المرور والإصابات الناتجة عنها، ومن اهم نتائج هذه الدراسة أن نموذج الإنحدار اللوجستي قادر علي التنبؤ بعوامل الاصابة وان العوامل المتعلقة بالسائق هي أكثر العوامل المؤثرة علي زيادة احتمال الاصابة الناجمة عن حوادث المرور. [8]

3- قامت عائدة هادي، صالح (2008) بدراسة: استخدام التحليل المميز لتشخيص بعض أمراض العيون، وفي هذه الدراسة تم استخدام التحليل المميز لتصنيف بعض أمراض العيون انفصال الشبكية، والزرقاء والتي تمثل المتغير التابع أما المتغيرات المستقلة المصاحبة للمرض والمتمثلة في الجنس، والعمر، ضغط العين، واليوريا، وهدفت الدراسة الي التعرف علي العوامل المؤثرة في أمراض العيون ومعرفة تأثير كل عامل من هذه العوامل من خلال استخدام الدالة التمييزية الخطية، ومن نتائج هذه الدراسة أن العمر يؤثر بشكل كبير جداً في تمييز المرض. [7]

3.1. تقديم طريقة الإنحدار اللوجستي: [11,12]

إن العلاقة بين المتغير المعتمد والمتغير المستقل علاقة غير خطية في هذا النموذج وذلك لأن المتغير المعتمد يكون ثنائي الاستجابة فيأخذ احدى القيم (صفر أو واحد)، اي أنه

يمثل (نجاح أو فشل) أو (وقوع الحدث أو عدم وقوع الحدث) حيث معدل النجاح يرمز له بالرمز (p) ومعدل الفشل يرمز له بالرمز (q) وأن (p + q = 1) إذن فالمتغير المعتمد يتوزع بتوزيع برنولي وعلى النحو التالي :

$$X_i \sim \text{Ber}(p)$$
$$P(X = x_i) = P^{x_i}(1 - P)^{1-x_i}$$

حيث أن الصيغة العامة للنموذج اللوجستي والذي يمثل العلاقة بين متغير المستقل واحتمال الاستجابة للمتغير التابع المعتمد يمكن صياغته على النحو الآتي :-

$$P(x_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_i)}} \quad -\infty < x_i < \infty \quad \beta \geq 0$$

حيث :

$P(x_i)$: يمثل احتمال الاستجابة للوحدة التجريبية i .

x_i : يمثل المتغير المستقل.

β_0, β_1 : تمثل معاملات النموذج.

أما إذا كان هناك أكثر من متغير يمكن كتابتها بالشكل الآتي:

$$P(x_i) = \frac{e^{(Z_i)}}{1 + e^{(Z_i)}} .$$
$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

وتسمى نماذج الإنحدار اللوجستي أحياناً بنماذج اللوجت Logit Model ، والتي تستخدم قيم متغير أو مجموعة من المتغيرات التفسيرية الأخرى التي لها علاقة بالمتغير التابع في التنبؤ بوجود صفة أو ظاهرة أو خاصية معينة، ولحل الصعوبات التي تواجه تفسير نموذج الإنحدار اللوجستي هنا كعدة اجراءات تحويلية يمكن أن تساهم في تقديم الحلول منها:

1.3.1. قاعدة التصنيف (معامل الترجيح أو المفاضلة) Odds Ratio: [4,15]

يتم استخدام هذه القاعدة للدلالة على معامل الترجيح حيث تعبر OR من الناحية النظرية عن احتمال حدوث حدث ما مقسوم علي احتمال عدم حدوثه:

$$OR_i = \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) = \exp[\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n]$$
$$P_i = \frac{OR_i}{1 + OR_i} = \frac{\exp[\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n]}{1 + \exp[\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n]} \quad 0 < p < 1$$

(OR_i): هي معامل ترجيح حدوث الشيء.

P_i: هي احتمالية حدوث ذلك الشيء.

1 - P_i: هي احتمالية عدم حدوث ذلك الشيء.

2.3.1. الاختبارات المتعلقة بنموذج الإنحدار اللوجستي الثنائي :

هناك الكثير من معايير التقييم المتعلقة بنموذج الإنحدار اللوجستي الثنائي المتعلقة بجودة التوفيق وحسن المطابقة للنموذج ونذكر منها :

1.2.3.1. معامل التحديد (R²): [14]

أن قيمة معامل التحديد (R²) تبين القوة التفسيرية لنموذج الإنحدار اللوجستي بين المتغيرات المستقلة ومتغير الاستجابة (التابع) ويمكن تحديدها باستعمال الصيغة الرياضية الآتية:

$$R^2 = 1 - \exp \left[- \left(\frac{l^2}{n} \right) \right]$$

حيث :

l : تمثل قيمة لوغاريتم دالة الإمكان الأعظم بنموذج الإنحدار اللوجستي.

n : تمثل حجم العينة لنموذج الإنحدار اللوجستي.

وقيمته بين [0,1] وكلما اقتربت (R²) من (1) دل ذلك على قوة العلاقة بين المتغير التفسيري ومتغير الاستجابة وعلى العكس عندما تقترب (R²) من (0) يدل ذلك على ضعف العلاقة بين المتغير التوضيحي ومتغير الاستجابة.

2.2.3.1 اختبار كاي χ^2 (حسن المطابقة): [15,16]

يستخدم اختبار حسن المطابقة لمعرفة مدى مطابقة البيانات للنموذج المقترح من عدمه، وذلك باختبار الفرضية الاتية:

النموذج مطابق للبيانات: H_0

النموذج غير مطابق للبيانات: H_1

أقل أو تساوي الجدولية هذا يعني أننا نقبل فرض العدم أي أن النموذج مطابق للبيانات والعكس إذا كانت القيمة أقل من الجدولية فيتم قبول الفرض البديل الدال علي عدم مطابقة البيانات للنموذج.

4.1. تقديم طريقة التحليل العاملي التمييزي: [12]

يعد التحليل التمييزي من الأساليب متعددة المتغيرات، ومن تقنيات التصنيف غير أنه خلافا لطرق التصنيف الأخرى يفترض وجود تصنيف أصلي ، إذ تعد هذه الطريقة بشكل أصح تقنية لإعادة تصنيف المفردات الإحصائية ، وتستعمل للفصل بين مجموعتين أو أكثر باستخدام دالة تمييزية والتي هي عبارة عن توفيقية خطية للمتغيرات المستقلة ، كما يعمل التحليل التمييزي على إيجاد العلاقة التبادلية بين المتغيرات المستقلة المختلفة إضافة إلى تقليل درجة التداخل بين المجموعات إلى أدنى درجة ممكنة أو تعظيم درجة التباعد بينهما

1.4.1. مسلمات التحليل التمييزي: [2]

يستند التحليل التمييزي إلي عدد من المسلمات أهمها:

1. شروط التجانس؛ وهي أن التباينات والتغايرات للمتغيرات التابعة في المجتمع واحدة في جميع مستويات العامل، ويختبر باستخدام Box's M.
2. التوزيع الطبيعي للمتغيرات الكمية، بحيث يفضل استخدام عينات ذات حجم متوسط أو كبير للحصول علي نتائج صادقة نسبياً
3. الاختيار العشوائي للعينة.
4. التأكد من عدم وجود مشكلة الارتباط العالي بين المتغيرات المستقلة.

2.4.1. خطوات التحليل التمييزي: [1]

1. تحديد نوع التحليل التمييزي المناسب الذي يوصلنا إلى النتائج الإحصائية المطلوبة ، وهل التحليلي الوصفي هو المناسب أو التنبؤي؟ أو البسيط أو المتعدد؟ ، أو الخطي أو غير الخطي؟ أو الكمي أم النوعي أم اللوجستي؟
2. تحديد المتغيرات المستقلة المناسبة للتحليل التمييزي المختار واللازمة لتحقيق أهداف البحث وجمع البيانات عنه.
3. تحديد عدد المجموعات في المجتمع التي ستستخدم في التحليل وسحب العينات التطبيقية منها وجمع البيانات اللازمة منها.
4. اختبار البيانات والتأكد من أنها تحقق الافتراضات والشروط المفروضة عليها.
5. إجراء التحليل التمييزي حسب خطواته العملية والحصول على النتائج المطلوبة.
6. تفسير النتائج والعمل على الاستفادة منها.

3.4.1. الدالة المميزة الخطية: [13]

تستخدم الدالة المميزة الخطية عندما تكون المجتمعات المدروسة ذات توزيع طبيعي متعدد المتغيرات بمتجهات متوسطة مختلفة، مصفوفة تباين وتباين مشترك متساوية ، وتكتب الدالة التمييزية الخطية بالشكل التالي :

$$y = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_k x_k$$

حيث :-

y = درجة التمايز.

a = معاملات التمايز أو الأوزان.

x = المتغير المستقل.

ويتم تقدير معاملات التمايز أو الأوزان بحيث يتعاطم الاختلاف بين قيم التمايز بقدر الإمكان، ويحدث ذلك عندما تكون النسبة بين مجموع المربعات بين المجموعات ومجموع المربعات داخل المجموعات أعلي ما يمكن، وبالتالي تكون هذه النسبة أقل في أي توليفة خطية أخرى وترمز لها بالرمز λ :

$$\lambda = \frac{\text{between - group. var iation}}{\text{within - group. var iation}}$$

ومن هنا يتم اختيار $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ بحيث تكون λ أكبر ما يمكن.

4.4.1. إيجاد نقطة الفصل: [3,6]

لتصنيف الأفراد فأنا نحتاج إلى نقطة تفصل بين المجموعتين بحيث إذا قلت (مجموعة نقاط الأفراد) عن تلك النقطة فإن الفرد عندئذ يتبع إلى مجموعة معينة وإذا زادت مجموع نقاطه عن تلك النقطة الفاصلة أصبح تابعاً للمجموعة الأخرى:

$$Z = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_2}{2}$$

حيث أن :-

$$\bar{y}_1 = \bar{X}_1 S^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

$$\bar{y}_2 = \bar{X}_2 S^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$$

وأن مصفوفة S تستخدم بالشكل التالي :-

$$S = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & \dots & V_{1j} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & \dots & V_{2j} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ V_{il} & V_{i2} & \dots & \dots & V_{ij} \end{bmatrix}$$

حيث أن :-

V : يمثل قيمة معينة من قيم المصفوفة للتباين والتباين المشترك .

i : عدد تسلسل الصفوف .

j : عدد تسلسل الأعمدة .

وبذلك فقد تم وضع قاعدة التصنيف التالية:-

a. المشاهدة x تعود للمجتمع الأول إذا كان $y > Z$.

b. المشاهدة x تعود للمجتمع الثاني إذا كان $y \leq Z$.

5.4.1. احتمال خطأ التصنيف: [5,17]

يعرف خطأ التصنيف بأنه احتمال تصنيف مفردة معينة إلى المجموعة الأولى هي في الحقيقة تعود للمجموعة الثانية وبالعكس وعند حساب خطأ التصنيف نأخذ بعين الاعتبار

أنه عندما يكون حجم العينة كبير فإن توزيع المفردات يقترب من التوزيع الطبيعي (حسب نظرية النهاية المركزية) وهذا الأمر مهم في حساب احتمال خطأ التصنيف حيث يعتمد حساب هذا الاحتمال على كون العينة تتوزع توزيعاً طبيعياً أو يقترب من الطبيعي.

6.4.1. اختبار كفاءة دالة التمييز الخطية: [12,15]

عندما يراد التمييز بين مجموعتين فإنه يمكننا أن نختبر الفرضية التي تنص على تساوي متوسطات المجموعات.

$$H_0 = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_k$$

وبذلك فإن اختبار الدالة المميزة تعتمد على رفض أو قبول فرضية العدم (H_0). وأن إحصاء الاختبار المستخدمة في حالة التمييز بين مجموعتين هي إحصاء الاختبار F والتي تعتمد على إحصاء الاختبار T^2 (Hotelling) وصيغته الرياضية بالشكل التالي:

$$F = \frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)p} * T^2$$
$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} * Di^2$$

حيث أن:

$$p = \text{عدد المتغيرات.}$$

D^2 : يمثل إحصاء (Mahalanobis):

وبهذا نرفض فرضية العدم H_0 ، عندما تكون F (المحسوبة) أكبر من F (الجدولية) ونقبل الفرضية البديلة H_1 ، بمستوى معنوية α وبدرجة حرية $(n_1 + n_2 - p - 1)$ ، وهذا يدل على أن متوسطات المجموعتين غير متساوية أي يوجد فروق معنوية بين المجموعتين بمعنى أن الدالة المميزة الخطية قابلة للتمييز بدرجة عالية.

ثانياً: الجانب التطبيقي

1.2. جمع البيانات:

تم جمع البيانات من المدارس العامة ببلدية الخمس - ليبيا وذلك باستخدام العينة العشوائية العنقودية وقد شملت الدراسة على ثلاثة مناطق في مدينة الخمس حيث تم توزيع استمارات

الاستبيان على 199 طالب وطالبة من المصابين والغير مصابين ببكتيرية المعدة
الكلزونية ، وكذلك تم اجراء بعض التحاليل المختبرية لهم ، وقد أعتبر أن الاطفال
المصابون والغير مصابون ببكتيرية المعدة الكلزونية كمتغير تابع فقد أعطيت القيمة (0)
للطفل غير المصاب وقيمة (1) للطفل المصاب ، أما المتغيرات الأخرى فهي تمثل
المتغيرات المستقلة وهي المتغيرات التي تم تحديدها بعد مراجعة بعض الاطباء
المتخصصين بالأطفال وهي كما في الجدول الآتي:

X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
الجنس	العمر	الم في البطن	الاكل خارج المنزل	مصدر المياه	مهنة الام	تحليل WBC	تحليل HB

2.2. التحليل اللوجستي:

تم استخدام الإنحدار اللوجستي لاختبار العوامل المؤثرة علي الاصابة ببكتيرية المعدة
الكلزونية لدي الأطفال في المدارس كمتغير مستقل على المتغير التابع المتمثل في
الحالة المرضية كما هو معلوم كآلاتي:

1.2.2

تقسيم الحالة إلى قسمين رئيسيين (مصاب، غير مصاب) وقد تم تصنيفهما تصنيف ثنائي (0)
، (1) حسب متطلبات الإنحدار اللوجستي والجدول رقم (1) يبين ذلك .

جدول 1. يبين أوزان قيم المتغير التابع

Original Value	Internal Value
غير مصاب	0
مصاب	1

2.2.2. إيجاد عدد الدورات التكرارية لمشتقات دالة الإمكان الأعظم للحصول علي أقل قيمة
لسلب ضعف لوغاريتم دالة الإمكان الأعظم علي التقدير الامثل للمعالم فقد تحصلنا
في الدورة السابعة علي أقل قيمة وهي 90.707 وتوقفنا عند هذه الدورة لأننا حصلنا
علي أقل فروقات بين المعاملات، واعتبرنا معالمها أفضل نتيجة يمكن الحصول
عليها للمعالم، ونلاحظ أن العملية استقرت عند المحاولة السادسة لأن الفرق بين
المحاولة الاخيرة و التي قبلها قليل جدا والجدول (2) يبين ذلك.

2.2.3

جدول 2. عدد الدورات التكرارية لمشتقات دالة الإمكان الاعظم في نموذج خصائص العينة

Iteration	- 2 Log likelihood	Coefficients									
		Constant	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	
Step 1	1	113.890	-3.096	-.005	-.069	.204	0.512	0.051	.009	-.010	.060
	2	94.766	-5.809	.015	-.145	.452	0.880	0.048	.041	-.018	.184
	3	91.046	-8.479	.054	-.206	.688	1.118	0.000	.091	-.024	.343
	4	90.712	-9.782	.082	-.225	.797	1.215	-0.026	.118	-.026	.425
	5	90.707	-9.960	.086	-.226	.812	1.228	-0.030	.122	-.026	.436
	6	90.707	-9.963	.087	-.226	.812	1.228	-0.030	.122	-.026	.436
	7	90.707	-9.963	.087	-.226	.812	1.228	-0.030	.122	-.026	.436

من بيانات الجدول (2) فإن عدد الدورات التكرارية لمشتقات دالة الإمكان الأعظم وذلك للحصول علي أقل قيمة لسلب ضعف لوغاريتم دالة الإمكان الأعظم علي التقدير الأمثل للمعالم فقد حصلنا في الدورة السابعة علي أقل قيمة وهي 90.707 وتوقفنا عند هذه الدورة لأننا حصلنا علي أقل فروقات بين المعاملات، واعتبرنا معالمها أفضل نتيجة يمكن الحصول عليها للمعالم، ونلاحظ أن العملية استقرت عند المحاولة السادسة لأن الفرق بين المحاولة الاخيرة والتي قبلها قليل جداً.

3.2.2 نتائج اختبار Chi-square لمعنوية النموذج:

جدول 3. اختبار Chi-square لمعنوية النموذج

		Chi-square	Df	Sig.
Step 1	Step	34.675	8	0.000
	Block	34.675	8	0.000
	Model	34.675	8	0.000

من بيانات الجدول (3) تبين أن قيمة $\chi^2=34.675$ عند درجة حرية 8 وعند مستوي معنوية (sig=0.00) وهي اصغر من مستوي المعنوية ($\alpha=0.05$) وهذا يعني رفض الفرضية الصفرية (النموذج غير معنوي) H_0 : وقبول البديلة (النموذج معنوي H_1): أي أن النموذج الإحصائي الذي تم توفيقه ذو دلالة إحصائية معنوية مما يدل علي أن المتغيرات في النموذج لها تأثير و مساهمة في التصنيف.

4.2.2. نتائج اختبار Chi-square لاختبار جودة النموذج حيث جدول (4) يوضح ذلك:

جدول 4. اختبار جودة توافق (مطابقة) النموذج

Step	Chi-square	Df	Sig.
1	8.698	8	0.368

من بيانات الجدول (4) اتضح أن قيمة $\chi^2 = 8.698$ عند درجة حرية 8 وعند مستوى معنوية (sig = 0.368) وهي أكبر من مستوى المعنوية ($\alpha=0.05$) وهذا يعني قبول الفرضية الصفرية (النموذج مطابق للبيانات: H_0). أي أن النموذج الإحصائي مطابق لبيانات الدراسة وهذا يعني أن النموذج يمثل البيانات تمثلاً جيداً مع ملاحظة أن الاختلاف بين القيم المشاهدة والقيم المتوقعة بسيط جداً والجدول رقم (5) يبين ذلك.

جدول 5. القيم المشاهدة و القيم المتوقعة للنموذج اللوجستي

	غير مصاب		مصاب		Total
	قيمة المشاهدات	القيمة المتوقعة	قيمة المشاهدات	القيمة المتوقعة	
1	19	19.842	1	.158	20
2	20	19.753	0	.247	20
3	20	19.660	0	.340	20
4	20	19.544	0	.456	20
5	19	19.450	1	.550	20
6	20	19.208	0	.792	20
7	19	18.762	1	1.238	20
8	18	17.943	2	2.057	20
9	14	16.161	6	3.839	20
10	11	9.677	8	9.323	19

5.2.2. معامل التحديد R^2 :

جدول 6. تفسير المتغيرات الداخلة في النموذج

Step	Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	90.707	0.160	0.342

من الجدول (6) تبين أن المتغيرات الداخلة في النموذج فسرت حوالي 34.2 % باستخدام معامل *Nagelkerke R Square* و 16 % باستخدام *Cox & Snell R Square* من التغيرات التي تحدث في تأثير المتغير التابع والباقي تعود الي متغيرات أخرى غير مدرجة في النموذج.

6.2.2. نسبة التصنيف الصحيح:

الجدول الآتي يبين نسبة التصنيف الصحيح للأطفال الغير مصابين ببكتيرية المعدة:
جدول 7. كفاءة تصنيف النموذج (النسبة المئوية للتصنيف الصحيح)

Classification Table				
	Observed	غير مصاب	مصاب	Percentage Correct
Step 1	غير مصاب	176	4	97.8
	مصاب	14	5	26.3
Overall Percentage				91.0

The cut value is .500

من الجدول السابق يتضح أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال الغير مصابين ببكتيرية المعدة بلغت 97.8 % ونسبة التصنيف الغير صحيح بلغت 2.2% في حين أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال المصابين ببكتيرية المعدة بلغت 26.3% ونسبة التصنيف الغير صحيح بلغت 73.7% في حين كانت نسبة نجاح الدالة في التصنيف قد بلغ (90.0%) .

3.2. التحليل التمييزي:

يتم في هذا الجزء من التحليل تحديد معنوية المتغيرات المستقلة كما يلي:

1.3.2. تحديد معنوية المتغيرات المستقلة:

نعتمد في تحديد معنوية المتغيرات ذات التأثير المعنوي على مقياس 'Wilks' Λ وتقريب (F) حيث يعتبر أفضل متغير ذو تأثير معنوي الذي يحتوي على اكبر قيمة لـ (F).

جدول 8. يوضح قيم اختبار (F)

المتغيرات	Wilks' Lambda	F
X1	0.999	0.127
X2	0.956	9.134
X3	0.988	2.340
X4	0.806	47.50
X5	0.979	4.245
X6	1.000	0.080
X7	0.999	0.266
X8	0.993	1.351

من الجدول (8) نلاحظ أن المتغير (X4) والذي يمثل عدد مرات الاكل خارج المنزل هو من أهم المتغيرات لأنه يحتوي علي أكبر قيمة لـ (F) و أقل قيمة لـ (Wilks' Lambda) وهما (47.50) و (0.806) علي التوالي، يليه في الاهمية المتغير (X2) والذي يمثل عمر الطفل حيث بلغت قيمة (F = 9.134) وبلغت قيمة Wilks' Lambda (0.956) وهكذا... وأن المتغير (X6) والذي يمثل مهنة الام ليس له تأثير لأن قيمة (F) له اقل ما يمكن وكذلك قيمة Wilks' Lambda أكبر ما يمكن.

2.3.2. اختبار معنوية الدالة:

لاختبار معنوية الدوال المميزة الخطية يتم استخدام مقياس Wilks' Lambda والجدول (9) يبين ذلك.

جدول 9. بوضوح اختبار معنوية الدالة (Wilks' Lambda)

Wilks' Lambda	Chi-square	Df	Sig
0.791	45.239	8	0.000

من الجدول (9) يتبين أن قيمة اختبار Wilks' Lambda بلغت (0.791) في حين كانت قيمة مربع كاي تساوي (45.239) بمستوي دلالة (0.000) وهي أصغر من مستوي المعنوية ($\alpha = 0.05$) وهذا يدل علي جودة الدالة التمييزية ومعنويتها.

3.3.2. تكوين الدوال المميزة الخطية:

بعد تحديد المتغيرات ذات التأثير المعنوي واختبار معنوية الدالة تم استخراج مصفوفة المعاملات والجدول (10) يبين ذلك.

جدول 10. بوضوح معاملات الدوال المميزة الخطية

المتغيرات	دالة (1)
X1	-0.010
X2	-0.145
X3	0.425
X4	1.067
X5	0.107
X6	0.018
X7	-0.022
X8	0.125
Constant	-3.077

من خلال الجدول (10) يمكن كتابة الدالة المميزة كالآتي:

$$Y_i = -3.077 - 0.010x_1 - 0.145x_2 + 0.425x_3 + 1.067x_4 + 0.107x_5 + 0.018x_6 - 0.022x_7 + 0.125x_8$$

حيث Y : المتغير التابع (الاصابة ببكتيرية المعدة).

4.3.2. نتائج تصنيف الدالة المميزة:

نتائج نسبة التصنيف الصحيح للأطفال المصابين والغير مصابين ببكتيرية المعدة والجدول (11) يبين ذلك.

جدول 11. كفاءة تصنيف النموذج (النسبة المئوية للتصنيف الصحيح)

Classification Table			
Observed	غير مصاب	مصاب	Percentage Correct
غير مصاب	156	6	96.3
Step 1 مصاب	24	13	35.1
Overall Percentage			85.0

The cut value is .500

من الجدول (11) يتضح أن:

- نسبة التصنيف الصحيح للأطفال الغير مصابين ببكتيرية المعدة بلغت 96.3% ونسبة التصنيف الغير صحيح بلغت 3.7%.

- نسبة التصنيف الصحيح للأطفال المصابين ببكتيرية المعدة بلغت 35.1% ونسبة التصنيف الغير صحيح بلغت 64.9%.
- نسبة نجاح الدالة في التصنيف قد بلغ (85.0%).

4.2. المقارنة:

من الملاحظ أن هناك تفاوت بين الطرق في التصنيف لذلك تمت المقارنة بين الوارد ذكرها لاختيار الطريقة الافضل في التصنيف والجدول (12) يبين نسب التصنيف الصحيحة الكلية للطريقتين.

جدول 12. مقارنة بين طرق التصنيف

النسبة الكلية الصحيحة	الطريقة
90.0%	الإنحدار اللوجستي
85.0%	الدالة المميزة

من الجدول (12) تبين أن تصنيف الإنحدار اللوجستي أعلي من نسبة تصنيف الدالة المميزة والتي بلغت 90.0%.

ثالثاً: النتائج والتوصيات

1.3. النتائج:

- 1- بينت الدراسة أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال الغير مصابين ببكتيرية المعدة باستخدام الإنحدار اللوجستي بلغت 97.8% أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال المصابين ببكتيرية المعدة بلغت 26.3%.
- 2- بينت الدراسة أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال الغير مصابين ببكتيرية المعدة باستخدام التحليل التمييزي بلغت 96.3% أن نسبة التصنيف الصحيح للأطفال المصابين ببكتيرية المعدة بلغت 35.1%.
- 3- باستخدام التحليل التمييزي تبين أن عدد مرات الأكل خارج المنزل هو من أهم المتغيرات المستقلة المؤثرة في إصابة الطفل ببكتيرية المعدة.
- 4- أن التحليل اللوجستي له دقة عالية في تصنيف الإصابة وعدم الإصابة ببكتيرية المعدة الحلزونية لدي الأطفال حيث بلغت نسبة التصنيف الصحيح الكلي 90.0%

5- أن التحليل التمييزي له دقة عالية في تصنيف الاصابة وعدم الاصابة بكتيرية المعدة الحلزونية لدي الأطفال حيث بلغت نسبة التصنيف الصحيح الكلي 90.0%
6- عند المقارنة بين الاسلوبين تبين أن أسلوب الإنحدار اللوجستي هو الأفضل من حيث التصنيف لعينة الدراسة.

2.3. التوصيات:

- 1) تعميم فكرة استخدام الأساليب الإحصائية للتمييز والتصنيف في المجالات الاجتماعية والاقتصادية وعدم تركيزها على المجالات الطبية فقط .
- 2) إجراء الدراسات المستمرة وذلك بإدخال متغيرات جديدة وعوامل مؤثرة في توعية وتثقيف المواطن الليبي بخطر البكتيرية الحلزونية لدي أطفالنا.
- 3) تطوير قاعدة جمع البيانات الإحصائية في وزارة الصحة للحصول على بيانات حقيقية وواقعية وفي غاية الدقة لكي تكون النتائج جيدة ومرضية تفيدنا في تطوير البحث العلمي.

رابعاً: المراجع

- [1] (إبراهيم محمد العلي 2020). أسس التحليل الاحصائي متعدد المتغيرات ، اللاذقية ، سوريا.
- [2] (أبوعلام، رجاء 2000). التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Spss، دار النشر للجامعات، القاهرة.
- [3] (الجبوري، شلال حبيب، وعبد، صلاح حمزة 2000): " تحليل متعدد المتغيرات". دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد - العراق
- [4] (الراوي ، خاشع محمود 1978). مدخل الي تحليل الإنحدار ، جامعة الموصل.
- [5] (جودة محفوظ 2008). التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج SPSS دار وائل للنشر، الطبعة الأولى، عمان، الأردن.

- [7] (حيدر جميل الله ابودومة 2019). استخدام إسلوبي تحليل الانحدار اللوجستي والتحليل التمييزي للعوامل المؤثرة على الإصابة بأمراض القلب، رسالة دكتوراه، كلية الدراسات العليا، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
- [8] (صالح، عائدة هادي 2008). استخدام التحليل المميز لتشخيص بعض أمراض العيون. مجلة الإدارة والاقتصاد جامعة كربلاء العدد 67.
- [9] عثمان خضر أحمد مصطفى (2011)، العوامل المؤدية الي حوادث المرور والاصابات الناتجة عن هذه الحوادث بولاية الجزيرة. رسالة دكتوراه غير منشورة ، مكتبة كلية العلوم ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
- [10] (فريال محمد، النويري (2013 م) استخدام الدالة التمييزية الخطية لتمييز مرض السكري المصابين من غير المصابين بالفشل الكلوي ، رسالة ماجستير ، جامعة الجزيرة ، كلية الاقتصاد والتنمية الريفية ، قسم الاحصاء التطبيقي ، السودان.
- [11] (وفاء مصطفى سيد 2010). استخدام الدالة التمييزية لدراسة مستوى الإصابة بمرض الفشل الكلوي، رسالة ماجستير، قسم الإحصاء التطبيقي كلية الدراسات العليا - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

[12] (Alvin C. Rencher 2002). "Methods of Multivariate Analysis", Second Edition, Brigham Young University

[13] (Berkson. J. 1944). "Application Of The Logistic Function To Bioassay " JASA Vol .39 , PP . 357 -365

[14] (Garson, D. 2014). "Logistic Regression :Binary and Multinomial" ,ISBN , Retrieved from [http: www.statisticalassociates.com](http://www.statisticalassociates.com)

[15] (Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. 2009). "Multivariate Data Analysis", 7th Edition, Maxwell Macmillan, International, New York

[16] (Hosmer, D., Lemeshow, S. & Sturdivant , R. 2013). " Applied Logistic Regression", 3rd edition ,New York: wiley, WSIPS, [http :// ihmsi.org](http://ihmsi.org).

[17] (Rodriguez ,G. 2007). "Logit Models for Binary Data" ,Chapter(3),Retrieved from,<http://data.princeton.edu/wws509/notes/c3.pdf>

[18] (Wuensch, K. 2014). " Binary Logistic Regression with SPSS" , Retrieved from WWW . Care . ecu . edu / psyc/ Wuensch / MV /Logistic SPSS, pp.1-29.

اختبار حساسية تحديد الحواف باستخدام معامل بريويت لخشونة الاسطح

<http://www.doi.org/10.62341/ISTJ/20253715>

نبيل عبد الجليل بالحاج

أبوبكر بشير بوشقيفه

عبد الحكيم علي سلطان

خالد عبد السلام الجقندي

ادارة البحوث العلمية - المركز التقني العالي للتدريب والإنتاج

nabil.a.belhaj@tpc.ly

الملخص

تعرض هذه الدراسة نتائج اختبار حساسية طريقة تحديد الحواف لخشونة أسطح المشغولات الميكانيكية، وهي إحدى تقنيات الرؤية الحاسوبية قليلة الكلفة. اختيرت سبيكة من معدن الألمونيوم لما يتمتع به من شدة انعكاس للضوء، وسهولة التشغيل. وتم تشغيلها بطرف تشغيل مختلفة لينتج عن ذلك عينات بخشونة سطح مختلفة، ثم التقاط صور لتلك العينات بمجهر رقمي اقتصادي ذي قوة تكبير 5-50 مرة. تلى ذلك عملية فرز ومعالجة الصور، ثم تحديد النقاط التي توجد على حواف تضاريس أسطح العينات. بعد ذلك تم حساب معدلات الحواف بالصورة وفقا لمعامل بريويت وربط تلك المعدلات بخشونة السطح. وقد أظهرت الطريقة نتائج واعدة، رغم تأثر النتائج باتجاه الحواف المحددة، ما يفتح المجال لمزيد من الأبحاث حولها.

الكلمات الدلالية: خشونة سطح المشغولات، الرؤية الحاسوبية، معالجة الصور، تحديد الحواف.

Abstract

This study presents the results of testing the sensitivity of one of Edge Defining Techniques to the roughness of the surfaces of mechanical works. It is one of the low-cost computer vision technologies. An aluminum alloy was chosen for its high reflectivity of light and easiness of machining. The samples were machined with different under different cutting variables to get different surface roughness. An economical digital microscope with 5-50 times magnification was used to input the samples to the computer. The

samples were sorted, then processed to determine points that are located on the edges of topography of the sample's surfaces by using Prewitt modulus. Then the rates of calculated edges were linked to the surface roughness. The method showed promising results, although the results were affected by the direction of the specific edges, which opens the way for further research.

مقدمة

بسبب التمزقات والتشوهات اللدنة التي تعانيها المعادن اثناء عمليات التشغيل (القطع) المختلفة، وكذلك بسبب الاهتزازات التي تصاحب تلك العمليات، غالبا ما تتشكل اثارا على الاسطح المقطوعة للمعادن، وهي عبارة عن خدوش وحزوز صغيرة تشكل فيما بينها ما يعرف بخشونة الاسطح، وتعكس شدة هذه الاثار درجة او جودة التشطيب لتلك الاسطح المعدنية بعد انتهاء عمليات التشغيل. تتراوح احجام تلك الاثار ما بين الحجم الظاهر والذي يري بالعين المجردة الي الحجم المجهرى الذي لا يري الا بواسطة المجاهر. تتأثر جودة تشطيب الاسطح المقطوعة بعدة عوامل منها كفاءة الالة المستخدمة ونوع اداة القطع والشكل الهندسي لحدود اداة القطع وقيم ظروف القطع مثل سرعة القطع والتغذية وعمق القطع، بالإضافة الي نوع وسائط التزييت والتبريد المستخدمة مع عوامل اخرى متنوعة. ان درجات تشطيب الاسطح لبعض الاجزاء الميكانيكية لها تأثير كبير في اداءها واعمارها التشغيلية، ويتوقف اختيار درجة التشطيب المناسبة لكل جزء ميكانيكي علي ظروف عمله ومقدار عمره الافتراضي. فعلي سبيل المثال نجد ان ارتفاع درجة تشطيب (الخشونة) السطح الداخلي لمحمل كروي (Ball bearing) يؤدي الي زيادة معامل الاحتكاك بين كراته المعدنية المنزلقة وقرصيه الخارجي والداخلي، ونتيجة لذلك ترتفع درجة حرارته اثناء التشغيل مما يؤدي الي تلفه بشكل مبكر ((Premature failure، ولذلك يتم اختيار درجة نعومة عالية او خشونة منخفضة لأسطح المحامل الكروية. علي العكس من ذلك، نجد ان انخفاض درجة خشونة أسطح بكرات سيور نقل القدرة المطاطية، مثلا، يؤدي الي انخفاض معامل الاحتكاك بين السير والبكرات، ونتيجة لذلك ينزلق السير على البكرات مما يؤدي الي انخفاض كفاءة نقل القدرة لتلك المنظومة الميكانيكية.

اضافة الي ما سبق، قد يؤدي ارتفاع خشونة سطح قطعة ميكانيكية الي انخفاض مقاومتها للإجهادات وكذلك تسريع عملية التآكل (البلى) ، كما تعمل خشونة الاسطح العالية علي تغيير الخصائص الديناميكية لبعض الاجزاء كإعاقة انزلاق الهواء علي ريش توربينة لمحرك نفاث مثلا [1-7].

لهذه الاسباب تهتم شركات التصنيع دائما بمراقبة جودة الاسطح الميكانيكية وقياس خشونتها بين الحين والآخر طيلة فترات التشغيل والتحقق من مطابقتها جودة الاسطح الفعلية مع تلك النظرية التي وضعها المصممون، ولهذا تعتبر مهمة مراقبة جودة تشطيب الاسطح الميكانيكية أحد العناصر الاساسية والمهمة لإنجاح عمليات الانتاج.

ان خشونة السطح هي دالة بمقدار الفراغات المجهرية الدقيقة الناتجة من عدم انتظام الاسطح والناتجة من عمليات التشغيل [8]، وتقدر الخشونة بقياس تباين تضاريس اسطح المشغولات [9]. يوجد نوعين من اساليب قياس خشونة الاسطح الميكانيكية: يعتمد النوع الأول على التلامس المباشر مع السطح المراد قياسه، بينما يعتمد النوع الثاني علي القياس عن بعد. يتضمن النوع الاول كلا من القياس بألواح مرجعية وهي الواح اسطحها مصنعة بخشونة محددة تستخدم كمرجع لتحديد درجة التشطيب او الخشونة. هذه الطريقة يدوية وتعتمد على خبرة المشغل وإحساسه بالأسطح المشغلة لذلك فهي غير دقيقة [10]. توجد اساليب اخري للقياس بالتلامس المباشر لكنها تعتمد على اجهزة تستخدم مسابير أو قلام قياس بدلا من الالواح المرجعية. تعتبر اساليب القياس باستخدام الأجهزة أكثر دقة وانتشارا من القياس بالألواح المرجعية، لكن رغم أفضلية القياس بالأجهزة إلا ان دقتها تتأثر بقطر المسبار او القلم المستخدم، وكذلك بنطاق واتجاه أخذ العينات. ما يعيب اساليب قياس جودة الاسطح بالتلامس هي عدم قدرتها على أخذ القياس مباشرة خلال عمليات التشغيل، كما انها تؤثر على سطح المشغولة المقاسة، وبالتالي فهي غير مناسبة لقياس قطع العمل ذات الأسطح عالية الجودة، اضافة الي محدودية المساحة المقاسة وهذا يقلل من دقة القياس. لهذه الاسباب تم استحدث اساليب اخري لقياس جودة الاسطح الميكانيكية بدون تلامس وتعتمد على الاستشعار عن بعد في عمليات القياس. تشمل هذه الاساليب تقنيات ضوئية والكرونية وتقنيات الرؤية الحاسوبية. نسررد فيما يلي بعض المعدات المستخدمة في كل نوع:

معدات القياس البصرية: تشمل المجاهر الضوئية و تعتبر باهضة الثمن نسبيا، و ذات مساحة قياس صغيرة جدا، إضافة إلى أنها تتأثر بسهولة بالبيئة المحيطة، مما يحد من كفاءتها [11 - 12].

معدات القياس الالكترونية: عادةً ما تستخدم أقطابًا كهربائية تتحرك محاذية لسطح المشغولة، ولكن دون اتصال مباشر. هذه الألواح تقوم بالنقاط خصائص تضاريس سطح المشغولة ضمن النطاق الذي تغطيه، ثم تقوم بتحويل هذه الخصائص الي إشارات كهربائية بالسعة أو الحث الكهربائي الممثل للتضاريس، هذه الإشارة تصدرها أجهزة استشعار خاصة. يتأثر القياس بهذه المعدات بشكل ومواصفات القطب الكهربائي إضافة إلى سرعة استجابة وحساسية جهاز النقاط الإشارة الكهربائية. [13 - 14]

معدات القياس المعتمدة على الرؤية الحاسوبية: يوجد طيف واسع من تقنيات القياس جلهما يعتمد على مبادئ القياس البصري بحيث يتم جمع الصور السطحية الملتقطة باستخدام الكاميرات الصناعية أو المساحات الخاصة، ثم تتم معالجتها رقميا واستخراج السمات المميزة لخشونة السطح المراد قياسه، ومن ثم يتم مقارنتها بقيم مرجعية. هذه التقنيات فعالة جدا ويمكن جعلها تعمل بشكل آلي، كما أن لبعضها القدرة علي القياس مباشرة خلال العملية الإنتاجية، ولذلك تجتذب المزيد من الاهتمام باستمرار من الباحثين [13]. يمكن تصنيف تقنيات القياس المعتمدة على الرؤية الحاسوبية أما اعتمادا على المساحة المقاسة أو بناء على اختلاف مصدر الضوء.

معدات قياس خشونة باستخدام الرؤية الحاسوبية بناءً على مصدر الضوء: الصورة ما هي إلا انعكاس لأشعة الضوء من السطح المقاس على المستقبل، وبالتالي فان لنوع وطبيعة مصدر الضوء بالغ الأثر على طبيعة الصورة الملتقطة وبالتالي البيانات المستخلصة منها [14]. بعض الرؤية الحاسوبية تعتمد علي اشعة الليزر حيث ان الصور الناتجة عن استخدام أشعة الليزر يمكن أن توفر دقة عالية في القياس، ولكن تركيب معدات قياس وتعديل ومعايرة مسار الشعاع يعتبر معقد نوعا ما، إضافة الى التكلفة الباهظة لهذه المعدات وهذا ما يحصر استخدامها في نطاق ضيق من التطبيقات [17 - 21]. هنالك صور تنتج من الموجات فوق الصوتية ومعدات أقل تعقيدا نسبيا من أنظمة

الليزر، لكن تكلفتها أيضا تحد من استخدامها [22 - 24]. ان أكثر اساليب الرؤية الحاسوبية المستخدمة لقياس خشونة الاسطح هي التقنيات المعتمدة على الضوء الصناعي المنظور مثل المصابيح المتوهجة أو الثنائيات الباعثة للضوء [23].

معدات قياس الخشونة باستخدام الرؤية الحاسوبية بناء على المساحة المقاسة: ينقسم هذا النوع إلى معدات الرؤية الدقيقة والرؤية الكلية بناءً على حجم منطقة التصوير. فمعدات الرؤية الدقيقة تجمع صورًا مكبرة للسطح المراد قياسه، ويمكن استخدامها لمراقبة شكل السطح وملمسه. لكن نظرًا لصغر مساحة التصوير، لا يمكن استخدام هذه المعدات للإجراء تقييم شامل لسطح المشغولة [26 - 30].

اما معدات الرؤية الكلية فتجمع صورًا تشمل ما أمكن سطح المشغولة تحت الإضاءة العادية غالبًا، ونظرًا لحجم مساحة القياس الكبيرة، فهذه طريقة فعالة لإجراء قياسات تلقائية للأجزاء الميكانيكية وبتكاليف منخفضة [31 - 32].

الأبحاث حول تقدير خشونة اسطح المشغولات كثيرة و متنوعة، كل منها يغطي جانب مختلف سواء في دراسة طبيعة السطح و تأثير معاملات التشغيل، أو مصدر الضوء، أو حتى اختبار طرق تحليل مختلفة [32 - 33]. بشكل عام، طرق الرؤية الحاسوبية تستخلص خصائص من الصور بطرق مختلفة، وتستخدم لقياس واكتشاف العيوب من خلال توفير بيانات للتعرف على الأسطح واستيفائها من مختلف المواد كالخشب والصلب والرمل والأقمشة، وغيرها. وبالنسبة لخشونة الاسطح، فإن أهمية تحليل نسيج السطح (Analysis of Surface Texture) تزداد بسرعة كبيرة في الآونة الأخيرة، فهو يوفر بيانات وافرة عن طبيعة السطح من بينها الخشونة. و لكن من جهة أخرى فهو يحتاج الى نماذج ذكاء صناعي معقدة نسبيًا للتحليل و استخلاص البيانات، كنماذج الشبكات العصبية مثلًا، و هذا يتطلب قدرًا كبيرًا من البيانات لتدريب النماذج، و ذلك يضيف متطلبات إضافية من الموارد و الوقت لعملية المعالجة [32].

في هذه الدراسة تم اختبار دقة طريقة تحديد الحواف في الصورة لتقدير معامل الخشونة وهي إحدى الطرق الأقل كلفة لقياس خشونة أسطح المشغولات. رغم قلة ما توفره هذه الطريقة من بيانات مقارنة بطريقة تحليل نسيج السطح، يعد تحديد الحواف أساسًا مهمًا لتحليل الصور، بما في ذلك تجزئة الصورة، واستخراج بيانات نسيج سطح المشغولات،

وتحديد أبعاد وخصائص شكل ذلك النسيج [33]. ان الحواف، في الحقيقة، هي الحد الفاصل بين كتلتين، أما في الصور فهي انقطاع أو تغير مفاجئ في كثافة القيم اللونية لوحداث الصورة (البيكسل)، و تحديد هذه المناطق هو ما يعرف بتحديد الحواف في الصورة [34].

يمكن تصنيف التقنيات المعروفة لقياس وتحديد الحواف إلى فئتين رئيسيتين: تقنيات تحليل الموجات الدقيقة (Wavelet edge detection): وهي النوع الأول ولها تطبيقاتها مختلفة [35].

تقنيات قياس التدرج اللوني واللابلاس (Gradient and Laplacian techniques): تعمل تقنيات قياس التدرج اللوني لكشف الحواف بالبحث عن الحد الأقصى والحد الأدنى في المشتقة الأولى للقيم اللونية في الصورة، بينما تعمل تقنيات اللابلاس عن طريق البحث عن تقاطعات صفرية في المشتقة الثانية أو أعلى للقيم اللونية للصور للعثور على الحواف [36]، وذلك لأن الحافة لها شكل أحادي البعد لمنحنى، وحساب مشتقة القيم اللونية في الصورة يمكن أن يبرز موقعه [34]. هذه التقنيات هي الأكثر شيوعاً واستخداماً، وقد تم اعتمادها في هذه الدراسة بسبب قلة العمليات المطلوبة حيث ان نطاق الدراسة يقتصر على اختبار حساسية ودقة الطريقة لتغير الخشونة من جهة، ومن جهة أخرى فان تطوير تقنية القياس بهذه الطريقة يقلل من الموارد المطلوبة للتحليل وبالتالي يقلل من التكلفة.

تعمل تقنيات قياس التدرج اللوني لتحديد الحواف على تحويل الصورة باستخدام عامل أو مشغل (مرشح ثنائي الأبعاد)، والذي يتم إنشاؤه ليكون حساساً للتغيرات الكبيرة للقيم اللونية في الصورة وإرجاع قيم صفرية في المناطق المنتظمة (أو الخالية من التغير الكبير)، وتشمل عدد كبير جداً من مشغلي اكتشاف الحواف منهم روبرت، سوبل وبريوت (Robert, Sobel, Prewitt)، كل منهم مصمم ليكون حساساً لأنواع معينة من الحواف. يراعى في اختيار المشغل المناسب اتجاه الحافة ومستوى الضوضاء في الصورة إضافة إلى تركيبة الحافة. و تكمن الصعوبة في اكتشاف الحواف داخل الصورة في هذه التقنيات في أن كل من الضوضاء والحواف تحتوي على محتوى تردد عالي (التغير المفاجئ في

القيم اللونية الناتج عن الحواف أو عن الضوضاء) ، و تقليل الضوضاء بالمرشحات يؤدي في نفس الوقت لفقد نسبة لا بأس بها من بيانات الحواف في الصورة [34].
وقع الاختيار على مشغل بريويت Prewitt لما يتميز به من سهولة و بساطة في الحساب و إمكانية الكشف على الحواف بزوايا مختلفة، و لكن ذلك على حساب تأثره الشديد بالضوضاء واختلاف حساسيته للحواف باختلاف الزوايا، الامر الذي يقلل من الاعتماد عليه عادة [40 - 41] . لقد سبق اختبار تقنية تحديد الحواف لقياس خشونة سطح ناتجة من عملية بثق مواد من اللدائن تحت ضغط معين [39].

الجانب العملي اعداد العينات

في هذه الدراسة تم تجهيز عينات من سبيكة من سبائك الألمونيوم لما تتمتع به من شدة انعكاس للضوء، وسهولة التشغيل، وتمت العملية أولاً بتشغيل العينات باستخدام آلة تقريز رأسية ذات تحكم رقمي (CNC) موجودة داخل المركز التقني العالي للتدريب والإنتاج. تمت عملية التقريز لسطح العينات بسرعات مختلفة للحصول على أسطح بدرجات مختلفة من الخشونة نتيجة تغيير سرعة التشغيل. لم تجرى أي عملية معالجة إضافية للعينات بعد تشغيلها وتم تقسيم العينات الي ثلاث مجموعات، كلها مشترك في معاملات القطع، فيما عدا اختلاف سرعة القطع كما هو موضح في الجدول رقم (1).

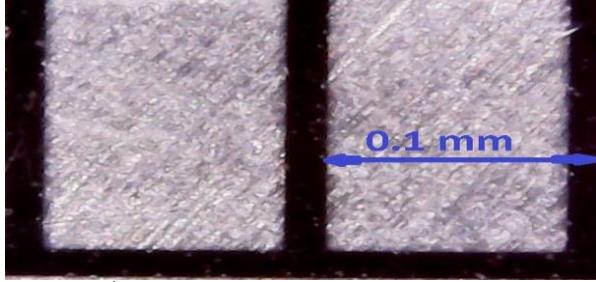
جدول (1) معاملات تشغيل العينات.

معاملات التشغيل	المجموعة الاولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة
سرعة القطع	2700 دورة/دقيقة	1300 دورة/دقيقة	800 دورة/دقيقة
عمق القطع	1 ملم		
التغذية	50ملم/ثانية		
سلاح القطع	SPKN1203EDTR		
سائل التبريد	بدون سائل تبريد		

تصوير العينات

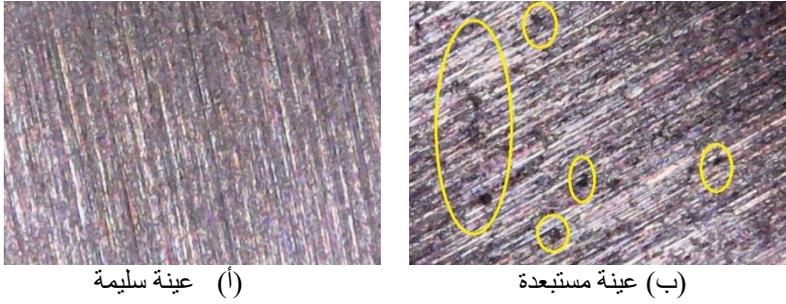
تم التقاط بعض الصور للعينات باستخدام مجهر رقمي اقتصادي ذي قوة تكبير 5-50 مرة. استخدمت شريحة المعايرة لمعايرة المجهر وذلك لتثبيت دقة التكبير بالمجهر حيث لا توجد وسيلة اخري بالمجهر او بالتطبيق الخاص به توضح دقة التكبير. هذا المجهر.

عند أخذ صور العينات بالمجهر الرقمي، روعي تثبيت العينات بشكل عشوائي، وليس في اتجاه ثابت بالنسبة لاتجاه القطع، وذلك لمراقبة حساسية الأسلوب المقترح لهذا المعامل. يوضح الشكل (1) أحد العينات التي أدخلت للمجهر وموضوع عليها شريحة المعايرة بمقياس 0.1 مم.



شكل (1) عينة عليها شريحة المعايرة لتحديد الأبعاد.

تم استبعاد العينات التي حوت عيوب مرئية ناتجة عن الخام نفسه، كالفراغات والتشققات الكبيرة وما شابه، كما هو موضح بمثالين في الشكل (2)، وتم الاكتفاء فقط بعدد 8 عينات خالية من العيوب لكل سرعة قطع.



(أ) عينة سليمة

(ب) عينة مستبعدة

شكل (2) العينات المستبعدة والمختارة.

معالجة الصور

بعد فرز ومعالجة الصور التي تم التقاطها، تم تحديد النقاط التي توجد على حواف تضاريس أسطح العينات. بعد ذلك تم حساب معدلات الحواف بالصورة وملاحظة علاقة هذه المعدلات بخشونة السطح، وتمت بعد ذلك المعالجة على النحو التالي:

أولاً: تعيين المساحات

قسّمت كل عينة إلى 16 مساحة معالجة، بحيث لا تتداخل هذه المساحات في بعضها وتتم معالجتها بشكل منفصل، وذلك لتجنب تكرار حساب نفس المنطقة.

ثانياً: تحويل النطاق اللوني

الصور المستخلصة من المرحلة السابقة صور ملونه، تم تحويلها إلى صور ذات تدرج رمادي، لتوفير الموارد المستهلكة في المعالجة، ومن جهة أخرى تقليل تأثير الألوان بصورتها العادية على تحديد الحواف.

ثالثاً: تحديد الحواف

دالة تحديد الحواف تعتمد على تغير القيمة اللونية لكل نقطة في مساحة متقاربة، وهي تتأثر بشكل كبير بتغير مصدر الإنارة والانعكاس، إضافة إلى السطح والحواف المراد تحديدها فعلاً، والمقصود طبعاً بالحواف تضاريس السطح وليس جوانب العينة.

رابعاً: حساب نسبة الحواف

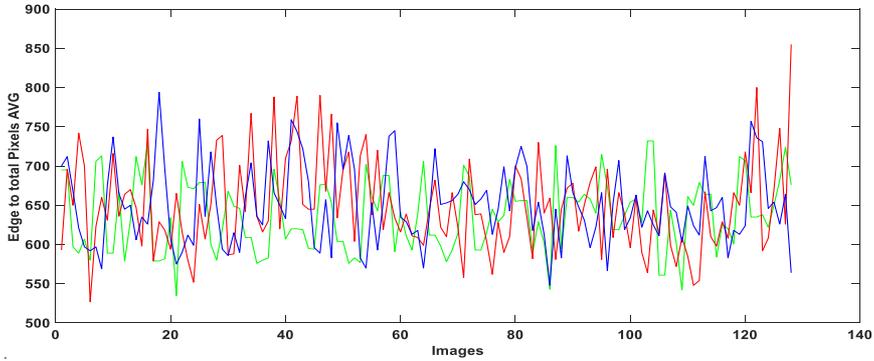
بما ان الصور الناتجة من المرحلة السابقة هي صورة ثنائية (ابيض وأسود فقط)، تم خلال هذه المرحلة حساب نسبة النُّقاط البيضاء التي تمثل الحواف بالنسبة لإجمالي النقاط في الصورة.

خامساً المعدل العام: تم حساب المعدل العام بحساب متوسط نسبة الحواف لكل الصور المشتركة في معاملات التشغيل.

النتائج

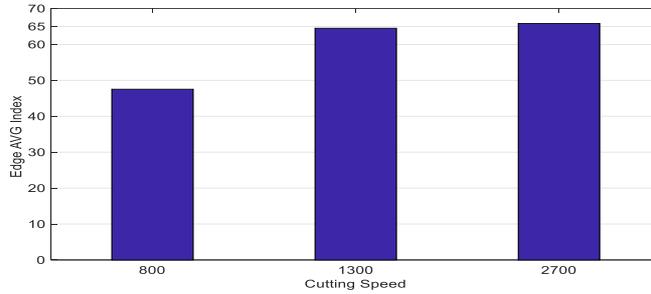
تم تمثيل نتائج التحليل للمراحل الأربعة الأولى في الشكل (3)، والتي توضح نتائج معدل الحواف المحددة بالنسبة لحجم الصورة الكلي، وذلك لكل صورة من العينات المقاسة. حيث يوضح الشكل (3) ثلاث منحنيات كل منها يمثل مجموعة 128 صورة من العينات بسرعه قطع واحدة: الأحمر يمثل سرعة قطع مقدارها 800 دورة في الدقيقة، والأزرق يمثل سرعة قطع مقدارها 1800 دورة في الدقيقة، بينما يمثل المنحني الأخضر سرعة قطع مقدارها 2700 دورة في الدقيقة. يلاحظ تذبذب القيم بشكل كبير وهذا ناتج عن عشوائية اتجاه

التقاط لصور العينات بالنسبة لاتجاه القطع، وذلك بسبب حساسية تقنيات تحديد الحواف المستخدمة لاتجاه الحواف والمنظور .



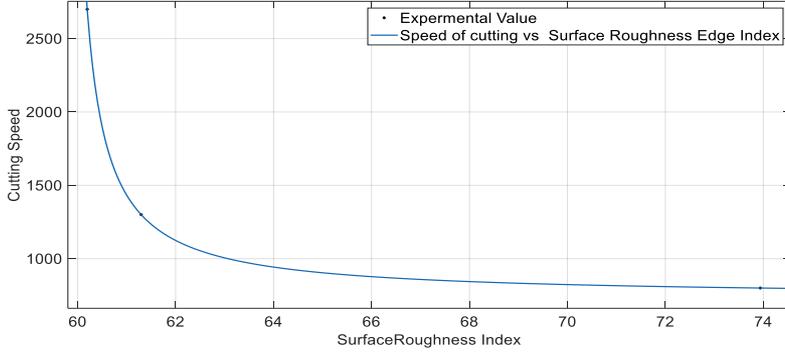
شكل (3) معدل الحواف لكل صورة.

يظهر الشكل (4) المتوسط العام لنسبة الحواف المحددة لكل مجموعة عينات ذات سرعة قطع واحدة، حيث يمثل كل عمود من الأعمدة الثلاثة مجموعه عينات مشتركة في سرعة القطع، ويبدو من الشكل أن القيم المتحصل عليها بعد المعالجة يمكن أن تشير إلى علاقة تغير في النعومة مرتبط بتغير سرعة القطع.



الشكل (4) المتوسط العام للحواف في كل مجموعة عينات لنفس سرعة القطع.

من البيانات السابقة، تم رسم المنحنى في الشكل (5)، والذي يوضح العلاقة العكسية بين سرعة القطع والخشونة في نطاق التجربة مع متوسط نسبة الحواف في الصور.



الشكل (5) العلاقة بين مؤشر الخشونة ومتوسط نسبة الحواف.

من المنحنى السابق تم استنتاج المعادلة رقم (1) والتي تصف رياضيا مدى تأثير معدل الحواف بالصور بخشونة السطح المتحصل عليها بتغير سرعة القطع.

$$f(X) = \frac{(739X - 4.329 * e^4)}{X - 59.75} \dots\dots\dots (1)$$

حيث: $f(X)$ مؤشر خشونة السطح

X سرعة القطع

المناقشة

ان التذبذب الكبير في النتائج التي ظهرت في الشكل (2) سببه الأساسي حساسية الطريقة بشكل كبير لتغير زوايا الحواف بالنسبة لسطح العينة، وهذه الزوايا ناتجة من اتجاه القطع، واتجاه النقاط الصورة. والشكل التالي يوضح التغير الكبير لنسبة الحواف المستخرجة باختلاف الزاوية رغم ثبات سرعة القطع وبالتالي ثبات الخشونة في العينات الثالث.



(أ) نقاط الحواف: 1050.
الزاوية: 102.1° .
(ب) 750.
الزاوية: 68.5° .
(ج) 729.
الزاوية: 66.1° .
الشكل (6) تغير نسبة الحواف المستخرجة باختلاف الزاوية.

وبالرغم من أن أخذ المتوسط العام للحواف في العينات ذات الخشونة المشتركة يحسن من النتائج لهذه الطريقة، إلا أنه في نفس الوقت، يزيد من العمليات الحسابية لتقدير الخشونة. وهذا يفتح باب لتسائل آخر وهو مدى تحسن هذه النتائج عند تحديد زاوية النقاط الصورة بالنسبة لاتجاه القطع. ومن ناحية أخرى فإن حساسية هذا الأسلوب تعد واعدة، إذا اخذ في عين الاعتبار أن معامل الكشف المستخدم يعتبر من اقل المعاملات تعقيدا في فئته، وهو ما يشجع على اختبار معاملات أخرى.

النتائج المتحصل عليها توضح أنه يمكن، نظريا استخدام هذه الطريقة لقياس الخشونة بالرغم من الحاجة لإجراء المزيد من العمل البحثي على مواد وظروف تشغيل مختلفة، لمعايرة الطريقة، ولتقليل التذبذب الناتج عن حساسيتها لاتجاه الحواف المحددة.

الاستنتاجات

تم في هذا البحث اختبار حساسية قياس الحواف باستخدام معامل بريويت بالنسبة لخشونة الاسطح الناتجة من عملية التفرير. وبعد تشغيل العينات وتحليلها، تبين من النتائج، إمكانية استخدام هذه الطريقة لتحسس التغير في خشونة الاسطح. لكن في نفس الوقت، أوضحت النتائج التحسس الكبير لهذه الطريقة لتغير زوايا الحواف المحددة، والتي تفرض قيودا على استخدامها. وبرغم ذلك، تعتبر الطريقة المختبرة من التقنيات الواعدة لما تمتاز به من انخفاض تكلفة المعالجة. وهذا لا يلغي الحاجة لمزيد من العمل لمعايرتها وتحسين أدائها.

المراجع

- [1] ا. ا. ل. ا. ا. ا. المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني المناهج، مذكرة ميكانيكا إنتاج (قياسات). 2015.
- [2] M. Pour, "Determining surface roughness of machining process types using a hybrid algorithm based on time series analysis and wavelet transform", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2018, 2619–2603, ص.ص. 97, عدد 5, ص.ص. 2619–2603.
- [3] J. Mahashar Ali, H. Siddhi Jailani, و M. Murugan, "Surface roughness evaluation of electrical discharge machined surfaces using wavelet transform of speckle line images", *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 2020, 107029, ص.ص. 149, doi: 10.1016/j.measurement.2019.107029.
- [4] D. M. Tsai و C. F. Tseng, "Surface roughness classification for castings", *Pattern Recognit.*, –389, ص.ص. 32, عدد 3, ص.ص. 1999, 405, doi: 10.1016/S0031-3203(98)00077-6.
- [5] M. Y. Wang و H. Y. Chang, "Experimental study of surface roughness in slot end milling AL2014-T6", *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, 2004, 57–51, ص.ص. 44, عدد 1, ص.ص. 10.1016/j.ijmachtools.2003.08.011.
- [6] G. Yasuda, *Intelligent Manufacturing and Engineering*, عدد July. 2019.
- [7] H. Yi, J. Liu, P. Ao, E. Lu, و H. Zhang, "Visual method for measuring the roughness of a grinding piece based on color indices", *Opt. Express*, 17233–17215, ص.ص. 24, عدد 15, ص.ص. 2016.
- [8] ع. ا. الموسوي، عملية تصنيع المعادن. دار الرضوان للنشر والتوزيع، 2013.
- [9] B. Bhushan, "Surface roughness analysis and measurement techniques", في *Modern tribology handbook, two volume set*, CRC press, 2000, 150–79, ص.ص.
- [10] S. A. WHITEHEAD, A. C. SHEARER, D. C. WATTS, و N. H. F. WILSON, "Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic", *J. Oral Rehabil.*, عدد 22, ص.ص. 1995, 427–421, doi: 10.1111/j.1365-2842.1995.tb00795.x.
- [11] Z. Yilbas و M. S. J. Hasmi, "Surface roughness measurement using an optical system", *J. Mater. Process. Technol.*, 88, ص.ص. 1999, 22–10, ص.ص. 1, عدد 1, ص.ص. 1999, 22–10, doi:

- [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(98\)00356-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(98)00356-2).
- [12] G. Samtaş, "Measurement and evaluation of surface roughness based on optic system using image processing and artificial neural network", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, مج. 73، عدد 1-4، ص.ص. 364-353، 2014.
- [13] R. K. Beemaraj, M. S. Chandra Sekar, و V. Vijayan, "Computer vision measurement and optimization of surface roughness using soft computing approaches", *Trans. Inst. Meas. Control*, 2020، 2481-2475، ص.ص. 13، عدد 42، مج. 10.1177/0142331220916056.
- [14] S. E. Umbaugh, *Digital image processing and analysis: human and computer vision applications with CVPTools*. CRC press, 2010.
- [15] R.-S. Lu, G.-Y. Tian, D. Gledhill, و S. Ward, "Grinding surface roughness measurement based on the co-occurrence matrix of speckle pattern texture", *Appl. Opt.*, مج. 45، عدد 35، ص.ص. 8847-8839، 2006.
- [16] O. V Angelsky, A. P. Maksimyak, P. P. Maksimyak, و S. G. Hanson, "Optical correlation diagnostics of rough surfaces with large surface inhomogeneities", *Opt. Express*, مج. 14، عدد 16، ص.ص. 7311-7299، 2006.
- [17] B. Kim و J. Seo, "Measurement of surface roughness of plasma-deposited films using laser speckles", *Appl. Surf. Sci.*, 2015، 208-204، ص.ص. 359، مج. 10.1016/j.apsusc.2015.10.070.
- [18] A. M. Nakamura, A. Kamei, M. Kogachi, و T. Mukai, "Laboratory measurements of laser-scattered light by rough surfaces", *Adv. Sp. Res.*، 1204-1201، ص.ص. 7، عدد 23، مج. 1999، doi: 10.1016/S0273-1177(99)00183-0.
- [19] H. Liu, J. Li, Y. Yang, J. Lan, و Y. Xue, "Automatic process parameters tuning and surface roughness estimation for laser cleaning", *IEEE Access*, 2020، 20919-20904، ص.ص. 8، مج. 10.1109/ACCESS.2020.2970086.
- [20] S. Saarakkala, M. S. Laasanen, J. S. Jurvelin, و J. Töyräs, "Quantitative ultrasound imaging detects degenerative changes in articular cartilage surface and subchondral bone", *Phys. Med. Biol.*، 2006، 5346-5333، ص.ص. 20، عدد 51، مج.

- doi: 10.1088/0031-9155/51/20/017.
- [21] S. J. Oh, Y. C. Shin, و E. S. Furgason, "Surface Roughness Evaluation Via Ultrasonic Scanning", *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, 41، عدد 6، ص.ص. 871–863، مج. 1994، doi: 10.1109/58.330267.
- [22] G. V Blessing, J. A. Slotwinski, D. G. Eitzen, و H. M. Ryan, "Ultrasonic measurements of surface roughness", *Appl. Opt.*, 32، عدد 19، ص.ص. 3437–3433، مج. 1993، doi: 10.1364/AO.32.003433.
- [23] A. Valikhani, A. Jaber Jahromi, S. Pouyanfar, I. M. Mantawy, و A. Azizinamini, "Machine learning and image processing approaches for estimating concrete surface roughness using basic cameras", *Comput. Civ. Infrastruct. Eng.*, 2020، ص.ص. 14–1، doi: 10.1111/mice.12605.
- [24] F. Luk, V. Huynh, و W. North, "Measurement of surface roughness by a machine vision system", *J. Phys. E.*, 22، مج. 1989، ص.ص. 980–977، عدد 12، doi: 10.1088/0022-3735/22/12/001.
- [25] B. Ramamoorthy و V. Radhakrishnan, "Statistical approaches to surface texture classification", *Wear*, 167، عدد 2، مج. 1993، ص.ص. 161–155، doi: [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(93\)90320-L](https://doi.org/10.1016/0043-1648(93)90320-L).
- [26] E. S. Gadelmawla, "A vision system for surface roughness characterization using the gray level co-occurrence matrix", *NDT E Int.*, 2004، ص.ص. 588–577، عدد 7، مج. 2004، doi: <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2004.03.004>.
- [27] W. Liu, X. Tu, Z. Jia, W. Wang, X. Ma, و X. Bi, "An improved surface roughness measurement method for micro-heterogeneous texture in deep hole based on gray-level co-occurrence matrix and support vector machine", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2013، ص.ص. 593–583، عدد 1، مج. 2013، doi: 10.1007/s00170-013-5048-0.
- [28] R. Kamguem, S. A. Tahan, و V. Songmene, "Evaluation of machined part surface roughness using image texture gradient factor", *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, 14، عدد 2، مج. 2013، ص.ص. 190–183، doi: 10.1007/s12541-013-0026-x.
- [29] M. A. Younis, "On line surface roughness measurements

- using image processing towards an adaptive control", *Comput. Ind. Eng.*, 1998, 52–49 ص.ص. 1، عدد 35، مج. doi: [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(98\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(98)00017-5).
- [30] R. Kumar, P. Kulashekar, B. Dhanasekar, و B. Ramamoorthy, "Application of digital image magnification for surface roughness evaluation using machine vision", *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, 2005, 234–228 ص.ص. 2، عدد 45، مج. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2004.07.001.
- [31] D. M. Shivanna, M. B. Kiran, G. S. Venkatesh, و S. D. Kavitha, "Analyzing the effects of machining parameters on surface roughness of machined surfaces using vision system", *Mater. Today Proc.*, 2021 يونيو، doi: 10.1016/J.MATPR.2021.06.254.
- [32] A. Aggarwal و M. Kumar, "Image surface texture analysis and classification using deep learning", *Multimed. Tools Appl.*, 2021, 1309–1289 ص.ص. 1، عدد 80، مج. doi: 10.1007/s11042-020-09520-2.
- [33] G. Yang و F. Xu, "Research and analysis of Image edge detection algorithm Based on the MATLAB", *Procedia Eng.*, 2011, 1318–1313 ص.ص. 15، مج. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.243>.
- [34] R. Maini و H. Aggarwal, "Study and comparison of various image edge detection techniques", *Int. J. image Process.*, مج. 3، عدد 1، ص.ص. 1–11، 2009.
- [35] J. Xu و آخ، "Automatic extraction of lineaments based on wavelet edge detection and aided tracking by hillshade", *Adv. Sp. Res.*, 2020, 517–506 ص.ص. 1، عدد 65، مج. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.09.045>.
- [36] G. T. Shrivakshan و C. Chandrasekar, "A comparison of various edge detection techniques used in image processing", *Int. J. Comput. Sci. Issues*, 2012, 269 ص.ص. 5، عدد 9، مج.
- [37] P. Ganesan و G. Sajiv, "A comprehensive study of edge detection for image processing applications", *2017 في international conference on innovations in information, embedded and communication systems (ICIIECS)*, 2017, 6–1 ص.ص.
- [38] M. Gandhi, J. Kamdar, و M. Shah, "Preprocessing of non-

- symmetrical images for edge detection", *Augment. Hum. Res.*, 2020، 10-1، ص.ص. 1، 5، مج. 5، عدد 1، ص.ص. 10-1، 2020.
- [39] S. Ghodrati, M. Mohseni, و S. Gorji Kandi, "Application of image edge detection methods for precise estimation of the standard surface roughness parameters: Polypropylene/ethylene-propylene-diene-monomer blend as a case study", *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, ص.ص. 138، مج. 138، 2019، 90-80، doi: 10.1016/j.measurement.2019.02.033.

دراسة تأثير مسحوق وبقايا مسحوق القهوة كسماد طبيعي في تحسين خواص الترب الرملية وعلى إنتاجية نبات الخس *Lactuca sativa* L

ناجية الشويرف^{1*}، أحمد الشريف²، عادل بشير³ وهاجر عبد الكريم⁴

1 & 4 - قسم علم النبات/ كلية العلوم جامعة غريان.

najia.shwerif@gu.edu.ly

2 - قسم علم البيئة والموارد الطبيعية/كلية العلوم، جامعة غريان.

ahmed.alshareef@gu.edu.ly

3- جهاز استثمار منظومة جبل الحساونة -الجفرة للنهر الصناعي، جامعة طرابلس

الملخص

تُعد إضافة الأسمدة الطبيعية من أهم وسائل تعويض الترب من فاقد المغذيات الضرورية لنمو النبات، وذلك لأهميتها في تحسين خواص التربة، وبالتالي زيادة الإنتاج. تم اختيار نبات الخس لهذه الدراسة باعتباره من أكثر الخضروات الورقية إنتاجاً واستهلاكاً في أغلب مناطق ليبيا، نظراً لقيمته الغذائية العالية، بينما تم اختيار التربة الرملية بناء على بعض الخصائص مثل قوامها الخفيف وحسن تهويتها واعتدال قلويتها. قُسمت التربة إلى ثلاثة أقسام، الأولى بدون سم، الثانية سُمّدت بمسحوق بقايا القهوة، والثالثة سُمّدت بمسحوق القهوة الطازجة. كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مدى تأثير إضافة مسحوق القهوة كسماد في خواص التربة الرملية، ومن تم في معدل نمو نبات الخس. تمّت الزراعة في أصص بعدد (8) تكرارات لكل نوع من أنواع الترب الثلاثة، استمرت فترة الانبات نحو 10 أسابيع، ووضعت الأصص في ظروف البيئة الخارجية، تمت دراسة تربة التجريب (الرملية) دراسة مورفوميديانية شملت جوانب الوصف المورفولوجي (نوع الأفق ودرجة اللون) ودراسة التحليل الفيزيائي (القوام، البناء والكثافة الظاهرية) وحساب نسبة الكلس $CaCO_3$ ، بينما تم تحليل أنواع الترب الثلاثة كيميائياً وخصوصياً (درجة الـpH، الموصلية الكهربائية EC، النيتروجين N، الفوسفور P والبوتاسيوم K). وتم قياس الصفات الخضرية للنباتات النامية (طول النبات عدد الأوراق، الوزن الطري والجاف). انتهت نتائج الدراسة إلى أن إضافة سماد مسحوق القهوة بنوعيه

قد تسبب في تغير ملحوظ في بعض خواص التربة الرملية، مما أثر بوضوح في عملية نمو نبات الخس، بحيث كانت أفضل معدلات النمو في التربة الرملية بدون تسميد مقارنة مع أنواع الترب الأخرى، وكانت التربة المسمدة بالقهوة الطازجة الأضعف نمواً من حيث عدد الأوراق، وكانت التربة المسمدة بمسحوق بقايا القهوة الأضعف نمواً من حيث طول النبات لمجاميع الترب الثلاث. وقد لوحظ أن نمو نبات الخس في التربة بمسحوق بقايا القهوة ومسحوق القهوة الطازجة كان في البداية ضعيفاً، ثم توقف عن النمو ومات، بينما ازداد نمو نبات الخس المزروع في التربة الرملية بدون إضافات بطريقة ملحوظة، وبذلك توصلت الدراسة إلى أن التسميد بمسحوق القهوة له تأثير سلبي واضح على بعض خواص التربة الرملية، ومن ثم نمو نبات الخس.

الكلمات المفتاحية: مسحوق القهوة، التربة الرملية، التسميد، نبات الخس، العناصر الغذائية.

Abstract

Soil fertilization is one of the most important means to compensate soils from the loss of necessary nutrients for plant growth, and improving soil properties, which leads to increase crop production. In this study Lettuce has been chosen because it is one of the most productive and consumed leafy vegetables in different parts of Libya due to its high nutritional value, while the sandy soil was chosen due to its light texture, good ventilation and moderate alkalinity. The aim of this study was to determine the effect of adding coffee powder as fertiliser on soil properties and growth rate of lettuce plants. The soil was grouped into three groups, the first group was without fertilisation, the second was fertilised with coffee residue powder and the third was fertilised with fresh coffee powder. Lettuce was planted in 8 replicated pots for each group. The germination period lasted about 10 weeks, and pots were placed in the conditions of the external environment. Different studies were applied for the used soil including morphofield aspects of morphological description (the type of horizon and hue), the physical analysis (Texture, Structure and bulk density) and the concentration of calcium $CaCO_3$. Moreover, soils were chemically

analysed for (PH, EC, N, P and K). Growth parameters such as (Plant height, number of leaves, fresh and dry weight) of lettuce were measured. The results showed that the addition of coffee powder as fertiliser caused noticeable changes in soil characters, which clearly affected the growth stages of lettuce plant. The best growth rates were obtained with unfertilised sandy soil compared with the other types of soil. The soil fertilized with fresh coffee resulted in decreased number of the leaves, while coffee residue powder resulted in significant decrease in plant height, which subsequently, stopped growing and died. Comparatively, growth of plants seeded soil without additives increased in a noticeable way. Therefore, this study suggests that fertilising with coffee powder may have a negative effect on some of soil properties and consequently the growth rate of the lettuce plant.

Keywords: sandy soil, fertilisation, coffee residue, lettuce, nutrient elements.

المقدمة

تعتبر نوعية التربة من بين أهم العوامل البيئية المؤثرة في حياة النباتات، حيث تعتبر المصدر الأساسي للمغذيات اللازمة لنموها [1]. فالمادة الناتجة عن تفتت الصخور ميكانيكياً، مع وجود بعض البقايا العضوية، وعند تعرضها لبعض التغيرات الكيميائية (Chemical Alterations) خلال فترة زمنية معينة، تكون لنا مادة التربة (soil material) [2]، لكن تظل درجة ملائمتها لحياة نباتية مناسبة مرتبطة بما اكتسبته التربة من خواص فيزيائية وكيميائية وخصوبية. لذا تتباين الترب فيزيائياً من حيث درجة القوام (Texture) وطبيعة البناء (Structure) والكثافة (Density)، والخصائص الكيميائية كالمحتوى من الأملاح الكلية، ودرجة الحامضية، و المغذيات المختلفة خاصة الكبرى منها. إن محاولة اختيار أنسب الترب، ومحاولة العمل على تحسين خواصها الخصوبية بأفضل الطرق، يجب أن يكون بالوسائل المناسبة للوصول بمعدلات النمو النباتي والمحصولي إلى أفضل المستويات. نظراً للأثار السلبية للأستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية على التربة والنبات ومن تم على الإنسان والبيئة [3]، نتيجة للجهل بآلية الاستعمال الأمثل وطلباً للربح السريع، أصبح التركيز على استخدام السماد الطبيعي

(العضوي) أمر لا مناص منه لتحسن خواص التربة وضمان توفير احتياجات النباتات من العناصر الضرورية والتقليل من الأثر السلبي للأسمدة الكيماوية. نظرا لزيادة المخلفات الناتجة عن الاستهلاك العالمي للقهوة أدى الى ظهور العديد من الدراسات حول إمكانية استخدام هذه المخلفات كسماد عضوي للنباتات المختلفة في المنازل والحدائق، بالرغم من عدم وجود أدلة علمية عن فعاليتها وسلامتها على النباتات [10]. في هذه الدراسة تم اختيار نوع من أنواع المخصبات العضوية المتمثلة في مسحوق القهوة (coffee powder) وبقايا القهوة، بينما تم اختيار نوع التربة الرملية الموصوفة بفقرها بالمغذيات الكبرى والمادة العضوية، بهدف معرفة مدى تأثير هذا النوع من السماد على خواصها الكيميائية والخصوية، وتحديد تأثير كل ذلك على نمو نبات الخس (*Lactuca sativa*) والوقوف على التغير الحاصل في معدلات النمو الخضري للنبات بالتربة الغير معالجة بالتسميد الطبيعي، وبالترب المعالجة بسماد مسحوق القهوة الخام والمستعمل.

المواد وخطوات العمل

تم الحصول على بذور الخس من محل تجاري لبيع البذور والشتول بغريان - ماء مقطر - أصص بلاستيكية (عدد 24) - تربة - مسحوق قهوة طازجة - بقايا مسحوق القهوة - مسطرة لقياس طول النبات - حضانة - مخبر مدرج - أنابيب اختبار - كاميرا - جهاز (Spectrophotometer).

تحديد خصائص التربة (الخواص المورفولوجية والفيزيائية) :

تم اختيار نوع التربة الرملية (Psaments) لإجراء عملية الاختبار المحصولي، وذلك لما تتميز به من خواص بيولوجية Pedology يمكن أن تكون مناسبة لزراعة ونمو نبات الخس. تم احضار هذه التربة من منطقة القضاة بغريان على عمق ما بين (25-30 سم)، وتم تحديد نوع الافق ودرجة اللون. بالإضافة الى ذلك تم تحديد قوام التربة (Soil) Texture باستخدام طريقة الهيدروميتر (Hydrometer method)، و اسقاط القراءة على مثلث قوام التربة (Soil texture triangle)، كما تم تحديد بناء التربة (Soil Structure). كذلك تم تقدير محتوى التربة من الكلس (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) بطريقة الكشف الحقلي، باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف

(HCl) بنسبة (1:9) تبعا للمرجع [4] . كما تم حساب الكثافة الظاهرية للتربة (DensitySoil Bulk) باستخدام طريقة الأسطوانة معلومة الحجم. تحليل عينات التربة (الخواص الكيميائية والخصوبية):

أجريت مجموعة من التحليلات المخبرية الهامة لعينات التربة الثلاث (في مختبر جهاز مشروع النهر الصناعي، استناداً على المصدر [12] ، واشتملت هذه التحليلات تحديد كل من pH بواسطة جهاز (pH meter)، والأملاح الكلية الذائبة (Total Soluble Salts) تم تقديرها بحساب درجة الموصلية الكهربائية EC باستخدام جهاز (EC-meter). كما تم تقدير العناصر المغذية الكبرى (N، P، K) المتيسرة للنبات بطرق مختلفة، حيث تم قياس محتوى عينات التربة من النيتروجين المتيسر (N) باستخدام جهاز (Kjeldahl) من خلال عمليتي الهضم (digestion) والتقطير (distillation). بينما تم تقدير الفوسفور المتيسر (P) والبوتاسيوم (K) بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer) أو ما يعرف Flame- photometer.

تحضير مسحوق القهوة وبقايا مسحوق القهوة: تم الحصول على مسحوق القهوة الطازجة وبقايا مسحوق القهوة من مقهى الكلية، وتم تقطيت بقايا القهوة باليد بشكل جيد، ثم وضعت على قطعة قماش نظيفة تحت أشعة الشمس للتجفيف، وبقت لمدة خمسة أيام حتى أصبحت جافة تماما.

تحضير عينات التربة للزراعة: تم تقسيم التربة المستخدمة في التجربة إلى ثلاثة أقسام: القسم الاول: تربة غير مضاف إليها أي نوع من الأسمدة. القسم الثاني: تربة مضاف إليها مسحوق القهوة الطازجة بمقدار (1 كجم / 10) كجم تربة. القسم الثالث: تربة مضاف إليها مسحوق بقايا القهوة بمقدار (1 كيلو جرام / 10) كجم تربة. تم تحديد هذه الكمية طبقاً للدراسات السابقة [11]. أخذ حوالي (1) كجم من تربة كل قسم لإجراء الاختبارات الفيزيائية، الكيميائية والخصوبية المذكورة أعلاه وتم وضع 250 جرام لكل أصيص توزيع أصيص بواقع (8) تكرارات لكل نوع من أنواع التربة الثلاثة. وضعت البذور فيها بواسطة ملقط، ومن ثم تغطيتها بطبقة من التربة غي حدود 2سم، مع الري الدوري بكميات متساوية من الماء لكل الأصائص. استمرت فترة الانبات حوالي (10) أسابيع في البيئة الخارجية،

مع مراقبة ومتابعة طبيعة التغيرات المورفولوجية، وتسجيل الملاحظات. أجريت الدراسة في الفترة من فبراير الى ابريل عام 2019م داخل مبنى كلية العلوم بغريان. قياس الصفات الخضرية لنبات الخس: من خلال لعمليات الإنبات ومراحل النمو، تبين أن البادرات في الخروج وتكوين البراعم والأوراق بعد اسبوع من الزراعة، من هنا بدأت مرحلة أخذ القياسات المطلوبة أسبوعياً، والمتمثلة في قياس كل من: عدد الأوراق، طول النبات، الوزن الطري والجاف.

2. التحليل الاحصائي: تم تحليل نتائج هذه الدراسة باستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS)، وذلك باختبار (T.test) لإجراء المقارنات بين متوسط البيانات، حيث اشتملت كل مجموعة من مجاميع الترب الثالث على عدد ثمانية تكرارات لكل مجموعة (n=8) و القيمة الاحتمالية (P<0.05).

3. النتائج

الخواص المورفولوجية والفيزيائية للتربة

نوع الأفق والدرجة اللونية: أوضحت نتائج نوع الأفق التشخيصي السطحي أنه أفق فاتح اللون يعرف بالأفق الأوكري (Epipedon Ochric)، و هو نوع من الأفاق المعدنية (Mineral Horizons)، لانخفاض المادة العضوية به والتي تظهر في لونه الفاتح، حيث أظهرت العينة المقاسة بواسطة دليل مُنسل للألوان (Soil Color Charts Munsull Standard) أن لون التربة (Colour Soil) يندرج تحت القراءة 8/ 5 YR5 (أحمر مصفر عالي النقاوة اللونية Chroma).

قوام التربة Soil Texture: أظهرت النتائج ان تربة ذات قوام الرملي لارتفاع نسبة مفصولات الرمل إلى نحو (95%)، بينما جاءت نسبة الغرين (Silt) نحو (04.28%) ونسبة الطين نحو (00.72%)، جدول (1).

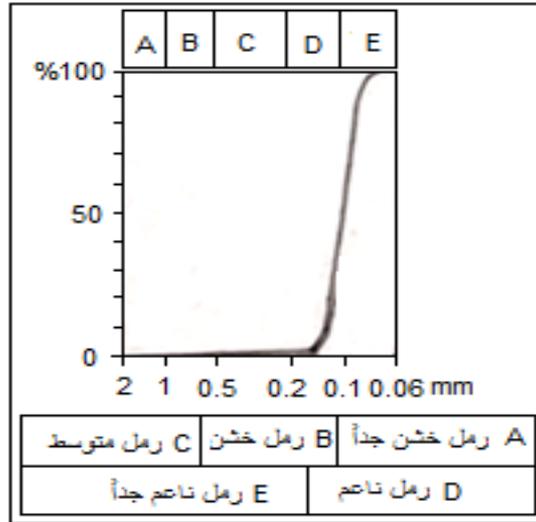
جدول (1) التركيب النسيجي لمفصولات عينة التربة بمنطقة القمامة .

القوام	النسيج العام (%)			عينة تربة منطقة القمامة
	طين	سلتا غرين	رمل	
رملي	00.72	04.28	95.00	

جدول (2) الترتيب الحجمي لمفصولات فئة الرمال بعينة التربة منطقة القضاة .

الفئات الحجمية للرمل	رمل خشن جداً	رمل خشن	رمل متوسط	رمل ناعم	رمل ناعم جداً
النسبة (%)	00.03	00.08	00.49	40.29	54.11

وبعد القيام بنخل مفصولات الرمل بعدد (16) غربال، وتمثيلها بيانياً على ورقة المنحنى البياني نصف لوغاريتمي، تبين أن الرمال الناعمة والناعمة جداً تمثل 95%، جدول (2) والشكل التالي رقم (1).



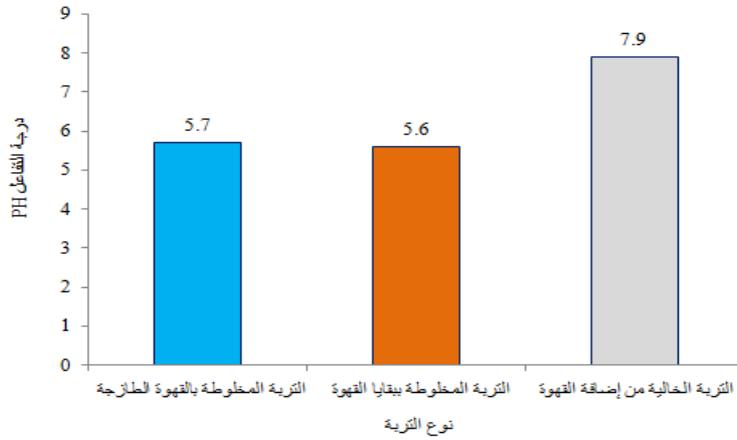
شكل (1): يوضح المنحنيات الحبيبية للرمل (عينة تربة منطقة القضاة).

نسبة الكلس (CaCO_3): كانت قراءة التفاعل الحاصل بسبب تصاعد (CO_2) الناتج عن إضافة HCL لعينة التربة هي (++) مما يدل على احتواء التربة على كمية متوسطة من (CaCO_3).

الكثافة الظاهرية للتربة: دلت عملية التقدير على أن الكثافة الظاهرية للتربة كانت (1.3) جرام/سم³.

الخواص والكيميائية والخصوبية للتربة

درجة التفاعل pH : جاءت نتائج تقدير PH التربة على النحو المبين في الشكل (2) وفق التالي: التربة الخالية من إضافة القهوة (7.9 قلوية خفيفة)، التربة المخلوطة ببقايا القهوة (5.6 حامضية) و التربة المخلوطة بالقهوة الطازجة (5.7 حامضية).



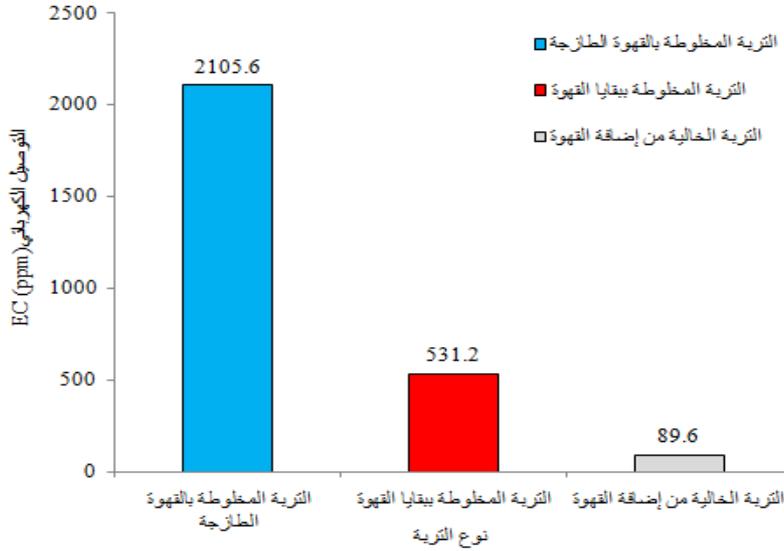
شكل (2) يوضح متوسط قيم درجة التفاعل pH لعينات التربة .

يتبين من القراءات السابقة ميول العينة الأولى إلى القلوية، بينما اتجهت العينة الثانية والثالثة إلى الدرجة الحامضية، يعكس ذلك دور التأثير الواضح لسماذ مسحوق القهوة على تحميص التربة.

معدل الناقلية الكهربائية (EC): من الواضح وفق المبين بالجدول (3) والشكل (3) تميز التربة الرملية بالمنطقة بضعف معدل (EC) التي بلغت ما نسبته (0.14%)، وكذلك بالنسبة لعينة التربة الرملية المخلوطة بمسحوق بقايا القهوة التي لم تتعد عنها كثير، حيث سجلت نحو (0.83%) دلالة على ضعف تركيز الأملاح الكلية الذائبة، في الوقت نفسه يتضح الارتفاع النسبي في (EC) عينة التربة المخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة وبفارق معنوي وصل إلى (3.29%).

جدول (3) تقدير درجة التوصيل الكهربائي EC لعينات التربة.

الدرجة	EC (ppm)	EC (mmhos/Cm)	البيان
غير ملحية	89.6	0.14	التربة الخالية من إضافة القهوة
غير ملحية	531.2	0.83	التربة المخلوطة ببقايا القهوة
ملوحة متوسطة	2105.6	3.29	التربة المخلوطة بالقهوة الطازجة



شكل (3) : يوضح متوسط قيم درجة التوصيل الكهربائي EC لعينات التربة .

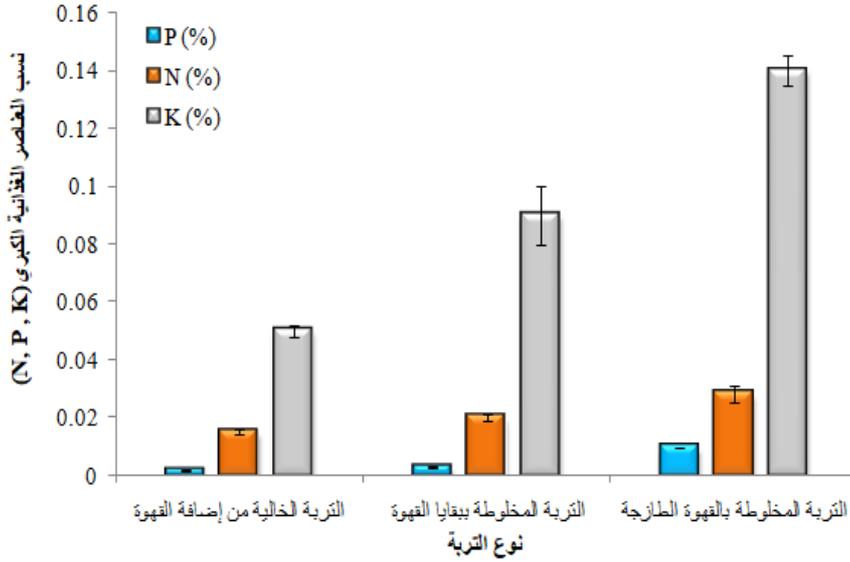
نسب العناصر الغذائية الكبرى المتيسرة (N، P، و K) في عينات التربة :

من خلال بيانات التحليل لعينات الترب المبينة في الجدول (5) والشكل (4)، يتضح التدهور الكبير في محتواها من النيتروجين (N) المتيسر، في حين سجلت العينة المخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة النسب الأكبر. تعتبر القراءة المسجلة للتربة بدون إضافات هي السائدة فعلاً بسبب ضعف الغطاء النباتي ومن تم المادة العضوية (OM) [9]، كذلك وفق المبين بالجدول (5) والشكل (4) دلت النتائج على انخفاض معدلات

الفوسفور (P) بكل عينات التربة، مع ملاحظة تسجيل عينة التربة المخلوطة بالقهوة الطازجة المعدل الأكبر، تأتي بعدها نسبة عينة التربة بالبقايا، وتعد هذه القراءة السمة السائدة بكل ترب المنطقة، لارتباط ذلك بكل من pH ومادة أصل التربة (Parent Material Soil). جاءت نتائج التحليل المبينة بالجدول (5) والشكل (4)، لتدل على انخفاض نسبة البوتاسيوم (K) بكل العينات، وبشكل خاص بعينة التربة بدون إضافات، وهي كما تشير بعض الدراسات مما تتميز به نسب العناصر المغذية بترب المنطقة. إذ من المعلوم ارتباط وفرة عنصر البوتاسيوم بكل من مادة أصل التربة والعمليات البيومناخية (bioclimatic processes) [5]، في حين سجلت عينة التربة المخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة نسبة مرتفعة مقارنة بعينتي التربة الأخرى.

جدول (5) متوسط نسب النيتروجين المتيسر (N)، الفوسفور المتيسر (P) و البوتاسيوم المتيسر (K) في عينات التربة (± الانحراف المعياري).

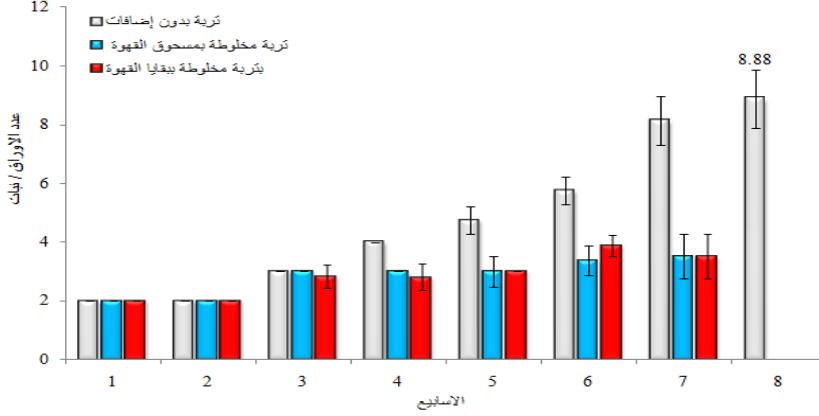
البوتاسيوم		الفوسفور		النيتروجين		البيان
K (%)	K (ppm)	P (%)	P (ppm)	N (%)	N (ppm)	
0.05 ± 0.002	± 560 1.20	± 0.002 0.000	± 16.55 1.04	± 0.02 0.00	± 145 0.57	التربة الخالية من إضافة القهوة
0.09 0.01 ±	± 880 0.57	0.0029 0.001 ±	± 28.97 1.05	0.02 0.01 ±	± 195 1.52	التربة المخلوطة ببقايا القهوة
0.14 ± 0.004	± 1440 0.58	0.0096 0.001 ±	± 96.2 1.10	0.028 0.01 ±	± 275 1.22	التربة المخلوطة بالقهوة الطازجة



شكل (4) يوضح متوسط قيم نسبة النيتروجين المتيسر (N) ، الفوسفور المتيسر (P) و البوتاسيوم المتيسر (K) في عينات التربة.

الصفات الخضرية لنبات الخس

عدد الأوراق: أوضحت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية معنوية بين مجاميع التربة الثلاثة في متوسط عدد الأوراق في أنواع الترب لكل أسبوع مع حدوث تكبير لبزوغ عدد أوراق نبات الخس بشكل متساوي في الأسبوع الأول والثاني لمجموعات الترب الثلاثة، (أنظر الى الشكل رقم 5) ثم انخفض متوسط نمو عدد الأوراق معنويا للنباتات النامية في التربة المخلوطة بمسحوق بقايا القهوة والمخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة مقارنة بالنباتات التي نمت في التربة بدون اضافات.



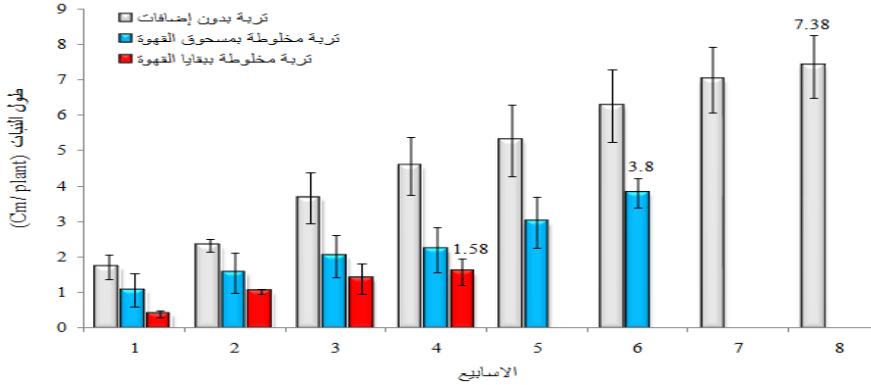
شكل (5): متوسط قيم عدد الأوراق النامية خلال ثمان أسابيع بمجاميع الترب الثلاثة (\pm الانحراف المعياري) حيث ($P < 0.001$) و $n=8$.

سجلت النباتات النامية في التربة المخلوطة ببقايا القهوة والمخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة أعلى معدل لزيادة عدد الأوراق في الاسبوع السادس ثم أنخفضت وبدأت بالجفاف حتى ماتت بالكامل.

طول النبات

نلاحظ من نتائج قياس معدل الطول لنبات الخس أن هناك تفاوتاً في زيادة طول النبات للأنواع الثلاثة، حيث أن أفضل نمو كان بالتربة بدون اضافات، تليها التربة المسمدة بمسحوق القهوة الطازجة، ثم التربة بمسحوق ببقايا القهوة، حيث توقف نمو النباتات في تربة ببقايا مسحوق القهوة منذ الأسبوع الخامس، بينما استمر نمو النبات في التربة المسمدة بمسحوق القهوة الطازجة إلى الأسبوع السادس، ثم توقف في الأسبوع السابع. كما هو موضح بالشكل رقم (6).

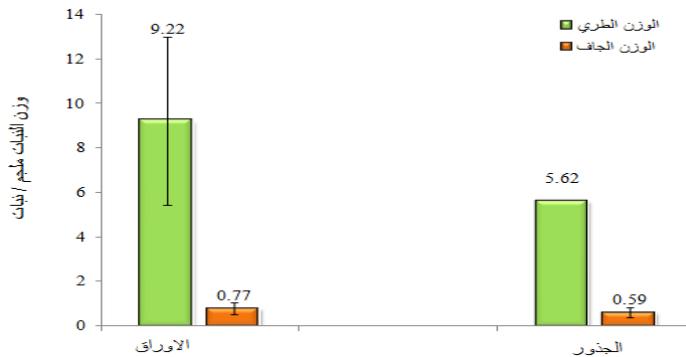
يدل هذا على تفوق معدل نمو طول النباتات في التربة بدون إضافات معنوياً على النباتات التي نمت في الترب المخلوطة بمسحوق القهوة الطازجة والمخلوطة بمسحوق ببقايا القهوة والتي كان لها الاثر السلبي لتسميد التربة بهما الامر الذي أدى لموت النباتات.



شكل (6): متوسط قيم طول النباتات خلال ثمان أسابيع بمجاميع التربة الثلاثة (\pm الانحراف المعياري) حيث ($P < 0.001$) و $n=8$.

الوزن الطري والجاف

أوضحت نتائج الوزن الطري والجاف (الأوراق والجذور) نباتات الخس التي تفوقت ونجحت في النمو في التربة بدون إضافات مقارنة بباقي مجاميع التربة المخلوطة بمسحوق القهوة والمخلوطة بقايا القهوة. حيث سجلت فروقات معنوية واضحة بين وزن المجموع الخضري والمجموع الجذري وزيادة كتلة النبات الطرية. (أنظر الى الشكل رقم. 7).



شكل (7): متوسط قيم الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري والجذور لنبات الخس بالتربة الأصلية بدون إضافات (\pm الانحراف المعياري) حيث ($P < 0.001$) و $n=8$.

4. المناقشة

من خلال الدراسات السابق تبين وجد اختلاف في وجهات النظر حول جدوى استخدام مسحوق القهوة كسماد أو محسن طبيعي لخواص التربة الفقيرة بالعناصر الغذائية لاسيما الكبرى، وما ينتج عنها من تأثيرات في بعض خواصها الكيميائية والخصوبية من جهة، ومن جهة أخرى تأثير ذلك على نمو بعض المحاصيل الزراعية. لذلك حاولت هذه الدراسة المساهمة في معالجة وحلحلة هذه الإشكالية.

أظهرت نتائج التحليل المورفوميدياني والتحليل المخبري الفيزيائي لتربة لعينات التربة أنها رملية القوام، مع ارتفاع واضح في نسبة الرمال الناعمة والناعمة جداً، وهذا ما جعلها منخفضة الكثافة الظاهرية (1.3جم/سم³)، فهي بذلك تعتبر من الترب الخفيفة جيدة التهوية والصرف، حيث أن هذه الخصائص توافق ما أشارت إليه بعض الدراسات من زيادات إنتاجية نبات الخس في الترب الرملية [6]، وأن التربة الرملية الطميية جيدة الصرف سجلت أعلى إنتاجية لنبات الخس [7].

بالإضافة الى ذلك، يعتبر هذا النوع من الترب فاتحة اللون وعالية (الكروما Chroma) 8 / 5 YR، بسبب انخفاض المادة العضوية، الامر الذي ينطبق على معظم الترب اللببية حيث لا تتجاوز نسبة المادة العضوية بها (1%) [13]، الامر الذي يتطلب تحسين خواصها الخصوبية لتعويض فقرها بالمادة العضوية.

بناء على هذه الخصائص تم اختيار مسحوق القهوة كمخصب العضوي لمحاولة تحسين الخواص الخصوبية للتربة خاصة العناصر الكبرى منها، حيث ذكرت دراسة حول التركيب الكيميائي لبقايا القهوة إلى أنها تتضمن نسب مهمة من العناصر الكبرى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم تصل إلى (1.2-2.3 % و -0.02-0.5 % و 0.35 %) على التوالي [14] و [15].

جاءت نتائج التحليل للعناصر المذكورة في نوعي التربة المعاملة بمسحوق القهوة غير موافقة لما ورد بالدراسة السابقة، وإنما حدث هو تحسن طفيف في تركيزه العناصر، (0.028%، 0.0096%، 0.14%)، على التوالي بعينة تربة مسحوق القهوة الطازجة، و (0.02%، 0.0029%، 0.09%) بعينة تربة مسحوق بقايا القهوة على التوالي، وبالتالي ظلت التربة ضعيفة في العناصر الخصوبية المذكورة، وكانت معدلات

انبات ونمو نبات الخس بالتربة الغير مسمده بالرغم من تدني نسب العناصر المذكورة أفضل من الترب المضاف إليها مسحوق القهوة بنوعيه، وهنا يُطرح السؤال لماذا لم تتجح عملية نمو نبات الخس بعينتي تربة مسحوق القهوة؟.

من خلال نتائج تحليل عينات التربة المعاملة اتضح أن سماد مسحوق القهوة بنوعيه (الطازجة و البقايا) قد تسبب في انخفاض درجة pH التربة المخلوطة بهما، فبعد أن كانت درجة تركيز الهيدروجين في التربة الأصلية مائله الى القلوية، أي (7.9) انخفضت إلي (5.7) بعينة تربة المسحوق القهوة الطازج وإلى (5.6) بتربة مسحوق البقايا، إذ يعد هذا الانخفاض كبيراً ومؤثراً على هذا النوع من النبات، فكما هو معلوم أنه يقابل كل تغير في تركيز أيون (H+) مقداره (10) أضعاف، تغير بمقدار واحد في قيمة الـ pH، أي كلما ارتفع تركيز أيون (H+) انخفضت قيمة الـ pH وصارت العينة أكثر حامضية [8]، والمرجح أن مادة الكافيين في مسحوق القهوة هي المسؤولة عن هذه الحالة ، فموت نبات الخس (في التربة المسمدة بالقهوة الطازجة والمسمدة ببقايا القهوة) كان بسبب حامضية الـ pH ، إذ و كما تشير بعض الدراسات أن نبات الخس من المحاصيل التي تتناسب ودرجة حموضة التي تزيد عن 6، [9] . وقد يكون الارتفاع في نسبة المواد العضوية (أكثر من 9% مقارنة ب 1% الاصل) سببا في زيادة نسبة CO₂ وبالتالي تسمم النبات. في نفس الوقت لم يسبب سماد مسحوق القهوة في رفع معدل الموصلية الكهربائية EC إلى المستوى الحرج، بل كان بتربة مسحوق بقايا القهوة دون المستوى الضعيف، نحو (0.83 مللي موز/سم) أي غير ملحية ، وكان بمعدل ملوحة بسيطة بعينة تربة مسحوق القهوة الطازج نحو (3.29 مللي موز/سم)، ويعد هذ المعدل غير ضار على نمو نبات الخس، فبحسب ما يشير إليه [9] أن نبات الخس من المحاصيل التي تتحمل الملوحة المتوسطة أي ما بين (4-8 مللي موز/سم)، في نفس الوقت كانت تربة منطقة القضاة (تربة الدراسة) ما دون المعدل الضعيف (غير ملحية) إذ سجلت قيمة (0.14 مللي موز/سم)، وبالتالي تبين للدراسة أن مسحوق القهوة بنوعيه غير فعال في رفع معدل الموصلية الكهربائية EC، أي في زيادة تركيز الأملاح الكلية وفق نسبة الخلط المتبعة في الدراسة ما بين التربة والسماد المتمثلة في نسبة (1:10)، ففي الوقت الذي توافق نتائج هذه الدراسة ما ذهب إليه [3] من أن بقايا

القهوة تؤثر على حموضة التربة، لكن الدراسة لا توافقهما في أنها تؤثر على ملوحة التربة بصورة مؤثرة، و ان من المهم الإشارة إلى أن مسحوق القهوة الطازجة قد عمل على رفع واضح في درجة ال EC أي الاملاح الكلية، بالنسبة إلى ما كانت عليه بعينة مسحوق القهوة المطبوخة (المغسولة) وعينة التربة الأصلية، لذا كان لعملية طبخ القهوة دوراً مؤثراً في إزالة نسبة كبيرة من الأملاح. وعندما قمنا بإجراء مقارنة التأثير السلبي فيما بين مسحوق القهوة الطازجة (الخام) وبين مسحوق بقايا القهوة (المطبوخة)، وذلك على خواص التربة الرملية ونمو محصول الخس، تبين أن الأولى أفضل حالاً من مسحوق بقايا القهوة - مع ملاحظة أنهما ليستا مناسبتين كما تبين لنمو هذا النوع من المحاصيل - فبالرجوع إلى التحليلات السابقة يتضح أن عينة سماد مسحوق بقايا القهوة سبب في تحميض العينة بصورة أكبر قليلاً من مثيلتها، وفي نفس الوقت الذي سجلت فيه عينة التربة المخلوطة بالقهوة الطازجة معدل pH أقل سجلت معدل أعلى في العناصر المغذية الكبرى (N,P,K)، قد يكون هذا هو السبب في استمرار نمو النبات بها لأسبوع زائد على نمو وموت النبات ببقايا القهوة، في حين كان معدل النمو جيد في التربة الرملية بدون إضافات، والسبب كما أشرنا هو تأثير مسحوق القهوة بحالتيه في خفض pH التربة وجعلها أكثر حامضية. بهذا تتفق نتائج الدراسة مع الدراسات السابقة بأن إضافة سماد القهوة كان له تأثير سلبي على بعض النباتات (البروكلي، الكراث، الفجل، عباد الشمس) [16]، وهنا يضاف إليها نبات الخس. ويظل السؤال المطروح كيف لم تؤدي عملية طبخ مسحوق بقايا القهوة الذي تمثل مستوى من مستويات الغسل في تخفيض معدل تأثير الكافيين المسبب في تحميض التربة؟ فمسحوق بقايا القهوة كما تبين سجل المستوى الأكثر حموضة. إن إجابة السؤال تستدعي مزيد من البحث والتجريب على هذا النوع من السماد العضوي.

الخلاصة والتوصيات

خلصت الدراسة إلى أن تربة القضاة الرملية كانت ملائمة لنمو نبات الخس بنجاح،

بالرغم من فقرها الواضح في العناصر المغذية لاسيما الكبرى منها، وأن إضافة سماد مسحوق القهوة بنوعيه لم يعمل على تحسين خواصها الخصوبية، ومن تم عدم جودة نمو نبات الخس بها، لذا ترفض نتائج الدراسة فرضيتها وتصبح بالتالي الفرضية البديلة هي أن هذا النوع من السماد كان له تأثيراً سلبياً واضحاً كمخصب طبيعي على هذا النوع من الترب وبالتالي على نبات الخس. توصي الدراسة بضرورة اجراء تجارب على النسب المضافة من هذا النوع من السماد، للتوصل إلى أنسب كمية خلط تكون ملائمة لنجاح نمو أنواع مختلفة من النباتات، كما ننصح بإجراء دراسات حول التركيبة الكيميائية لأنواع مسحوق القهوة الطازجة وبقايا القهوة المنتشرة والمستعملة تجارياً، للتعرف على محتواها من العناصر المغذية، ومدى تراكيز المركبات الكيميائية الفعالة التي قد تكون وراء انحدار pH التربة نحو الحامضية.

الشكر

نتقدم بالشكر الجزيل لمختبر جهاز الاستثمار بالنهر الصناعي لتحليل التربة والمياه، على المساعدة في التحليل الكيميائي لعينات التربة.

المراجع

- [1] تادرس، ت؛ نصر، ع؛ منتصر، ع. أسس علم النبات، (2003) المكتبة الزراعية - دار المعارف (3) :ص320-324.
- [2] عواد ، ك. مبادئ كيمياء التربة، (1986). وزارة التعليم والبحث العلمي-جامعة البصرة: ص 15 و21-22.
- [3] دويابي ، أ ؛ تريكي، م. تأثير التسميد ببقايا القهوة على ملوحة وحموضة التربة وبعض الخصائص المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات الفول، (2018). مشروع ماجستير-الجمهورية الجزائرية: ص 35-42.
- [4] بن محمود ، خ؛ سليمان، خ ؛ أبو زخار ، أ و يحيي، ط، أساسيات علم التربة وعلاقته بنمو النبات، (1995) ، الجامعة المفتوحة: ص101.

- [5] تومبسون، م ميشل، ب و تاونشيند، العمليات البيوفيزيائية في البيئة الطبيعية، (1997). ترجمة سمير محمد علي ، المجلد الثاني ، الدار السودانية للكتب: ص 533.
- [6] حسن ، أ؛ خريبة، أ؛ عجوة، أ؛ السيد، س. إنتاج الخضر، (2003). مركز جامعة القاهرة-المكتبة الزراعية الشاملة: ص 6-8.
- [7] زكي، م. زراعة الخس، (2017). مركز البحوث الزراعية، مصر:
https://www.agricultureegypt.com/Agenda/Articles/359/%D8%B2%D8%B1%D8%A7%D8%B9%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%AE%D8%B3/
- [8] هاوس، ب ، علم التربة أساسيات وتطبيقات، (2000). ترجمة فوزي الدومي، جامعة عمر المختار، البيضاء: ص 276.
- [9] بن محمود، خ. الترب اللببية (تكوينها، تصنيفها، خواصها، إمكانية الزراعة)، (1995). الهيئة الوطنية للبحث العلمي: ص 419-420.
- [10] Gomes, T; Alberto Pereira, J; Ramalhosa, E; Casal , S and Baptista, P. Effect of fresh and composted spent coffee grounds on lettuce growth, photosynthetic pigments and mineral composition, (2013). In: CongresoIbérico de Agroingenieria y CienciasHortícolas.
- [11] Yamane, k; Kono, M; Fukunaga, T; Iwai, k RieSekine; Watanabe , Y and Iijima, M Field Evaluation of Coffee Grounds Application for Crop Growth Enhancement ,Weed Control ,and Soil Improvement, (2014). *Plant Prod .Sci* 102—93 : (1)17 .
- [12] Black, C, A; Evans, MD; White, E; Ensminger and Echarck ,F. Methods of Soil Analysis, (1965). part. 2 Agron No.9. A.m.Soc.Agron.Madison.Wis.U .S .A.
- [13] S.P.L.A.J Secretariat For Agricultura Reclamation and Land Development , Soil Studies in the Western Zone of the S P L A J, (1980). Selkhozpromexport SUUR, Tripoli,

- [14] Mussatto, S. I., Carneiro, L. M., Silva, J. P. A., Roberto, I.C., and Teixeira, J. A. A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. (2011). *Carbohydrate Polymers* 83, 368–374.
- [15] Cruz, R; Baptista, P; Cunha, S; Pereira, J. A., and Casal, S. Carotenoids of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown on soil enriched with spent coffee grounds. (2012), *Molecules* 17, 1535-1547.
- [16] Hardgrove S.J. and Livesley S.J., Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. (2016). *Urban Forestry and Urban Greening*, 18, 1.

تأثير خشونة جدران الأنابيب على مقدار الفاقد في الطاقة

م. محمد عمار المنفود

محاضر بقسم الهندسة المدنية

كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا

mohammedelmanfud@gmail.com

الملخص:

تطرق هذا البحث إلى تأثير خشونة جدران الأنابيب على مقدار الفاقد في الطاقة، حيث أن لها تأثير مهم في عملية نقل وإمداد المياه وذلك لما لها من تأثير على مقدار الفاقد الناتج عن الإحتكاك بين المياه والجدار الداخلي للأنبوب.

حيث تم في البحث دراسة حالة لنوع من الأنابيب بخشونتين مختلفتين، أحدهما ناعم ($\lambda_1 = 0.02905$) والأخر خشن ($\lambda_2 = 0.07165$)، وإجراء عدة محاولات لمعرفة مدى تأثير خشونة جدار الأنبوب على الضاغط الكلي (سمت الضغط).

وخلصت الدراسة إلى أنه كلما زاد مقدار خشونة جدار الأنبوب زاد مقدار فاقد الإحتكاك وبالتالي زاد مقدار الفاقد في الطاقة.

وتوصى هذه الدراسة بالعناية عند اختيار نوع الأنابيب المستخدم في مشاريع البنية التحتية، وذلك من حيث الكفاءة الهيدروليكية والتي تتأثر بشكل مباشر بمقدار خشونة جدار الأنبوب.

الكلمات الدالة: فاقد الطاقة، فاقد الإحتكاك، الأنبوب، الخشونة.

Abstract:

This paper deals with the effect of the pipe roughness on energy losses, as it has an important effect on the process of transporting and supplying water, because of its impact on the amount of losses resulting from the friction between the water and pipe walls.

Where a case was studied for a type of pipe with two different roughnesses, One is soft ($\lambda_1 = 0.02905$), and the other is coarse

($\lambda_2 = 0.07165$), and several attempts were made to find out the effect of the roughness on the total head.

The study concluded that the greater the amount of roughness of the pipe wall, the greater the amount of friction loss, and thus the greater the amount of energy loss.

This study recommends care when choosing the type of pipe used in infrastructure projects, in terms of hydraulic efficiency, which is directly affected by the roughness of the pipe wall.

1- مقدمة

لطالما شكلت عملية إمداد المجتمعات البشرية بالمياه تحدياً كبيراً على مدى التاريخ، وذلك لأن عملية الإمداد بالمياه وضمان استمرارها تعد أحد العوامل الأساسية في نشوء وتطور المجتمعات البشرية.

ومع مرور الزمن تطورت طرق نقل المياه وصولاً إلى الوقت الحاضر والذي شهد تطوراً كبيراً في عمليات إمداد المياه، وتعد الأنابيب من أفضل الطرق المستخدمة لنقل وإمداد المياه بالمقارنة مع الطرق الأخرى كالقنوات المكشوفة مثلاً [1]، حيث أن المياه المنقولة باستخدام شبكات الأنابيب تكون أقل تعرضاً بشكل كبير للملوثات الخارجية مقارنةً بالقنوات المكشوفة، كما أنه عند استخدام الأنابيب لا تتعرض المياه لعملية التبخر وأيضاً يمكن الضخ خلالها بعكس اتجاه الجاذبية الأرضية، وهذا الأمر غير متوافر عند استخدام القنوات المكشوفة والتي تتطلب وجود انحدار كافي في اتجاه التدفق [2].

تتوفر عدة أنواع من الأنابيب بخصائص مختلفة مما وفر للمصممين عدة خيارات للمفاضلة بينها حسب الحاجة، وتمثل خشونة جدران الأنابيب عامل مهم عند المقارنة بين الأنابيب من حيث الكفاءة الهيدروليكية، وذلك نظراً للتأثير المباشر لخشونة جدران الأنابيب على مقدار فاقد الاحتكاك والذي ينعكس بشكل مباشر على مقدار فاقد الطاقة الكلي [3].

2- الفاقد في الجهد (الفاقد في الطاقة) (Loss of Head)

الفاقد في الجهد (h_L) ينقسم طبقاً لنوع المقاومة إلى نوعين [4]:

2-1 فاقد الاحتكاك (Friction Loss)

ويحدث على طول الأنبوب بسبب الاحتكاك بين المائع المتدفق وجدار الأنبوب، وتعرف أيضاً بالفواقد الرئيسية ويرمز لها برمز (h_f) .

2-2 الفاقد المحلي (الموضعي) (Local Loss)

ويحدث بسبب المرافقات والاعتراضات الحادثة للتدفق مثل التضيق أو التوسيع وكذلك بسبب وجود الصمامات، وتعرف أيضاً بالفواقد الثانوية ويرمز لها برمز (h_s) . وعلى ذلك فإن الفاقد في الجهد:

$$h_L = \sum h_f + \sum h_s \quad (1)$$

حيث أن:

$$\sum h_f = \text{مجموع الفواقد الرئيسية.}$$

$$\sum h_s = \text{مجموع الفواقد الثانوية.}$$

ويتم حساب قيمة فواقد الإحتكاك باستخدام معادلة (دارسي - فايسباخ) كما يلي [5]:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

حيث أن:

λ : معامل الاحتكاك ويعتمد على مدى نعومة وخشونة جدار الأنبوب الداخلي، ويعرف أيضاً بمعامل دارسي.

L : الطول الذي يحدث على امتداده الفاقد في الضاغط.

D : القطر الداخلي للأنبوب.

v : السرعة المتوسطة للتدفق.

g : عجلة الجاذبية الأرضية.

أما الفواقد الثانوية فيتم تحديدها باستخدام معادلة فايسباخ على الصورة [5]:

$$h_s = \xi_s \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

حيث أن (ξ_s) معامل يعتمد على نوع التغير في شكل مقطع الجريان وعلى نوع العائق الذي يسبب ذلك الفاقد.

وبشكل عام فإن مقدار الفواقد الثانوية (h_s) يمثل نسبة (10% تقريباً) [6] من مقدار الفواقد الرئيسية (h_f).

3- دراسة حالة

لتوضيح تأثير خشونة جدران الأنابيب على فواقد الطاقة، تم دراسة حالة لنوع من الأنابيب بخشونتين مختلفتين، لمعرفة مدى تأثير الخشونة على الضاغط الكلي. حيث تم تثبيت جميع المتغيرات الخاصة بالحالتين، كنوع الأنبوب والمسافة التي يتم احتساب الفاقد في الطاقة على امتدادها والقطر، مع ابقاء متغير وحيد وهو خشونة جدار الأنبوب لملاحظة التغيرات التي ستطرأ على الضاغط الكلي في كلا الحالتين.

3-1 نوع ووصف الجهاز المستخدم

لغرض إجراء المقارنة السابق ذكرها تم استخدام جهاز حساب الفواقد في الأنابيب بمعمل الموائع، والموضح بالشكل (1)، وهذا الجهاز يتكون من جزئين رئيسيين علوي وسفلي، والجزء العلوي يحتوي على عدد من الأنابيب التي يتم فيها اختبار مدى تأثير خشونة جدران الأنابيب على فواقد الطاقة، حيث أن الجزء الأيمن به أنبوبين عموديين (أ) تسمى مانومترا مثبتان أمام مقياس مدرج (ب)، وهذه المانومترا يتم بواسطتهما معرفة الفرق في الارتفاع بين قراءتي الضاغط على الأنبوب موضع الإختبار [الأنبوب الناعم (ج) أو الأنبوب الخشن (د)]، وذلك بين نقطتين يفصل بينهما مسافة متر واحد، حيث تمثل قراءة الضاغط للنقطة الأولى في اتجاه الجريان (H_1)، في حين تمثل قراءة الضاغط للنقطة الثانية (H_2).

والجزء السفلي من الجهاز به خزان تصريف ماء وحوض ومفاتيح كهربائية للتحكم، ومقياس مدرج لقياس حجم الماء المحجوز خلال زمن معين.



الشكل (1): جهاز حساب الفواقد في الأنابيب

2-3 البيانات الخاصة بالجهاز

- 1- أنبوبين سطحهما الداخلي مختلف الخشونة، حيث أنه وحسب مواصفات جهاز حساب الفواقد في الأنابيب المستخدم تبلغ قيمة معامل الاحتكاك للأنبوب الأول ($\lambda_1 = 0.02905$) وللأنبوب الآخر ($\lambda_2 = 0.07165$).
- 2- طول المسافة بين النقطتين التي يتم احتساب الفاقد في الطاقة على امتدادها، وذلك لكلا النوعين (الأنبوب الناعم والأنبوب الخشن) $= 1m$.
- 3- قطر كلا الأنبوبين موضع الإختبار $= 17.5mm$.

4- الحسابات والنتائج

نظراً لعدم وجود أي توسعه أو اختناق أو أي ملحقات كالصمامات خلال خط الأنابيب موضع الاختبار (مسافة 1 متر)، عليه فإن الفواقد الموضعية أو الثانوية ستكون معدومة. وعلى ذلك فإن مقدار الفاقد الكلي في الطاقة (Total Energy Losses) سيكون معتمداً فقط على فاقد الاحتكاك (Friction Loss).

1-4 المحاولة الأولى

- الأنبوب الأقل خشونة

$$\lambda_1 = 0.02905$$

$$L = 1 \text{ m} .$$

$$D = 17.5 \text{ mm} .$$

$$H_1 = 316 \text{ mm}$$

$$H_2 = 220 \text{ mm}$$

$$V = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$t = 19.4 \text{ sec}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{5 \times 10^{-3}}{19.4} = 2.5773 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec} .$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.0175)^2}{4} = 2.405 \times 10^{-4} \text{ m}^2 .$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2.5773 \times 10^{-4}}{2.405 \times 10^{-4}} = 1.0716 \text{ m/sec} .$$

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0.02905 \times \frac{1}{0.0175} \times \frac{1.1484}{19.62}$$

$$h_f = 0.09716 \text{ m} .$$

وهذه القيمة تمثل مقدار الفاقد الكلي في الطاقة، أي أن:

$$h_L = 0.09716 \text{ m} .$$

- الأنبوب الأكثر خشونة

$$\lambda_2 = 0.07165$$

$$L = 1 \text{ m} .$$

$$D = 17.5 \text{ mm} .$$

$$H_1 = 430 \text{ mm}$$

$$H_2 = 133 \text{ mm}$$

$$V = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$t = 17 \text{ sec}$$

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{5 \times 10^{-3}}{17} = 2.941 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sec} .$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2.941 \times 10^{-4}}{2.405 \times 10^{-4}} = 1.2228 \text{ m/sec} .$$

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0.07165 \times \frac{1}{0.0175} \times \frac{1.4954}{19.62}$$

$$h_f = 0.3120 \text{ m} .$$

وهذه القيمة تمثل مقدار الفاقد الكلي في الطاقة، أي أن:

$$\therefore h_L = 0.3120 \text{ m.}$$

وبإجراء ثلاث محاولات أخرى وحساب قيمة الفاقد في الطاقة المناظر لكل حالة من الخشونة، كانت النتائج كما هو موضح بالجدول (1).

الجدول (1). يوضح معامل الاحتكاك للأنبوب (λ)، والفاقد الكلي في الطاقة (h_L) المناظر لكل محاولة

-	المحاولة الأولى	المحاولة الثانية	المحاولة الثالثة	المحاولة الرابعة
λ	h_L	h_L	h_L	h_L
$\lambda_1 = 0.02905$	0.09716 m	0.07910 m	0.1180 m	0.1128 m
$\lambda_2 = 0.07165$	0.3120 m	0.2045 m	0.3312 m	0.2498 m

5- الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة تم التوصل الى الاتي:

1. قيمة الضاغط الكلي عند النقطة الأولى على الخط موضع الاختبار أكبر من قيمته عند النقطة الأخرى، وذلك نظراً للزيادة الحاصلة في مقدار الفواقد عند انتقال المائع من نقطة لأخرى على طول الخط، وهو ما ينتج عنه نقص مقدار الضاغط الكلي عند النقطة الأخيرة على الخط مقارنة بمقدار الضاغط الكلي عند بداية الخط.
2. تزداد الفواقد الكلية بزيادة مقدار خشونة جدار الأنبوب، وذلك نظراً لتأثير خشونة جدار الأنبوب على فواقد الاحتكاك.

3. كلما زاد طول المسافة التي تقطعها المياه في خط الأنابيب كلما قل مقدار الضاغط الكلي، وذلك نظراً لزيادة مقدار الفواقد، أي أن خط الطاقة يهبط دائماً لأسفل في اتجاه الحركة، وذلك نتيجة للفاقد في الطاقة.
4. بزيادة سرعة المائع داخل خط الأنابيب يقل مقدار الضاغط الكلي، وذلك نظراً لأنه بزيادة السرعة يزداد الاحتكاك بين جزيئات المائع مع بعضها البعض ومع جدار الأنبوب الداخلي وكنتيجة لذلك تزداد مقدار الفواقد، وهو ما يؤدي الى نقصان قيمة الضاغط الكلي.

6- الخلاصة

خلصت الدراسة إلى أنه كلما زاد مقدار خشونة جدار الأنبوب زاد مقدار فاقد الاحتكاك، وبالتالي زاد مقدار الفاقد في الطاقة الذي تتعرض له المياه عند انتقالها من نقطة لأخرى على طول خطوط أنابيب نقل المياه أو شبكات تزويد المياه. أي أن مقدار الضاغط (سمت الضغط) عند أي نقطة على الشبكة سيقبل بزيادة مقدار خشونة جدار الأنبوب.

- المراجع

- [1] أ.د. محمد صادق العدوي: "هندسة الإمداد بالمياه" الجزء (1)، منشأة المعارف، 2005، الإسكندرية - مصر.
- [2] أ.د. إبراهيم صالح المعتاز: "الأنابيب البلاستيكية المصنوعة من مادة البولي فينيل كلورايد PVC"، جامعة الملك سعود، 2009، المملكة العربية السعودية.
- [3] م. محمد عمار المنفود: "الأنابيب الحديثة ومنظومات نقل المياه" بحث مقدم ضمن متطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية، جامعة المرقب، خريف 2013، الخمس - ليبيا.
- [4] د. رينالد ف. جايلز: "ميكانيكا الموائع والهيدروليكا" نظريات ومسائل، الدار الدولية للنشر والتوزيع، 1992، القاهرة - مصر.

- [5] د. محمد عبد الرحمن الجنائني: "الهيدروليكا وتطبيقاتها في الهندسة المدنية" الهيدروليكا (1)، دار الراتب الجامعية، 1986، بيروت - لبنان.
- [6] وائل معلا: "دراسة عن الطرق المستخدمة في حساب شبكات الأنابيب بمعونة الحاسب"، مجلة جامعة دمشق، 1990، المجلد 6، العدد 21.

International Science and Technology Journal

Peer Reviewed and Open Access Journal published by

Science and Technology Center for Research and Studies



Volume : 27

October 2021

www.stc-rs.com.ly

**The International Science and Technology Journal
(ISTJ)**



The International Science and Technology Journal (ISTJ) publishes research from all fields of academic, technical and applied sciences. The final editing and formatting of all accepted papers is done by the editorial board to ensure the consistency of the format and the quality of the product. (Please download the final editing and formatting from the website or Facebook page).

Chairman of the Editorial Board

Dr. Ahmed S M Agha

Associate Professor
In the field of mechanical engineering
and materials science
Ph D from
Budapest University of Technology and
Economics - Hungary



Abd elhmed Taher Zenbel

Assistant Professor in the field of human
resources planning.
MSc from Planning Institute of Higher
Studies Tripoli - Libya



Mohamed. M. A. Hadud

Assistant Professor the field of Materials
Science Engineering
MSc from University of Belgrade -
Serbia



Mohamed Ali Alganga

Assistant Professor in the field of
Electronic Engineering and Information
Technology
MSc from the Sheffield Hallam
University -England 2008-



Analysis Study of Natural Flow Wells in Intisar 103A Oil Field using PIPESIM Software

دراسة وتحليل التدفق الطبيعي للآبار في حقل الانتصار النفطي 103A
Salah Khalifa Aburig^{1*}, Mahmoud Ashour Othman¹
Almontaser Omer Belaid¹, Taher Elshebani²

Department of Petroleum Engineering, College of Engineering
Technology, Janzour, Tripoli Libya¹
Training & Qualifying Institute PTQI²

Corresponding author (S.A.): Tel: +218910692782:

salah_khalifa@hotmail.com

الملخص

تستخدم طاقة المكنم النفطي لرفع الإنتاج إلى السطح من الآبار الطبيعية التدفق، ومصدر هذه الطاقة هو ضغط المكنم النفطي. يُعرف الضغط الذي يجعل النفط يتدفق من المكنم إلى البئر باسم ضغط المكنم. عندما يكون ضغط المكنم مرتفعاً نسبياً، يمكن للضغط أن يرفع النفط إلى رأس البئر، وحتى إلى مجمعات التجميع والفاصل. بالإضافة إلى ذلك، مع تدفق النفط والغاز المرتفعين على طول جوف البئر، سيقل الضغط تدريجياً، وسيتم فصل الغاز وتمدد حجمه.

ركزت هذه الدراسة على تحديد وتحليل خصائص التدفق الطبيعي لأربعة آبار في حقل انتصار النفطي باستخدام برنامج PIPESIM. تم جمع البيانات والمعلومات الرئيسية لهذه الدراسة وإعدادها لاستكمال العمليات الحسابية التي تشمل: تحليل بيانات PVT، وتكوين إستكمال البئر، ونموذج البئر والتحقق من النتائج لبناء شبكة نظام الإنتاج الطبيعي من المكنم إلى الفاصل. سيتم تطبيق تحليل الحساسية للمتغيرات لهذه الدراسة للحصول على أفضل الظروف التشغيلية. النتائج الرئيسية من هذا التحليل هي أن زيادة القطر الداخلي للأنبوب يؤدي إلى زيادة القيمة القصوى لمعدل التدفق ولكن هذه القيمة يجب ألا تتجاوز قيمة سرعة تآكل مادة خط الأنابيب.

أيضاً، يعطي البرنامج نتائج أكثر دقة من الحسابات اليدوية.

Abstract

The energy of the reservoir uses to rise the production to the surface from natural flowing wells. The energy source is the reservoir pressure. The pressure that makes the crude oil from the reservoir flow to the bottom of the well is known as the flowing bottom hole pressure. When bottom hole flowing pressure is relatively high, the pressure can raise the oil to the wellhead, and even into the gathering manifolds and the separator.

In addition, with the rising oil and gas flowing along the wellbore, the pressure will gradually reduce, and the gas will be separated out and expand its volume.

This study focusing on the determination and analysis of the natural flow characteristics for four wells in Intesar oil field using PIPESIM software. The data and main tools for this study have been gathered and prepared for the completion of the calculations which include: the PVT data analysis, well completion configuration, well model and results investigation for the build of the natural production system network from the reservoir to the separator. Sensitivity analysis will be applied for this study to optimize the best operation properties. The main findings from this analysis are that, increasing tubing inside diameter results in increasing of the maximum value of the flow tare but this value must not exceed the value of the erosion velocity of the pipeline line material.

Also, software calculation gives more accurate results than the manual calculations.

Keywords: reservoir, natural flowing wells, Intesar oil field, tubing inside diameter.

1. Introduction

The Inflow Performance Relationship describes the reservoir's ability to transport hydrocarbon fluids to the wellbore (IPR). Under a given average reservoir pressure " p_r ," the inflow performance relationship of a well is a relationship between the bottom-hole flowing pressure " p_{wf} " and the well production rate " Q ". [1] In a single-phase fluid flow network, the interaction between the various parts is commonly defined in terms of two pairs of variables: pressure and flow rate, and temperature and heat flow

They are instances of pairs of effort and flow variables, which are important concepts in the engineering area known as systems dynamics. [2]

The inflow performance relationship (IPR) for a well is the relationship between the flow rate (Q_o), of the well and the flowing pressure of the well P_{wf} . In single phase flow this is a straight line but when gas is moving in the reservoir, at a pressure below the bubble point, this is not a linear relationship. [3]

Oil production uses the energy of the reservoir oil to spray the oil to the ground. The energy source is the reservoir pressure. The pressure that makes the crude oil from the reservoir flow to the bottom of the well is known as the flowing bottom hole pressure. When bottom hole flowing pressure is relatively high, the pressure can raise the oil to the wellhead, and even into the gathering manifolds and the separator. In addition, with the rising oil and gas flowing along the wellbore, the pressure will gradually reduce, and the gas will be separated out and expand its volume. The elastic expansion energy of gas is also one of the energy sources of the natural flow. [4]

2. IPR (Inflow Performance Relationship)

A mathematical tool used in production engineering to assess well performance by plotting the well production rate against the flowing bottomhole pressure (BHP). The data required to create the IPR are obtained by measuring the production rates under various drawdown pressures. The reservoir fluid composition and behavior of the fluid phases under flowing conditions determine the shape of the curve. [5]

Considering the performance of oil wells, it is often assumed that a well's performance can be estimated by the productivity index. However, Evinger and Muskat pointed out that, for multiphase flow, a curved relationship existed between flow rate and pressure and that the straight-line productivity index did not apply to multiphase flow. The constant productivity index concept is only appropriate for oil wells producing under single-phase flow conditions, pressures above the reservoir fluid's bubble point pressure. For reservoir pressures less than the bubble point pressure, the reservoir

fluid exists as two phases, vapor and liquid, and techniques other than the productivity index must be applied to predict oil well performance. [6]

Figure (1) below illustrate the main pressure nodes tat used for this study.

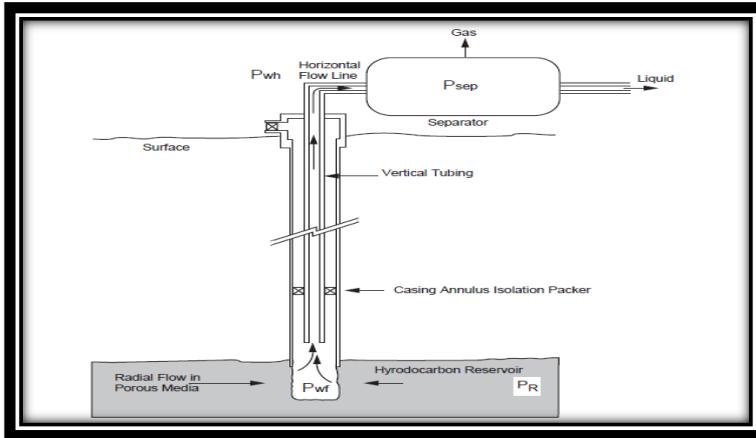


Figure (1) Flow Path and Pressure Nodes from Reservoir to the Separator.

An IPR curve is significant because it represents the reservoir fluid's capacity to reach the well bore. In other words, it depicts the link between reservoirs and the fluid deliverability of well bores.

2.1 Factors affecting inflow performance relationship (IPR)

Skin, either as a result of formation damage or stimulation

An increase in oil viscosity as pressure decrease and gas is evolved.

Shrinkage of oil as gas is evolved when pressure on oil decreases.

The factors affecting IPR will alter as a consequence of drawdown changes at constant values of average reservoir pressure declines due to depletion, or as a result of drawdown changes at constant values of average reservoir pressure falls due to depletion. [7].

3. Methodology

In this study, PIPESIM software was used to complete all tasks and cases to apply the nodal analysis in the study wells to determine

the best operating point and to predict when the production phase will be turned into the artificial phase as result of non- intersection between the IPR and OPR curves.

The steps for the software calculations include the PVT data inputting and matching, well completion configuration, IPR and TPR investigation and surface network production system analysis. All of these tasks will be done using PIPESIM software.

4. Overview of the Studied Reservoir and Field Location

The Intisar hydrocarbon reservoir is a carbonate reef of Paleocene origin with no appreciable flow barrier. This is an under saturated reservoir with an oil of 40 °API and solution gas oil ratio of 1446 SCF/STB. The reservoir, is at a datum of 9,000 ft SS with an initial OOIP of 1.76 billion stock tank barrels and initial reservoir pressure of 4,257 psia. [8]

A series of very successful reservoir management strategies have been applied in order to optimize and increase the production capacity and reserves. So far 69.2 % (1.2 MMSTB) of OOIP has been recovered mainly due to implementation of an EOR project. The field and wells location are shown in figure 2&3. [8]

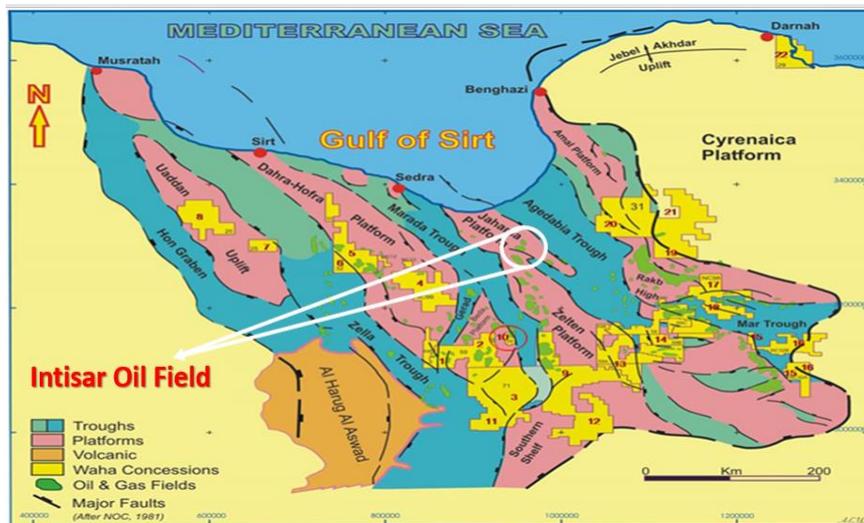


Figure (2) Intisar Oil Field Location

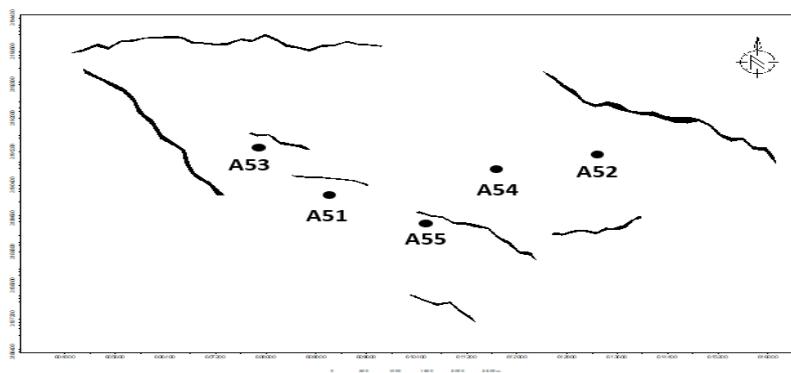


Figure (3) Location of the Study Wells

5. The Available Data

At this study, 4 oil wells in Intisar field have been used for the design of the production system in the natural flow including the determination of the out flow and inflow performance relationships with the choke size determination with the bubble point pressure of 3301 psi, table (1) lists the main available data.

Table (1) The Available Data

GOR (Scf/stb)	Tubing size (in)	Well depth (ft)	J (bdp/psig) Pwf < Pb	J (bdp/psig) Pwf > Pb	Pr (psig)	Pwh (psig)	Choke bean size (inches/64'')	Thickness Of the Pay Zone (Ft)
Well A 51								
1446	2 7/8	11050	2.11	2.56	3938	807	28	190
Well A 53								
1446	2 7/8	10962	1.98	2.48	3938	1095	28	100
Well A 54								
1446	2 7/8	11000	2.09	2.51	3938	860	24	95
Well A 55								
1446	2 7/8	10710	2.78	3.54	3938	1118.333	32	78

6. The Fluid Model

The fluid model is used for the representation of the fluid composition and properties of the liquid and gas phases, table (2) lists the main fluid properties.

Using PIPESIM software for the determination of the PVT data under the reservoir conditions (P=3938 psig, T=223 F) as shown below:

Table (2) Lists the Main Results from the PVT Analysis Under Reservoir Conditions

Property	Value
API gravity	41.4 degree
Gas specific gravity	0.847
GOR	1430 Scf/stb
Water specific gravity	1.02
Average water cut	22%
Oil viscosity	0.15 cp
Oil Formation Volume Factor	2.185 bbl/STB

7 .Study Wells Geometry

For each well, the well completion, well profile and well total depths have been obtained and simulated by using PIPESIM Software.

8. Well Completion

Well completion consists of sealing off a drilled well in preparation for production. After the drilling equipment has been removed from the borehole, the well is fitted with, as appropriate: liner, tubing, valves, and safety and flow-control equipment. It includes setting and cementing the casing, perforating it, and installing pumping equipment or a production tree, and stimulating or pumping (figure 4). [9]

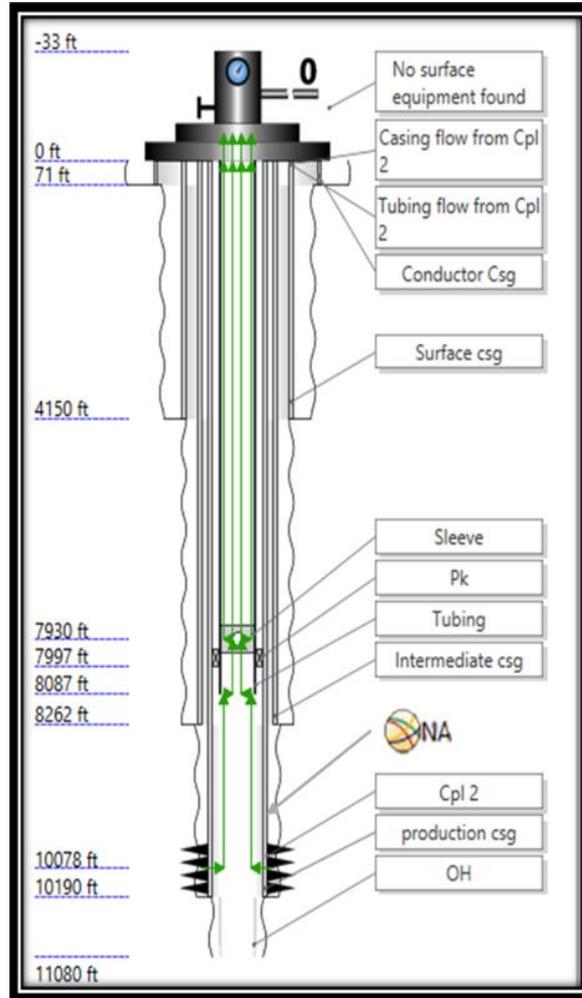


Fig (4) Shows Well A51's Wellbore Geometry

9. IPR Curves Determination

The Inflow Performance Relationship (IPR) describes the behavior of flow rate with flowing pressure, which is an important tool in understanding the well productivity. Different correlations to model this behavior can be classified into empirically-derived and analytically-derived correlations. Empirically-derived are those derived from field or simulation data. The analytically-derived are

those derived from basic principle of mass balance that describes multiphase flow within the reservoir. [10]

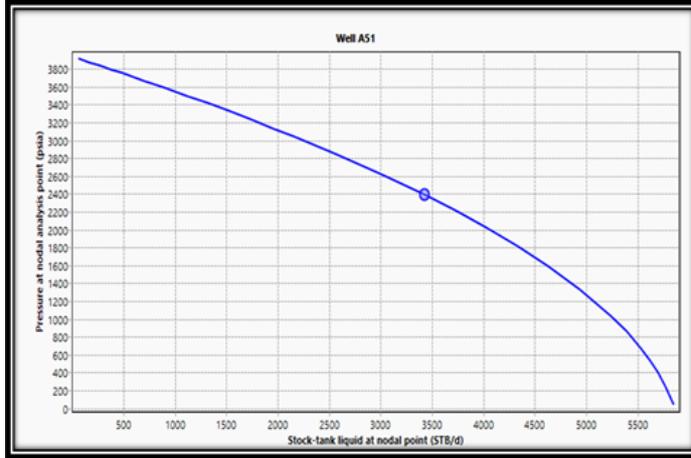


Fig (5) IPR Curve for Well A51

10. Performance Analysis of Well A51

Well A51 is producing 3428 STB/D at a well head pressure of 807 psi. This production is not including any optimization. The analysis of this well is done by using Nodal Analysis. The following chart is representing the existing OPR and IPR relationship.

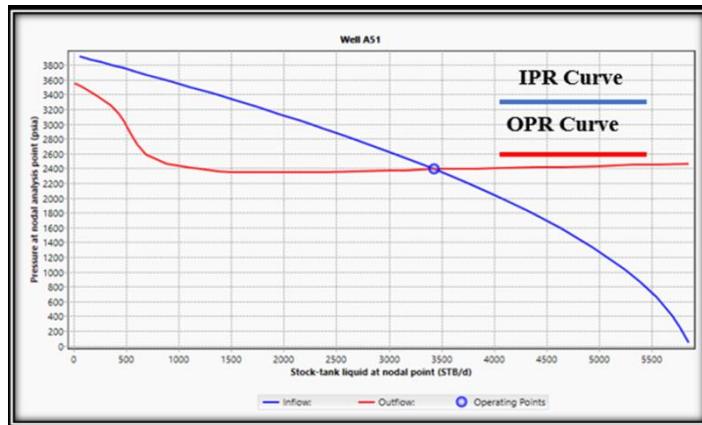


Fig (6) Nodal Analysis for well A51

11. Tubing Size Sensitivity

Many methods of calculating the OPR can be used, and the Orkiszewski and Hagedorn Brown method is generally adopted in practice (Software package). The coordination between inflow and outflow performances should be studied using the IPR and OPR curves in accordance with the nodal analysis method in order to ensure the optimum utilization of natural energy. [11]

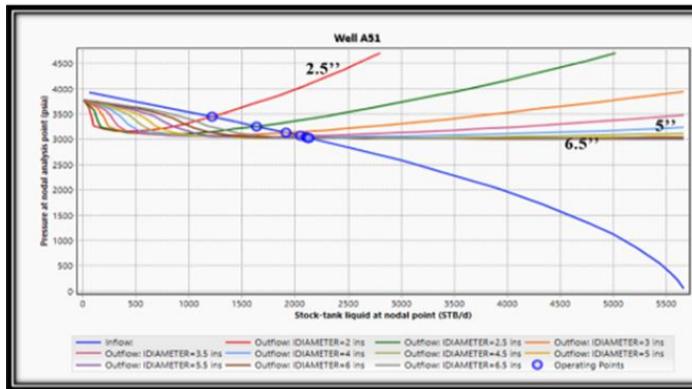


Figure (7) Tubing Size Effect on The Flow Rate for well A51

12. Water Cut Sensitivity

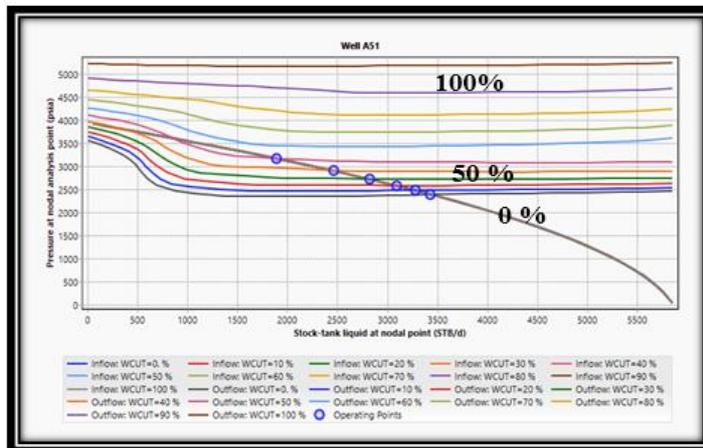


Fig (8) Water Cut Effect on The Flow Rate for well A51

It is clear from Fig 8 that changing the water cut for well A51 is going to decrease the flow rate. Therefore, this way of optimization has been used to determine when the artificial lift period is achieved.

13. Pipe Roughness Sensitivity

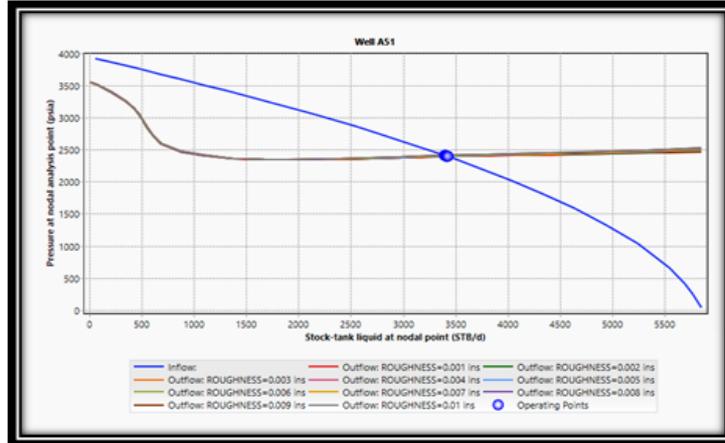


Fig (9) Pipe Roughness Effect on The Flow Rate for well A51

It is clear from Fig 9 that changing the tubing roughness for well A51 is not going to increase the flow rate. Therefore, this way of optimization has been eliminated.

14. Erosion Velocity Sensitivity

Higher flow rate is known to be a desired criterion of the natural production system, but sometime it exceeds the maximum erosion velocity ratio which mean the velocity of the flowing fluid in greater than the velocity that the pipe material can withstand before id being weared away, from the above fig (10) the main findings is that the increasing of the inside pipe diameter results in decrease the maximum velocity ratio.

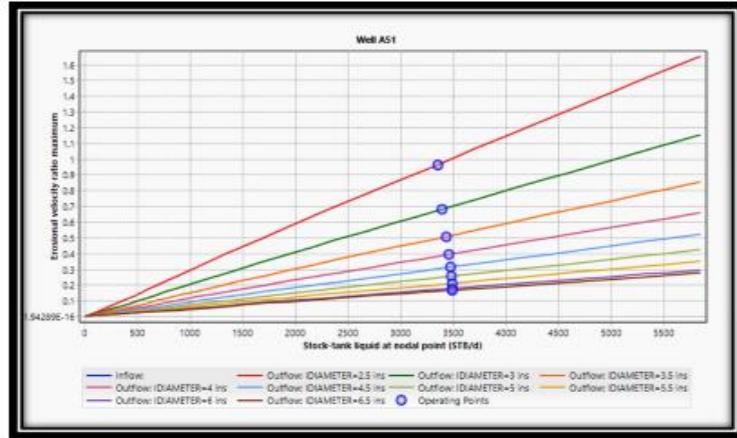


Fig (10) Pipe Erosion Velocity Effect on the Flow Rate

15. Well Head Pressure Sensitivity

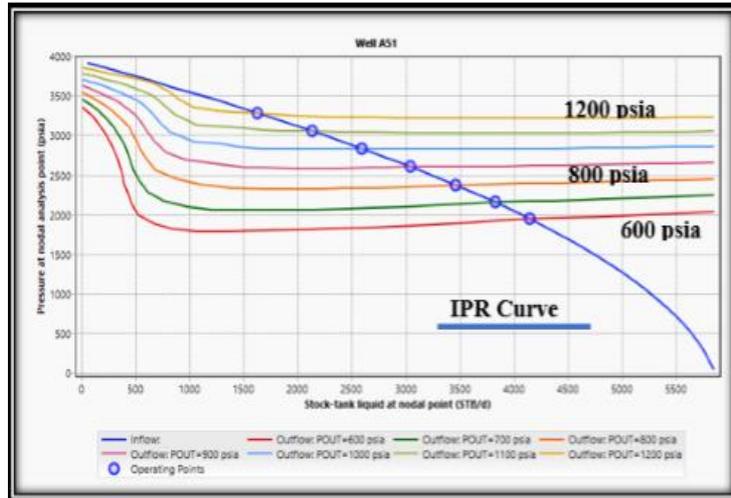


Fig (11) Well Head Pressure Effect on The Flow Rate in well A51

The following table summarizes the final results of the current properties and maximum permissible values using the same technique for the other three wells (A-53, A-53, and A-55):

Table (3) Current And Maximum Parameters Values of The Well A51

	Criteria	Current Characterization	Maximum values
Well A 51	Inside diameter	2 7/8 in	4 in
	Maximum allowable water cut	0%	50%
	Well head pressure	807 psia	600 psia
	Minimum allowable GOR	600 scf/stb	200 scf/stb
	Pipe wall roughness	0.001 in	0.0001 in
	Flow rate	3428 STB/D	1850 STB/D

Table (4) Current And Maximum Parameters Values of The Well A53

	Criteria	Current Characterization	Maximum values
Well A 53	Inside diameter	2 7/8 in	4 in
	Maximum allowable water cut	0%	50%
	Well head pressure	1095 psia	800 psia
	Minimum allowable GOR	1000 scf/stb	500 scf/stb
	Pipe wall roughness	0.001 in	0.0001 in
	Flow rate	1598 STB/D	913 STB/D

Table (5) Current And Maximum Parameters Values of The Well A54

	Criteria	Current Characterization	Maximum values
Well A 54	Inside diameter	2 7/8 in	4 in
	Maximum allowable water cut	0%	60%
	Well head pressure	860 psia	600 psia
	Minimum allowable GOR	800 scf/stb	300 scf/stb
	Pipe wall roughness	0.001 in	0.0001 in
	Flow rate	3000 STB/D	1400 STB/D

Table (6) Current and Maximum Parameters Values of the Well A55

Well A 55	Criteria	Current Characterization	Maximum values
	Inside diameter	2 7/8	4''
	Maximum allowable water cut	0%	40%
	Well head pressure	1118 psia	800 psia
	Minimum allowable GOR	1400 scf/stb	600 scf/stb
	Pipe wall roughness	0.001 in	0.0001 in
	Flow rate	2750 STB/D	1325 STB/D

15. Surface Network of the Study Wells

After the optimization of the natural production performance of the 4 wells of interest which included the IPR and OPR relationships to determine the natural flow rate under the normal production conditions.

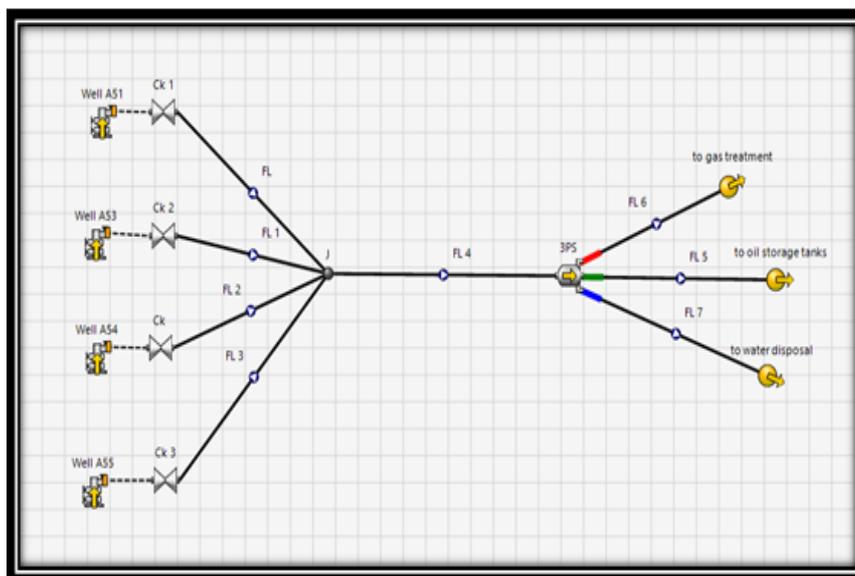


Fig (12) Illustrates the Surface Network of the 4 Wells

From the analysis of the above fig the main findings are summarized in the table (4) below.

Table (4.5) the Main Parameters of the Production Lines for The Surface Production Network of The Study Wells

Parameter	Value			
	Well, A51	Well, A53	Well, A54	Well, A55
Flow Line Length from Well Head to Manifold (ft)	4592	5687	6789	5143
Choke Bean Size (in)	28	28	24	32
Separator Pressure (psia)	450	450	450	450
Production Flow Rate (STB/D)	3428	1598	3000	2750

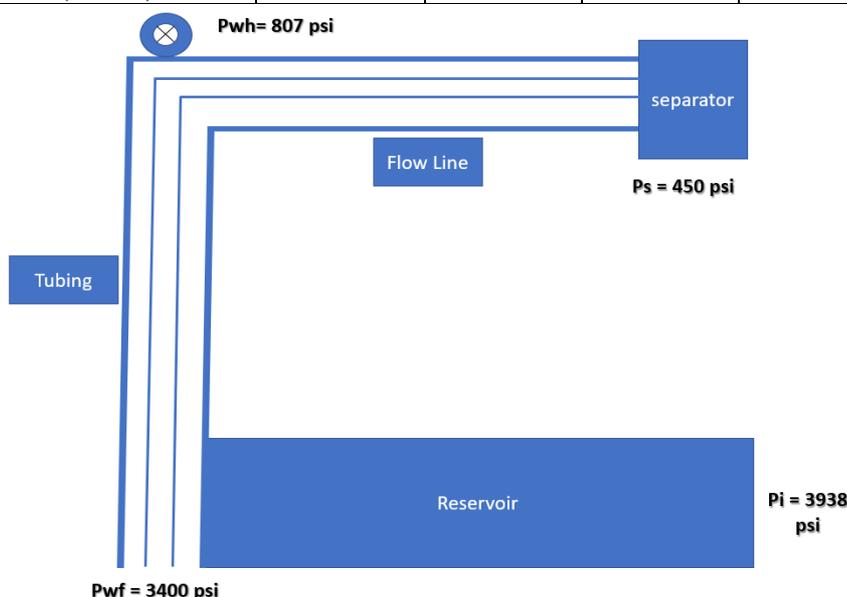


Figure (13) Summary of Nodal Analysis of Pressure Nodes for Well A51

16 Conclusion

From the study of the natural flow of the oil wells using Vogel model, the following results could be figured out:

1. Natural flow occurs as result of the value of the flowing bottom hole pressure became greater than the hydrostatic pressure generated from the fluid column in the wellbore.
2. For the study wells, the average reservoir pressure was 3938 psi and the bubble point pressure was 3301 psi which mean the reservoir is undersaturated multiphase type.
3. For study wells A51, A53, A54 and A55 the maximum value of the water before the natural flow period comes to end as result of non- intersection point are 50%, 50%, 60%, and 40% respectively.
4. The optimization process takes into account the change of the design criteria which included: water cut, pipe roughness, tubing inside diameter, well head pressure and erosional velocity, all of these criteria must be used for the determination of the best conditions for the best working efficiency, from the results that obtained for well A51, the optimized conditions are the following : pwh = 600 psi, tubing size = 2 7/8", GOR = 200 SCF/STB and choke size = 28"

17. Recommendations

We recommend to redo this study with the help of the decline curve analysis with the production history which will be very useful for the determination of the period of time in which the flow rate will decline until the reservoir is depleted.

Also, when the natural flow period come to end the artificial lift method that must be ESP (Electrical Submersible Pump) is the best choose as result of high productivity and high pressure and less GOR of the study well.

References

- [1] Tarek Ahmed: Reservoir Engineering Handbook Fifth Edition 2019.
- [2] Hashmet, M.R., Tan, I.M., Arif, M., Raza, A., Bashir, A., Ali, M.: Production optimization using nodal analysis – a case study, April 2018.

- [3] Joe Dunn Clegg (Editor): “Petroleum Engineering Handbook, Vol. IV – Production Operations Engineering,” Society of Petroleum Engineers, 2007.
- [4] Michael Golan and Curtis H. Whitson: “Well Performance,” Tapir Edition, 1996.
- [5] William Lyons: “Working Guide to Petroleum and Natural Gas Production Engineering,” Elsevier Inc., First Edition, 2010.
- [6] Schlumberger: “Well Performance Manual.”2020
- [7] Hoffman, Petrosreamz; M.E. Stanko, NTNU, Real-Time Production Optimization of a Production Network with ESP-Boosted Wells: A Case Study, SPE-184189, presented at the SPE Middle East Artificial Lift Conference and Exhibition held in Manama, Kingdom of Bahrain, 30 November-01 December 2016.
- [8] Brady, T. J., Campbell, N. D. J., and Maher, C. E ., 1979. Intisar "D" oil field, Libya. Bull. Am. Ass. Pet. Geol., Mem 30, P. 543-564.
- [9] King G. (1998). An Introduction to the Basics of Well Completion: 2nd edition. Tulsa, Oklahoma.
- [10] Lake, L.W. (2007). Petroleum Engineering Handbook, Editor-in Chief U.of Texas at Austin. Joe Dunn Clegg. Production Operations Engineering, Volume IV, Editor Consultant.
- [11] Renpu, W. (2011). Advanced well completion engineering: 3rd Edition. Gulf professional publishing.

Cathodic Protection Technique of Corrosion Process for Oil Storage Tank Bottoms

Almabrouk Murajia, Alqathfi Raghieb, And Abdrabba.Ihassan

Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Tobruk
University

almabroukalhasy@gmail.com

الملخص:

التآكل مشكلة كبيرة في الصناعات البترولية سواء أثناء التتقيب أو التكرير، حيث انه يتلف المعدات البترولية مثل الخزانات، وحدات الفصل، خطوط الأنابيب، المضخات، الخ... هذه الورقة تسلط الضوء وتدفع إلى الاهتمام بالمنشآت النفطية وحمايتها من التلف الذي يسببه التآكل من خلال دراسة حالة خزانات مصفاة طبرق. الحماية الكاثودية هي تقنية فعالة للحماية من التآكل تستخدم الخصائص الكهروكيميائية لحماية المعدات.

يتم تحقيق الحماية بجعل المعدات المراد حمايتها القطب الموجب (كاثود) للخلية الكهروكيميائية والطرف الآخر هو القطب السالب (الانود).

فالحالة التي تمت دراستها لخزان موجود في مصفاة طبرق بسعة كلية من النفط الخام (365.000 برميل). شمل العمل تصميم وتحديد جميع المواد اللازمة للحماية الكاثودية الداخلية والخارجية لقاع الخزان باستخدام انودات الألمنيوم كأقطاب مضحية. وقد تم الكشف من خلال نتائج التصميم إن هذه الطريقة صممت لتناسب متطلبات صناعة النفط الخام التي شهدت تطورا سريعا في الفترة الأخيرة. وهذه الورقة مأخوذة من مشروع تخرج لنيل درجة البكالوريوس في جامعة طبرق سنة 2020م.

أوضحت نتائج الحسابات إن الحماية الكاثودية تتطلب (71) من قضبان الانود، والتيار الخارج من الانود الواحد هو 0.333 أمبير، والتيار الكلي للانودات 23.64 أمبير، ومنطقة الحماية للانود الواحد 52.595 م²، والحد الأدنى للمسافة بين الانودات 7.25 م، وقطر حماية الانود 4.09 م.

Abstract:

Corrosion is a great problem in petroleum industry for both upstream and downstream; whereas, it damaged the petroleum equipment such as storage tanks, separator units, pipelines, pumps etc.. This paper is highlighted and pay attention to preserve and protect them from damage caused by corrosion throughout a case study in the storage tanks of Tobruk refinery.

Cathodic protection is an effective corrosion protection technique that uses the electrochemical properties for equipment protection. The protection is achieved via the cathode of the electrolytic cell whereby the other end is the anode of the cell.

This study was conducted for protecting (365,000 bbl) crude oil storage tank exists in Tobruk terminal. The scope of work included the design and determination of all necessary materials for the internal and external cathodic protection of tank bottom utilizing aluminum anodes as sacrificial anodes. It has been revealed through the results of the design this method was designed to suitable requirements of the crude oil industry which was rapidly development in the recent period.

The calculation results revealed that the cathodic protection required (71) anode rods (N), the current output of one anode is 0.333 amp, the current output is 23.64 amp, protect area for one anode about 52.595 m², minimum distance between anodes (L) m 7.25 m and protecting diameter for one anode (D) anode is 4.09 m.

KeyWords: Crude oil, storage tanks, corrosion, cathodic protection.

1. Introduction

Iron is the least expensive and most widely used metal in technology. According to reports by the International and Steel Institute [1], the total steel production and consumption over the world has been steadily increasing, reaching more than 845 million metric tons in 2015. Mild steel (carbon steel) is iron containing 0.4 to 1.7 % carbon, whereas stainless steel contains substantial proportions of nonferrous metals such as chromium or nickel as protective additives. Iron as a base metal is usually unstable without

protection and easily undergoes corrosion in aqueous environments. Corrosion has been defined as destructive attack of a metal by chemical or electrochemical reactions [2]. In aqueous environments, iron materials are corroded not only by purely chemical or electrochemical reactions but also by metabolic activities of microorganisms in a process termed microbial influenced (or induced) corrosion (MIC).

Corrosion of iron materials causes vast economic damages and is, therefore, of great concern. According to recent investigations, damages due to material corrosion in the United states cause annual costs of 276×10^9 U.S. \$ in many fields of industry. Other studies undertaken in several countries including the United Kingdom, Japan, Germany, Sweden and Australia revealed that the annual costs due to corrosion damages ranged from 1 to 50 % of the gross national product (GNP) of each nation [3].

If a metal comes into contact with water, positive metal ions are released into the solutions and leave free electrons on the metal, as illustrated by the following chemical equation:



The reaction shifts to the right if the liberated electrons are continuously removed, resulting in a net dissolution of the metal. Free electrons cannot be released as such into the medium; usually they can be consumed by reactions with oxidizing substances from the aqueous phase at the metal-water boundary. Such electron acceptors might be oxygen, protons, undissociated weak acids or water [3]. Areas on the metal where metal dissolution or electron uptake reactions occur are termed anodic and cathodic sites, respectively. The accumulation of products of the cathodic and anodic reactions at the metal-water interface tends to slow down the rate of corrosion.

Microorganisms are able to depolarize both cathodic and anodic sites either directly by their metabolic activities or indirectly by

excretion of chemically reactive products [4,5]. Such microorganisms are particularly corrosive as they grow in colonies or films attached to iron surface and thereby create local electrochemical cells with highly stimulated reactions. As a result, corrosion by microorganisms often occurs as pitting, which is usually more severe than corrosion processes that are evenly distributed over the metal surface [6,7].

2. Location of Study

The study was conducted on the petroleum refinery in Tobruk (Figure 1). The project of Tobruk oil refinery has been implemented by the National Petroleum Institution to satisfy some requirements of petroleum products. The job of refinery facility is to separate the crude oil into different products, the processes of separation take place under atmospheric distillation. The maximum capacity of production about 21,500 bbl/day. The main petroleum products of the refinery are diesel, light naphtha, heavy naphtha and kerosene.

3. Study Importance

The importance of this study is to spotlight on the causes of corrosion and how to avoid it to reduce the economic losses.

Bacterial activity which leads to the damage of metallic surfaces of petroleum equipment.

4. Problem Statement

The statement of problem is represented by the serious corrosion effect of petroleum equipment e. g. separator units, transport pipelines, storage tanks etc. due to the corrosion process.

5. Study Objective

The main objective of this study is the protection of the storage crude oil tanks against corrosion by applying cathodic protection technique which is regard as one of most methods to avoid corrosion.



Fig. 1 Satellite image showing location of Tobruk refinery and storage tanks

6. Materials and Methods

This study has been carried out on the crude oil storage tanks in Tobruk refinery to protect these tanks against corrosion.

7. Types of Corrosion

1. Atmospheric Corrosion: Erosion, temperature, moisture, rainfall & air pollutants (SO₂ , CO, CO₂ , H₂S).
2. Chemical Corrosion: Pure Acidic Corrosion Direct exposure to chemicals such as acids (H⁺) and alkalis (OH⁻).
3. Electrochemical Corrosion: Galvanic , Pitting & localized.

8. The intrinsic and extrinsic modes of corrosion which occur in bottom tanks are: (general corrosion, pitting, intergranular corrosion, stress corrosion, crevice corrosion, galvanic corrosion, fretting corrosion, corrosion fatigue) (called electrochemical corrosion)[8].

9. The electrochemical Corrosion

A chemical reactions accompanied by the passage of an electric current (flow of electrons) between two locations on the metal surface. Anode with low potential & high electronic density (oxidation). Cathode with high potential & low electronic density (reduction).

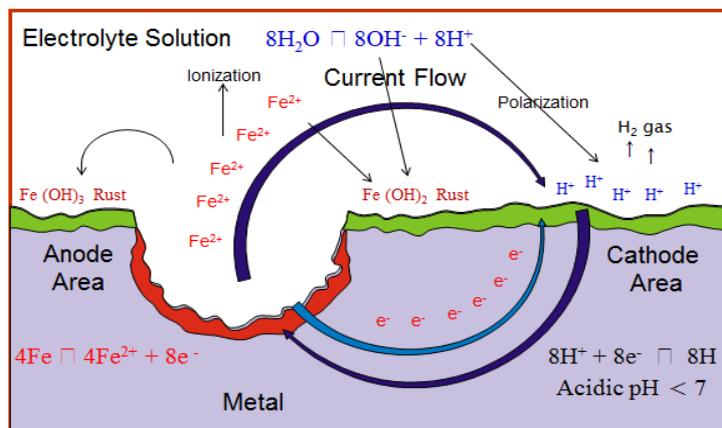


Fig. 2 The electrochemical corrosion[9]

10. Corrosion Control

1- External Protection (Cathodic Protection & coating) cathodic protection (CP) is a technique to control the corrosion of a metal surface by making it work as a cathode of an electrochemical cell. This is achieved by placing in contact with the metal to be protected another more easily corroded metal to act as the anode of the electrochemical cell cathodic protection depends on galvanic activity and the difference in potential (Figure 3).

2 - Internal Protection (Corrosion Inhibitors and Oxygen , H₂S Scavengers)(Figure 3).

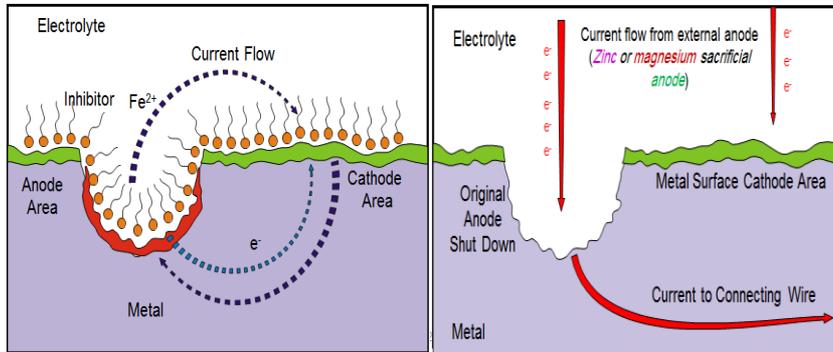


Fig. 3 Depicts both external and internal protection[9]

11. Methods of Cathodic Protection for Corrosion Control

Cathodic protection is a widely accepted method of corrosion control. Corrosion of above ground steel storage tank bottoms may be reduced or eliminated with proper application of cathodic protection. Cathodic protection is a technique for preventing corrosion by making the entire surface of the metal to be protected act as the cathode of an electrochemical cell. There are two systems of cathodic protection:

11.1. Galvanic System

Galvanic systems use a metal more active than the structure to be protected to supply the current required to stop corrosion.

The more active metal is called an anode, commonly referred to as a galvanic anode or a sacrificial anode. The anode is electrically connected to the structure to be protected and buried in the soil. A

galvanic corrosion cell develops and the active metal anode corrodes (is sacrificed) while the metal structure (cathode) is protected. As the protective current enters the structure, it prevents the flow of corrosion current from the metal surface. Current then returns to the galvanic anode through a metallic conductor Metals. commonly used as galvanic anodes in soil are magnesium and zinc in either cast or ribbon form. The anodes are usually distributed around the perimeter of the tank or buried beneath the tank bottom. Galvanic systems are normally applied only to small-diameter tanks.

11.2. Impressed Current System

The second method of applying cathodic protection to an aboveground storage tank bottom is to use impressed current from an external source. Impressed current systems use direct current usually provided by a rectifier attached to an AC power source. The rectifier converts alternating current to direct current. Direct current from the rectifier flows to the buried impressed current anode, from the anode through the soil electrolyte, and onto the tank bottom[10].

12. Results and Discussion

12.1. Design Layout and Calculations

12.1.1. Cathodic Protection for Tank Bottoms

This study lays down the design for the cathodic corrosion protection for the external and internal surface of crude oil storage tanks at Tobruk terminal.

Crude Oil Details

Location: storage tanks of Tobruk terminal

Diameter: 220 feet (67.00 meter)

Height: 57 feet (17.04 meter)

Capacity: 365,000 bbl, each.

Service: crude oil storage

Roof type: EFR, "single deck floating roof, with outsider ring of pontoons on the periphery and a membrane in the middle"[11].



Codes and Standards

The proposal is based on the latest applicable industrial codes and standards such as DIN/NACE/BS/CEN. The presented protection design and the equipment specified shall be in accordance with project relevant standards.

12.1.2. Design Parameters

External Surfaces

The layout of the CP system for the external surfaces of tank bottoms depend on the existing CP system, since the external surfaces of tanks shall be integrated into the existing plant protection system and do not get an independent CP system.

Internal Surfaces

The following design parameters are considered for the proposed cathodic protection of each tank:

- Internal coating of all surfaces:
- Epoxy coating
- Specific water resistivity : $< 1,3 \text{ Ohm m}$
- Lifetime of anodes: $> 10 \text{ years}$

The sacrificial anodes must be connected to the tanks by welding process and completely covered by fresh water before taking the sump tanks in operational conditions, in order to fulfill the requirements for hazardous areas (Zoon 0).

A minimum water level of 600mm above tank bottom must be present at all times during operation in order to keep the anodes.

External surface of tank bottoms

The external surface of the tank bottoms shall be protected by the existing cathodic protection system for the buried metallic structures at Tobruk terminal.

The drain cables shall be connected with the same size and at the same positions as previously connected at the refurbished tanks.

In total three (3) no permanent reference electrodes for monitoring the tank bottom to soil potentials shall be installed underneath the tanks.

Two (2) electrodes shall be connected to one Test Station and one (1) electrode shall be installed to the second test station on the opposite side of tank.

The following structures presented in Table 1 have been identified from the supplied documentation.

Table 1 Design parameter:

Design Parameter	Values
Diameter of tank (m)	67
Height of shell coating (m)	1
Current density (mA/m ²)	5
Al Anode weight (for one anode) kg	45
Specific resistivity of electrolyte (P) (ohm*m)	1.3
Required lifetime of anodes (years)	15
Capacity of anode kg/A. year	6.300
Al Anode current efficiency	90%
Utilization factor	65%
Potential difference for Al anode in sea water(V)	0.2
Al Anode width (m)	0.125
Al Anode length (m)	1.1
Al Anode height(m)	0.125

Final results of design calculation are presented in Table 2.

Table 2 Design calculations:

Calculations results	Values
Tank bottom surface area to protect	3.523,865m ²
Tank shell area to protect	210.38 m ²
Total surface area to protect	3.734,245m ²
Total Current Required at design current density	19,62 A
Total required anode weight	3119.076 Kg
Required anode quantity " N "	71
Anode to Electrolyte Resistance	1.3 ohm.m
Current Output (One anode)	0.333A
Total current output	23.64A
Protect area for one anode	52.595 m ²
Minimum distance between anodes "L min "	7.25 m
Protecting diameter for one anode "D anode"	4.09 m

The anodes Description of material

Aluminum Anode (71 anodes)
Net weight Al: 45,0 kg (see Figure 7).

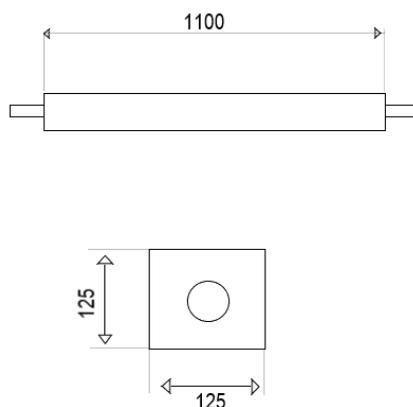


Fig. 4 Material description

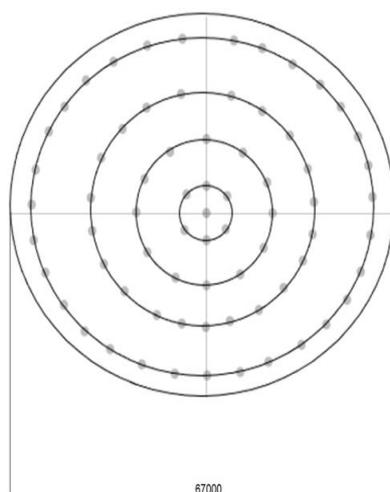


Fig 5. Distribution of anodes at the bottom of tank

Table 3 Anode distribution on tank bottom:

Distribution of anodes on tank bottom with reference to the tank center			
Circle No.	Radius (m)	Anode type	Anodes No.
0	0.00	45kg Al 1100*125*125mm	1
1	7.85		6
2	15.30	45kg Al 1100*125*125mm	12
3	22.60	45kg Al	21
4	30.20	1100*125*125mm	31
		45kg Al	
		1100*125*125mm	
		45kg Al	
		1100*125*125mm	
Total number of anode			71

13. Conclusion

Cathodic protection is one of most methods to avoid corrosion it has been used for years to protect structure that suffer long-term exposure to corrosive environments. But the installation of cathodic protection itself can be generally costly and it also requires routine maintenance and replacement as we have seen before in what concerns the choice of galvanic types of protection it has to be analyzed case to case sometime a combination of two methods is best way to satisfy all the necessities.

About the future of galvanic protection it will probably develop in direction of the impressed current improves as it a more precise and control table methods.

The results showed that:

1. The cathodic protection required (71) anode rods (N),
2. The Current output of one anode = 0.333Amp
3. The current output = 23.64 Amp
4. Protect area for one anode 52.595 m²

5. Minimum distance between anodes $L_{min} = 7.25$ m.
6. Protecting diameter for one anode " D_{anode} " = 4.09 m

14. Recommendation:

Many reasons led make the existing CP system provided readings accepted values been considered as malfunctioning system. The main reasons can be summarized as follows:

1. Most of the CP for tanks and trunk lines are temporary CP systems sacrificial and designed for 2-3 years CP systems requires monitoring and changed of and before expiry of the anode life if changing of anode is not done on the CP systems becomes ineffective.
2. Consideration must be given to adding number of anodes to the total number of anodes required to be used in the event of damage during transportation , storage or installation.
3. The cables are being cut always by local people which damage the overall CP system even if the CP system is recently constructed.
4. Can be applied a wide range of structures in various stages of cathodic conditions.
5. Can be adjusted manually or automatically to care for changing condition.
6. Anodes very compact. Thus drag and water flow restriction are negligible.
7. Requires as the small number of anode compared to galvanic system.
8. For the above presented reasons the more reliable and effective proposed solution is application of ICCP system in order to achieve required CP system.

References

- [1](ISI; <http://www.worldsteel.org>)
- [2]Uhlig, H.H. (1985) Corrosion and corrosion control, 3rd ed. Willey, New York.
- [3] Koch, G.D., Brongers, M.P.H., Thompson, N.G., Virmani, Y.P. & Payer, J. H. (2002) Corrosion costs and preventive strategies in the United States. Mater. Perform.
- [4] Miller, J.D.A. Ed., Rose, A.H. (1981) Microbial biodeterioration of metals. Economic Microbiology, Vol 6, London, Academic Press.
- [5]Widdel, F. (1992) Microbial corrosion .,In P.Praeve, M.Schlingmann, W. Crueger.
- [6] Lee, W., Z. Lewandowski, P.H. Nielsen, and W. A. Hamilton. (1995) Role of sulfate reducing bacteria in corrosion of mild steel: a review. Biofouling.
- [7] Cord-Ruwisch, R. (2000) Microbially influenced corrosion of steel, In D.R. Lovley (ed), Environmental microbe-metal interactions. ASM Press, Washington, D.C.
- [8] (V . S. SASTRI),(EDWARD G.),(ELBOUJDAINI M.), corrosion prevention and protection practical solution, john wiley & sons U.S. Government ,2007.
- [9] Abou El Leil, I. M. & Alyassiry, A. (2020) Biocides chemical application as corrosion inhibitors in Sarir-Tobruk crude oil pipeline. Third Scientific Conference of Oil and Gas -2020. Faculty of Engineering Agdabiya.
- [10] Prof.Roy Johnsen, Inst of Engineering Design and Materials, " Cathodic Protection", 2004, www.immtek.ntnu.no.
- [11] Booklet of refurbishment of tanks at Tobruk terminal.

Design of Central (HVAC) System for an Auditorium Building

Adel Salih R Akair

Higher Institute of Sciences and Technology – Gharyan, Libya

Department of Mechanical Engineering

Email: adel_akker@yahoo.com

Abstract

The aims of this study are to calculate the cooling load and heat gain on the Auditorium space in Europe. The heating ventilation and air condition (HVAC) system is the most complex install in the Auditorium building. The design includes different kinds of people with different ages, because it is important for air distribution for thermal comfort for people, the diffusers are installed under the seats and outlet air is in the ceiling. Heat load is estimated by arithmetic operation also the heat loss calculation of each individual space in the Auditorium is studied. The prior design of the of the Auditorium heating system estimate was made of the maximum probable heat loss to be heated. High quality insulations were installed in walls and roof, for saving energy and sound. The results of the research found the total cooling load is 24000 [w], heat loss is 57593 [w] and volume flow rate 1242 [m³]. The system succeeded in maintaining required temperature, which is 22 [°C], sensible heat loads: and 4400 [w].

Keywords: heating, ventilation and air-conditioning (HVAC), heat loss calculation, heat load estimation and duct design.

1. Introduction

HAVC design is a critical component, if performed carefully; energy efficient system at an affordable cost can be developed [1]. There is possibility of creating almost any indoor climate. The indoor climate can be achieved by air handing unit, or central air indoor conditioning system. The supplying fresh air may disturb the comfort of people, so to avoid draft and noise by changing the temperature just by heating or cooling, the air can affect the relative humidity as well. The energy conservation activities

aforementioned aim to minimize the energy consumption within reasonable limits without having to reduce the function of a system. In other words, this activity is intended to obtain the optimum energy consumption [2], the calculation of heat supply is necessary to maintain the selected internal design temperature assuming that the outdoor temperature is at the appropriate winter design value, the increase in the unavailable energy (increase in entropy) and unusual climatic changes seen in recent years [3], These designs are developed according to energy conscious building design [4], [5].

1.1. The objectives of study are:

- Building insulation design.
- Calculation the cooling load and heat gain.
- Analysing the calculation results.
- Concluding the results of the study.

Abbreviations

HAVC	Heating, Ventilation and air conditioning
CLTD	Cooling load temperature difference
SC	Shading Coefficient
%RH	Relative Humidity
SHGF	Solar heat gain factor
U	Overall heat transfer
SC	Shading coefficient
C _p	Specific heat capacity
Δt	Difference temperature
P	Air density
V	Volume rate of room

2. Method

2.1. Construction of Building

The wall halls are shaped and placed to minimize the possibilities of echoes. Plain walls are found suitable. For best acoustic the convex shaped walls are constructed to reduce echoes to a greater extent [6].

Building construction sizing layers, shows in table 1, and Building design figure 1.

Table 1- The construction of both wall sides and roof, including dimensions (mm)

Outer wall construction		Inside wall construction		Roof construction	
Plywood	6 mm	Plaster	15 mm	Asphalt roofing	10 mm
Insulation	60 mm	Common Brik	380 mm	Concrete slab	30 mm
Concrete	100mm	Plaster	15 mm	Insulation	80 mm
Face-Brik	100 mm			Plaster	15 mm

2.1.1 Building Design

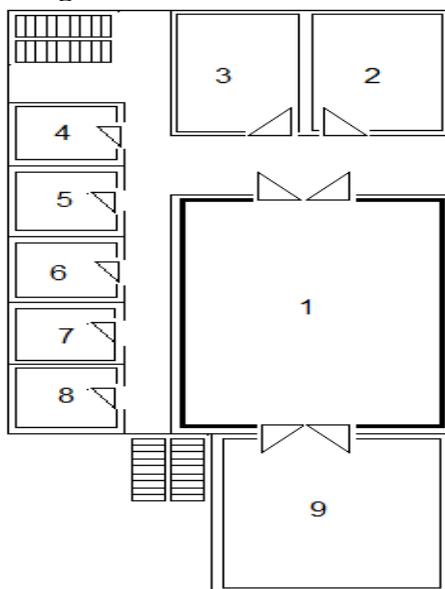


Figure1. Construction of the Building

2.1.2. Building description

The building has many rooms which are the Auditorium, machine room, offices, bathrooms; all areas are given in table 2.

Table 2. The areas, using room and air-conditioning type

Room No	Room using	Area [m2]	Air – conditioning type
1	Auditorium	156	Central system
2	Training room	45	Window type
3	Machine room	45	Window type
4-8	Office	16	Window type
9	Lobby	120	Window type

2.2. Selection of central Air condoning unit

This unit is usually used in larger buildings, the unit has many parts (fan, dampers, filters, humidifiers, dehumidifiers, duct system, sound absorbers, inlet and outlet grills and control devices, heater and cooler), with duct connected in the end of the system, for outlet air forcing by motors fan.

The chiller is needed to provide the cold medium air, which is used to cool air either directly or via secondary water coil, the cooling machine using evaporation or absorption system to produce low temperature, which is needed for cooling. The boiler is also needed to produce steam or hot water for air heating, the central air treatment system shown in figure 2.

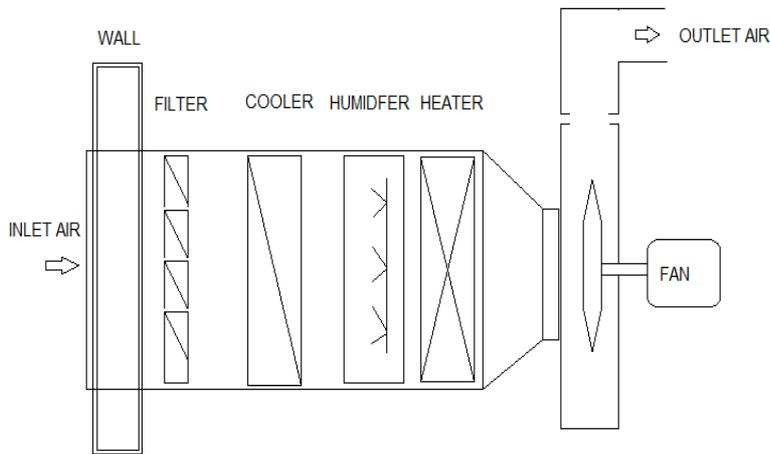


Figure 2. Central Air conditioning unit

2.3. Heat load calculation

The heating load estimated, which accounts for the probable heat loss occurring in a room or space to heat during the winter season, the major simplifying assumptions that of a steady state condition, the heat loss calculation of each individual space in the building is studied, the heat supply rate calculation is necessary to maintain the selected internal design temperature, assuming that the outdoor temperature is at the appropriate winter design value. Table 3, shown the temperatures details [7], [8].

2.3.1 Design data

Table 3. Temperature and humidity in winter and summer season

Case	t_{out} [°C]	t_{in} [°C]	Humidity [%]
Winter	- 13	22	50 -70
Summer	32	26	40 -70

2.3.2. Heat loss calculation

The basic formula for heat loss through walls, roof, floors and ceiling surfaces is given in equation (1)

$$q_{tr} = AU(t_i - t_o) \quad (1)$$

2.3.3. Structure calculation

The building has four sides, north, south, west and east, table 4 gives the results of area structures.

Table 4. The results Areas of Walls and roof

Roof [m ²]	Wall – N	Wall- E	Wall- S	Window- N
276	32.25	45	54	15

2.3.4. Structure resistance calculation

Structure resistance calculation, given in table (5)

Table 5. Structure resistance calculation roof and walls.

Roof		Walls	
Structure (mm)	Resistance (λ)	Structure (mm)	Resistance (λ)
Outside surface	0.029	Outside surface	0.029
Asphalt, 10 mm	0.720	Face-brick, 100 mm	0.830
Concrete , 80 mm	0.520	Concrete, 100 mm	0.120
Insulation, 80 mm	0.036	Insulation, 80 mm	0.064
Concrete , 150 mm	0.550	Plywood, 6 mm	0.050
Plaster, 15 mm	0.720	Inside surface	0.130
Insider surface	0.120		
SUM	2.700	SUM	1.223

2.3.5. Overall heat transfer coefficient (U)

2.3.5.1. Walls and roof

The heat gain through walls and roof is dependent on overall heat transfer coefficient (U), which was given by [9], and the overall

heat transfer coefficient of wall and roof (U), calculation given by equation (2-3),

$$U_{wall} = \frac{1}{1.223} = 0.81766 \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ C \right] \quad (2)$$

$$U_{roof} = \frac{1}{1.85} = 0.54054 \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ C \right] \quad (3)$$

2.3.5.2. Windows

The overall coefficient of heat transmission (U-factor) of windows (12.7 mm, air gap between the double layer glass), $U=2.8 \left[\frac{W}{m^2} \cdot ^\circ C \right]$, which given by [9]

2.4. Cooling load calculation

2.4.1. External sources

- Walls and roof

$$q_0 = UA (CLTD) \quad (4)$$

- Glass:

$$q_o = A(SC)SHGF(CLF) \quad (5)$$

$$q_i = W \times F_u \times F_s \quad (6)$$

2.4.2. Internal sources.

The various internal loads consist of sensible and latent heat transfers due to occupants, products, processes appliances and lighting. The lighting load is only sensible. The cooling load factors (CLF) to account for the time lag of the cooling load caused by the building mass. The weighting factors equation determines the CLF factors [10].

$$CLF = Q \text{ cooling load} / Q \text{ internal gains.}$$

2.4.2.1. Light

Lighting is one of the largest of energy consumption. In fact, the most recent data from the commercial Building Energy consumption [11].

The cooling light load due to lighting is major component space accurate estimates essential, Ac-cording to [5], lighting requirements are 1 W/SF [4]. The Heat gain due to lighting is given by [12]. The heat gain for light can expresses as the flowing equation (6):

2.4.2.2. People

$$q_{sensible} = N(q_s)(CLF) \quad (7)$$

$$q_{latent} = N(q_L) \quad (8)$$

Sensible and Latent heat gain from occupancy (q_s , q_L) and (CLF), given in [13].

Number of people = 80

Sensible heat per person (q_{sen}) = 65 [w]

Latent heat per person (q_{lat}) = 55 [w]

Total latent heat = 4400 [w]

3. Process diagram

3.1. Summer time

Figure 3, shows the operation system on the Psychrometric chart, table (3) given the temperatures and description.

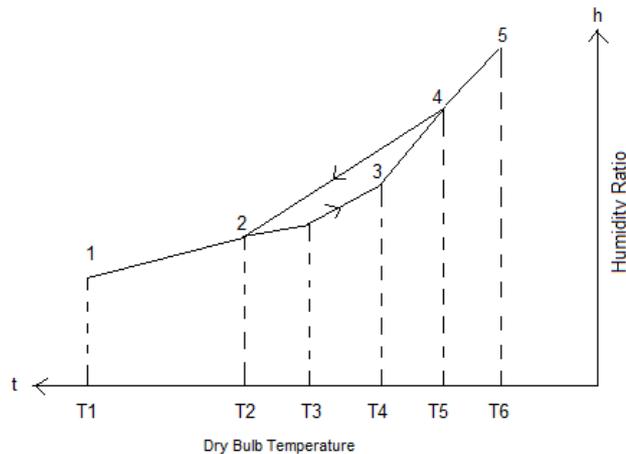


Figure 3. Operation system on the Psychrometric chart

Table 7. Description and temperatures in the Psychrometric chart points

Sign	Description	Temperature [°C]
T1	Surface central cooling coil temperature	
T2	Exhaust air temperature (before mixing)	18
T3	Supply air temperature	22
T4	Exhaust air temperature	30
T5	Mixing temperature	31
T6	Outside air temperature	32
t_{room}		26

3.2. Winter time

Figure 4, shows the summer operation system on the Psychrometric chart, and the table (8) given the temperatures and description.

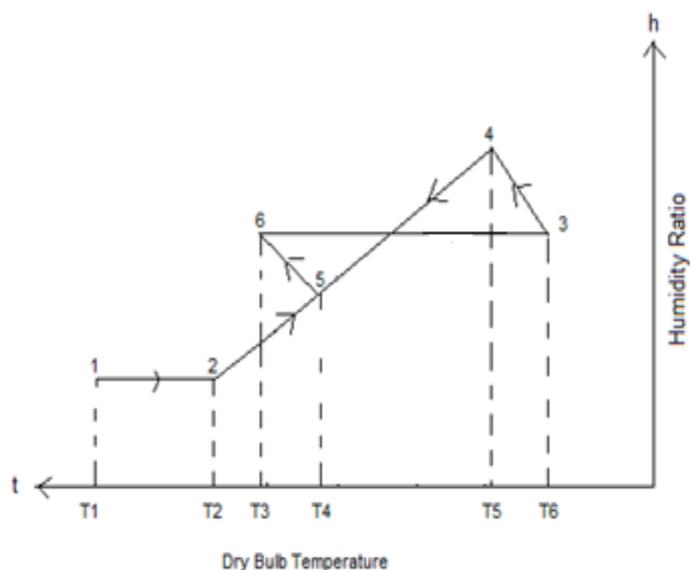


Figure 4. Operation system on the Psychrometric chart

Table 8. Description and temperatures in the Psychrometric chart points

Sign	Description	Temperature [°C]
T1	Outside air temperature	-13
T2	Inlet air temperature	0
T3	Surface central heating	22
T4	Air temperature mixing	30
T5	Supply air temperature	31
T6	Outside air temperature	32
t_{room}	Between (t_5-t_4)	26

4. Results and Discursion

4.1. Heat losses by transmission

The heat transferred through walls, roof and windows, which calculated using equation (9), difference temperatures in winter time (-35) °C, table (3).

$$q_{tr} = AU(t_{in} - t_{out}) \quad (9)$$

4.1.1. Infiltration heat loss calculation

Infiltration is the cold air, which leaks through windows, doors and walls, because of wind pressure against the building by difference air density between warm and cold of air, infiltration calculation using equation (10).

$$q_{inf} = 0.3 \times V_o \times C_p \times P (\Delta T) \quad (10)$$

Total heat loss, calculated using equation (11)

$$q_{total} = q_{tr} + q_{inf} \quad (11)$$

Total results of total heat loss are given in table (9).

Table 9. Heat transmission, infiltration and total heat loss

Structure	Area [m2]	U	q_{tr} [w]	q_{inf} [w]	q_{total} [w]
Walls	146	0.817	4.174		
Roof	276	0.50	4830		
Windows	30	2.8	2940		
Sum			11.944	15649	27593

4.2. Cooling load

Figure 5, gives total cooling load results of the building with the time [hr] (8 – 22)

Total cooling load = 24000 [W]

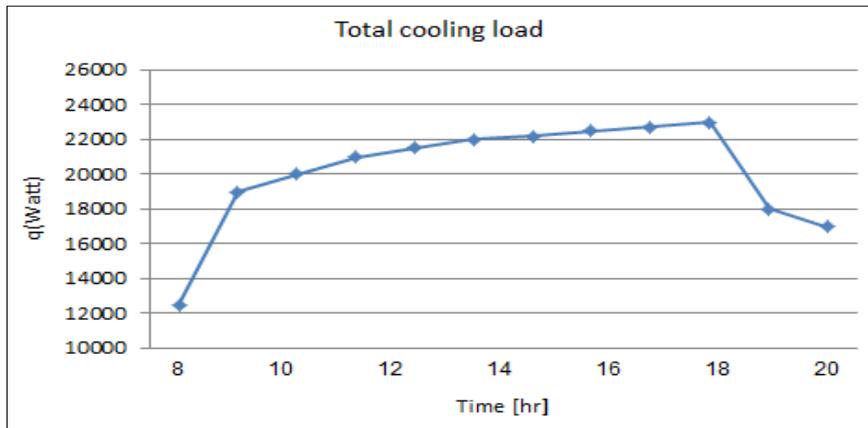


Figure 5. Total cooling load

4.2.1. Calculation of air volume rate

The air volume flow rate is calculated using equation (12), and the results of the calculation are given in table (6)

Total cooling load = 24000 [W]

Volume rate of room = 1242 m³

$$V = \frac{q}{P} \times Cp \times \Delta t \quad (12)$$

Table 6. Calculation of cooling load with air density, air specific and temperature difference

Space	q [W]	$P [J/Kg.k]$	$Cp [J/Kg.K]$	t [°C]
Auditorium	24000	1.2	1003.5	8

From the calculation above of heat transmission and heat gain, following the Air Change Rate (how many times air needs to be change per second) is given by [14], [15]. The air change rate is calculated using equation (13)

$$n = \frac{V}{V_{room}} = \frac{9000}{1242} = 7.2 \quad (13)$$

4.3. Duct design

The most information that required to analyse a duct for flow, pressures and sizing [16], include:

- Supply or extract air quantities for each terminal device (diffuser, register, grille) in the room.
- Equation friction (constant pressure drop)
- Static regain
- Total pressure (velocity reduction)

The methods described in this section pertain to low velocity system, also methods can be used for high velocity system design, but the results will not be satisfactory in some cases,

Using equation (14) will get the air velocity, air volume 9000 m³/h , and area of duct is known.

$$v = \frac{V_o}{A} \quad (14)$$

4.3.1. Duct dimension and pressures

Air duct dimension and pressures, shown in figure 6, and the data in table 9.

Table 9. Dimension and pressures of duct in the Auditorium

No	Name	ϕ [mm]	Pressure [Pa]
1	Rectangular duct	700*400	22
2	Bend	ND 400	44
3 - 4	Diffuser	DL R/4	22
5 - 6	T- section	ND 2*250*300	21
7	Transfer fitting	400*400/ND 400	21
8	Nozzle jet	DU-S-R/315	26
9	Floor diffuser	FBA-1-D/200	23
10	Bend	ND 300	23
11	Bend	400*700	48

4.4. Controller device

The controller devices will control the following:

- The motorized damper of supply air and stopped the fresh air flow.
- Control, three-way valve and water pump in the coil of heating and cooling.
- The fan will controlled by off-on switches to make it easily to shut them in case of freezing risk in heater.

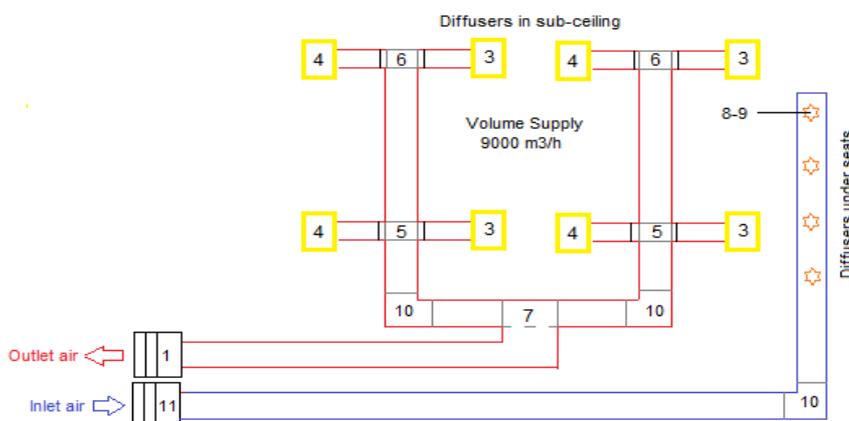


Figure 6. Air distribution in Auditorium

5. Conclusion

From the results of the analysing and studies on the ventilation & air conditioning design (HVAC) of the Auditorium.

1. The maximum cooling load at peak load is 24000 [w] and the heat loss is 57593 [w].
2. The cooling load profile 2400 [w], comes from the sensible heat loads: and 4400 [w], from latent heat loads.
3. Factors that can reduce the heat loss are: high quality insulation install, reducing the infiltration of outside air.
4. For thermal comfort for people and energy consumption, should use the diffusers under the seats.
5. The building will be occupied for a few days, so we should find out the best starting operation and switching off the system.
6. The design of ventilation air conditioning system using water chiller to provide cooling load capacity needed, and steam humidifier comes from electricity steam generation.
7. The duct will be mounted by handling the roof and the walls for suppling the air under seats and the air distribution through the floor diffusion to get the desired uniformity of the temperature and air movement in the occupied zone.
8. The air outlet air in the ceiling level through outlet diffusers to the area above the sub-ceiling.

References

- [1] R.Lathaia, J.Mistry, Process of designing efficient, emission free HVAC system with its components for 1000 seats auditorium, Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering, 18 (2016).
- [2] Symsuar, Ariefin, Sumardi, Analysis of air cooling (AC) system Auditorium venue, Building of Politeknik, Negeri. International Conference on science and Innovated engineering, (2019).
- [3] lathia, Rutivik, Agrawal Tarun, Dobariyan Kevin, Parmar Vishal, Patel Ankit, Heat death (The ultimate fate of universe), in: International Conference on Innovative Research in Engineering, Science and Management (ESM-15), Tata McGrea-Hill, New Delhi, 2015, pp. 162-166. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4158.2485>.
- [4] A. Bhatia, HAVC Refresh – Facilities Standard for the Building Services, 2012 (Part 2). VA: PDH ONLINE.

- [5] J.K. Nayak, J.A. Prajapati, Handbook on Energy Conscious Building, Indian Institute of Technology, Bombay and Soar Energy Centre, Ministry of Non-conventional Energy Sources, Government of India, Bombay, 2006.
- [6] Civil At Work, <https://civilatwork.blogspot.com/>
- [7] ASHRAE, Fundamentals Handbook, American Society of Heating, refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Atlanta, 2005.
- [8] K.M. Patel, P.K. Jain, D.K, Design of HVAC with VRF system for a space house in Ahmedabad, Int. J. Sci. Technol. Eng. 1 (10) (2015).
- [9] S.S. Wane, M.B. Nagdeve, Design of air cooling system for college auditorium, J. Environ. Res. Dev. 6 (3) (2012) 562-568.
- [10] E.Corder, Therma, Lighting represents the second highest use of energy in U.S. commercial. <https://www.therma.com/how-to-factor-lighting-into-your-cooling-loads/#:~:text=Multiply%20your%20energy%20savings%2C%20the,this%20by%20your%20electricity%20rate>
- [11] A.A. Bell, HVAC – Equation, Data and Rules of Thumb, McGraw- Hill, New York, 2007.
- [12] A. Bhatia, Cooling Load Calculations and Principles. <https://www.cedengineering.com/userfiles/Cooling%20Load%20Calculations%20and%20Principles%20R1.pdf>
- [13] ASHRAE, Fundamentals Handbook, American Society of Heating, refrigerating and Air- Conditioning Engineers, 1997.
- [14] R.Hammon, HVAC Design Guide, California Energy Commission.
- [15] F. Porges, HVAC – Engineer’s Handbook, Butterworth Heinemann, Oxford, 2001.
- [16] V.C. Thomas, Engineering design basis-ductwork design program, Owings & Merrill, Skidomre, 1998, <https://energy-models.com/ductwork-design-program>.

Groups of Non-bijective Transformations Mapping on Finite Set. ($G_{(Non-bT)}$)

www.doi.org/10.62341/faas102

Faraj.A.Abdunabi¹, Ahmed shletiet²

¹Lecturer in Mathematics Department, AJdabyia University

Faraj.A.Abdunabi@uoa.edu.ly

²Lecturer in Mathematics Department, AJdabyia University

shletiet@uoa.edu.ly

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو إيجاد زمرة جديدة تتكون من تحويلات تبديلية ليست فئة جزئية من زمرة تماثل S_n في فئة منتهية A تسمى زمرة $G_{(Non-bT)}$. بالإضافة إلى ذلك، نعطي الشرط الضروري والكافي لعناصر هذه الزمر على فئة غير خالية A باستخدام زمرة حاصل القسمة A ، علاوة على ذلك، نستنتج أن هذه الزمر متكافئة الي زمرة تماثل على زمرة حاصل القسمة..

Abstract: The aim of this study is to find new groups that consisting of non-bijective transformations cannot subset of symmetric groups S_n on finite set A called $G_{(Non-bT)}$ groups. In addition, we give the necessary and sufficient condition for the elements of these groups on anon empty set A by using the quotient set of A , Moreover, we conclude that $G_{(Non-bT)} \cong S_n$ on the quotient set of A .

Key words: Transformation, Symmetric Group, Equivalence Class, Quotient Set, Partition.

1-Introduction:

The transformation group is a group [1] is important and good part of the group theory. We recall a symmetric group on a non-empty set A is a group consisting of bijections transformations from A to itself with respect to compositions mapping on a non-empty set A which the one most important transformation groups for more details see [2],[3]. Our work, we answered the problem 1.4 in [4].

We find for a finite $S_n = \{1,2,3,\dots,n\}$ there exists groups from a set of all transformations mapping $\text{Trans}\{A\}$ cannot subset of symmetric groups S_n we called $\mathbf{G}_{(Non-bT)}$ groups. In addition, we study and discuss the necessary and sufficient condition of the elements of these groups. Moreover, $\mathbf{G}_{(Non-bT)}$ is isomorphic to a symmetric group on the quotient set of A .

2-Preliminary:

In this section, we review some basics concepts of the finite group theory that are assumed in our paper. For more detailed here in lots of abstract algebra and finite group theory books for more including all treating of some of this material for example, in [5],[6], would be good supplementary sources for the theory needed here.

Definition 2.1. Suppose that A be nonempty. A binary relation R in A is called an *equivalence relation* on A . If it satisfy the following three conditions:

- (i) for any $a \in A$, then aRa ;
- (ii) if aRb then bRa for any $a, b \in A$;
- (iii) if aRb and bRc then aRc for any $a, b, c \in A$.

Remark 2-1. For the set A , we dented to the set of all its transforms by $\text{Trans}\{A\}$. For any $\alpha \in \text{Trans}\{A\}$ and $\text{Im}(\alpha)$ to denoted the image of α . Also, Z and $Z_>$ will respective dented the set of integers and positive integers.

Definition 2.2. Suppose that R is an equivalence relation on A . For an element $a \in A$, we call $[a]_R$ the equivalence class of a determined by R . And $A/R = \{[a]_R | a \in A\}$ is called the quotient set of A relative to the equivalence relation R .

3- $\mathbf{G}_{(Non-bT)}$ groups

In this section. We introduce our groups that named $\mathbf{G}_{(Non-bT)}$ groups.

Example 3-1. Consider F be a field, and V be a vector space of dimension 2 over F . And $\{v_1, v_2\}$ a basis of V . For any $a \in F^*$, we define $T_a: V \rightarrow V, \mu = a_1v_1 + a_2v_2 \rightarrow a a_1v_1$.

In other words, the linear transformation T_a has matrix $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & a \end{pmatrix}$ with respect to the ordered basis v_1, v_2 . Set $G = \{T_a: a \in F^*\}$, then G is group but not a subset of symmetric group.

Example 3-2. Suppose that $A = \{1,2,3\}$. Let $S_3 = \{(1,2,3), (2,3,1), (3,1,2), (1,3,2), (3,2,1), (2,1,3)\}$ be Symmetric group.

We collect all elements of $\text{Trans}(A)$ as: $\{(1,1,1), (1,1,2), (1,1,3), (1,2,1), (1,2,2), (1,2,3), (1,3,1), (1,3,2), (1,3,3), (2,1,1), (2,1,2), (2,1,3), (2,2,1), (2,2,2), (2,2,3), (2,3,1), (2,3,2), (2,3,3), (3,1,1), (3,1,2), (3,1,3), (3,2,1), (3,2,2), (3,2,3), (3,3,1), (3,3,2), (3,3,3)\}$.

We can see there exists some groups that are subsets of $\text{Trans}(A)$, but not subsets of the S_3 .

O	(1,2,1)	(2,1,2)	(2,3,2)	(3,2,3)
(1,2,1)	(1,2,1)	(2,1,2)	$G_2 = \{(1,2,1), (2,1,2)\}$.	
(2,1,2)	(2,1,2)	(1,2,1)		
(2,3,2)	$G_9 = \{(2,3,2), (3,2,3)\}$.		(3,2,3)	(2,3,2)
(3,2,3)			(2,3,2)	(3,2,3)

We make composition of all transformations we get:

O	(1,2,2)	(2,1,1)	(2,3,2)	(3,2,3)
(1,1,2)	(1,2,2)	(2,2,1)	$G_5 = \{(1,2,2), (2,1,1)\}$	
(2,1,1)	(2,2,1)	(1,2,2)		
(2,3,2)			(3,2,3)	(2,3,2)
(3,2,3)			(2,3,2)	(3,2,3)

o	(1,1,3)	(3,3,1)
(1,1,3)	(1,1,3)	(3,3,1)
(3,3,1)	(3,3,1)	(1,1,3)

o	(2,2,3)	(3,3,2)
(2,2,3)	(2,2,3)	(3,3,1)
(3,3,2)	(3,3,2)	(2,2,3)

$$G_1 = \{(1,1,3), (3,3,1)\}$$

$$G_8 = \{(2,2,3), (3,3,2)\}$$

O	(1,2,2)	(2,1,1)	(3,1,1)	(1,3,3)
(1,2,2)	(1,2,2)	(2,1,1)	$G_3 = \{(1,2,2), (2,1,1)\}$	
(2,1,1)	(2,1,1)	(1,2,2)		
(1,3,3)	$G_7 = \{(1,3,3), (3,1,1)\}$		(3,1,1)	(1,3,3)
(3,1,1)			(3,1,1)	(1,1,3)

If we apply same way, we get the groups of order 2 are :
 $G_1 = \{(1,1,3), (3,3,1)\}$, $G_2 = \{(1,2,1), (2,1,2)\}$, $G_3 = \{(1,2,2), (2,1,1)\}$,
 $G_4 = \{(1,2,3), (1,3,2)\}$, $G_5 = \{(1,2,3), (2,1,3)\}$, $G_6 = \{(1,2,3), (3,2,1)\}$,
 $G_7 = \{(1,3,3), (3,1,1)\}$, $G_8 = \{(2,2,3), (3,3,2)\}$, and $G_9 = \{(2,3,2), (3,2,3)\}$.

But, $G_4 = \{(1,2,3), (1,3,2)\}$, $G_5 = \{(1,2,3), (2,1,3)\}$, and
 $G_6 = \{(1,2,3), (3,2,1)\}$ are subsets of S_3 .

So, $G_{(Non-bT)}$ are G_1, G_2, G_3, G_7, G_8 , and G_9 .

Lemma 3.1. Suppose that $G_{(Non-bT)}$. For any $\alpha \in G_{(Non-bT)}$ and the
 e the identity element of $G_{(Non-bT)}$, then $R_e = R_f$.



Proof. Form definition 2-2, for any $a \in A$, our need to check $[a]_\alpha = [a]_e$. i.e, if $x \in [a]_\alpha$, $\alpha(x) = \alpha(a)$.

(\Rightarrow) Since $G_{(Non-bT)}$ is a group with identity element e , there is a transformation $\alpha_1 \in G_{(Non-bT)}$ such that $\alpha_1 \alpha = e = \alpha_1 \alpha$. Therefore, $e(x) = \alpha_1(\alpha(x)) = \alpha_1(\alpha(a)) = e(a)$, Which yields that $x \in [a]_e$.

(\Leftarrow), if $y \in [a]_e$ i.e. $e(a)e(y)$. Hence, $\alpha(a) = (\alpha e)(a) = \alpha(e(y)) = (\alpha e)(y) = \alpha(y)$, which implies $y \in [a]_\alpha$. It follows that $[a]_e = [a]_\alpha$ for any $a \in A$, as wanted. ■

Remark 3.1. For any elements $\alpha, \beta \in G_{(Non-bT)}$, $R\alpha = R\beta$.

Proposition 3.1. Suppose that $G_{(Non-bT)}$ group. Let α be an element in $Trans\{A\}$ and $\hat{\alpha}$ be the induced transformation of α on A/R_α , i.e $\hat{\alpha}: A/R_\alpha \rightarrow A/R_\alpha$, $[x]_\alpha \mapsto [\alpha(x)]_\alpha$. Then the following hold:

- (i) There exists a groups $G_{(Non-bT)} \subseteq Trans\{A\}$ containing α as the identity element iff $\alpha^2 = \alpha$.
- (ii) There is a groups $G_{(Non-bT)} \subseteq Trans\{A\}$ containing α as the identity element iff $\hat{\alpha}$ is a bijective on A/R_α .

The following two corollaries are from [7] and we make some propositions to the original proofs. Actually, we adopt the restriction of finiteness on A in the first proposition from the original one. And we used the finiteness on A in the second proposition; the original one did not use it.

Proposition 3.2. Suppose that α be an element in $Trans\{A\}$. Then $\alpha^2 = \alpha$ iff the induced mapping $\hat{\alpha}$ on A/R_α is the identity element.

Proof.

(\Rightarrow) We Assume that $\alpha^2 = \alpha$. Then for any $[x]_\alpha \in A/R_\alpha$, as $\alpha(x) = \alpha(\alpha(x))$,

So, $[x]_\alpha = [\alpha(x)]_\alpha$. It follows that $\hat{\alpha}([x]_\alpha) = [\alpha(x)]_\alpha = [x]_\alpha$; which implies that $\hat{\alpha}$ is the identity mapping on A/R_α .

(\Leftarrow) Suppose that $\hat{\alpha}$ is the identity mapping on A/R_α . Then for any $[x]_\alpha \in A/R_\alpha$, the condition that $\hat{\alpha}([x]_\alpha) = [x]_\alpha$ will imply that

$[\alpha(x)]_\alpha = [x]_\alpha$. Hence $\alpha(\alpha(x)) = \alpha(x)$. It follows that $\alpha^2 = \alpha$ as required. ■

Proposition 3.3. Let A be a finite set and α is an element in $\text{Trans}\{A\}$. Then there is a $G_{(Non-bT)} \subseteq \text{Trans}\{A\}$ containing α as an element iff $\text{Im}(\alpha) = \text{Im}(\alpha^2)$.

Proof. (\Rightarrow) We assume that there is a group $G_{(Non-bT)} \subseteq \text{Trans}\{A\}$ containing α as an element. Suppose that e is an identity element of $G_{(Non-bT)}$. Then by Proposition 3.1, the induced mapping $\hat{\alpha}$ is a bijection on A/R_α . In particular, $\hat{\alpha}$ is surjective and thus for any $x \in A$, there is a $[y]_\alpha \in A/R_\alpha$ such that $\hat{\alpha}([y]_\alpha) = [x]_\alpha = [\alpha(y)]_\alpha$; which yields that $\alpha(x) = \alpha(\alpha(y)) = (\alpha^2)(y)$. As a result, $\text{Im}(\alpha) \subseteq \text{Im}(\alpha^2)$ and thus $\text{Im}(\alpha) = \text{Im}(\alpha^2)$.

(\Leftarrow) Suppose that $\text{Im}(\alpha) = \text{Im}(\alpha^2)$. Thus, for any $\alpha(x) \in \text{Im}(\alpha)$ there is a $y \in A$ such that $\alpha(x) = \alpha(\alpha(y))$ and hence $\hat{\alpha}([y]_\alpha) = [x]_\alpha$; which implies that $\hat{\alpha}$ is surjective on A/R_α . Note that we are assuming that A is finite and so is A/R_α . We have that the induced mapping $\hat{\alpha}$ is bijective. By Proposition 3.1, the assertion follows. ■

Remark 3.2. If $G_{(Non-bT)} \subseteq \text{Trans}\{A\}$. Since $R_\alpha = R_\beta$ for any elements in $G_{(Non-bT)}$ and for each element $\alpha \in G_{(Non-bT)}$ will induce a bijection $\hat{\alpha}$ on A/R .

The following proposition is crucial since it turns a group $G_{(Non-bT)} \subseteq \text{Trans}\{A\}$ into a symmetric group.

Proposition 3.4. Suppose that $G_{(Non-bT)} \subseteq \text{Trans}\{A\}$ is a group. Set $G_{(Non-bT)} = \{\hat{\alpha} \mid \alpha \in G_{(Non-bT)}\}$; then $\hat{G}_{(Non-bT)}$ is a symmetric group on A/R and $\varphi : G_{(Non-bT)} \rightarrow \hat{G}_{(Non-bT)}$, $\alpha \mapsto \hat{\alpha}$, is an isomorphism.

Proof.: For any $\alpha, \beta \in G_{(Non-bT)}$ and any $[a] \in A/R$, we have $\varphi(\alpha\beta)([a]) = [(\alpha\beta)(a)] = [\alpha(\beta(a))] = \varphi(\alpha)([\beta(a)]) = (\varphi(\alpha)\varphi(\beta))(a)$; $\Rightarrow \varphi(\alpha\beta) = \varphi(\alpha)\varphi(\beta)$ and thus φ is a homomorphism. So φ is surjective by the definition of $\hat{G}_{(Non-bT)}$. Now we assume that

$\varphi(\alpha)=\varphi(\beta)$ for two elements $\alpha, \beta \in G_{(Non-bT)}$, So, $[\alpha(a)] = [\beta(a)]$, $\forall a \in A$. Suppose that e is an identity element of $G_{(Non-bT)}$, then we have $[\alpha(a)]_e = [\beta(a)]_e$; $\forall a \in A$. It follows that $e(\alpha(a)) = e(\beta(a))$; $\forall a \in A$. Hence, $\alpha(a) = (e\alpha)(a) = e(\alpha(a)) = e(\beta(a)) = \beta(a)$, $\forall a \in A$, and therefore $\alpha = \beta$. We conclude that φ is injective. As a consequence, φ is an isomorphism. ■

Now, let consider the examples 3-2 . Suppose that $A = \{1, 2, 3\}$. Let $S_3 = \{(1, 2, 3), (2, 3, 1), (3, 1, 2), (1, 3, 2), (3, 2, 1), (2, 1, 3)\}$ be Symmetric group. Then we can get the following theorem

Proposition 3-5. Suppose that $A = \{1, 2, 3\}$. The $G_{(Non-bT)}$ groups on a set A are only six groups of order 2.

Proof: Suppose $A = \{1, 2, 3\}$, the $Trans\{A\}$ has 27 mapping from A to A . $S_3 = \{(1, 2, 3), (2, 3, 1), (3, 1, 2), (1, 3, 2), (3, 2, 1), (2, 1, 3)\}$.

There exists some groups that are subsets of $Trans\{A\}$, but not subsets of the S_3 . We know, every group needs to include the identity. From this point, for all elements of $Trans\{A\}$, we will take one element of $Trans\{A\}$ as an identity. And, we will find all groups that can be $G_{(Non-bT)}$ groups. So, the only groups of mapping on a set A with respect to function compositions which are not subsets of symmetric groups are $G_1 = \{(1, 1, 3), (3, 3, 1)\}$, $G_2 = \{(1, 2, 1), (2, 1, 2)\}$, $G_3 = \{(1, 2, 2), (2, 1, 1)\}$, $G_7 = \{(1, 3, 3), (3, 1, 1)\}$, $G_8 = \{(2, 2, 3), (3, 3, 2)\}$, and $G_9 = \{(2, 3, 2), (3, 2, 3)\}$.

Also, the groups of order 3 just: $\{(1, 2, 3), (2, 3, 1), (3, 1, 2)\}$ which is subset of S_3 . However, no other groups of order more than 3 that cannot be subset of S_3 . So, the only groups of mapping on a set A with respect to function compositions that cannot be subsets of symmetric groups are six groups of order 2; $G_{(Non-bT)}$ are $G_1, G_2, G_3, G_7, G_8, \text{ and } G_9$. ■

Example 3-3: Suppose that $A = \{1, 2, 3, 4\}$, we have the $Trans\{A\}$ set has 256 mapping from A to A . We have $G_{(Non-bT)}$ groups of order

2,4,6. For example, groups of order 2, $G=\{(1,1,4,4),(4,4,1,1)\}$;
groups of order 4 for example $G_{(Non-bT)}$ groups $=\{(1,1,4,4),$
 $(4,4,1,1), (1,4,1,4), (4,1,4,1)\}$; groups of order 6 $G_{(Non-bT)}$ group $= \{$
 $(1,1,4,3) (1,1,3,4) (4,4,1,3) (4,4,3,1) (3,3,1,4) (3,3,4,1)\}$.

Remark 3.3. : If G_1 and G_2 are two $G_{(Non-bT)}$ groups, then $G_1 \cup G_2$
and $G_1 \cap G_2$ are not necessary to be $G_{(Non-bT)}$ -group.

Proof: Suppose that $X=\{1, 2, 3\}$. From example 3-2 if we take
 $G_1=\{(1,1,3),(3,3,1)\}$ and $G_2=\{(1,2,1),(2,1,2)\}$.

We assume $G_1 \cup G_2$ is $G_{(Non-bT)}$ groups. But , it contradiction with
proposition 3-5. Since order of $G_1 \cup G_2$ is four also $G_1 \cap G_2 = \phi$, and
 $\phi \subset S_3$. So, $G_1 \cap G_2$ is not $G_{(Non-bT)}$ group.

CONCLUSION

We concluded that there exists a groups consist non bijective
mappings from a finite set to itself cannot subset of symmetric
groups S_n . In addition, we studied and the necessary and sufficient
condition for the elements of these groups on a non-empty set A by
using the quotient set of A . However, we turns out that the union and
intersection of two $G_{(Non-bT)}$ groups is not necessary *be* $G_{(Non-bT)}$
group.

ACKNOWLEDGMENTS I would like to thank Professor Martin
Isaacs for his answer and help with some clarifications.

References

- [1] Katsuo Kawakubo , The Theory of Transformation Groups 1st,
Oxford University (1992).
- [2] Zhang Yuanda. Finite group structure (Volume 1) [M]. Beijing:
Science Press,(1982).p.1-58.
- [3] Donald S.Passman, Permutation groups, Dover publication
,Inc,Mineole, New York,(2012).
- [4] I. Martin Isaacs, Finite Group Theory 1st Edition (American
Mathematical Soc. 2008), Vol. 92 .
- [5] Hans Kurzweil, Bernd Stellmacher, The theory of finite groups
(Universitext), Springer-Verlag New York, Inc., (2004) .

- [6] M. Aschbacher, Finite Group Theory, 2nd edition, Cambridge University Press (2012).
- [7] Y. Wu, X. Wei, Conditions of the groups generated by nonobjective transformations on a set. Journal of Hubei university (Natural Science) 27,1(2005).

Pipeline Integrity Management by Means of Modeling and Prediction of Corrosion Penetration Rate Using Fuzzy Logic Technique

Omar M. Elmabrouk
Department of Industrial
Engineering
Faculty of Engineering, UOB,
Benghazi, Libya
omar.elmabrouk@uob.edu.ly

Huda E. Aboshah
MSc-EnMa
Faculty of Engineering, UOB,
Benghazi, Libya
hudaaboshah@gmail.com

الخلاصة

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة تأثير متغيرات معدل التآكل على خطوط الأنابيب كأحد العوامل المؤثرة على إنتاجية خطوط نقل النفط الخام، باستخدام النمذجة والتنبؤ لنسبة تغلغل التآكل بتطبيق تقنية المنطق الضبابي.

كانت المتغيرات التي تم دراسة تأثيرها هي درجة الحرارة، الضغط، إجهاد القص، ودرجة الحموضة، وكان المدى للقيم لهذه المتغيرات هي 105-130 درجة فهرنهايت، 147-605 رطل لكل بوصة مربعة، 1-30 باسكال و 5.51-5.65 على التوالي.

تم تطبيق تقنية المنطق الضبابي (fuzzy logic) للتنبؤ بمعدلات تغلغل التآكل في خط أنابيب السرير - طبرق المستخدم في عمليات نقل النفط الخام بشركة الخليج العربي للنفط.

تم إنشاء نموذج التنبؤ من بيانات محسوبة تم الحصول عليها باستخدام برنامج NORSOK M-506. وتم استخدام متوسط الخطأ المطلق والبيانات الفعلية باستخدام برنامج NORSOK M-506 وذلك على سبيل التحقق من نموذج التنبؤ.

حيث كانت قيمة متوسط الخطأ المطلق الناتج عن (FL) = 0.093548، والتي دلت على دقة نموذج FL.

Abstract

In this study the prediction of corrosion rate on pipelines as one of the factors affecting the transportation pipelines productivity, was

studied by means of integrity management approach and based on modeling and prediction of corrosion penetration rate using fuzzy logic technique.

The parameters investigated were: Temperature, Pressure, Shear stress and pH, and their values ranges were 105-130°F, 147-605 psi, 1-30 Pa and 5.51-5.65 respectively. The study was implemented to predict the corrosion penetration rate of the Sarir-Tobruk pipeline used for crude oil transportation processes at Arabian Gulf Oil Company (AGCO).

The model was created from independent calculated data that were calculated using NORSOK M-506 software. The mean absolute error was used to validate the accuracy of the model.

The results of mean absolute error was 0.093548, which indicated that, the model was an accurate model.

Keywords: corrosion rate, Sarir-Tobruk pipeline, integrity management approach,

1. Introduction

Pipelines are an important part of the infrastructure that supplies the energy needs of business and the public. Liquid pipelines transport fuel that is used to power automobiles, buses, trucks and airplanes. Natural gas pipelines transport natural gas, propane, and other gases used for heating homes, powering electric generation plants and producing chemicals used in industry[1].

Pipeline integrity is critical to ensure maintenance and operational efficiency; however it is becoming an increasingly challenging task for the energy industry. Maintenance managers and inspectors must make sure their pipeline and its associated equipment meet strict integrity requirements and comply with regulations in order to avoid unnecessary downtime and mitigate safety and environmental risks. They must do this while working with increasingly tight budgets[2]. Pipeline Integrity Management (PIM) is the way to ensure that the people, systems, processes and resources which deliver the integrity are in place, in use and fit for purpose over the whole lifecycle of the pipelines.

2. Literature Review

The state-of-the-art in modelling of internal corrosion of oil and gas pipelines made from carbon steel is reviewed. The review was covered the effects of: electrochemistry, water chemistry, formation of protective scales and scales, temperature, flow, steel, inhibition, water condensation, glycol/methanol and localized attack. Various mathematical modeling strategies were introduced and discussed.[3]

The corrosion in petroleum pipelines was investigated by the study of the corrosion of mild steel in crude oil and refined petroleum products which include premium motor spirit (PMS), dual purpose kero (DPK), automotive gas oil (AGO), and engine oil. Weight loss technique was used in which test coupons, with a known weight, were immersed in the test media for a total exposure time of 60 days, the weight loss was measured at an interval of 10 days, and the corrosion rate was determined. The weight loss and corrosion rate increase with decreasing density and increasing weight percent of hydrogen.[4]

Steel are the most extensively used structural materials in the industry. Mild steel is the most versatile general purpose material due to its good mechanical strength, easy fabricability, formability and weldability, abundance and low cost. Also, corrosion rate is one of the most important input parameters in corrosion-induced damage prediction models for steel. Its accurate assessment and/or prediction is therefore required if the damage prediction models are to be reliably used to predict both the rate and severity of the damage and to plan for maintenance. The effect of varying temperature, concentration and time on the corrosion rate of mild steel in 0.5M H₂SO₄ acid with and without (wild jute tree) *grewia venusta* plant extract was investigated by weight loss. The temperature, concentration of inhibitor and time were varied in the range of 0 – 10 % v/v at 2% v/v interval, 30-70°C at 20°C interval, and 45 – 270 minutes at 45 minutes interval respectively. Fuzzy Logic technique was employed to predict the influence of process parameters on the corrosion rate of the samples. It was found that, the predicted corrosion rate of the samples lie close of those experimentally observed ones.[5].

Pipeline transportation has been widely used and recognized as the best way to transport oil and gas in energy industry, because of its excellent safety features and significant economic advantages. However, the failure accident of pipelines is one of the most frustrating issues, as its significant adverse impact on people, environment and public safety; it can also cause severe economic loss. Due to pipelines mostly being installed underground, information limitation and data uncertainties make it difficult to predict and assess failure risks by a single methodology based model. Intelligence Systems (IS), in particular Fuzzy Inference System (FIS) and Artificial Neural Networks (ANNs), have been significantly developed in recent years. The FIS based and the ANNs based model are both introduced to give comparable results, which provide experts with a more confident risk score.[6]

The paper the indexing pipeline risk assessment methodology was integrated with subtractive clustering fuzzy logic to deal with the uncertainty of the real world conditions. From the pipeline risk assessment indexing method basic rules and scores, a hypothetical data was created to construct the subtractive clustering fuzzy model. A case study for a cross country oil pipeline in Egypt was used to demonstrated the proposed methodology.[7]

3. The Operating Parameters, Design of Experiments and The Actual Values of Corrosion Penetration Rate (CPR)

CPR of pipeline depends on several parameters. In this study the effect of the parameters Temperature, Pressure, Shear stress and pH, were studied using Fuzzy logic methods to predict the corrosion penetration rate (CPR).

The data taken from Arabian golf oil company (AGOCO), covering the period between 16/10/2016 to 15/11/2017 for oil pipeline from the Sarir field to Hrayqa oil port in Tubruq, according to AGOCO, the total distance of pipeline is 514 km, pipeline diameter 34 inch, mole percent of CO₂ was set at 1.8%. The operating parameters and corresponding ranges in Sarir field during the period is listed in Table 1.

Table 1. The operating parameters, their units, and corresponding ranges.

Parameters	Symbol	Unit	Range	
			Lower value	Upper value
Temperature	T	°F	105	130
Pressure	P	Psi	174	605
Shear stress	SS	Pa	1	30
pH	pH	-	5.51	5.65

Minitab software was implemented to design experiments. Based on the runs given in Minitab, parameters reentered into the (NORSOK M-506) software to calculate the actual corrosion penetration rate (CPR_a) as shown in Table 2.

Table 2. Design of experiment and its actual values of CPR_a

T (°F)	P (psi)	SS (Pa)	pH	CPR _a (mm/yr)
117.5	605	15.5	5.58	3.1
123.75	261.5	22.75	5.615	1.9
117.5	376	15.5	5.51	2.6
111.25	261.5	22.75	5.615	2
117.5	376	15.5	5.58	2.4
123.75	490.5	22.75	5.615	2.8
117.5	376	15.5	5.58	2.4
123.75	261.5	22.75	5.545	2.1
117.5	147	15.5	5.58	1.4
117.5	376	30	5.58	2.6
117.5	376	15.5	5.58	2.4
117.5	376	15.5	5.58	2.4
117.5	376	15.5	5.58	2.4
111.25	261.5	22.75	5.545	2.2
123.75	490.5	8.25	5.615	2.4
111.25	490.5	8.25	5.545	2.7

T (°F)	P (psi)	SS (Pa)	pH	CPRa (mm/yr)
111.25	490.5	22.75	5.545	3.1
123.75	261.5	8.25	5.545	1.8
117.5	376	1	5.58	1.7
111.25	261.5	8.25	5.545	1.9
117.5	376	15.5	5.65	2.2
117.5	376	15.5	5.58	2.4
130	376	15.5	5.58	2.3
123.75	490.5	22.75	5.545	3
123.75	261.5	8.25	5.615	1.7
117.5	376	15.5	5.58	2.4
123.75	490.5	8.25	5.545	2.6
111.25	261.5	8.25	5.615	1.8
111.25	490.5	8.25	5.615	2.6
111.25	490.5	22.75	5.615	2.9
105	376	15.5	5.58	2.6

4. Implementation of Fuzzy logic Technique Results and Discussion:

MATLAB fuzzy logic toolbox was developed to predict CPR values. Using the data given in Table 2, and the calculated CPRa. The first step in the development of fuzzy logic model is to take the inputs and determine the degree to which they belong to each of the appropriate fuzzy sets via membership's functions. In the fuzzy logic system, the input was always a crisp numerical value limited to the universe of discourse of the input variable. The input crisp variables were temperature, pressure, shear stress and pH. Temperature variables was labeled and grouped into three levels: low, medium, and high. The pressure variables was labeled and grouped into four levels: low, medium, high and very high. The shear stress variables was labeled and grouped into four levels: Low, medium, high and very high and pH variables was labeled and

grouped into three levels: low, medium, high and on the other hand the output variable CPR was divided into three levels: low, medium and high.

This research worked a triangular membership function was used for all input and output variables. Table 3 shows the fuzzy sets of inputs and output variables.

Table 3. Fuzzy sets of input and output variables

Fuzzy set	Ranges		
	A	B	C
Temperature (°F)			
Low	105	110	115
Medium	112	117	122
High	119	124.5	130
Pressure (psi)			
Low	147	221	295
Medium	255	328.5	402
High	362	437	512
Very high	472	570	650
Shear Stress (Pa)			
Low	1	5	10
Medium	7	11	16
High	13	17	22
Very high	19	24	30
pH			
Low	5.51	5.538	5.565
Medium	5.55	5.577	5.605
High	5.59	5.622	5.65
CPR_a (mm/yr)			
Low	1.4	1.7	2.0
Medium	1.8	2.1	2.4
High	2.2	2.5	2.8
Very high	2.6	2.9	3.1

The fuzzy logic system was based on the rules and each of the rules depends on resolving the inputs into a number of different fuzzy linguistic sets. Before the rules were evaluated, the inputs were fuzzified according to each of these linguistic sets, and the degree to which each part of the antecedent was recommended for each rule. Every rule had a weight (a number between 0 and 1) which was

applied to the number given by the antecedent. Once proper weighting is assigned to each rule, the implication method was implemented. The result was a fuzzy set represented by a membership function, which weights the linguistic characteristics attributed to it. The aggregates of a fuzzy set encompassed a range of output values (CPR) and hence it must be defuzzified in order to resolve a single output value from the set.

Table 4 showed the fuzzy rules, Fig 1 showed the fuzzy logic simulation stages and surface plate of fuzzy logic for CPR obtained in Fig 2.

Table 4. The fuzzy rules

No	Rule
1	IF (T is medium) and (P is very high) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is medium)
2	IF (T is high) and (P is low) and (SS is Very high) and (pH is high) then (CPR is low)
3	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is low) then (CPR is high)
4	IF (T is low) and (P is low) and (SS is Very high) and (pH is high) then (CPR is medium)
5	IF (T is medium) and (P is high) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
6	IF (T is high) and (P is high) and (SS is Very high) and (pH is high) then (CPR is Very high)
7	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
8	IF (T is high) and (P is low) and (SS is Very high) and (pH is low) then (CPR is medium)
9	IF (T is medium) and (P is low) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is low)
10	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is Very high) and (pH is medium) then (CPR is high)
11	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
12	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
13	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
14	IF (T is low) and (P is low) and (SS is Very high) and (pH is low) then (CPR is medium)

No	Rule
15	IF (T is high) and (P is high) and (SS is low) and (pH is high) then (CPR is high)
16	IF (T is low) and (P is high) and (SS is low) and (pH is low) then (CPR is Very high)
17	IF (T is low) and (P is high) and (SS is Very high) and (pH is low) then (CPR is Very high)
18	IF (T is high) and (P is low) and (SS is low) and (pH is low) then (CPR is medium)
19	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is low) and (pH is medium) then (CPR is low)
20	IF (T is low) and (P is low) and (SS is low) and (pH is low) then (CPR is medium)
21	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is high) then (CPR is medium)
22	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
23	IF (T is high) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is medium)
24	IF (T is high) and (P is high) and (SS is Very high) and (pH is low) then (CPR is Very high)
25	IF (T is high) and (P is low) and (SS is low) and (pH is high) then (CPR is low)
26	IF (T is medium) and (P is medium) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is high)
27	IF (T is high) and (P is high) and (SS is low) and (pH is low) then (CPR is high)
28	IF (T is low) and (P is low) and (SS is low) and (pH is high) then (CPR is low)
29	IF (T is low) and (P is high) and (SS is low) and (pH is high) then (CPR is high)
30	IF (T is low) and (P is high) and (SS is Very high) and (pH is high) then (CPR is Very high)
31	IF (T is low) and (P is high) and (SS is high) and (pH is medium) then (CPR is Very high)

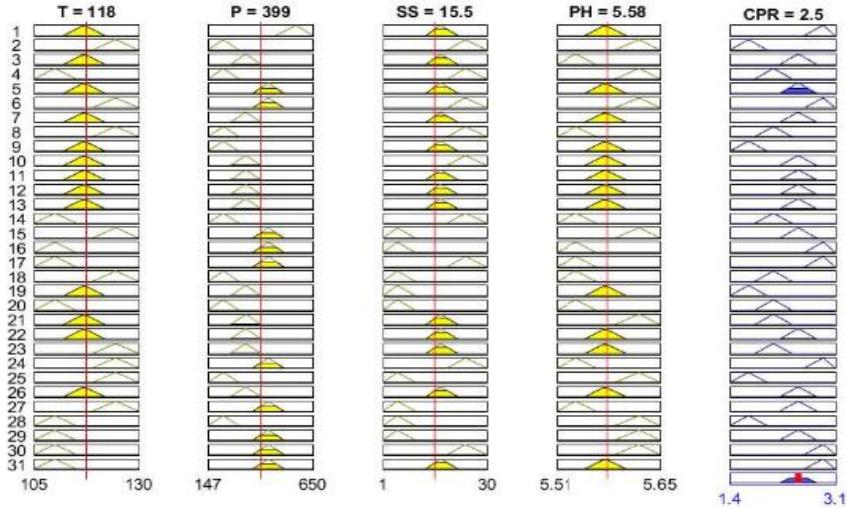


Fig 1: Fuzzy logic rules for CPR

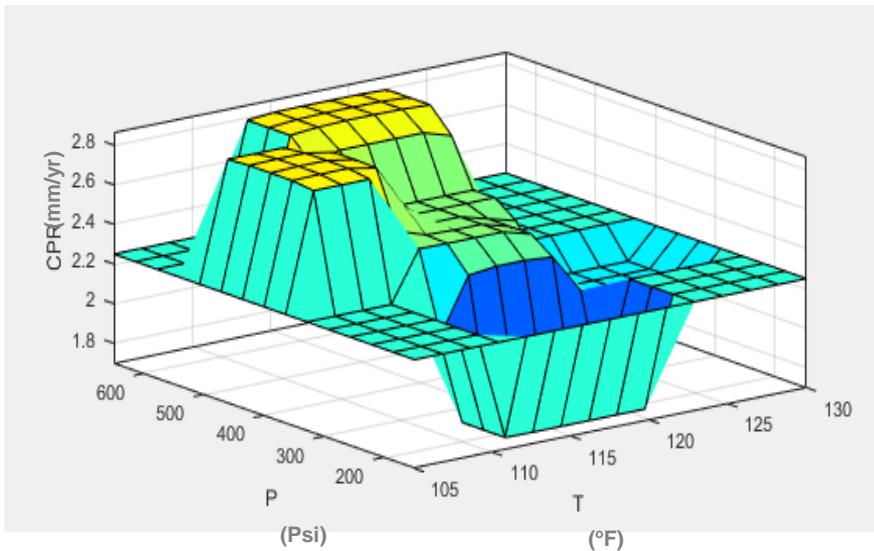


Fig 2: Surface plot of fuzzy logic for CPR

After interference the output values were defuzzified into crisp values. Defuzzification was performed according to membership function of the output variable. Table 5 showed the defuzzified

predicted values of CPR using fuzzy logic model with the deviation from the actual values calculated using NORSOK M-506 and mean absolute error.

Table 5. Defuzzified predicted values of CPR_p and Absolute Error

T (°F)	P (psi)	SS (Pa)	PH	CPR _a (mm/yr)	CPR _p (mm/yr)	Absolute Error
117.5	605	15.5	5.58	3.1	2.9	0.2
123.75	261.5	22.75	5.615	1.9	1.7	0.2
117.5	376	15.5	5.51	2.6	2.5	0.1
111.25	261.5	22.75	5.615	2	2	0.0
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
123.75	490.5	22.75	5.615	2.8	2.9	0.1
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.4	0.0
123.75	261.5	22.75	5.545	2.1	2.1	0.0
117.5	147	15.5	5.58	1.4	1.4	0.0
117.5	376	30	5.58	2.6	2.5	0.1
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
111.25	261.5	22.75	5.545	2.2	2.1	0.1
123.75	490.5	8.25	5.615	2.4	2.3	0.1
111.25	490.5	8.25	5.545	2.7	2.7	0.0
111.25	490.5	22.75	5.545	3.1	2.9	0.2
123.75	261.5	8.25	5.545	1.8	2.1	0.3
117.5	376	1	5.58	1.7	1.7	0.0
111.25	261.5	8.25	5.545	1.9	2.1	0.2
117.5	376	15.5	5.65	2.2	2.1	0.1
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
130	376	15.5	5.58	2.3	2.1	0.2
123.75	490.5	22.75	5.545	3	3	0.0
123.75	261.5	8.25	5.615	1.7	1.7	0.0
117.5	376	15.5	5.58	2.4	2.5	0.1
123.75	490.5	8.25	5.545	2.6	2.5	0.1
111.25	261.5	8.25	5.615	1.8	1.7	0.1
111.25	490.5	8.25	5.615	2.6	2.5	0.1
111.25	490.5	22.75	5.615	2.9	2.9	0.0
105	376	15.5	5.58	2.6	2.7	0.1
Sum of Absolute Error						2.9

5. Conclusions

The purpose of this study is to utilize the concept of pipeline integrity management and to implement Fuzzy Logic technique to predict the corrosion penetration rate at the Sarir-Tobruk pipeline used for crude oil transportation processes. Input parameters used in the model were: temperature, pressure, shear stress and pH. from this study, implemented and introduced concluded:

- Fuzzy logic could be to successfully predict the corrosion penetration rate (CPR).
- The developed model was created from independent calculated data that were obtained using NORSOK M-506 software. The mean absolute error was used to validate the fuzzy model output the MAE is 0.093548,

References

- [1] Bob Eiber, "Overview of Integrity Assessment Methods for Pipelines" Prepared for Washington Cities and Counties Pipeline Safety Consortium, November 2003.
- [2] "A New Trend For Pipeline Integrity Management: Gis And Risk-Based Asset Management Integration", Inspectioning Journal Volume 21, Issue 3 May | June 2015.
- [3] Nestic S. "Key Issues Related to Modelling of Internal Corrosion of Oil and Gas Pipelines", A review. Corrosion Science 2007; 49: pp 4308- 4338, 14 July 2007.
- [4] Badmos, A.Y., Ajimotokan, H.A. , Emmanuel, E.O., "Corrosion in Petroleum Pipelines", New York Science Journal, 2009, 2(5), ISSN 1554-0200.
- [5] Omar M. Elmabrouk, EzzeddinM.Anawa, Hassan G. Elmazoghi, "Prediction of Corrosion Rate Behavior of Mild Steel in 0.5 M Sulphuric Acid Using Fuzzy Logic Technique", the 3rd International Corrosion Engineering Conference & Exhibition (3rd ICEC) the 8thLibyancorr, 14-16 April 2014 Libya Tripoli.
- [6] Wentao Wu, Master's Thesis, "Oil And Gas Pipeline Risk Assessment Model By Fuzzy Inference System and Neural Network", Industrial Systems Engineering, University of Regina, February, 2015.

- [7] E. M. Al-Abd, T. El-Sayed, and M. Shehadeh "Risk Assessment of Cross Country Pipelines Using Fuzzy Clustering" the international maritime transport & logistics conference, A sustainable development perspective for mega projects 29-31 march 2015.
- [8] A. S. Kweri, B. H. Elmoghrabi, and N. H Aref "Modeling And Prediction Of The Crude Oil Transportation Process By Pipeline Using Fuzzy Logic Technique" B.SC. project, Industrial and Manufacturing Systems Engineering Department, Engineering Faculty, University of Benghazi, Fall 2016-2017.

STUDY SOLUTIONS HEALTHCARE MONITORING USING WIRELESS SENSOR NETWORK

Amal A .Omar Agila, MUHAMMED S HAMED,

Majdi Mohammed Talib

College Of Engineering Technologies-Al-gubbah

*Crosspndingauthor^{1,2,3}

Amalabd911@yahoo.com, muhammed2015saleh@gmail.com

Mjdy161616@gmail.com

الملخص

لاقى حقل المستشعرات و الاتصالات اللاسلكية في العقد الماضي اهتماماً كبيراً مما أدى الى تصميم عقد استشعار فسيولوجية ذكية منخفضة التكلفة وصغير الحجم والوزن .وهي تتمتع بقدرات متعددة منها الاستشعار و التواصل كما يكمن تصميم عقدة واحدة او اكثر ودمجها في الشبكات الشخصية أو شبكات الجسد اللاسلكية (WPAN او WBAN) دون رويتها وذلك للمراقبة الصحية .وتعقد الآمال على احدث ثورة في الرعاية الصحية من توفير رعاية ومتابعة صحية متنقلة غير مكلفة بحيث يتم ارسال اشعارات في الوقت الفعلي تقريبا مرتبط بالسجلات الطبية عبر شبكة الانترنت أو Wi-Fi أو أي شبكة لاسلكية اخرى . ومن هنا اتت الحاجة الى وجود العديد من الابحاث التي تركز على مختلف القضايا التقنية و الاقتصادية والاجتماعية وحيث لا زلات توجد العديد من الصعوبات التقنية التي يجب اجتيازها او الحصول على مرونة وموثوقية وامنة أكثر لشبكات الاتصال WBAN ذات الكفاءة المناسبة للتطبيقات الطبية .سنناقش في هذه الورقة بنية لنظام الرعاية الصحية الذكي المبني على شبكة الاستشعار اللاسلكية المتقدمة (WSN) ويستهدف المرضى المقيمين الذين يحتاجون لمساعدة الاشخاص الاخرين او غيرهم للاستفادة من نظام المراقبة الصحية المستمرة عن بعد. كما سنقدم بنية عامة لنظام WBAN متطور وسنشرح ايضاً أفضل الطرق لتصميم شبكات الاستشعار اللاسلكية



لتطبيقات نظم الرعاية الصحية بناء على اهم الجوانب التي يجب مراعتها مثل كفاء الطاقة والامان التي توجه تطوير التطبيقات القائمة على شبكة الاستشعار اللاسلكية
الكلمات المفتاحية : تطبيقات الرعاية الصحية ،شبكات الاستشعار اللاسلكية ، متطلبات اجهزة الاستشعار ، متطلبات الطاقة..

Abstract

The evolution of the technology in sensors, low-power integrated circuits, and wireless communications have made the design of low-cost, miniature, lightweight, and intelligent physiological sensor nodes. These nodes have multi-capabilities like sensing, processing, and communicating, there is one or more vital signs can be integrated into wireless personal or body networks (WPANs or WBANs) without being seen for health monitoring. Hopes are relying on these networks to revolutionize health care by providing inexpensive, non-invasive, continuous, ambulatory health monitoring with almost real-time notification of medical records via the Internet, Wi-Fi, 3G networks or any other wireless network. That is the reason why there a number of researches being made for focusing on various technical, economic, and social issues, after all, still there is many technical difficulties need to be passed in order to have flexible, reliable, secure, and power-efficient WBANs suitable for medical applications. In this paper we'll discuss system architecture for smart healthcare based on an advanced Wireless Sensor Network (WSN). It specifically targets assisted-living residents and others who may benefit from continuous, remote health monitoring .Also we'll introduce a general WBAN system architecture and a developed one. This paper also presents best practices in wireless sensor network design for health care applications; Based on the most important aspects like power efficiency and security which guide the development of a wireless sensor network based applications.

Keywords: Healthcare Applications, Wireless Sensor Networks, WWBAN-Architecture, Requirements for Wireless Medical Sensors, Energy Efficiency.

1. Introduction

Body sensor network systems are capable of providing patients with healthcare services such as medical monitoring, memory enhancement, medical data access, and in emergency situation, it can alert the healthcare provider by enabling a communication through the SMS or 3G networks [1]. Continuous health monitoring systems with wearable [2] or clothing-embedded transducers [3] and implantable body sensor networks [4] will increase detection of emergency conditions in at risk patients. Those systems do not only provide help to the patients, but also their families will benefit from them. Also, these systems also improve the patient's life quality by providing various methods to remotely acquire and monitor the physiological signals without the need of interruption of the patient's normal life [5].

The reason that made the wireless sensor networks (WSNs) more preferable is that they do not limit the patient to the bed, unlike present systems; even they allow continuous monitoring of patient vital signs, these systems require the sensors to be placed bedside monitors or PCs, and thus the patient should stay in his bed. Although the WSNs systems do not require the patient to be limited to his bed but it also may requires being within a specific distance from the bedside monitor. Out of this range, it is not possible to collect data. In most cases, health monitoring will be done by infrastructure-oriented wireless networks such as commercial cellular/3G networks or wireless LANs. WSNs carry the promise of drastically improving and expanding the quality of care across a wide variety of settings and for different segments of the population. For example, early system prototypes have demonstrated the potential of WSNs to enable early detection of clinical deterioration through real-time patient monitoring in hospitals [6], [7], enhance first responders' capability to provide emergency care in large disasters through automatic electronic triage [8], [9], improve the life quality of the elderly through smart environments [10], and enable large-scale field studies of human behavior and chronic diseases [11], [12].

A number of physiological sensors that monitor vital signs, environmental sensors (temperature, humidity, and light), and a

location sensor, used in health monitoring wireless network and all of these equipment can be integrated into a single Wearable Wireless Body/Personal Area Network (WWBAN) [12]. The WWBAN consisting of inexpensive, lightweight, and miniature sensors can allow long-term, unobtrusive, ambulatory health monitoring with instantaneous feedback to the user about the current health status and real-time or near real-time updates of the user's medical records. Such a system can be used for computer-supervised rehabilitation for various conditions, and even early detection of medical conditions. For example, intelligent heart monitors can provide information for specialized service in the case of catastrophic events [14] and also alert users about impending medical conditions [13]. Moreover Accelerometer-based monitoring of physical activity with feedback can improve the process of physical rehabilitation [15]. WWBAN promises a revolution in medical research through data mining of all gathered information when integrated into a broader telemedical system with patients' medical records. What allows the quantitative analysis of various conditions and patterns is a large amount of collected physiological data. And if an adequate number of patients are studied in this manner, researchers will have the opportunity to quantify the contribution of each parameter to a given condition and explore synergy between different parameters.

We will describe a general WWBAN architecture as well as another developed prototype. WWBAN designed using Telos motes [13] and application-specific signal conditioning modules in this paper. The developed prototype consists of several motion sensors that monitor the user's overall activity and an ECG sensor for monitoring heart activity. This paper details a hardware and a software platforms for medical monitoring, discusses open issues, and also efficient on-sensor signal processing, and an energy-efficient communication protocol

2. Wearable Wireless Personal/Body Area Network (WWPAN/WWBAN)

Also referred to as a wireless body area network (WBAN) or a body sensor network (BSN) is a wireless network of wearable

computing devices. BAN devices can be accompanied devices, which people can take in distinct places, in clothing pockets, by hand or in various totes, implants, or can be surface mounted on the body. Wearable technology or can be embedded inside the body. While there exists a tendency towards the miniaturization of products, specifically, networks composed of several miniaturized body sensor units (BSUs) jointly with a single body central unit (BCU) [13].

2.1. WWBAN ARCHITECTURE

WWBANs are a critical part of a multi-tier telemedicine system as exemplified in Figure (1) .

Tier 1 : encompasses a number of wireless medical sensor nodes which can be incorporated into a WWBAN. Each sensor node procedure more than one physiological signals, and also can sense, and sample those signals. For instance, an electrocardiogram sensor (ECG) may be used for monitoring heart action, an electromyogram sensor (EMG) for the monitoring of muscle activity, electroencephalogram sensor (EEG) for tracking brain electric activity, a blood pressure level sensor for tracking blood pressure level, a tilt sensor for tracking trunk position, and breathing sensor for tracking respiration, and movement sensor may be utilized to discriminate the status of the user and estimation his or her degree of action [15]

Tier 2 : encompasses the Private Server (PS) program running on a Personal Digital Assistant (PDA), mobile phone, or a home computer. The PS is accountable for a number of jobs, providing an interface to the user, a clear interface to the wireless medical sensors, and an interface to the medical server. The interface to the WWBAN contains management and the network configuration.

The following jobs are encompassed by the network settings: sensor node registration (type and number of sensors), initialization (e.g., specify sampling frequency and mode of operation), customization (e.g., run user-specific calibration or user-specific signal processing procedure upload), and set up of a protected communication. After the WWBAN network is designed, the PS program manages the network, looking after fusion of the information, time

synchronization, information retrieval and processing, and channel sharing

Tier 3 : contains a medical server(MS) obtained via the Internet. Additionally to the medical server, the last tier might encompass other servers, like commercial healthcare providers, informal care providers, as well as emergency servers. The medical server normally runs a service that gathers the reports from the user, sets up a communication channel to the user's PS, and incorporates the information in the user's medical record. Recommendations can be issued by the service, if reports appear to suggest an unusual condition as well as issuing alarms. Additional information about services and this architecture can be discovered in [12].

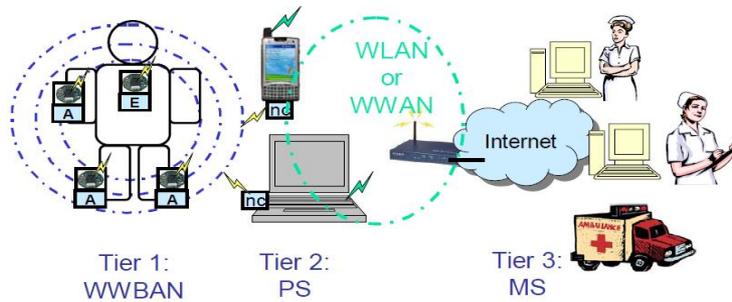


Figure 1. WWBAN integrated into a telemedical system for health monitoring

3. Deployment Scenarios

Figure 2 illustrates 3 typical scenarios using WWBAN. The settings on the left may be deployed at home, at work, or in hospitals. Wireless medical sensors attached to the user to send information to a Personal Digital Assistant, forming a short-range wireless network (e.g., IEEE 802.15.1 or 802.15.3/4). The information is transmitted by the Personal Digital Assistant equipped with a Wireless LAN interface (e.g., IEEE 802.11 a/b/g) to the home.

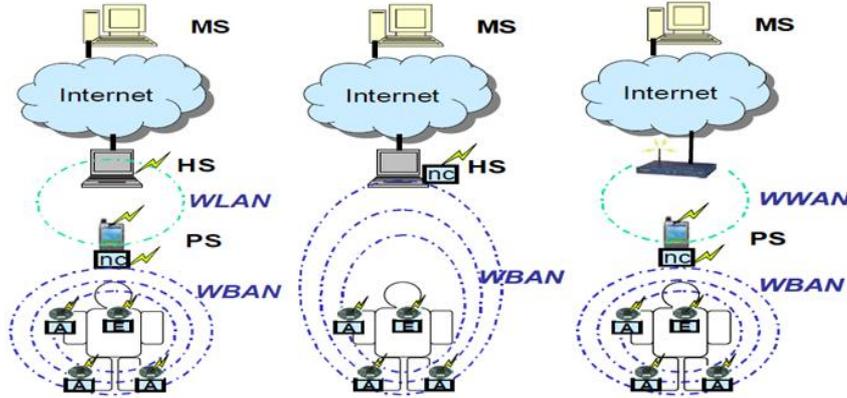


Figure 2. WWBAN Deployment Scenarios. Legend: A – Activity Sensor, E – Heart Sensor,

4. Requirements for Wireless Medical Sensors :

Wireless medical sensors should satisfy the main requirements such as wear ability, reliability, security, and interoperability.

4.1. Wearability: To reach non-invasive and unobtrusive constant health tracking, wireless medical sensors must be small and lightweight. Weight and the size of detectors are mainly determined by weight and the size of batteries. But then, the ability of a battery is directly proportional to its size. We can expect that further technology advances in miniaturization of integrated circuits and batteries will help designers to improve medical sensor wearability and the user's level of comfort [14].

4.2. Reliable communication:

Trusted communication in WWBANs is very important for medical applications that rely on WWBANs. The communication requirements of different medical sensors vary with required sampling rates, from less than 1 Hz to 1000 Hz. By performing on-sensor signal processing to go beyond telemetry we can improve reliability. For instance, as opposed to transferring raw data from an ECG detector, we may perform feature extraction on the sensor, and transfer info that is only about an event (e.g., QRS features and the corresponding timestamp of R-peak). Additionally to reducing significant demands for the communication channel, the decreased

communication requirements thus raise battery life, and conserve on overall energy costs.

4.3. Security: The issue of security appears at all three tiers of a WWBAN-based telemedical system. At the minimum level, wireless medical sensors and privacy needs required by the law for all medical devices must meet and must ensure data integrity. Though data integrity, authentication, and key establishment are challenging jobs in medical sensors that are resource constrained, a comparatively little number of nodes in short communication ranges and a typical WWBAN make these jobs achievable [15].

4.4. Interoperability: Wireless medical sensors should allow users to easily assemble a robust WWBAN depending on the user's state of health. Standards that specify interoperability of wireless medical sensors will promote vendor competition and eventually result in more affordable systems [14,15].

5. WWBAN PROTOTYPE

In order to better comprehend various problems in creating wearable wireless sensors network for health tracking, science has embarked into the improvement of a prototype system planned to fulfill the previously discussed demands for low power consumption, small size, risk-free communication, and interoperability. This WWBAN prototype contains multiple ActiS sensor nodes which are based on custom sensors boards and a commonly employed sensor platform [12,15]. The first WWBAN setting includes a sensor node that monitors both ECG activity and the upper body trunk position and two motion sensors attached to the user's ankles to monitor activity. Such a WBAN enables one to evaluate cumulative energy cost and metabolic rate as parameters that are precious in the direction of many illnesses and correlate that information with heart activity. Figure 3 shows heart activity and acceleration data collected by this prototype during normal walking with a motion sensor attached to the right ankle.

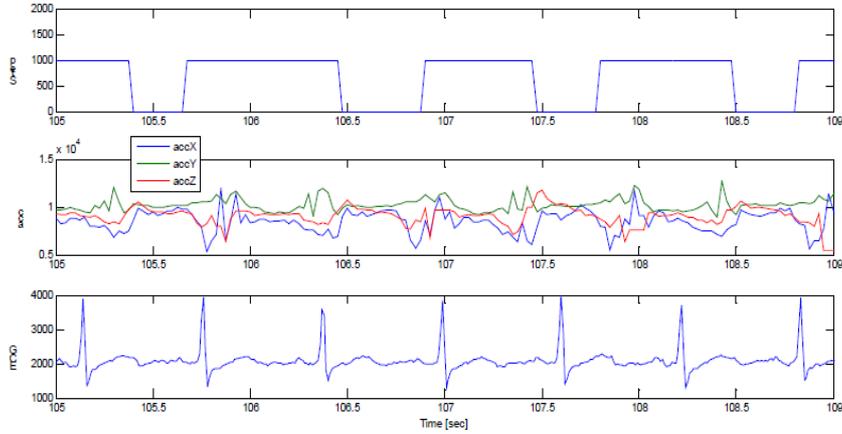


Figure 3. ECG, acceleration, and foot switch data collected by the WWBAN prototype during normal walking.

Figure 4 shows a block diagram of an ActiS with a Telos platform and a custom *Intelligent Signal Processing Module* (ISPM). Telos is powered by two AA batteries and features an ultralow power Texas Instruments MSP430 microcontroller [16]; a Chipcon CC2420 radio interface in the 2.4 GHz band; an integrated onboard antenna with 50m range indoors/125m range outdoors; a USB port for programming and communication; an external flash memory; Telos Revision A features a MS430F149 microcontroller with 2 KB RAM and 60 KB flash memory; The CC2240 wireless transceiver is IEEE 802.15.4 compliant and has programmable output power, maximum data rate of 250 Kbs, and hardware support for error correction and encryption.

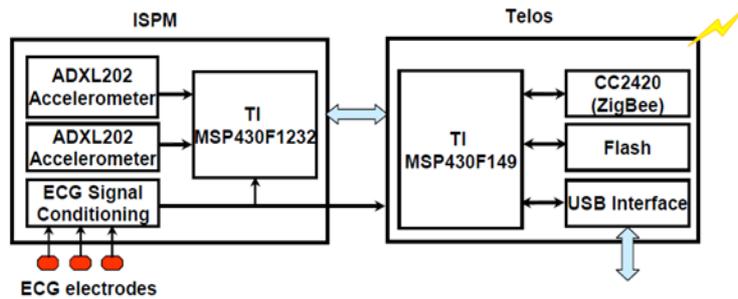


Figure 4. Block diagram of an ActiS sensor node.

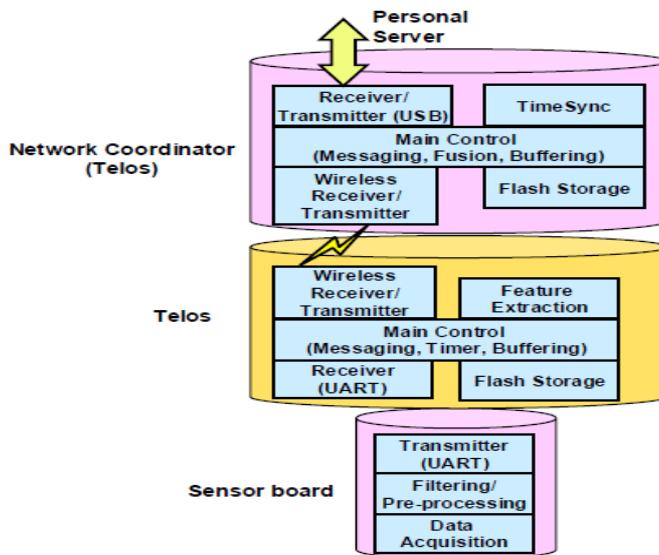
The Telos platform features a 10- pin expansion connector with one UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) and one I2 C interface, two general-purpose I/O lines, and three analog input lines. The ISPM board extends the capabilities of Telos by adding two perpendicular dual axis accelerometers (Analog Devices ADXL202), a bioamplifier with signal conditioning circuit, and a microcontroller MSP430F1232 (bioamplifier could be used for electromyogram or electrocardiogram monitoring. The output of the signal conditioning circuit is connected to the local microcontroller as well as to the microcontroller on the Telos board via the expansion connector

6. Software Organization

The system software is implemented in a TinyOS environment [17]. TinyOS is a lightweight open source operating system for wireless embedded sensors. It is designed to use minimal resources, and its configuration is defined at compile time by combining components from the TinyOS library and custom-developed components. A TinyOS application is implemented as a set of component modules written in nesC [18]. The nesC language extends the C language with new constructs to facilitate the component architecture and multitasking. By adding direct language support for task synchronization and task management, it allows rapid development and minimizes resource usage. Figure 5 shows a generalized WWBAN software architecture, and from top to bottom, it shows the network coordinator software, WWBAN node's Telos software, and WWBAN node's daughter card software [18]

6.1. Network Coordinator: The network coordinator can also be executed on a Telos platform. It assigns the individual sensor ID and manages the WWBAN, transmits the messages from the PS that create a session, feeds the PS program through its USB connector, distributes keys if protected information are protected, and assigns communication slots. The network coordinator transmits autonomous beacon messages for time synchronization. Following the first set up, it forwards it to the PS program, receives information from individual detectors, and aggregates the information

6.2. Telos Software: the Telos program an application is executed as multiple TinyOS parts encompassing the following high level features: wireless communication, expanded flash storage, messaging applications, board-to-board communications, and signal feature extraction. Telos functions as a master control, by raising an interrupt request line and it requests information from the daughter detector card every 40 ms (25 Hz). The daughter sensor card sends preprocessed information via an asynchronous serial interface. The received information examined and also can be processed. For instance, movement sensors can examine acceleration signals when a motion was made at the moment. The corresponding time stamp and a measure discovery event are sent to the personal server. Instead, we may upload raw data at the cost of increased power consumption from accelerometers.



Architecture Figure 5 WBAN Software

6.3. Sensor Software: The sensor boards handle acquisition of physiological signals and preprocessing. For example, the ISPM samples three independent accelerometer axes each at a rate of 200 Hz. The raw accelerometer data is filtered and preprocessed. The filtering includes moving an average filter to eliminate high

frequency movement artifacts, and separation of low and high frequency components of the acceleration signal. Sensor orientation can be calculated as the angle between low frequency accelerometer components. User activity is estimated with a function based on the sum of the integrals of the AC components in each channel [15].

7. ENERGY EFFICIENCY

Energy consumption is a first class design constraint in wireless sensor networks since they are battery operated. To extend each node's lifetime, it is necessary to reduce power dissipation as much as possible; dissipation below 100 microwatts will enable operation on energy scavenged from the environment. Various design trade-offs between communication and on-sensor computation, collaborative protocols, and hierarchical network organization can yield significant energy savings. Once the sensor network is deployed, dynamic power management techniques can be employed in order to maximize battery life.

In WWBAN systems, reducing total power consumption is crucial for several reasons. Size and weight of sensors are predominantly determined by the size and weight of the batteries.

On other hand, a battery's capacity is directly proportional to its size. Consequently, WWBAN sensor nodes need to be extremely energy efficient, since reducing energy requirements will allow designers to use smaller batteries. Smaller batteries will result in further miniaturization of physiological sensors and, in turn, an increased level of user's comfort. Second, an extended period of operation without battery changes is desirable, because frequent battery changes on multiple sensors are likely to hamper users' acceptance. In addition, longer battery life will decrease WWBAN operational costs [18]

There is a designed custom, application-specific protocol according to 802.15.4 recommendations. In order to satisfy medical application requirements, the network protocol specifies a one-second super frame cycle ($TSFC = 1sec$) and each slave node has its reserved time slot of 50 ms to transmit the data as shown in figure 6. A super frame cycle starts with a beacon message sent by the network coordinator; the beacon message carries time

synchronization information. Each sensor node wakes its radio interface up in a receive mode immediately before the next expected beacon [16]

Figure 7 shows the power profiles recorded for a motion sensor using an environment for real time power monitoring [19]. We can clearly identify three distinct states: Listen, Transmit, and Inactive modes. As described in Section 3, the ultra-low power microcontroller on the daughter board samples 3-axes of acceleration with frequency of 200 Hz. The data is filtered and buffered. The processor on the Telos board wakes up every 40 ms (25 Hz) and raises an interrupt requiring the data from the daughter card. In the Inactive mode the wireless transceiver on the Telos platform is turned off, and the average current drawn for the whole sensor is 1.53 mA. The motion sensor can be configured to send raw accelerometer data or detected steps. If raw accelerometer data is required, the amount information to be sent per one super frame (1 second) is $3 \text{ axes} \times 40 \text{ Hz} \times 2 \text{ bytes} = 240 \text{ bytes}$ which is equivalent to 12 Tiny OS packets [18]. If the step detection is performed on the sensor only, information about that event and corresponding timestamp are sent (1 or 2 packets). The motion sensor draws on average 20.1 mA in the Transmit mode and 20.8 mA in the Listen mode. The main contributor to this figure is the wireless radio that draws 17.4 mA when it is transmitting and 19.7 mA when it is receiving. Based on these parameters, we can calculate the average current as follows.

$$I_{avg} \approx \frac{T_{Listen}}{T_{SFC}} \cdot I_{Listen} + \frac{T_{Transmit}}{T_{SFC}} \cdot I_{Transmit} + \frac{T_{SFC} - T_{Listen} - T_{Transmit}}{T_{SFC}} \cdot I_{Inactive} \quad (1)$$

The average current can be used to estimate battery life. If only two messages are sent per super frame cycle ($T_{Listen} = 50 \text{ ms}$, $T_{Transmit} = 15 \text{ ms}$), the average current is 2.77 mA. Two AA batteries on the Telos platform have 2900 mAh capacity, so the expected operating time of the motion sensor is 1046 hours or over 6 weeks. However, with a tiny 120 mA rechargeable battery, the operating time will be slightly less than 2 days. Further optimizations are also possible: depending on the WWBAN

deployment scenario, we could decrease the output power during transmission, a super cycle can be extended (the node would spend less time in the listen mode), or data can be stored locally in a compressed format and then later transmitted [19]

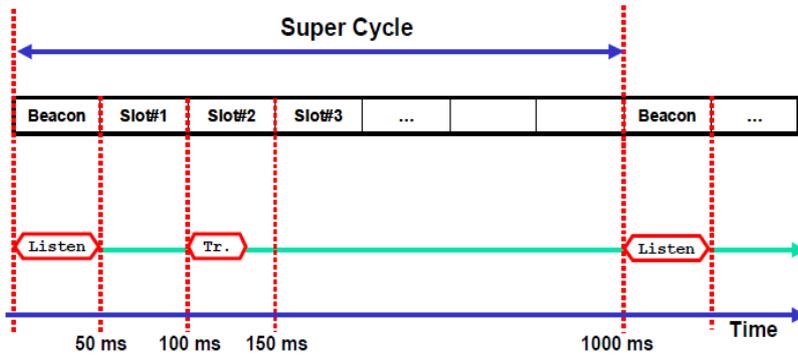


Figure 6. Super frame cycle

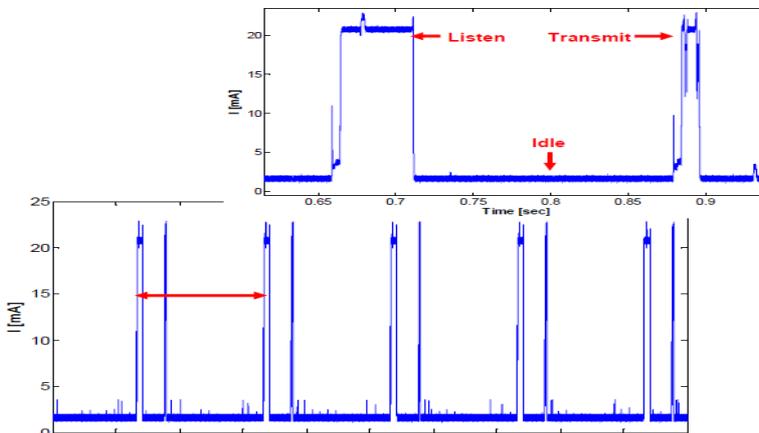


Figure 7. Actis current consumption during 5 seconds of operation. Red arrow marks one super frame cycle.

8. WWBAN\WWPAN Conclusion

Wearable Wireless Body Area Networks is a vital infrastructure empowering unobtrusive, continuous, ambulatory health tracking

unobtrusive. This new technology has the potential to provide an extensive variety of advantages through the continuous outpatient monitoring, early diagnosis of unusual conditions, supervised rehabilitation, and possible knowledge discovery through data mining of all collected information to medical staff, patients, and society.

We've described a general WWBAN design, implementation issues that were significant, and the other enhanced prototype WWBAN based on custom designed ECG and motion sensors and off-the-shelf wireless sensor platforms. We've addressed several key technical problems like network time synchronization, software architecture, sensor node hardware design, and energy conservation. Additional attempts are needed to improve standardization of interfaces and interoperability, dependability of sensor nodes, security, and QoS of wireless communication. Additionally, additional studies of distinct health conditions in ambulatory and clinical settings are needed to ascertain possible new applications of this technology and special constraints.

FUTURE DIRECTIONS

Driven by user need and fueled by recent improvements in software and hardware, the first generation of wireless sensor networks for health care has demonstrated their potential to transform the practice of medicine. Looking to the future, the brawl between reliability and privacy and the capability to set up large scale systems that meet the applications requirements even when installed and worked in unsupervised environments is going to discover the extent that wireless sensor network may be effectively incorporated in health care practice and research.

9. References

- [1] Stanford V (2002) Using pervasive computing to deliver elder care. *IEEE Pervasive Computing* 1: 10-13.
- [2] Anliker U, Ward JA, Lukowicz P, Troster G, Dolveck F, et al. (2004) AMON: a wearable multi-parameter medical monitoring and alert system. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 8: 415-427.

- [3] Cho G, Yoo1 SK (2009) Wearable ECG Monitoring System Using Conductive Fabrics and Active Electrodes, Proceedings of the 13th International Conference on Human-Computer Interaction, Berlin, Heidelberg.
- [4] Shnayder V, Chen B, Lorincz K, FulfordJones TRF, Welsh M (2005) Sensor Networks for Medical Care, Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems, New York, USA.
- [5] Alemdar H, Ersoy C (2010) Wireless sensor networks for healthcare: A survey. Computer Networks 54: 2688-2710.
- [6] O. Chipara, C. Lu, T. C. Bailey, and G.-C. Roman, "Reliable patient monitoring: A clinical study in a step-down hospital unit", Dept. Comput. Sci. Eng., Washington Univ. St. Louis, St. Louis, MO, Tech. Rep. WUCSE-2009-82, Dec. 2009
- [7] J. Ko, J. Lim, Y. Chen, R. Musaloiu-E., A. Terzis, G. Masson, T. Gao, W. Destler, L. Selavo, and R. Dutton, "MEDiSN: Medical emergency detection in sensor networks", ACM Trans. Embedded Comput. Syst", vol. 10, no. 1, pp. 11:1–11:29, 2010, article 11.
- [8] T. Gao, C. Pesto, L. Selavo, Y. Chen, J. Ko, J. Lim, A. Terzis, A. Watt, J. Jeng, B. Chen, K. Lorincz, and M. Welsh, "Wireless medical sensor networks in emergency response: Implementation and pilot results", in IEEE Int. Conf. Technol. Homeland Security, 2008, pp. 187 192.
- [9] D. Malan, T. Fulford-Jones, M. Welsh, and S. Moulton, "CodeBlue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care", in Proc. MobiSys/ Workshop Appl. Mobile Embedded Syst., Jun. 2004, pp. 12–14.
- [10] G. Virone, A. Wood, L. Selavo, Q. Cao, L. Fang, T. Doan, Z. He, and J. A. Stankovic, "An advanced wireless sensor network for health monitoring", in Proc. Transdisciplinary

- Conf. Distrib. Diagnosis Home Healthcare, Apr. 2006, pp. 95–100
- [11] S. Kumar, “Autosense,” NIH GEI project at The University of Memphis, 2007. [Online].
- [12] [14] K. Patrick, “A tool for geospatial analysis of physical activity: Physical activity location measurement system (PALMS),” NIH GEI project at the University of California at San Diego, 2007. [Online]. Available: <http://www.gei.nih.gov/exposurebiology/program/docs/KevinPatrick.pdf>
- [13] "Moteiv: Wireless Sensor Networks," Available at: <http://www.moteiv.com>, Accessed: June 2005.
- [14] P. A. Aberg, T. Togawa, and F. A. Spelman, Eds., *Sensors in Medicine and Healthcare*. New York: Wiley, 2002.
- [15] C. Otto, J. P. Gober, R. W. McMurtrey, A. Milenkovic, Emil Jovanov, “An Implementation of Hierarchical Signal Processing on a Wireless Sensor in TinyOS Environment,” *Proceedings of the 43rd ACM Southeastern Conference*, Kennesaw, GA, March 2005, Vol. 2,
- [16] "MSP430 MCUs", Available at: <http://www.ti.com/msp430>, Accessed: March 2016.
- [17] [19] TinyOS: An open-source operating system for sensor networks, Available at: <http://www.tinyos.net>, Accessed: March 2016.
- [18] Gay, P. Levis, R. von Behren, M. Welsh, E. Brewer, D. Culler, “The nesC Language: A Holistic Approach to Networked Embedded Systems,” in *Proceedings of Programming Language Design and Implementation (PLDI) 2003*, June 2003..
- [19] A. Milenkovic, M. Milenkovic, E. Jovanov, D. Hite, “An Environment for Runtime Power Monitoring of Wireless Sensor Network Platforms,” *Proceedings of the 37th IEEE*

Southeastern Symposium on System Theory (SSST'05),
Tuskegee, AL, March 2005, pp. 406-410.

THE EFFECT OF FLOW RATE AND NEEDLE DIAMETER ON THE FORMATION OF POLY(ETHYLENE-TEREPHTHALATE) NANOFIBER

Abdelmaged E. Abdallah, Rajab A. Atibeni
Kamal M. Sassi, Salem A. Sakal

Department of Chemical Engineering - Faculty of Engineering
Sabratha University, Libya

Corresponding author : abd_mbrk@yahoo.com, Tel : +218-092-7525978

Abstract

Poly(ethylene-terphthalate) (PET) was electorspun using constant PET concentrations (15 wt %) in Trifluoroacetic acid (TFA) and Dichlormethae (DCM) solution (50:50 ratio of solvents). The applied voltage and the distance between the needle and the ground collector kept constant, while the flow rate of polymer solution was varied from 0.005 to 0.05 ml/min and two needle diameters were used. The effect of solution flow rate and needle diameters on the fiber formation was investigated for better control of the electrospinning process. The resulting nanofibers were observed using Scanning Electron Microscopy (SEM). The obtained results showed nanofibers formation with droplets and beads formation, however, at critical flow rates of PET solution uniform beadless electrospun nanofibers was organized, and uniform morphology of nanofiber was obtained.

Keywords: Electrospinning, PET, Flow Rate, SEM, Nanofiber.

المخلص

تم غزل البولي إيثيلين تيرفثاليت (PET) بواسطة جهاز الغزل إلكترونية و باستخدام تركيز ثابتة من البوليمير (15% نسبة وزنية) في محلول من دايكلوروميثان (DCM) و حمض نيترافلورواستيك (TFA) و نسبة 50:50 من المذيبات. ظل الجهد المطبق والمسافة بين الإبرة والمجمع الأرضي ثابتاً، بينما كان معدل تدفق محلول البوليمر يتراوح من 0.005 إلى 0.05 مل/دقيقة كما تم استخدام قطرين مختلفين من الإبرة. وقد تم فحص



تأثير معدل تدفق المحلول وأقطار الإبرة على تكوين الألياف من أجل تحكم أفضل في عملية الغزل الكهربائي. تمت ملاحظة تكون الألياف النانوية الناتجة وذلك باستخدام الفحص المجهر الإلكتروني (SEM). وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها تكوين ألياف نانوية مع تكوين قطرات وحبيبات ، ومع ذلك ، لمحلول PET وعند معدلات التدفق الحرجة تم الحصول على ألياف نانوية متجانسة و بدون خرزة من خلال جهاز الغزل إلكترونية ، وتم الحصول على شكل مرفولوجي موحد لهذه للألياف النانوية.

1. Introduction

Nowadays electrospinning has become the most widely used technique in producing nanofibers material [1]. Since its first use in the early 20th century, significant improvements have been made in the instrument design, material used, and nanomaterials produced [2]. Fibers produced by electrospinning approach are smaller in diameter than those produced by conventional fiber production methods like melt or solution spinning [3]. The average diameter of these submicron polymeric fibers are in the range of 10 nm to 1 μ m [4-6]. Examples of application of nanofibers are in tissue engineering, drug delivery systems, wound dressings, antibacterial study, filtration, desalination, protective clothing fabrication, and biosensors. Several reviews have comprehensively summarized significant advances in the electrospinning area [7,8].

An electrospinning apparatus includes a pump, a needle, a high voltage power supply, and a collector [9]. During electrospinning, a precursor solution is pumped and forced through a narrow orifice to form dependent droplets at the needle tip. As the voltage increases, the repulsive force pulls out the solution into a Taylor cone. Once the voltage reaches a critical value, the repulsive force overcomes the surface tension of the solution and a liquid jet is ejected from the Taylor cone to the collector. During this process, the fiber jet experiences whipping and bending to allow the solvent to evaporate before fibers are accumulated on the collector, and the whole process usually takes place in milliseconds [9,10].

Electrospinning technique offers an attractive method for mimicking the natural extracellular matrix for tissue engineering applications. However, a major problem in electrospinning is the accumulation of fibres and beads formations, which can be limited by controlling several parameters. The production of nanomaterials (nanofibers) via electrospinning is affected by many operating parameters such as applied electric field, distance between the needle and collector and flow rate, needle diameter. However, other parameters have great affect on the nanofibers fabrication such as solution parameters (polymer concentration, viscosity, solvent and solution conductivity) and environmental parameters (relativity humidity and temperature). These different parameters can also be used to control the fabrication of fibers [11,12].

The flow rate of the polymer solution may determine the morphology of the produced nanofibers. Uniform bead free electrospun nanofibers might be prepared via a critical flow rate. The value of the critical flow rate varies with the polymer types. In some cases increasing the flow rate above the critical value lead to the formation of beads, as reported for polystyrene, when the flow rate was increased to 0.10 mL/min, bead formation was observed. However, when the flow rate was reduced to 0.07 mL/min, bead-free nanofibers were formed. Increasing the flow rate beyond a critical value not only leads to increase in the fibre diameter but also to bead formation (due to incomplete drying of the nanofiber jet during the flight between the needle tip and metallic collector) [13]. Because increases and decreases in the flow rate affect the nanofiber formation and diameter, a minimum flow rate is preferred to maintain a balance between the leaving polymeric solution and replacement of that solution with a new one during jet formation[14]. In addition to bead formation, at high flow rate, ribbon-like defects and droplets have also been reported in the literature [13,15].

Furthermore few studies contributed to investigate the effect of needle diameter on the electrospun nanofiber production and diameter. One study by Macossay el al. reported that there is no correlation between the needle diameter and electrospun poly methyl methacrylate (PMMA) nanofibers [16]. While other studies

show very clear effect to the needle diameter, when different polymer systems were used [17,18].

On the light of the previous mentioned complexity of the electrospinning process parameters, only two operating parameters are chosen to be investigated in this paper, namely the flow rate and the needle diameter. Poly(ethylene-terphthalate) (PET) was used in this study. Poly(ethylene-terphthalate) is a semi crystalline polymer and a thermo plastic, made by melt polymerization, which is heavily used in engineering. It is soluble in few solvents, the most effective solvents being Trifluoroacetic acid (TFA) and O-ChloroPhenol (OCP) [19,20]. PET is used in a variety of applications due to its resistant to environmental effects and good mechanical properties [21]. It is used in the automotive and packaging industry extensively, however lately PET nanofiber mats were used for filtration [22], protective clothing [23], and tissue engineering scaffolds [24].

In this research a constant PET concentration in mixture of Trifluoroacetic acid (TFA) and Dichlormethae (DCM) solution are used. The applied voltage and the distance between the needle and the ground collector are also kept constant. The flow rate of polymer solution was varied from 0.005 to 0.05 ml/min and two needle diameters were used.

2. Experimental Work

High purity Poly(ethylene-terphthalate) with 40,000 molecular mass (M_n) was obtained from Polymer Analytic Lab., and was used in this study as received. The complete characterization of this polymer is shown in Table 1. Poly(ethylene-terphthalate) solution was prepared in mixture of TFA and DCM, and the obtained solutions was continuously stirred for sufficient time (from 2 to 3 hours) at room temperature to increase homogeneity.

TABLE 1. Poly(ethylene-terphthalate) Characteristics and Properties.

M_n (g/mol)	M_w (g/mol)	Polydispersity	Melting temperature (k)	Glass temperature (k)
40,000	62,000	1.52	525	350

Figure (1) illustrates the applied electrospinning apparatus, in its simplest form. The experimental set-up consisted of a 10-ml syringe to hold the polymer solution and stainless steel needle, a syringe pump, two electrodes, a DC voltage supply in the kV range, and a ground collector (see Figure (1)). The variable high voltage supply (built in-house and capable of a voltage up to 50 kV) was used to apply a potential difference between the spinneret and the grounded collector plate. The presence of polymer in solution leads to the formation of fine solid fibres as the solvent evaporates. The charge on the fibres eventually dissipates into the surrounding environment [25]. A Hamilton SGE gas tight syringe used as the spinning solution reservoir was placed in a Kent Scientific (model: Genie Plus) pump, which fed the PET solution through a needle (gauge 26) at specified predetermined rate.

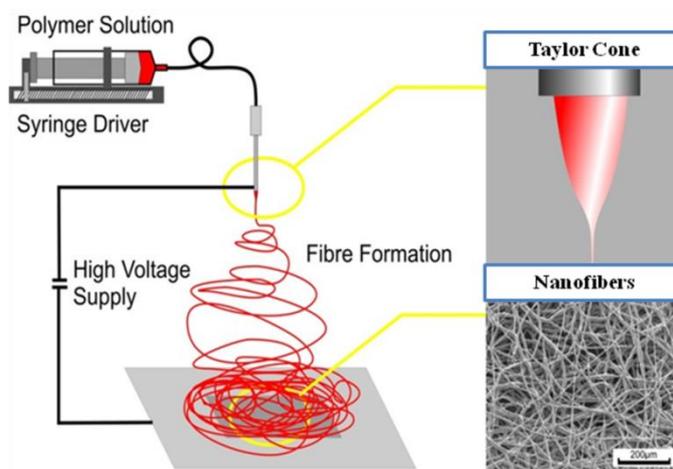


Figure 1. Schematic representation of the applied electrospinning process.

In order to investigate the effect of polymer solution flow rate on the nanofibre diameter and formation four different volumetric flow rates are used namely 0.05, 0.02, 0.01 and 0.005 ml/min. (15% wt.) poly(ethylene-terphthalate) concentrations were used in a mixture of solvents (TFA and DCM) with 50:50 volume percent. In all the experiments a voltage of 15 kV was kept constant and was applied

to the solution and the solution jet emerging from the needle was collected on the aluminum foil ground collector. The distance between needle tip and collector was also constant at 15 cm, room temperature and relative humidity were 25 °C and 65%, respectively. To consider the effect of the needle diameter in the electrospinning process two size of needle diameters were used 0.26 and 0.21 mm.

Scanning Electron Microscope (SEM) analysis was done to confirm the nanofibers formation and to obtain the morphology of the electrospun nanofibres. The instrument used was a Zeiss Merlin Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) with the Zeiss Smart-SEM software. The electrospun nanofibre mats were loaded into the chamber of the SEM instrument and images were recorded under vacuum at 7 kV voltage with 250 pA beam current and a working distance of 4.0 mm, the column was in high resolution mode.

3. Results and Discussion

SEM micrographs of Poly(ethylene-terphthalate) (PET) nanofibers obtained using four different flow rates and with two different types of needle diameters are presented in Figures from Figure (2) to Figure (5).

Figure 2(a) and 2(b) present the SEM for nanofibers fabricated using 0.05 ml/min flow rate using needles with 0.26 mm and 0.21 mm internal diameter (ID), respectively. In this figure one can see very small length nanofibers formed in-between the large droplets or agglomeration of polymer that clearly observed in SEM image. The agglomeration of PET formation can be due to the chain entanglement and aggregate because the insufficient solvent evaporation. Small changes in the electrospun fibres (determined using SEM micrographs) were obtained by varying the needle diameter from 0.21(Figure 2(a)) to 0,26 mm (Figure 2(b)).

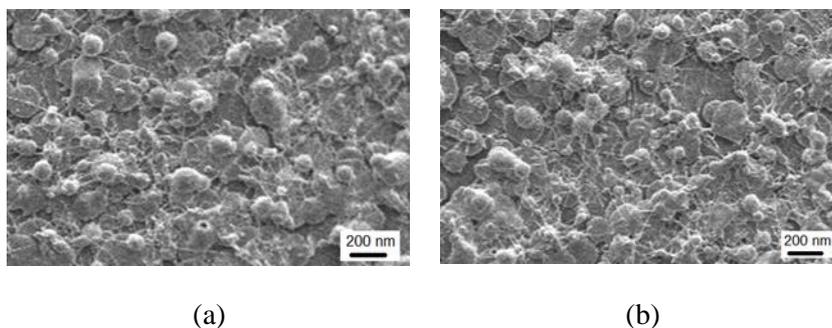


Figure 2. SEM micrographs of PET nanofibers using 0.05 ml/min, flow rate and (a) 0.21 mm (b) 0.26 mm ID of needle

As shown in Figures 3 (a) and 3(b), PET electrospun using 0.02 ml/min, flow rate produced nanofibers that are beaded and branched in shape with a few of agglomeration. The agglomeration are seen more frequently in the case of larger needle diameter (0.26 mm) as seen in Figure 3(b).

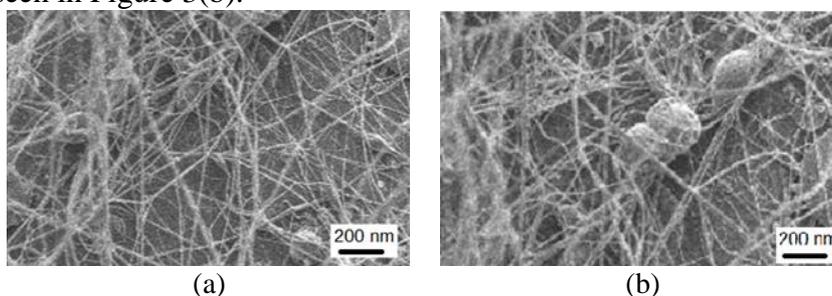


Figure 3. SEM micrographs of PET nanofibers using 0.02 ml/min, flow rate and (a) 0.21 mm (b) 0.26 mm ID of needle.

In addition to that, the average diameter for 25 individual nanofibers of each sample was measured. The results show that large needle diameter (0.26 mm), give nanofibers with average diameter of $107 \text{ nm} \pm 32$, while smaller needle diameter (0.21 mm), give nanofibers with average diameter of $93 \text{ nm} \pm 40$. This difference in the nanofiber diameters might be explained as following; when small needle diameter is used a small drop will form from the polymer

solution at the tip of the needle, while in the case of using large needle diameter large drop will form. The small drop will has high surface tension compared with the large one needle, which needs very high potential difference to overcome the surface tension and form polymer jet. The high potential difference increases a force called electrostatic force which is responsible about stretching the polymer jet, so thinner nanofibers will be formed and collected on the ground plate, in the case of small needle diameter [17].

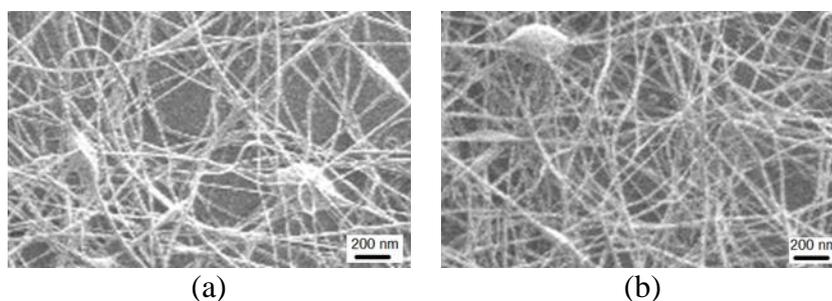


Figure 4. SEM micrographs of PET nanofibers using 0.01 ml/min, flow rate and (a) 0.21 mm (b) 0.26 mm ID of needle.

Figures 4(a) and 4(b) present the SEM for nanofibers fabricated using 0.01 ml/min flow rate using needles with different needle diameter. As shown in Figures (3) in both Figures 4(a) and 4(b), PET nanofibers is produced with less beads and agglomeration. However, ribbon-like structure is obtained in several images as seen two of them in Figure 4(a) and one in Figure 4(b). The formation of beads and ribbon-like structures could be mainly attributed to the large amount of solvent that needed to be evaporated as well as to the low stretching of the solution in the flight between the needle and metallic collector. The presence of such beads and ribbon-like structures could be also attributed to the influence of the gravitational force [15]. The same effect could also be attributed to an increase in diameter of the nanofibers with an increase in the flow rate [26]. The average diameter for the large needle diameter (0.26 mm), the

average diameter was $102 \text{ nm} \pm 25$, while for the smaller needle diameter (0.21 mm), the average diameter was $88 \text{ nm} \pm 43$.

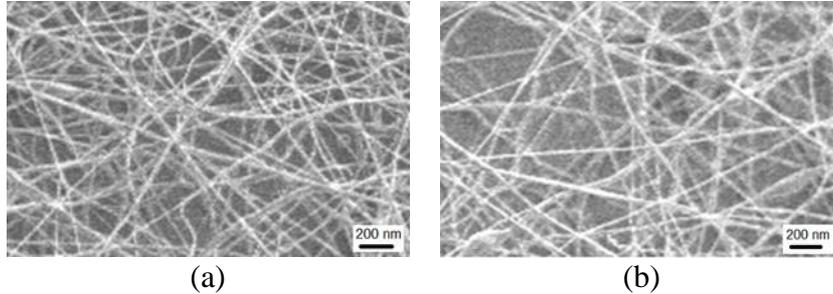


Figure 5. SEM micrographs of PET nanofibers using 0.005 ml/min, flow rate and (a) 0.21 mm (b) 0.26 mm ID of needle

Figures 5 (a) and 5(b), demonstrate the electrospun nanofibers obtained using 0.005 ml/min, flow rate by 0.21, 0.26 mm needle diameters. In this case thinner, smoother and bead free without agglomeration nanofibers was observed with both small and large needle diameter compared with nanofibers previously obtained by large PET solution flow rates. The average nanofibers diameter in the case of 0.26 mm needle diameter was $95 \text{ nm} \pm 27$, while with 0.21 mm, the average diameter was $82 \text{ nm} \pm 38$.

Therefore, with small needle diameter, the nanofibers were thinner.

The nanofibers average diameter variations as a result of PET solution flow rate change and due to using two different sizes (diameters) of needle are shown in Figure (6).

In general there is clear trend with positive proportion as the flow rate increases the average diameters increased and as the needle diameter increases the average diameters increased as well. Furthermore, the large variation in the nanofibers diameters distribution as shown from the standard deviation values for smaller needle diameter when compared with large needle diameter. This could be due to cone jets formation secondary stable and not stable jet cone formation during the electrospinning process, these jets are

continuously replaced by cone jets. As a result of this phenomenon, nanofibers with a wide range diameter are formed [15].

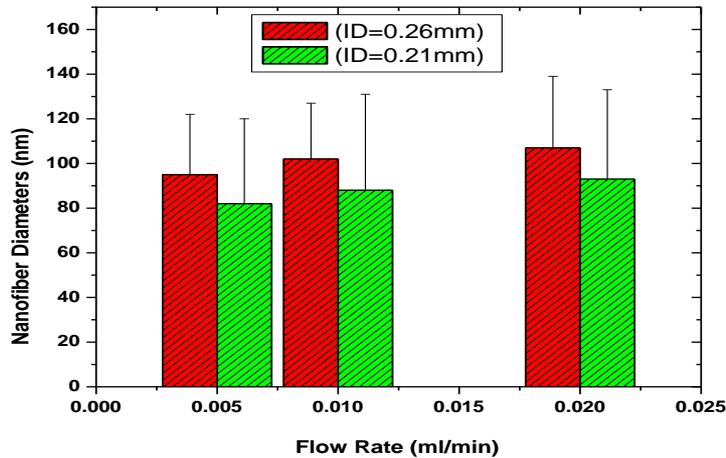


Figure 6. The nanofibers average diameter change with PET solution flow rate change and using different needle diameters.

From the resulting images, in general, it is observed that the increasing of Poly(ethylene-terphthalate) solution flow rate leads to increase the diameter of nanofibers. This can be due to the increasing in the chain entanglement as the solvent evaporated. On the other hand, the lower the flow rate the more solvent will evaporated and stable nanofibers will form, and this appeared to lead to decrease the diameter of the nanofibers, as the polymer cone will stretch much longer after the solvent has been evaporated. On the other hand, when the Poly(ethylene-terphthalate) solution flow rate is very high, the polymer chains may not have enough to construct stable nanofibers due to the large quantity of solvent that needed to be evaporated.

4. Conclusions

Electrospinning is a rapid, simple, and relatively inexpensive method to fabricate high aspect ratio, submicron diameter size fibres with high surface area. In this paper, the effect of flow rate and

needle diameter on the morphology of electrospun PET nanofibers was investigated. It was found that:

1) Decreasing the PET solution flow rate from 0.05 to 0.005 ml/min, lead to decreasing in the nanofiber diameter and less bead formation was observed, which may leads to decreasing the pore.

2) Small needle diameters with 0.21 mm ID produced thinner and often beadless nanofibres (fibres without agglomeration) compared with large needle diameter 0.26 mm. These results contributed to electrostatic force, which responsible about stretching and thinning the polymer jet.

References

- [1]. Reneker, D.H., Yarin, A.L., Electrospinning jets and polymer nanofibers. *Polymer* (2008), 49 (10), 2387–2425.
- [2]. Adnan Haider , Sajjad Haider, Inn-Kyu Kang, A comprehensive review on the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical technology, *Arabian Journal of Chemistry* (2018), 11, 1165–1188.
- [3]. Srinivasan, G.; Reneker, D. H. Structure and Morphology of Small Diameter Electrospun Aramid Fibres, *Polymer International* (1995), 36, 195-201.
- [4]. Doshi, J.; Reneker, D. H. Electrospinning Process and Applications of Electrospun Fibers. *Journal of Electrostatics*, *Journal of Electrostatics* (1995), 35, 151-160.
- [5]. Deitzel, J. M.; Kleinmeyer, J. D.; Hirvonen, J. K.; Beck Tan, N. C. Controlled Deposition and Collection of Electro-spun Poly(ethylene oxide) Fibers *Polymer* (2001), 42, 8163-8170.
- [6]. Deitzel, M., Kleinmeyer J., Harris D., and Beck Tan N., The Effect of Processing Parameters on the Morphology of Electrospun Nanofibers and Textiles, *Polymer* (2001), 1(42), 261-272.
- [7]. Ramakrishna, S.; Fujihara, K.; Teo, W.-E.; Lim, T.-C.; Ma, Z., *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*. (2005), First ed.; World Scientific Publishing Company, Singapore.

- [8]. Thandavamoorthy, S.; Bhat, S.; Tock, R. W.; Parameswaran, S.; Ramkumar, S. S., Electrospinning of nanofibers, Journal of Applied Polymer Science (2005), 96(2), 557-569.
- [9]. Rieger, K. A.; Birch, N. P.; Schiffman, J. D. Designing Electrospun Nanofiber Mats to Promote Wound Healing-a Review. J. Mater. Chem. B (2013), 1 (36), 4531-4541.
- [10]. Montinaro, M.; Fasano, V.; Moffa, M.; Camposeo, A.; Persano, L.; Lauricella, M.; Succi, S.; Pisignano, D. Sub-Ms Dynamics of the Instability Onset of Electrospinning. Soft Matter (2015), 11 (17), 3424-3431.
- [11]. Zong, X.; Kim, K.; Fang, D.; Ran, S.; Hsiao, B. S.; Chu, B. Structure and Process Relationship of Electrospun., Bioabsorbable Nanofiber Membranes (2002), 43, 4403-4412.
- [12]. Thompson, C. J.; Chase, G. G.; Yarin, A. L.; Reneker, D. H. Effects of Parameters on Nanofiber Diameter Determined from Electrospinning Model. Polymer. (2007), 48 (23), 6913-6922.
- [13]. Megelski, S., Stephens, J.S., Bruce Chase, D., Rabolt, J.F., Micro- and nanostructured surface morphology on electrospun polymer fibers. Macromolecules (2002). 35 (22), 8456-8466.
- [14]. Zeleny, J., The role of surface instability in electrical discharges from drops of alcohol and water in air at atmospheric pressure. J. Franklin Inst (1935), 219 (6), 659-675.
- [15]. Shamim, Z., Saeed, B., Amir, T., Abo Saied, R., Rogheih, D., The effect of flow rate on morphology and deposition area of electrospun nylon 6 nanofiber. J. Fabrics Fibers, (2004) 4, 42-47.
- [16]. Macossay, J., Marruffo, A., Rincon, R., Eubanks, T., Kuang, A., Effect of needle diameter on nanofiber diameter and thermal properties of electrospun poly (methyl methacrylate). Polymers for Advanced Technologies (2007), 18(3), 180-183.
- [17]. Supaphol, P., and Chuangchote, S., On the electrospinning of poly (vinyl alcohol) nanofiber mats: a revisit. Journal of Applied Polymer Science (2008), 108(2), 969-978.

- [18]. Bassam M. Abunahel, Nurul Z., Noor A., Munirah J., Effect of Needle Diameter on the Morphological Structure of Electrospun n-Bi₂O₃/Epoxy-PVA Nanofiber Mats International Scholarly and Scientific Research & Innovation (2018), 12(6) 296- 299.
- [19]. Edgar O.B. and Hill R., The p-phenylene linkage in linear high polymers: Some structure–property relationships, J. Polym. Sci., (1952), 8,1-12.
- [20]. Fakirov S., Fischer E.W., and Schmidt G.H., Unit cell dimensions of poly (ethylene terephthalate), Makromol. Chem., (1975), 176, 2459-2466.
- [21]. Rajabinezhad H, Mansouri N, Yazdanshenas ME., Recycling of used bottle grade polyethylene terephthalate to nanofibers by melt-electrospinning method. International Journal of Environmental Research (2009), 3(4): 663-670.
- [22]. Strain IN, Wu Q, Pourrahimi AM, Hedenqvist MS, Olsson RT, Electrospinning of recycled PET to generate tough mesomorphic fibre membranes for smoke filtration. J Mater Chem (2015), A 3: 1632-1640.
- [23]. Baji A., Agarwal K., Oopath SV., Emerging Developments in the Use of Electrospun Fibers and Membranes for Protective Clothing Applications. Polymers (Basel) (2020), 12: 492-498.
- [24]. Ma Z., Kotaki M., Yong T., He W., Ramakrishna S., Surface engineering of electrospun polyethylene terephthalate (PET) nanofibers towards development of a new material for blood vessel engineering. Biomaterials (2005), 26: 2527-2536.
- [25]. Patanaik, A.; Anandjiwala, R. D.; Rengasamy, R. S.; Ghosh, A.; Pal, H., Nanotechnology in fibrous materials—a new perspective, Textile Progress (2007), 39(2), 67-120.
- [26]. Li, Z., Wang, C., Effects of Working Parameters on Electrospinning. One-Dimensional Nanostructures. Springer, Berlin, Heidelberg (2013), pp. 15–28.

The Solution of the Heat Equation by Adomian Decomposition Method

Najat Ali ALjalali

Department of Mathematics, Tripoli University, Tripoli, Libya

E-mail address: Najaaliahme@gmail.com

ABSTRACT

In this paper, the Adomian Decomposition Method (ADM) is applying to heat equations subjected to a new technique treatment of initial boundary value problems by mixed initial and boundary conditions together to obtain a new initial solution at every iteration. This is achieved by handling homogeneous and non-homogeneous boundary value problem for one-dimensional heat equation. The structure of new successive initial solutions can be give a more accurate solution.

Keywords: Adomian decomposition method(ADM), heat equations, initial boundary value problems.

الملخص

استخدمت طريقة تحليل أومين لحل مسألة القيم الابتدائية الحدية لمعادلات الحرارة المتجانسة وغير المتجانسة وذلك بدمج الشروط الابتدائية والحدية معاً في شرط واحد يتم استخدامه في العلاقة التكرارية للطريقة لإيجاد الحل .

1. INTRODUCTION

Adomian decomposition method was first developed in [1],[2]. It is a non-numerical method for solving linear and nonlinear differential equations, both ordinary, and partial.

Many researchers discussed solution the heat equation. A New Technique of Initial Boundary Value Problems Using ADM in [3],

Solution of Heat equation using ADM in [4], Solving nonhomogeneous Heat Equation by ADM in [5] and heat equation and its comparative solution in [6]. All these researchers obtained the solutions the heat equation by using initial and boundary conditions.

In this paper we consider the one dimensional heat equation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + q(x, t) \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (1)$$

Subject to:

$$\left. \begin{aligned} u(x, 0) &= f_0(x) \quad , \quad 0 \leq x \leq 1 \\ u_x(0, t) &= g_1(t) \quad , \quad u_x(1, t) = g_2(t) \quad , t > 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

where $f_0(x), g_1(t), g_2(t)$ and $q(x, t)$ are given functions.

we present a reliable framework by applying a new technique for treatment initial and boundary value problems for heat equation, by mixed initial and boundary conditions together to obtain a new initial solution at every iterations using Adomian decomposition method. These technique to construct a new successive initial solutions can give a more accurate solution, some examples are given in this paper to illustrate the effectiveness and convenience of this technique.

2. ADOMIAN DECOMPOSITION METHOD

In this section, we outline the steps to obtain a solution of problem (1), (2) using Adomian decomposition method, which was initiated by G. Adomian. For this purpose, it is convenient to rewrite the problem in the standard form that was presented in [1] :

$$L_t(u) = L_{xx}(u) + q(x, t) \quad (3)$$

Where the differential operators:

$$L_t(\cdot) = \frac{\partial}{\partial t}(\cdot) \quad \text{and} \quad L_{xx}(\cdot) = \frac{\partial^2}{\partial x^2}(\cdot)$$

(4) assuming that the inverse L_t^{-1} exists and is defined by:

$$L_t^{-1} = \int_0^t (\cdot) dt$$

(5) Applying inverse operator on both the sides of (3) and using the initial condition, yields:

$$L_t^{-1}(L_t(u(x, t))) = L_t^{-1}(L_{xx}(u(x, t))) + L_t^{-1}(q(x, t)) \quad (6)$$

From the above we obtain:

$$u(x, t) = u(x, 0) + L_t^{-1}(L_{xx}(u(x, t))) + L_t^{-1}(q(x, t)) \quad (7)$$

Now, we decompose the unknown function $u(x, t)$ as a sum of components defined by the series:

$$u(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(x, t) \quad (8)$$

Where u_0 is identified as $u(x, 0)$. The components $u_k(x, t)$, are obtained by the recursive formula:

$$\sum_{k=0}^{\infty} u_k(x, t) = f(x) + L_t^{-1}(L_{xx}(u(x, t))) + L_t^{-1}(q(x, t)) \quad (9)$$

Or

$$\left. \begin{aligned} u_0(x, t) &= f(x) + L_t^{-1}(q(x, t)) \quad , \quad k = 0 \\ u_{k+1}(x, t) &= L_t^{-1}(L_{xx}(u_k(x, t))) \quad , \quad k \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Evaluating more components of $u(x, t)$ we obtain a more accurate solution. Noting that the convergence of this method has been proved in [1], [2], [7] and [8].

3. ADOMIAN DECOMPOSITION METHOD FOR SOLVING INITIALBOUNDARY VALUE PROBLEMS

To convey the basic idea for treatment of initial and boundary conditions by Adomian decomposition method for solving initial boundary value problems, we consider the problem (1), (2) and we construct a new successive initial solutions u_k^* at every iteration for (1) (2) by applying a new technique:

$$u_k^*(x, t) = u_k(x, t) + (1 - x)[g_1(t) - u_{x_k}(0, t)] + x[g_2(t) - u_{x_k}(1, t)] \quad (11)$$

where $k = 0, 1, 2, \dots$

Clearly that the new successive initial solutions u_k^* of (1) satisfying the initial and boundary conditions together as follows:

$$\begin{aligned} \text{if } t = 0 \text{ then } u_k^*(x, 0) &= u_k(x, 0), \\ \text{if } x = 0 \text{ then } u_k^*(0, t) &= g_1(t), \\ \text{if } x = 1 \text{ then } u_k^*(1, t) &= g_2(t). \end{aligned}$$

4. EXAMPLES

Example 1 : consider the nonhomogeneous heat equation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + xt^2, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T, \quad (12)$$

with

$$u(x, 0) = \sin x, \quad 0 < x < 1$$

and

$$u_x(0, t) = 1, \quad u_x(1, t) = \sin(t), \quad t > 0.$$

By applying a new approximations u_k^* in (11), we obtain:

$$u_k^*(x, t) = u_k(x, t) + (1 - x)[1 - u_{x_k}(0, t)] + x[\sin(t) - u_{x_k}(1, t)] \quad (13)$$

Now, we begin with a new initial approximation u_0^* (when $k = 0$):

$$u_0^*(x, t) = \sin x + 1 + x[\sin(t) - \sin(1) - 1] \quad (14)$$

From (3) and (12) we have:

$$L_t(u) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + xt^2, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (15)$$

So from (10) and using a new technique of initial solutions u_k^* we obtain:

$$u_0(x, t) = \sin x + \frac{xt^3}{3},$$

And

$$u_{k+1}(x, t) = \int_0^t \left[\frac{\partial^2 u_k^*(x, t)}{\partial x^2} \right] dt.$$

We use (14) we get:

$$u_1(x, t) = -(\sin x)t$$

Substituting back into (13) we have consequently the following approximants:

$$u_2(x, t) = (\sin x) \frac{t^2}{2!}$$

$$u_3(x, t) = -(\sin x) \frac{t^3}{3!}$$

And so on, from (8) the series solution is given by:

$$u(x, t) = \frac{xt^3}{3} + \sin x \left(1 - \frac{t}{1!} + \frac{t^2}{2!} - \frac{t^3}{3!} + \dots \right)$$

That is :

$$u(x, t) = \frac{xt^3}{3} + e^{-t} \sin x$$

Example 2: consider the nonhomogeneous heat equation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (16)$$

With:

$$u(x, 0) = 1 + x + 2\cos(\pi x) \quad , \quad 0 < x < 1$$

And:

$$u_x(0, t) = 1, \quad u_x(1, t) = 1 \quad , \quad t > 0$$

By applying equation (11), we obtain:

$$u_k^*(x, t) = u_k(x, t) + (1 - x)[1 - u_{x_k}(0, t)] + x[1 - u_{x_k}(1, t)] \quad (17)$$

Now, we begin with a new initial approximation:

$$u_0^*(x, t) = -1 + 4x + 2\cos(\pi x) \quad (18)$$

According to the Adomian decomposition method we have an operator form for (16):

$$L_t(u) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad , \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (19)$$

From (7) and (10) we get:

$$u_0(x, t) = 1 + x + 2\cos(\pi x)$$

$$u_{k+1}(x, t) = \int_0^t \left[\frac{\partial^2 u_k^*(x, t)}{\partial x^2} \right] dt$$

By (18) we have:

$$u_1(x, t) = -\pi^2 t (2 \cos \pi x)$$

we obtain: by (17) and after much algebraic simplification,

$$u_2(x, t) = \pi^4 t^2 (\cos \pi x)$$

$$u_3(x, t) = -\pi^6 \frac{t^3}{3} (\cos \pi x)$$

And so on , from (8) the series solution is given by:

$$u(x, t) = 1 + x + 2\cos(\pi x) \left(1 - \frac{\pi^2 t}{1!} + \frac{(\pi^2 t)^2}{2!} - \frac{(\pi^2 t)^3}{3!} + \dots \right)$$

That is:

$$u(x, t) = 1 + x + 2\cos(\pi x) e^{-\pi^2 t}$$

Example 3: consider the nonhomogeneous heat equation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2e^{x-t}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (20)$$

With:

$$u(x, 0) = e^x, \quad 0 < x < 1$$

And

$$u_x(0, t) = e^{-t}, \quad u_x(1, t) = e^{1-t}, \quad t > 0$$

By applying equation (11), we obtain :

$$u_k^*(x, t) = u_k(x, t) + (1-x)[e^{-t} - u_{x_k}(0, t)] + x[e^{1-t} - u_{x_k}(1, t)] \quad (21)$$

Now, we begin with a new initial approximation:

$$u_0^*(x, t) = e^x(-1 + 2e^{-t}) + (1-x)[e^{-t} - 1] + x[e^{1-t} - e] \quad (22)$$

According to the Adomian decomposition method we have an operator form for (20):

$$L_t(u) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 2e^{x-t}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t < T \quad (23)$$

From (7):

$$u_0(x, t) = e^x(-1 + 2e^{-t})$$
$$u_{k+1}(x, t) = \int_0^t \left[\frac{\partial^2 u_k^*(x, t)}{\partial x^2} \right] dt$$

By (22) we have :

$$u_1(x, t) = e^x(2 - t - 2e^{-t})$$

By (21) and after much algebraic simplification, we obtained:

$$u_2(x, t) = e^x \left(-2 + 2t - \frac{t^2}{2} - 2e^{-t} \right)$$

$$u_3(x, t) = e^x \left(2 - 2t + t^2 - \frac{t^3}{6} - 2e^{-t} \right)$$

And so on, from (8) the series solution is given by:

$$u(x, t) = e^x \left(1 - t + \frac{t^2}{2!} - \frac{t^3}{3!} + \dots \right) = e^{x-t}$$

CONCLUSION

The results obtained in this paper, a very effective to construct a new initial successive solutions u_k^* by mixed initial and boundary conditions for equation (1) together which explained in formula (11) used to find successive approximations u_k of the solution by Adomian decomposition method to solve initial boundary value problems. These technique to construct of a new successive initial solutions can give a more accurate solution.

REFERENCES:

- [1]G. Adomian, “ A review of the decomposition method in Applied mathematics”, J.Math.Anal.Appl. vol. 135 , pp. 501 -544, (1988).
- [2]G. Adomian, Solving Frontier Problems of Physics : The Decomposition Method, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, (1994).
- [3]E. J. Ali, “A new technique of initial boundary value problems Using Adomian decomposition method”, International Mathematical Forum, Vol.7, No. 7, pp. 799-814, (2012).
- [4]K. B. Chavaraddi, “ Solution of Heat equation using Adomian Decomposition Method”, International Journal of Scientific & Engineering Research ,Vol. 8,PP.44-47 Issue 5, May-(2017).

- [5] A. Cheniguel, “Solving Non Homogeneous Heat Equation by the Adomian Decomposition Method”, International Mathematical Forum, Vol. 6, 2011, no. 13, 639 - 649.
- [6] A. Cheniguel and A. Ayadi, “Solving Heat Equation by Adomian Decomposition Method”, Proceedings of the World Congress on Engineering(WCE), Vol I, July 6-8, (2011), London, U.K.
- [7] Y. Cherruault, “Convergence of Adomian’s method”, Kybernetes 18 (1989) 31-38.
- [8] A.M. Wazwaz, “Partial differential equations and solitary Waves theory”, Higher education press, Beijing and Springer Verlag Berlin Heidelberg (2009).

Toxoplasma Seroprevalence in Voluntary Blood Donors at Mohamed Al Mgarif hospital in Ajdabyia City

Tarek A. Abdulkareem
College of Medical Technology
Benghazi

Ahmed S. Suwisi
College of Science and
Technology-Gaminis

tareklab77@gmail.com

المخلص

التوكسوبلازما طفيل بوعي يعيش داخل الخلايا و ينتشر في أنحاء العالم. يمكن أن يصيب البشر بابتلاع أكياس البيض الموجودة في براز القطط عرضيا، أو تناول اللحوم الغير مطبوخة جيّداً، أو خلقياً من أم مصابة أو من نقل الدم. يكتشف IgM مصلياً بعد أسبوع من الإصابة، لذا يعتبر علامة تشخيصية مبكرة للمرض، و بعد أسبوع إلى أسبوعين من الإصابة تظهر IgG و قد تستمر مدى الحياة، و بذلك فهي مؤشر على وجود عدوى سابقة. تم جمع 140 عينة دم عشوائية في وقت سابق من بنك الدم لمتطوعين بمستشفى امحمد المقريف في اجدابيا من أكتوبر 2013 إلى يناير 2014 للكشف عن الأجسام المضادة للتوكسوبلازما من نوع IgG و IgM بتقنية ELISA. بعدها تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS (النسخة العاشرة)، مستخدماً اختبار "كاي سكوير". النتائج أظهرت أن 62 من 140 (44%) من الأشخاص مصابين بالطفيل، و 78 (56%) غير مصابين. كانت حالات IgG الإيجابية 62 (44%) من إجمالي الحالات ما يقابل (100%) من إجمالي الحالات الإيجابية البالغ عددها 62، وفيما يتعلق بـ IgM كانت الحالات الإيجابية 6 من 140 (4.3%) و ما يقارب (10%) من الحالات الإيجابية، و أظهرت الحالات ذاتها نتائج إيجابية IgG أيضاً. في الختام، تعتبر نسبة الإصابة (44%) مرتفعة، و يمكن أن ينقل هؤلاء المتبرعون عدوى التوكسوبلازما إلى متلقي الدم، و قد يتسبب ذلك في عواقب غير مرجوة على النساء الحوامل أو مرضى نقص المناعة أو عند انخفاض مستوى المناعة. لذلك يمكن النظر في فحص الدم للتوكسوبلازما ضمن إجراءات التبرع

بالدم. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد نسبة الانتشار المصلي لداء المقوسات والسماط الوبائية ذات الصلة بين المتبرعين بالدم.

Abstract

Toxoplasma is an intracellular protozoan parasite distributed worldwide. Humans can become infected by the accidental ingestion of Oocytes in cat feces, eating undercooked meat, congenitally from an infected mother or from a blood transfusion. *T. gondii* IgM is detected 1 week after infection, and is considered as an early diagnostic marker for toxoplasmosis. IgG antibodies detected 1–2 weeks following infection and can persist lifelong, hence used as indicator of a previous infection. 140 blood samples were collected randomly at previous time from voluntary blood donors at Blood Bank of Mohammad Al Mgariaf Hospital - Ajdabiya from October 2013 to January 2014, and analyzed for anti-*T. gondii* IgG and IgM antibodies using “ELISA technique”. Data were analyzed using SPSS (10) by Chi square test. 62 (44%) of subjects were seropositive for toxoplasma, while 78 (56%) were negative. The positive IgG cases were 62 out of 140 (44%), represented (100%) of the total positive cases, While IgM positive cases were 6 out of 140 (4.3%) and about (10%) of 62 positive cases. Those IgM positive showed IgG positive results too. On conclusion the infection percentage (44%) is considered high and those donors could transmit infection to recipients who received their blood, this could cause a serious consequence in pregnant women or immunocompromised or who facing a decreased immunity. Therefore screening of blood for toxoplasma antibodies may be considered in blood donors’ investigations. This study aims to determine the seroprevalence of toxoplasmosis and related epidemiological features among blood donors.

Key Words: Seroprevalence, Toxoplasma, IgG, IgM, Blood donors.

Introduction

Toxoplasmosis caused by a coccidian parasite, *Toxoplasma gondii* can multiply in any nucleated cell of human body. The infection can

remain dormant for many years and resurface by activation to cause clinical symptoms [1]. Toxoplasma is an intracellular sporozoan distributed world- wide that infects all vertebrate species although the definitive host is the cat Humans can become infected by the accidental ingestion of Oocysts present in cat feces by eating raw or undercooked meat congenitally from an infected mother or from a blood transfusion [2, 3].

IgM is serologically detected 1 week after infection, and hence, is considered as an early and sensitive diagnostic marker for acute toxoplasmosis. IgG antibodies against *T. gondii* can be detected 1–2 weeks following infection and can persist lifelong at residual titers, this antibody is an indicator of a previous infection [4]. Estimates indicate that up to one third of the world's population is infected by *T. gondii*. Most infections in immunocompetent humans are asymptomatic and in up to 10% of infected individuals cervical lymphadenopathy or ocular disease occur [5]. Changes in population demographics and increases in international travel and immigration may all contribute to an increase in the number of parasitemic individuals who present as prospective blood donors. Consequently, a need may arise to develop new policies to prevent transfusion-transmitted parasitic infections [6]. Although many infections can be transmitted through blood transfusion, it is not possible to carry out screening tests for all [7]. Humans may remain infected for life and will stay asymptomatic unless immunosuppression may occur [8]. No information available about the current *Toxoplasma gondii* seroprevalence in Algeria, Libya, Syria, and Yemen [9].

There is scarce information about the epidemiology of *T. gondii* infection in blood donors in Libya. Therefore, we sought to to estimate the prevalence of *Toxoplasma gondii* infection in blood donors included in the study in Ajdabyia City, Libya.

Materials and methods

- Study area, time, and population

A total of 140 blood samples were collected randomly from a voluntary blood donors attended to Blood Bank department in Mohammad Al Mgariaf Hospital in Ajdabiya. Samples were collected between October to January 2014. All the donors were interviewed for demographic, medical and blood donation information and data recorded after taking consent and full history.

- Blood collection and serological tests

All blood donor samples were collected in 5ml plain tubes and left for 15 min then transported to the laboratory at High Medical institute of Ajdabyia according to hospital arrangements until the serum separated, then centrifuged for 5 min. at 3000 RPM. Then the sera transferred to another tube. Every tube take number corresponds to the number of donor's name on the questionnaire, and kept frozen at -20 until needed for analysis. Serologic tests for anti-*T. gondii* IgG and IgM antibodies were performed using enzyme linked immunosorbent assay “ELISA technique” using “Beckman Coulter Immunoassay System” Acess 2 system shown in figure 1. and figure 2.



Figure 1. Beckman Coulter “ Access 2 system ”



Figure 2. Rack identified by a bar code label

- Data analysis

Data obtained in this study were analyzed using SPSS statistical package (version 10). Frequencies, percentages were computed and the comparison was made by Chi square analysis. A statistically significant difference was considered if a P-value less than 0.05 ($p < 0.05$) was obtained.

Results

140 blood samples were collected from blood donors came to Blood Bank department at Mohamed Al Mgariaf hospital in Ejdabia city. Their educational level was different, and nearly all of them had no previous information about toxoplasma infection, and they mostly did not examined for toxoplasma in the past. Blood donors were males except one donor who was female.

The detection of IgG antibodies and absence of IgM antibodies indicates an old infection. However, if test results are positive for both IgG and IgM, interpretation is difficult, as the positive results

might be owing to either a recent infection or low levels of IgM antibodies from a previous infection [10].

Sera from blood samples were tested for both Toxoplasma IgM and Toxoplasma IgG, Where the donors were from different ages, were classified into four age groups as explained in figure 3.

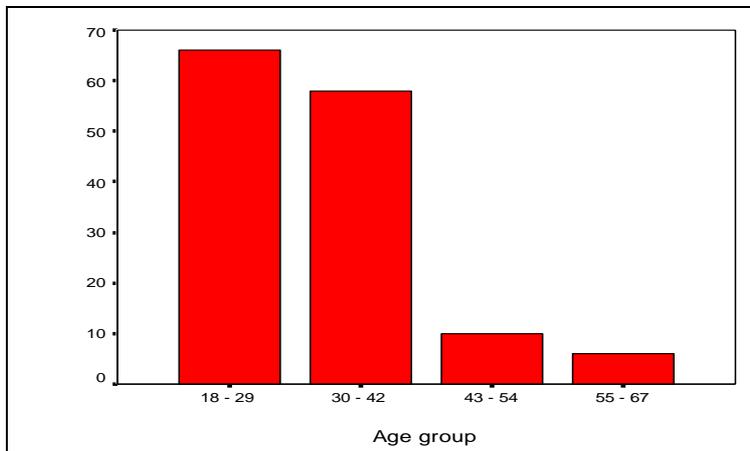


Figure 3. Age group distribution of blood donors

Number of subjects distributed according to their ages on the different age groups was as following:

66 Blood donors their ages were from 18 – 29, 58 Blood donors ages from 30 – 42, 10 Blood donors ages from 43 – 54 and 6 Blood donors ages 58 – 67.

Of 140 tested sera, 62 voluntary blood donors were seropositive when tested for toxoplasma regardless it was IgG or IgM antibody to *T. gondii* represented 44%, while 78 blood donors were normal who represented 56%. Figure 4.

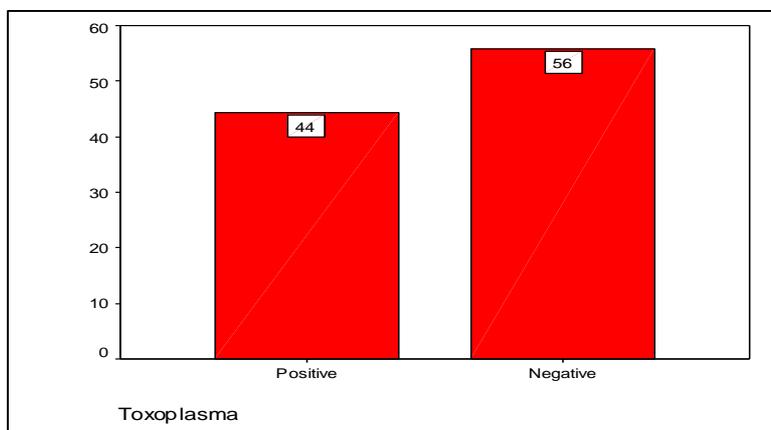


Figure 4. Toxoplasma serological test result

As explained in figure 5, The positive IgG cases were 62 cases which represented 44% of all cases. This is 100% of the positive cases

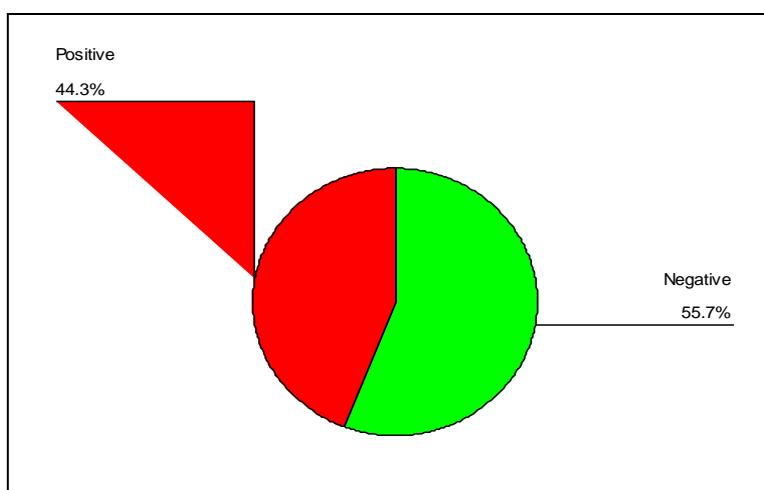


Figure 5. Toxoplasma IgG test result

Regarding IgM the positive cases were 6 cases represented 4.3% of all cases and 10 % of the positive cases. See figure 6.

The six cases which were IgM positive showed IgG positive results too.

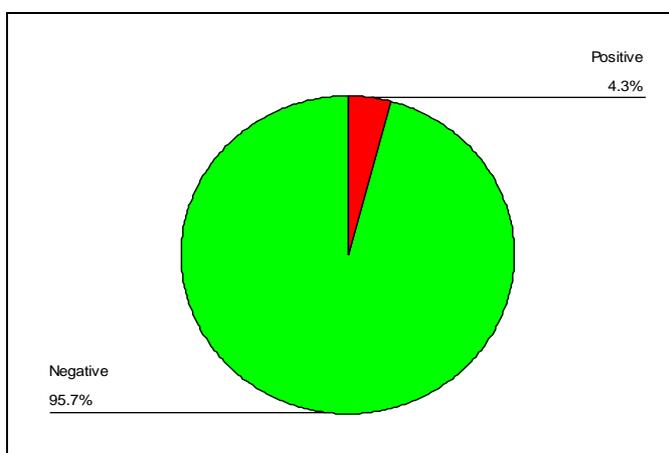


Figure 6. Toxoplasma IgM test result

Concerning the distribution of toxoplasma IgG infection among the different age groups in this study it is explained in table 1.

Table 1. Distribution of toxoplasmosis seroprevalence (IgG) according to age groups

Age group	Toxo. IgG		Total
	Positive	Negative	
Age 18-29	27	39	66
30-42	25	33	58
43-54	6	4	10
55-67	4	2	6
Total	62	78	140

In the age group 18 – 29 positive IgG cases were 27 of 66 (40%)

In the age group 30 – 42 positive IgG cases were 25 of 58 (43%)

In the age group 43 – 54 positive IgG cases were 6 of 10 (0.6%)

In the age group 55 – 67 positive IgG cases were 4 of 6 (0.66%)

Concerning the distribution of toxoplasmosis IgM infection among the different age groups, it is explained in table 2.

Table 2. Distribution of toxoplasmosis (IgM) according to age groups

Age group	Toxo. IgM		Total
	Positive	Negative	
Age 18-29	2	64	66
30-42	3	55	58
43-54	1	9	10
55-67	0	6	6
Total	6	134	140

In the age group 18 – 29 positive IgM cases were 2 of 66 (3%)

In the age group 30 – 42 positive IgM cases were 3 of 58 (5%)

In the age group 43 – 54 positive IgM cases were 1 of 10 (10%)

In the age group 55 – 67 No positive IgM cases.

Discussion

The blood donors in this study were randomly selected and donor's ages ranged from 18 – 67 years old, the majority of them were in the age group 18 – 29 followed the age group 30 – 42, (47.1%, 41.4% respectively) followed by 43 – 54 and 55 – 67 (7.2 %, 4.3%).

Of 140 tested sera in this study, 62 blood donors were positive when tested for toxoplasma regardless it was IgG or IgM, that means 44% of cases, while 78 blood donors were normal who represented 56%, which is near to what found in Amman the Jordanian capital where 41.5% of blood donors were seropositive [11]. On the other hand it was more than what found in a study carried out in Al-Hassa in

Saudi Arabia they screened 784 Saudi blood donors; 37.5% were found to be seropositive [12]. Also more than those in the Kuala Lumpur in Malaysia, where a study showed that the seroprevalence of toxoplasmosis in Healthy Blood Donors were 28.1% [13]. And those in Karnataka 20.3%. In an Iranian Journal as well “prevalence of toxoplasmosis was reported as 23.6% in blood products” [14].

Most of the positive cases in this study were IgG, they was 62 cases who represented 44% of all cases and 100% of the positive cases, where they were mainly distributed in the age groups 30-42 and 18-29 (43%, 40% respectively) with a small percentage in the age groups 55 – 67 and 43 – 54 (0.66%, 0,6% respectively). If compared to a study done in

The positive IgM in the current study were 6 cases who represented 4.3% of all cases and 10% of the positive cases. We here should focus that the six cases which were IgM positive showed IgG positive results too, so we notice those which revealed positive results in both IgG and IgM cases which could considered to be recent infections.

Concerning toxoplasma spread among blood donors in Libya it seemed that almost all the limited numbers of studies done were interested in the seroprevalence among pregnant women or other categories in the general population, As an example in 1987; Toxoplasma antibodies were found at a titre of 1:16 or above in 51.6% of 2000 adult males, in 43.4% of 300 adult females, and in 43.7% of 1980 schoolchildren (7-18 years of age) from the area of Tripoli [15]. Also in Benghazi in a study publicized in 1991 mentioned that 40 to 50% of adults and 63.3% of pregnant women were toxoplasma seropositive [16].

In a study in Baghdad; 2.5% had acute toxoplasmosis characterized by the presence of positive IgM antibodies, While 30.25% of samples had chronic toxoplasmosis characterized by the presence of positive IgG antibodies only [17]. If compared to our results we can notice that acute infections in our study showed a relatively higher

percentage, and a slightly lower percentage regarding the chronic infections.

In Saudi study IgM showed 3 positive cases of 150 among the blood donors (2%), also it is less than our percentages [18].

IgM seropositive results were mainly distributed in a descending manner among the age groups as follows: 43-54, 30-42, 18-29 (10%, 5% and 3% respectively) with no positive cases reported in the age group 55-67. In comparison to an Iraqi study done in Baghdad in 2013 which mentioned that "In relation to age group the results showed high positive percentage samples, 30 (24.79%) in ELISA IgG test at age group of both (18-25) and (26-33) years, whereas the lowest one was 7(5.78%) as noticed at the age group of (50-57) years" This shows a higher infections among younger ages and this finding agrees what we explained concerning this point [17].

By comparison of the seropositivity of IgG and IgM which mentioned above (44%, 4.3%) respectively we can notice that percentages were relatively lower those found in a study on the anti-toxoplasma IgG and IgM among blood donors in Al Ain United Arab Emirates, where the overall infection rate was 34%, acute toxoplasmosis in 3% of the blood donors [19], and lower than a Saudi blood donors in eastern Saudi Arabia who showed that 40 volunteers (40%) positive for anti-*T. gondii* IgG antibodies [20], and in Turkish blood donors the seroprevalence of the anti- *T. gondii* IgG and IgM antibodies was 20.25%, 2.33% respectively [21]. Also less than the seroprevalence of IgM and IgG antibodies in in the Czech Republic in 1989 was 2.4% and 32.1%, respectively[22], and in Tehran 38.6% and 0.45% were positive for IgG and IgM respectively [23].

Our results were less than our neighbor country the positive results of Anti-Toxoplasma gondii IgG among voluntary Egyptian blood donors was 155 (59.6%) of 260 [24].

Conclusion

Our results showed that 44% of blood donors were infected by Toxoplasma which classified as acute and chronic infections, indicating high level of transmission among the study population, and those donors could transmit infection to recipients who received

their blood, this could cause a serious consequences in pregnant women or patients whom immunity is compromised or when facing a decreased immunity level. Therefore screening of blood for toxoplasma antibodies may be considered in blood donors' investigations.

Acknowledgements

The authors gratefully thank the members of blood bank and medical laboratory departments at Mohamed Al Mgarif hospital for their assistance in data acquisition and samples analysis.

References

- [1]. Gharib Karimi, Ahmad Maradani, Maryam Zadsar. Iranian J Parasitol: Toxoplasma and Blood Transfusion. Vol. 9, No. 4, (2014), pp.597-598.
- [2]. Harvey, Richard A.; Cornelissen, Cynthia N. Microbiology lippincott's Illustrated reviews. Third Edition China, (2013) pp.217-226
- [3]. Michael J. Hogan, M.D.; Chieko Yoneda, M.D.; Lynette Feeney, A.B.; Phyllis Zweigart; Ann Lewis, A.B .Morphology and Culture of Toxoplasma. Arch Ophthalmol. (1960);64(5):655-667.
- [4]. Ybañez RHD, Ybañez AP, Nishikawa Y. Review on the Current Trends of Toxoplasmosis Serodiagnosis in Humans. Front Cell Infect Microbiol. 2020 8;10:204.
- [5]. P Sundar, A Mahadevan, RS Jayshree, DK Subbkrishna, SK Shankar. Toxoplasma seroprevalence in healthy voluntary blood donors from urban Karnataka. *Indian J Med Res*, (2007), pp 50-55
- [6]. Shulman IA. Parasitic infections and their impact on blood donor selection and testing. *Arch Pathol Lab Med*. (1994) 118(4):366-70.
- [7]. Cosme A. , Miguel F. , Alfredo R. , Laura F. , Julio O. , Luis J. , Ehecatl D. , Sergio E. , Oliver L. , José Á., and Sergio A. Seroepidemiology of infection with *Toxoplasma gondii* in healthy

blood donors of Durango, Mexico BMC. *Infect Dis.* (2007) 10.1186/1471-2334-7-75.

[8]. Dubey, J. P. The history of *Toxoplasma gondii* the first 100 years. *Journal Eukaryot. Microbiol.* (2008) 55(6) , pp:467-475

[9]. Mary vanderkooi M.D. , D.T.M., H. Village medical manual. Diagnosis and treatment. Vol.II p237

[10]. Chaudhry SA, Gad N, Koren G. Toxoplasmosis and pregnancy. *Can Fam Physician.* 2014 Apr;60(4):334-6. PMID: 24733322; PMCID: PMC4046541.

[11]. Stephen Berger, *Toxoplasmosis: GIDEON Informatics - Medical.* (2010); - 92 pages:

[12]. Yaneza A1, Kumari P. Prevalence of toxoplasma antibodies in blood donors in Al-Hassa, *Ann Saudi Med.* (1994);14(3):230-2

[13]. Manitoba Health Public Health Communicable Disease Control Unit Communicable Disease Management Protocol Manual (2002, March):
<http://www.gov.mb.ca/health/publichealth/cdc/protocol/index.html>

[14]. Nissapatorn V1, Kamarulzaman A, Init I, Tan LH, Rohela M, Norliza A, Chan LL, Latt HM, Anuar AK, Quek KF. Seroepidemiology of toxoplasmosis among HIV-infected patients and healthy blood donors. *Med J Malaysia.* (2002). 57(3):304-10.

[15]. Khadre MA1, el Nageh MM. Serological survey for toxoplasmosis in Tripoli, S.P.L.A.J. Libya. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1987;81(5):761-3.

[16]. Kassem HH, Morsy TA. The prevalence of anti-*Toxoplasma* antibodies among pregnant women in Benghazi, (S.P.L.A.J.) Libya. *J Egypt Soc Parasitol.* (1991) (1):69-74.

[17]. Suhad H. Mahmood, Ban N. AL-Qadhi and Khawla H. Zghair. Prevalence of Toxoplasmosis of Males Blood Donors in Baghdad Iraq. *Iraqi Journal of Science,* (2013), Vol 54, No.4, pp:832-841

- [18]. Sarwat MA1, Ahmed AB, Zamzami OM, Fawzy AF, Morsy TA. Toxoplasma gondii in Saudi blood donors a serological study using three tests. *J Egypt Soc Parasitol.* (1993) 23(3):751-7.
- [19]. Uduman SA1, Mohamed HN, Bener A, Dar FK. The prevalence of Toxoplasma gondii specific IgG and IgM antibodies in blood donors in Al Ain, United Arab Emirates indicates a potential risk to recipients. *J Commun Dis.* (1998). 30(4):237-9.
- [20]. Makki SM1, Abdel-Tawab AH. Anti-Toxoplasma gondii antibodies among volunteer blood donors in eastern Saudi Arabia. *J Egypt Soc Parasitol.* (2010) 40(2):401-12.
- [21]. Yazar S1, Eser B, Yay M. Prevalence of anti-toxoplasma Gondii antibodies in Turkish blood donors. *Ethiop Med J.* (2006). 44(3):257-61.
- [22]. Svobodová V1, Literák I. Prevalence of IgM and IgG antibodies to Toxoplasma gondii in blood donors in the Czech Republic. *Eur J Epidemiol.* (1998) 14(8):803-5.
- [23]. Shaddel M1, Mirzaii Dizgah I, Sharif F. The prevalence of toxoplasmosis in Imam Reza Hospital blood bank samples, Tehran, Iran. *Transfus Apher Sci.* (2014) 51(2):181-3.
- [24]. Elsheikha HM1, Aboul-Dahab MA, Abdel Maboud AI, El-Sherbini ET. Prevalence and risk factors of Toxoplasma gondii antibodies in asymptomatic Egyptian blood donors. *J Egypt Soc Parasitol.* (2009) 351-6

Investigating the efficiency of minimum quantity lubrication and emulsion cooling strategies in end-milling of Inconel 718 using wavy-edge bull-nose helical endmill

Doi: [10.62341/ISTJ/](https://doi.org/10.62341/ISTJ/)

Abdulahkim Ali Sultan

Administration of scientific researches, The Higher Technical Center for
Training and Production, Tripoli, Libya
A.sultan@tpc.ly

Anthony C. Okafor

Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Missouri
University of Science and Technology, USA

ABSTRACT

This paper investigated the efficiency of applying minimum quantity lubrication (MQL) and emulsion (EM) cooling strategies in end-milling of Inconel 718 using a wavy-edge, bull-nose, helical end-mill (WEBNHE). A mechanistic cutting force model was developed to predict cutting force components and the resultant cutting force of this end-milling process under the cooling strategies. Experiments were conducted to calculate cutting force and edge force coefficients, which incorporated the cooling strategies in the mechanistic model, and to validate the mechanistic model. Cutting force components of both cooling strategies were predicted and compared to each other, and then compared to experimental counterparts. Results showed that predicted cutting force components and the resultant cutting force of both strategies were in good agreement in shape and magnitude with their measured counterparts. Results also showed that end-milling under MQL generated lower cutting force comparing to EM. Moreover, the investigation showed that applying MQL has also improved the productivity and machinability of Inconel 718. Consequently, MQL, meets the demand for cleaner machining of this metal, and serves as an effective and efficient alternative to EM.

KEYWORDS: Mechanistic cutting force prediction model; Wavy-edge bull-nose helical endmill; Minimum Quantity Lubrication; emulsion; Inconel 718; d-milling parameters.

المخلص

هذه الورقة تحقق في كفاءة تطبيق استراتيجيتي التبريد بأقل سوائل، والتبريد بالزيوت المستحلبة، في عملية التفريز لسبيكة الانكونيل 718 باستخدام أداة تفريز جانبي ذات حدود قطع حلزونية و متموجة، ومستديرة حافة وجهها. تم تطوير نموذج ميكانيكي ليحاكي عملية التفريز ويتنبأ بمركبات ومحصلة قوة القطع الناتجة منها تحت كلتا الاستراتيجيتين. تم تنفيذ مجموعة من عمليات التفريز للتحقق من كفاءة عمل النموذج الميكانيكي، وكذلك لحساب معاملات القطع ومعاملات الحد القاطع اللتان تعملان علي دمج استراتيجيتي التبريد في النموذج الميكانيكية. تم التنبؤ بمركبات ومحصلة قوي القطع لكلتا الاستراتيجيتين، ثم مقارنتهما مع بعضهما، ومع نظائره من المركبات التي تم الحصول عليها بالقياس من خلال عمليات التفريز بنفس الاداة. أظهرت النتائج دقة وكفاءة عالية للنموذج الميكانيكي من خلال التوافق الجيد بين مركبات قوة القطع العملية وتلك التي تم التنبؤ بها لكلتا الاستراتيجيتين. النتائج أظهرت كذلك ان استراتيجية السوائل الأقل تولد قوة قطع اقل من التبريد بالزيوت المستحلبة. إضافة الي ذلك، التحقيق اظهر كذلك ان تطبيق استراتيجية السوائل الأقل نتج عنها تحسن كبير في الإنتاجية وقابلية تشغيل هذه السبيكة. استنتج من الدراسة ان استراتيجية التبريد بالسوائل الأقل تلبي الاحتياج الي التشغيل الصديق للبيئة وهي بديل منافس لتقنية التبريد بالزيوت المستحلبة التقليدية.

NOMENCLATURE

<u>Symbol</u>	<u>Description</u>
a_r	Radial depth of cut
a_a	Axial depth of cut
n_s	Spindle speed.
f	Feedrate (table feed)
ϕ_s	Starting angle (the angle at which a cutting edge enters the cutting zone)
ϕ_e	Exit angle (the angle at which a cutting edge leaves the cutting zone)
da_a	Differential axial immersion

i	Arbitrary axial disk of the endmill
j	Arbitrary cutting edge
P_{ij}	Arbitrary point (A point at axial disk i and on cutting edge j)
$r_e(z_t)$	Endmill radius at point P_{ij}
$k(z_t)$	Axial immersion angle
R_r	Radial distance between corner radius center and endmill centerline
R_o	Corner radius or bull nose radius
z_t	Temporary depth of cut (temporary axial immersion)
D	Endmill diameter
ϕ_{ij}	Polar coordinate or radian immersion angle of point P_{ij}
ϕ_p	Pitch angle between preceding cutting edges
ψ_{ij}	Lag angle of point P_{ij}
SW_{ij}	Distance between the point P_{ij} and reference line of every cutting edge
$\psi_{shift(j)}$	Lag angle at the last point of the linear part of the cutting edge (j).
dS	Differential cutting edge length at point P_{ij}
db	Differential chip width
N_t	Number of cutting edges of the endmill.
d_{Ft}, d_{Fr}, d_{Fa}	Differential tangential, radial and axial cutting force components
K_{tc}, K_{rc}, K_{ac}	Cutting force coefficients in tangential, radial and axial directions
K_{te}, K_{re}, K_{ae}	Edge force coefficients in tangential, radial and axial directions
f_t	Feed per tooth
F_x, F_y, F_z	Cutting force component in $x, y,$ and z directions
F_t, F_r, F_a	Cutting force components in tangential, radial, and axial directions.
F_R	Resultant cutting force $F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2}$
ϕ_{aij}	Instantaneous angular position of the arbitrary point P_{ij}
ϕ_R	Rotation angle of the endmill

g	A control function
hc	Instantaneous undeformed chip thickness
λ	Wave length (one cycle of the wavy-edge)
Ma	Wave magnitude of the sinusoidal wave
Shift (<i>j</i>)	Axial length of the linear part of every cutting edge(<i>j</i>)
γ	Helix angle of the wavy-cutting edge
MQL	Minimum quantity lubrication
EM	Emulsion

INTRODUCTION

Cutting fluids have become very essential for most of machining operations especially when machining hard-to-cut alloys such as Inconel 718. This alloy possesses harsh properties such as low thermal conductivity, high work-hardening probability, exceptional shear strength, incomparable wear resistance, and high capability to adhere on cutting edges. Due to these aggressive properties, a premature failure of cutting tools is usually expected if dry machining was conducted (Dudzinski, et al. 2004). Therefore, cooling and lubrication fluids are essential. Oils and water-soluble oils (Emulsion) are the most common conventional cooling and lubrication fluids applied in machining of Inconel 718. However, these fluids do not last long and need to be replaced frequently. Moreover, these fluids are neither recyclable nor easy disposable; They are very harmful to environment and human health. Therefore, manufacturing companies have been trying to avoid cutting fluids or reduce consumption of these fluids (Yuan, et al. 2011). In this regard, researchers have been persistently investigating efficiencies of new cooling strategies. For instance, Zhang and Wang (2012) compared cutting forces and tool life of end-milling of Inconel 718 under dry cutting and MQL. They used cryogenic compressed air combined with biodegradable vegetable oil sprayed by two nozzles directly on a tool-work piece interface. They reported that MQL reduced cutting force drastically and increased tool life by 1.57 times comparing to dry cutting. Su (2007) investigated effects of four cooling strategies: dry cutting, MQL, cooled air, and a combination of cooled air and MQL (CAMQL) in high-speed end-milling of AISI D2. Su reported that CAMQL reduced tool wear

drastically, improved surface roughness, and elongated tool life. Kang (2008) compared the performance of coated carbide in end-milling of AISI D2 under dry cutting, EM, and MQL cooling strategies. He reported that EM strategy resulted the shortest tool life due to severe thermal cracks happened to tool. Kang also reported that MQL improved the performance the most. Kuo (2006) developed a mechanistic model to predict the cutting forces in milling of Inconel-718 using a coated carbide end-mill under two cutting conditions: wet and dry. He incorporated the two cooling strategies in his mechanistic model through six cutting force and edge force coefficients. Kuo reported that the efficiency of the mechanistic model was improved under wet cutting comparing to dry cutting. Pawade et al. (2007) investigated effects of cutting speed, feedrate, depth of cut, and tool cutting edge geometry on cutting forces, surface roughness and surface damage in high-speed turning of Inconel 718 using a Polycrystalline Cubic Boron Nitride (PCBN) cutting tool under dry cutting. The cutting conditions they applied and the dry cutting they adopted yielded the largest cutting forces and generated poor surface finish. Ameen (2014) investigated effects of four cooling strategies: EM, MQL, liquid Nitrogen (LN_2), and a combination of MQL and LN_2 , on cutting force and edge force coefficients in the end-milling of Inconel 718 using wavy-edge, bull-nose, helical endmill (WEBNHE). Ameen reported that MQL and MQL+ LN_2 were similar and generated the lowest feed force component, while LN_2 generated the highest one followed by EM. Okafor and Sultan (2016) developed a mechanistic cutting force prediction model to predict cutting force components and resultant cutting force. They incorporated the effect of EM cooling strategy in the mechanistic model.

This study was conducted to investigate effects of MQL and EM cooling strategies in end-milling of Inconel 718 using a unique endmill called a wavy-edge, bull-nose, helical endmill (WEBNHE). Cutting force components were predicted using the developed mechanistic model, and used in this research to investigate the efficiencies of the two strategies. Both cooling strategies were incorporated into the mechanistic cutting force prediction model through six specific cutting force and edge force coefficients that

were measured and calculated experimentally. This study was an endeavor to investigate the efficiency of one of the environmental-friendly cooling strategies that will replace the traditional cooling strategies, and avoid their harmful effects.

MACHINABILITY OF INCONEL 718

Inconel 718 is extensively used in aggressive applications such as gas turbines, spacecraft, and nuclear reactors (Zhang, Li and Wang 2012, Sharman, Dewes and Aspinwall 2001). However, machining of Inconel 718 experiencing difficulties such as generating high temperature at cutting edges, reducing tool life, inducing the residual stress, and promote work hardening of the machined part (Dudzinski, et al. 2004). Therefore, the end-milling of Inconel 718 has to be carried out at low cutting speeds with an efficient cutting fluid (Sharman, Dewes and Aspinwall 2001, Dudzinski, et al. 2004).

WAVY-EDGE BULL-NOSE HELICAL ENDMILL

WEBNHE is a helical endmill with cutting edges formed as sinusoidal wavy-helical profiles as shown in Fig (1). Cutting edges of this endmill compose piece-wise functions of two parts: linear and nonlinear part. The end-mill was designed to improve the dynamic behavior of the endmilling processes and to reduce cutting forces generated during endmilling operations.

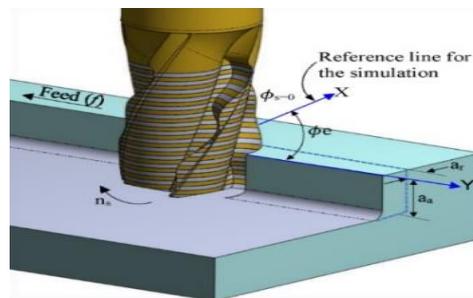


Fig (1). The WEBNHE Engaged in partial radial immersion up-milling, Showing Machining Parameters (a_a , a_r , n_s , f , ϕ_s , and ϕ_e) (Okafor and Sultan 2015)

GEOMETRY OF THE WEBNHE

Fig (1) depicts a WEBNHE engaged in up-end-milling of a partial radial immersion (radial depth of cut, a_r) and axial immersion (axial

depth of cut, a_a), at cutting speed (ns) and feedrate (f). The endmill starts cutting at the starting angle ϕ_s , and leaves the cutting at exit angle ϕ_e . Engin and Altintas (2001) developed a generic mathematical model to represent many helical endmills geometrically. Their model divided the geometry of helical endmills into two geometric components: The envelope and the cutting edges.

WEBNHE'S ENVELOPE

Fig (2-a) illustrates the envelope of WEBNHE. The envelop is divided into two zones: the arc zone and the cylindrical zone. To define the two zones, the endmill has to be axially divided into small disks of thickness da_a . Both zones are defined by an arbitrary point P_{ij} , which is located on an axial disk i and cutting edge j . The point P_{ij} is defined by its radial immersion $r_e(z_t)$, which is the distance between P_{ij} and the center of the endmill, and the axial immersion angle $k(z_t)$. Radial and axial immersions can be defined as follows:

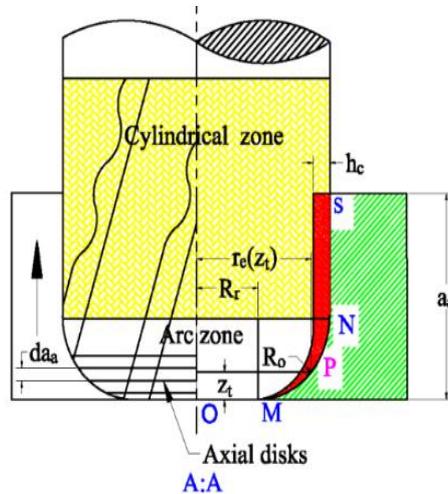


Fig (2-a) A sectional front view of the envelope

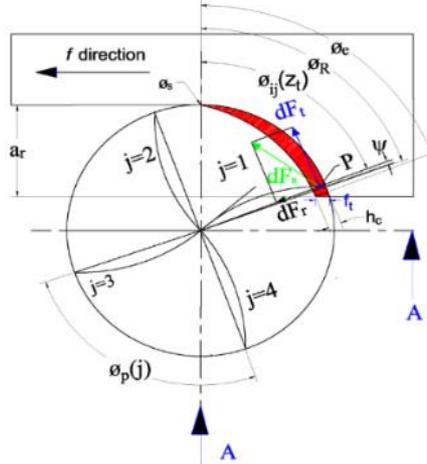


Fig (2-b) A top view of WEBNHE illustrating radial Immersion (ϕ_{ij}) of Point P_{ij}

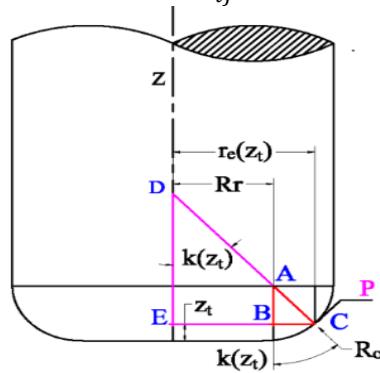


Fig (2-c) Radial Immersion $r_e(z_t)$ and axial Immersion Angle $k(z_t)$ of Point P_{ij} (Okafor and Sultan 2015)

FOR THE ARC ZONE

Using the triangles in Fig (2-c) yields the following

$$(BC)^2 + (AB)^2 = (AC)^2$$

$$(BC)^2 + (R_0 - z_t)^2 = (R_0)^2$$

$$BC = \sqrt{R_0^2 - (R_0 - z_t)^2}$$

$$r_e(z_t) = R_r + \sqrt{R_0^2 - (R_0 - z_t)^2} \quad (1)$$

FOR THE CYLINDRICAL ZONE

$$r_e(z_t) = D/2 \quad (2)$$

The point P_{ij} also has an axial immersion defined by the axial immersion angle $k(z_t)$, which can be calculated at any point along the envelope using the triangles ABC and DEC as illustrated in Fig.(2-c)

$$\frac{EC}{DC} = \frac{BC}{AC}$$

$$\frac{r_e(z_t)}{DC} = \frac{\sqrt{R_o^2 - (R_o - z_t)^2}}{R_o}$$

$$DC = \frac{r_e(z_t) \times R_o}{\sqrt{R_o^2 - (R_o - z_t)^2}}$$

$$\sin k(z_t) = \frac{r_e(z_t)}{\left[\frac{r_e(z_t) \times R_o}{\sqrt{R_o^2 - (R_o - z_t)^2}} \right]}$$

FOR THE ARC ZONE

$$k(z_t) = \sin^{-1} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{z_t}{R_o}\right)^2} \quad (3)$$

FOR THE CYLINDRICAL ZONE

$$k(z_t) = \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

GEOMETRY OF THE WAVY-CUTTING EDGE PROFILE

The second part of WEBNHE geometry is the shape of the cutting edge, which is defined by the radial immersion angle ϕ_{ij} of point P_{ij} (Merdol and Altintas 2004, Kuo, et al. 2006, Engin and Altintas 2001) as follows:

$$\phi_{ij} = (j - 1)\phi_p - \psi_{ij} \quad (5)$$

Where ϕ_p is the pitch angle (see Fig (2-b)), which can be calculated by Eq. (5-a) as following:

$$\phi_p = 2\pi/N_t \quad (5a)$$

The lag angle ψ_{ij} can be approximated by unfolding the WEBNHE so that the cutting edges become piece-wise functions of two parts: linear and nonlinear part as shown in Fig (3). Due to the unfolding process, the lag angle of point P_{ij} has been converted to a distance ($Sw_{ij} = \psi_{ij} \cdot r_e$). Sw_{ij} is the approximation for the horizontal distance (x-coordinate) between the point P_{ij} and the reference line of every cutting edge, which is shown in Fig (3). Sw_{ij} is approximated for point P_{ij} to define its location. There are two options for the point P_{ij} as following:

Point P_{ij} is located in the linear part

$$Sw_{ij} = i \times da_a \times (-\tan(\gamma)) \quad (5b)$$

Where (i) is the disk number, and the sign before the “tangent” is negative because these cutting edges are “right-handed” and would be positive if the cutting edges are “left-handed”.

Point P_{ij} is located in the nonlinear part

All wavy cutting edges are identical in terms of wave length and wave magnitude. Thus, it is enough to approximate one wavy-profile for all cutting edges. Therefore, a cubic spline approximation approach could be used to estimate Sw_i at every subinterval n of the wavy profile. The following Eq. can be used for this approximation:

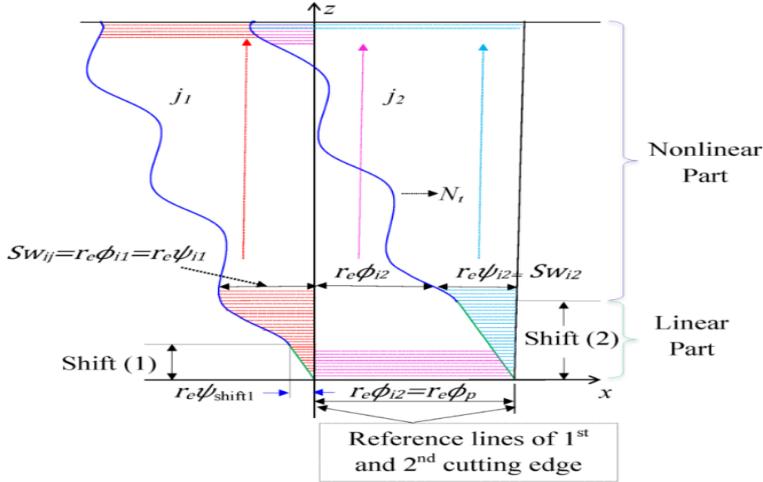


Fig (3) Linear and nonlinear parts of the first two wavy-cutting Edges (Okafor and Sultan 2015)

$$SW_i = a_n + b_n(z_i - z_n) + c_n(z_i - z_n)^2 + d_n(z_i - z_n)^3 \quad (5c)$$

Where (n) is the subinterval of the wavy profile (n=1,2, 3..., etc.) and a, b, c, and d are geometric coefficients that have to be calculated at every subinterval n. More detail about this approximation and how to determine these coefficients is available at (Onwubiko 1989, Merdol and Altintas 2004)

The lag angle can be approximated based on the location of point P_{ij} as in the following subsections.

Point P_{ij} is located in the linear part

$$\psi_{ij} = \frac{SW_{ij}}{r_e} \quad (SW_{ij} \text{ only of the linear part}) \quad (5d)$$

Point P_{ij} is located in the nonlinear part

$$\psi_{Shift(j)} = \frac{SW_{Shift(j)}}{r_e}$$

$$\psi_{ij} = \frac{SW_i}{r_e(z_i)} + \psi_{Shift(j)} \quad (SW_{ij} \text{ only of the nonlinear part}) \quad (5e)$$

Where $\psi_{Shift(j)}$ is the lag angle of the last axial point ($z_i=Shift$) of the linear part.

DIFFERENTIAL EDGE LENGTH (dS)

The differential cutting edge length (dS) is another essential parameter for the mechanistic cutting force prediction model (Wang, et al. 2012, Talekar and Okafor 2011, Gradis'ek, Kalveram and Weinert 2004, Abainia, et al. 2012). The following Eq. is used to calculate the dS_{ij} as the following subsections.

For the arc zone

$$dS_{ij} = d\phi_{ij} \sqrt{r_e^2(\phi_{ij}) + (r_e'(\phi_{ij}))^2 + (z'(\phi_{ij}))^2} \quad (6)$$

Since r_e , ϕ_{ij} , and ψ_{ij} depend on the instantaneous elevation z_t , Eq. (6) can be rewritten as:

$$dS_{ij} = da_a \sqrt{(r_e(z_t) \psi'(z_t))^2 + (r_e'(z_t))^2 + 1} \quad (6a)$$

Where the lag angle $\psi(z_t)$ can be calculated at the arc zone as:

$$\psi_{ij} = \frac{\tan(\gamma)}{R_o} (z_t) \quad (6b)$$

Differentiating Eq. (6b) with respect to the elevation (z_t) yields:

$$\psi'_{ij} = \frac{\tan(\gamma)}{R_o} \quad (6c)$$

By differentiating Eq. (1), $r_e'(z_t)$ can be calculated as follows:

$$r_e'(z_t) = \frac{z_t - R_o}{\sqrt{R_o^2 - (R_o - z_t)^2}} \quad (6d)$$

Substituting Eqs. 1, 6c, and 6d into Eq. (6a) gives dS in the arc zone as:

$$dS_{ij} = da_a \sqrt{\left[\frac{R_r + \sqrt{R_o^2 - (R_o - z_t)^2}}{R_o} \right]^2 \tan^2 \gamma + \frac{(z_t - R_o)^2}{R_o^2 - (R_o - z_t)^2} + 1} \quad (6e)$$

For the cylindrical zone

$$dS_{ij} = \sqrt{((|Sw(z_t)_{(i+1)}| - |Sw(z_t)_{(i)}|))^2_j + (da_a)^2} \quad (7)$$

THE DIFFERENTIAL CHIP WIDTH (db)

Chip width db is used for chip cross-sectional area calculation, so it has to be identified in the arc and cylindrical zones. Figure 4 depicts the db in both zones, which is calculated using Eqs. (8) and (9) as following (Talekar, 2011; Abainia, Bey, Moussaoui, & Gouasmia, 2012; Gradis'ek, Kalveram, & Weinert, 2004):

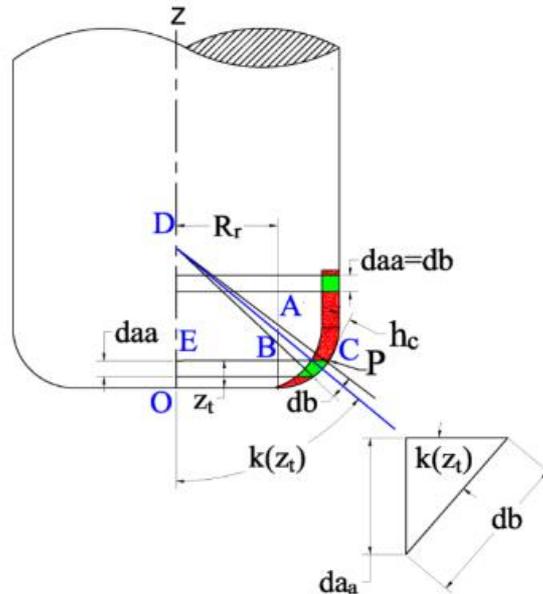


Fig (4) Chip Widths in the Arc and Cylindrical Zones (Sultan and Okafor 2016)

For the Arc Zone

$$db_{ij} = \frac{da_a}{\sin(k)} \quad (8)$$

For the Cylindrical Zone

$$db_{ij} = da_a \quad (9)$$

The axial immersion angle $k(z_t)$ was calculated in Eq. (3).

MECHANISTIC CUTTING FORCE MODELING OF THE WEBNHE

The differential tangential, radial, and axial cutting force components (dF_t, dF_r, dF_a) at point P_{ij} can be predicted mechanistically using Eq. (10) as following (Engin & Altintas, 2001; Wang, Qin, Ren, & Wang, 2012; Gradis'ek, Kalveram, & Weinert, 2004; Talekar, 2011):

$$\begin{aligned} dF_t(\phi_j, z_t) &= k_{te} dS + k_{tc} h_{cij} \cdot db \\ dF_r(\phi_j, z_t) &= k_{re} dS + k_{rc} h_{cij} \cdot db \\ dF_a(\phi_j, z_t) &= k_{ae} dS + k_{ac} h_{cij} \cdot db \end{aligned} \quad (10)$$

Ploughing and shearing mechanisms were considered in Eq. (10); (Wang and Zheng 2002). The term in the right-hand side of the Eq. represents the ploughing mechanism, whereas the second term represents the shearing mechanism.

DIFFERENTIAL CHIP THICKNESS CALCULATION

From Eq. (10) and Figures (2a) and (2b), it is obvious that the instantaneous chip thickness h_{cij} is needed for the mechanistic cutting force prediction. h_{cij} is a function of the radial immersion angle ϕ_{ij} of point P_{ij} , which was calculated using Eq. (5). However, because h_{cij} of point P_{ij} is calculated at every rotational step of the

cutting edges, ϕ_{ij} , is replaced by ϕa_{ij} , which accounts for the rotational angle of the endmill. Accordingly, Eq. (5) is replaced by Eq. (11) as follows:

$$\phi a_{ij} = \phi_R + (j - 1)\phi_p - \psi_{ij} \quad (11)$$

So h_{cij} could be calculated from the following Eq. (Kuo, et al. 2006):

$$h_{cij} = f_{tij} * \sin(\phi a_{ij}) * \sin(k_{ij}) * g(\phi a_{ij}) \quad (12)$$

where; $g(\phi a_{ij})$ is a controlling function that determines whether the cutting edge is within the cutting zone or not. Two options are possible:

$$g(\phi_{ij}) = 1 \text{ when } (\phi_s) < (\phi a_{ij}) \leq (\phi_e)$$

or

$$g(\phi_{ij}) = 0 \text{ when } (\phi_s) > (\phi a_{ij}) \text{ or } (\phi a_{ij}) > (\phi_e)$$

FEED PER TOOTH CALCULATION $F_{t(ij)}$

Due to the unequal pitch angle of the wavy-cutting edges, feet-per-tooth of point P_{ij} was calculated based on the location of point P_{ij} as follows:

$$f_{t(ij)} = \frac{(\phi_{j+1} - \phi_j)_i \times f}{n_s \times 2\pi} \quad (\text{Sultan and Okafor 2016}) \quad (13)$$

PROJECTION AND SUMMATION OF DIFFERENTIAL CUTTING FORCE COMPONENTS

dF_t , dF_r , and dF_a calculated in the previous section have to be projected into the nominal axes of the end-milling machine x,y, and z, which are arranged in a mutually perpendicular configuration (Gradišćek, Kalveram and Weinert 2004). For this purpose, Eq. (14) was used.

$$\begin{bmatrix} dF_x \\ dF_y \\ dF_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\cos(\phi a_{ij}) & -\sin(\phi a_{ij})\sin(k_{ij}) & -\sin(\phi a_{ij})\cos(k_{ij}) \\ \sin(\phi a_{ij}) & -\cos(\phi a_{ij})\sin(k_{ij}) & -\cos(\phi a_{ij})\cos(k_{ij}) \\ 0 & -\cos(k_{ij}) & -\sin(k_{ij}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dF_t \\ dF_r \\ dF_a \end{bmatrix} \quad (14)$$

The total cutting force for each cutting edge was calculated by integrating dF_x , dF_y , and dF_z along the axial immersion of wavy cutting edges.

$$\begin{aligned} F_x(\phi_{ij}) &= \sum_{i=1}^{N_t} \int_0^{a_a} dF_x \{ \phi_{ij}(z_t, k_{ij}) \}. dz \\ F_y(\phi_{ij}) &= \sum_{i=1}^{N_t} \int_0^{a_a} dF_y \{ \phi_{ij}(z_t, k_{ij}) \}. dz \\ F_z(\phi_{ij}) &= \sum_{i=1}^{N_t} \int_0^{a_a} dF_z \{ \phi_{ij}(z_t, k_{ij}) \}. dz \end{aligned} \quad (15)$$

Substituting Eq. (14) into Eq. (15) yields:

$$\begin{aligned} \left. \begin{aligned} F_x(\phi_{ij}) & \left\{ \sum_{j=1}^{N_t} \int_0^{a_a} [-dF_t \cos(\phi_{ij}) \quad -dF_r \sin(\phi_{ij}) \sin(k) \quad -dF_a \sin(\phi_{ij})] dz \right. \\ F_y(\phi_{ij}) & \left\{ \sum_{j=1}^{N_t} \int_0^{a_a} [-dF_t \sin(\phi_{ij}) \quad -dF_r \cos(\phi_{ij}) \sin(k) \quad -dF_a \cos(\phi_{ij})] dz \right. \\ F_z(\phi_{ij}) & \left\{ \sum_{j=1}^{N_t} \int_0^{a_a} [0 \quad -dF_f \cos(k_{ij}) \quad -dF_a \sin(k)] dz \right. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

EXPERIMENTAL WORK CONFIGURATION MINIMUM QUANTITY LUBRICATION (MQL)

MQL is a process of applying a minute amount of environmentally friendly and high efficiency cooling and lubricating vegetable oil directly onto the tool-workpiece interface in the form of an aerosol (Su, et al. 2007). The vegetable oil is mixed with high-pressure air (or any other gas), and the resulting aerosol is directed onto a cutting zone by a nozzle (see Fig (5)). The air in the aerosol provides cooling and chip removal simultaneously, whereas the oil provides cooling and lubrication. Compressed air (at room temperature or cool), Carbon dioxide, and liquid Nitrogen are some examples of gases used in the MQL. The flow of lubricant in the MQL process

varies from 10 to 100 ml/h and air pressure varies from 0.3992 to 0.637 MPa (Silva, et al. 2005). The vegetable oil LB-2000, which is provided by the Accu-Lube®/Rustlick™ Company, was used for this investigation. This vegetable oil was pressurized using compressed air that was directed towards the tool-work-piece interface.

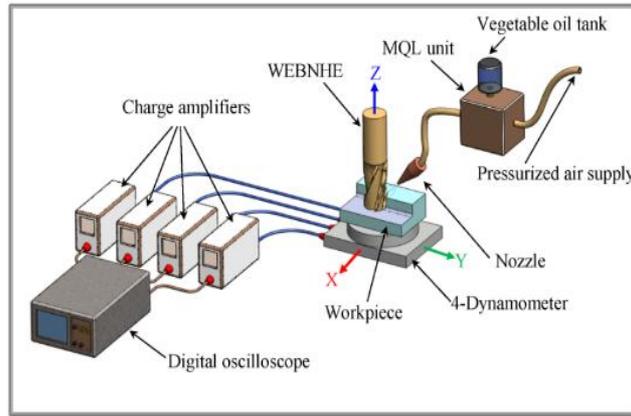


Fig (5) WEBNHE Engaged in End-milling under MQL Cooling

Strategy, and the Cutting Force Acquisition System Experimental Setup and Cutting Force Measurement

Experiments were conducted on a Cincinnati Milacron Sabre 750 Vertical Machining Center (VMC) with an Acramatic 2100 controller. Inconel-718 was end-milled using a WEBNHE of 31.75 mm (1.25 in.) diameter, 3.048 mm corner radius, with six wavy-edges. The end-milling experiments were conducted under the following machining parameters: two spindle speeds ($n_s=62$ and 93 rev/min), five axial depths of cut ($a_a=12.75, 15.75, 18.75, 21.75,$ and 24.75 mm), a radial depth of cut ($a_r=1.75$ mm), and three feed rates ($f=27.9, 41.85,$ and 55.8 mm/min). $F_x, F_y,$ and F_z were acquired using a Kistler 9272 4-component dynamometer. A Kistler Type 5010B dual mode amplifier was used to amplify the output signals generated by the dynamometer connected to dual mode charge Amplifiers (Kistler Type 5010 B). The amplified signals were passed through low pass filter with a cut off frequency of 680 Hz to decrease the undesirable noise from the end-milling process. A

Tektronix TDS 420A digitizing oscilloscope was used to acquire the amplified and filtered signals at 1 kHz sampling frequency, using a number of sample points (N) per signals of 5000, resulting in a time domain record length of 5 seconds. The digitized outputs were acquired, saved, and sent to a computer for analysis. The time domain signal was converted to an angle domain to match the x-axis of the cutting force components predicted by the mechanistic model.

RESULTS AND DISCUSSIONS

CUTTING FORCE AND EDGE FORCE COEFFICIENTS

Table 1 shows k_{tc} , k_{rc} , k_{ac} and k_{te} , k_{re} , k_{ae} , which identified mechanistically by Ameen (2014) under EM and MQL cooling strategies.

Table 1. Cutting force and edge force coefficients obtained from real end-milling of Inconel 718 using WEBNHE under EM and MQL cooling strategy

Cooling Strategy	n_s (rpm)	k_{tc} N/mm ²	k_{rc} N/mm ²	k_{ac} N/mm ²	k_{te} N/mm	k_{re} N/mm	k_{ae} N/mm
EM	62	3172.2	-5135.1	-746.5	40.2797	-45.6	3.3919
	93	6489.7	-7951.9	179.057	-21.384	9.6	-3.296
MQL	62	2604	-4948	-76.26	31.4299	-35.2	-6.922
	93	3328.6	-5348	-515.87	12.7994	-25.8	0.0366

PREDICTED AND MEASURED CUTTING FORCE COMPONENTS

Figures 6a and 6b show one endmill revolution of measured (red) and predicted (blue) F_x , F_y , F_z , at cutting speed 93 rpm, and under EM and MQL cooling strategies respectively. The measured and predicted cutting force components under both cooling strategies were in good agreement. MQL results show more accuracy than EM. The number of cutting force peaks matched the number of the wavy cutting edges of the endmill, and the magnitudes and shapes of the predicted cutting force components were very close to the magnitudes and shapes of their measured counterparts. The

sinusoidal waves of the cutting edges affected the shapes of the cutting force components and the resultant cutting force.

Fig (7) shows a comparison between the maximum predicted $F_{x \max}$, $F_{y \max}$, $F_{z \max}$, and F_R under both the EM and MQL. Cutting force components generated under MQL were lower than their counterparts generated under EM. $F_{y \max}$, was the largest, followed by $F_{x \max}$ and $F_{z \max}$. It can be concluded that despite the small amount of vegetable oil used in the MQL cooling strategy, the end-milling under MQL generated lower cutting force components and resultant cutting force F_R comparing EM. This indicated that MQL possesses high cooling and lubricating capabilities.

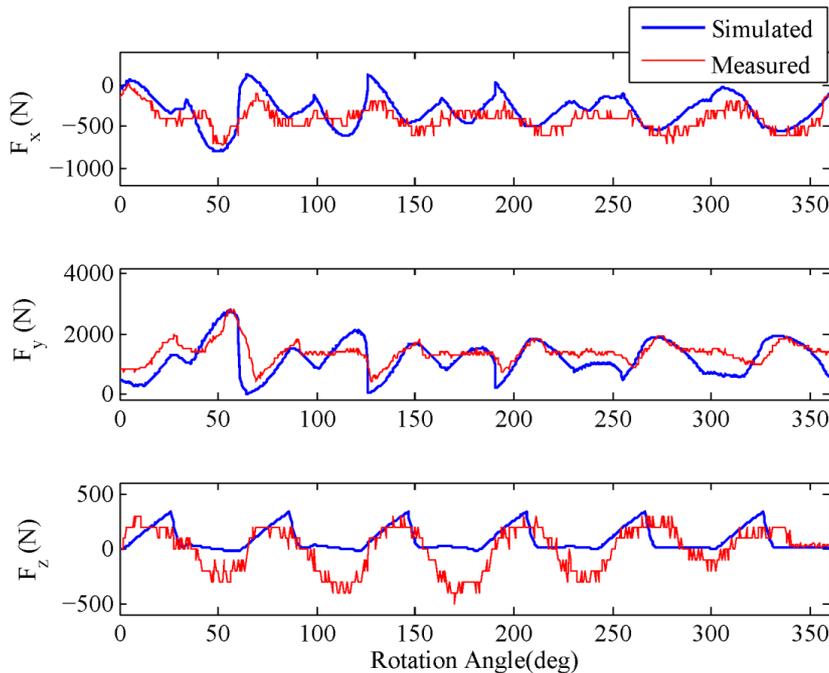


Fig. 6. Measured and predicted (simulated) cutting force components in the end-milling of Inconel 718 using WEBNHE under EM and MQL cooling strategies, at 93 rpm

a) Cutting Force Components under the EM Cooling Strategy

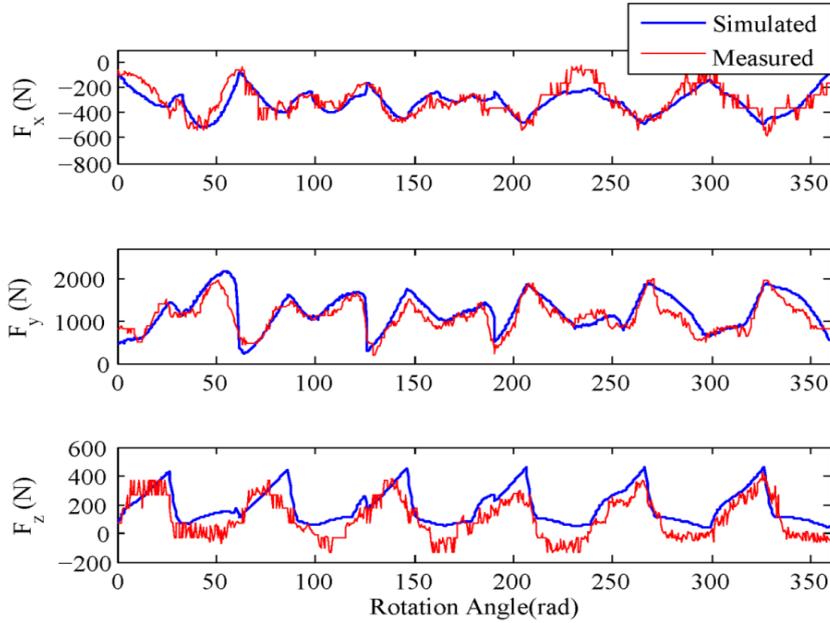


Fig. 6. Measured and predicted (simulated) cutting force components in the end-milling of Inconel 718 using WEBNHE under EM and MQL cooling strategies, at 93 rpm

b) Cutting force components under the MQL cooling strategy

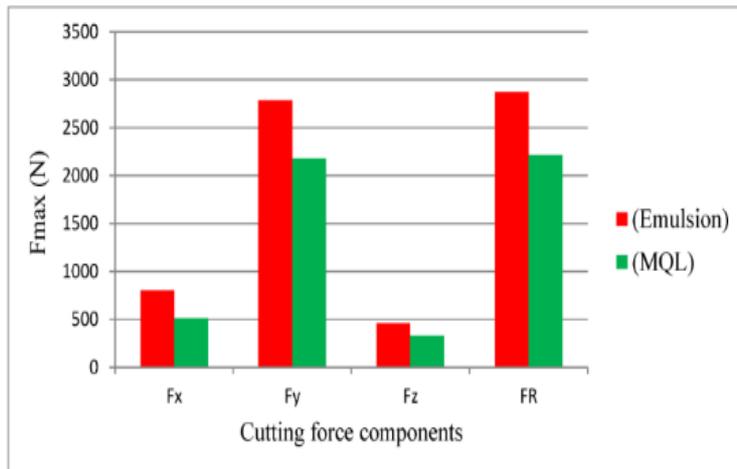


Fig (7) Maximum magnitudes of predicted cutting force components under EM and MQL cooling strategies

CONCLUSIONS

This study investigated two cooling and lubrication strategies: EM and MQL. A mechanistic cutting force prediction model was developed, validated, and used to investigate the effects of both cooling strategies on the predicted cutting force components of the end-milling of Inconel 718 using WEBNHE. The model was validated by end-milling experiments under the two cooling strategies, and used to investigate effects of the two cooling strategies.

Form this research, the following conclusions can be drawn:

A mechanistic cutting force prediction model for the wavy-edge, bull-nose, helical endmill (WEBNHE) , which incorporated the effects of EM and MQL, was successfully developed, validated and used to predict cutting force components and the resultant cutting force of the end-milling of Inconel 718.

In the validation process, the predicted cutting force components were in good agreement with the measured cutting force components. The number of cutting force peaks matched the number of wavy-cutting edges, and the magnitudes and shapes of both the predicted and measured cutting force components under the two strategies were in good agreement as well.

The MQL strategy generated lower predicted cutting force components than EM at both low and high spindle speeds (62 and 93 rpm). This indicate that MQL reduced the friction between the tool face and chip, which prove the superior cooling and lubrication capabilities of MQL comparing to EM.

The cutting force component in the feed direction, F_y , was the largest cutting force component and was significantly affected by the cooling strategy, followed by F_x and F_z . $F_{R\max}$ followed the trend of $F_{y\max}$ because the later was the largest and most-affected cutting force component.

Due to the high efficiency of MQL, the end-milling of Inconel 718 under MQL at the low spindle speed of 62 rpm generated a lower cutting force magnitude than end-milling under EM at the high spindle speed of 93 rpm.

As expected, cutting force components increased when the feedrate. However, the increasing rate of every cutting force component was proportional to its magnitude.

Cutting force component in the feed direction (F_y) was the largest and most-affected by the cooling strategy and feedrate, followed by F_x and then F_z .

The results of this paper encourage to apply MQL as an alternative to conventional EM cooling, and promote sustainable manufacturing, which offers many advantages to the environment, human health, and the economy of the manufacturing companies.

When apply MQL, less emissions, pollutions, toxic residues and replacement costs that's usually accompanies the conventional cooling strategies like EM

ACKNOWLEDGEMENTS

Equipment and coolant of MQL system was provided by the Accu-Lube®/Rustlick™ Company which is highly acknowledged and appreciated. The technical support offered by Mr. Mike Herle is greatly appreciated.

REFERENCES

Abainia, S, M Bey, N Moussaoui, and S Gouasmia. "Prediction of milling forces by integrating a geometric and a mechanistic model." London, UK: the World Congress on Engineering, 2012.

Ameen, M. S. *Mechanistic identification of specific force coefficients in end-milling inconel 718 under four*. Master thesis, Mechanical and Aero Space Engineering, Missouri University of Science and Technology, Rolla: Missouri University of Science and Technology, 2014.

Devillez, A., Schneider, F., Dominiak, S., Dudzinski D., Larrouquere D. "Cutting forces and wear in dry machining of Inconel 718 with coated carbide tools." *An International Journal on the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear*, 2007: 931-942.

Dudzinski, D, A Devillez, A Moufki, D Larrouque`re, V Zerrouki, and J Vigneau. "A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy." *International Journal of Machine Tools and Manufacturing* 44 (2004): 439-456.

Engin, Serafettin, and Yusuf Altintas. "Generalized modeling of milling mechanics and dynamics: part i - helical end mills." *International Journal of Machine Tools and Manufacturing* 41, no. 15 (2001): 2195-2212.

Gradiš`ek, Janez , Martin Kalveram, and Klaus Weinert. "Mechanistic identification of specific force coefficients for a general endmill." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 44 (2004): 401-414.

Kang, M C, K H Kim, S H Shin, S H Jang, J H Park, and C Kim. "Effect of the minimum quantity lubrication in high-speed end-milling of AISI D2 cold-worked die steel (62 HRC) by coated carbide tools." *Surface & Coatings Technology* 202 (2008): 5621-5624.

Kao, Yung-Chou, and Nhu-Tung Nguyen. "A prediction method of cutting force coefficients with helix angle." *International Journal of Manufacturing Technology* 77 (n.d.): 1793-1809.

Kuo, Chun-Pao, Cheng-Chang Ling, Shao-Hsien Chen, and Chih-Wei Chang. "The prediction of cutting force in milling Inconel-718." *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology* 27 (2006): 655-660.

Merdol, S D, and Yusuf Altintas. "Mechanics and dynamics of serrated cylindrical and tapered end mills." *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 126 (2004): 317-326.

Okafor, Anthony Chukwujekwu, and Abdulhakim Ali Sultan. "Development of a mechanistic cutting force model for wavy-edge bull-nose helical end-milling of inconel 718 under emulsion cooling

strategy." (Applied Mathematical Modelling) 40, no. 4 (2015): 2637-2660.

Onwubiko, C. *Foundation of computer-aided design*. New York: New York West Publishing, 1989.

Pawade, R S, Suhas S Joshi, P K Brahmankar, and M Rahman. "An investigation of cutting forces and surface damage in high-speed turning of Inconel 718." *Journal of Materials Processing Technology* 192 (2007): 139-146.

Sharman, Adrian, Richard C Dewes, and David K Aspinwall. "Tool life when high speed ball nose end milling Inconel 718." *Journal of Material Processing Technology* 118 (2001): 29-35.

Silva, L R, E C Bianchi, R E Catai , R Y Fuisse, T V França, and P R Aguiar . "Study on the behavior of the minimum quantity lubricant - MQL technique under different lubricating and cooling conditions when grinding ABNT 4340 steel." *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* XXVII(2) (2005): 192-199.

Okafor, A. C., & Sultan, A. A. (2016). Development of a mechanistic cutting force model for wavy-edge bull-nose helical end-milling of inconel 718 under emulsion cooling strategy. *Applied Mathematical Modelling*, 40(4), 2637-2660.

Su, Y, et al. "Refrigerated cooling air cutting of difficult-to-cut materials." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 47 (2007): 927-933.

Sultan, Abdulhakim Ali , and Anthony Chukwujekwu Okafor. "Effects of geometric parameters of wavy-edge bull-nose helical end-mill on cutting force prediction in end-milling of Inconel 718 under MQL cooling strategy." *Journal of Manufacturing Processes* 23 (2016): 102–114.

Talekar, Vinay, and Anthony Chukwujekwu Okafor. *Determination of Specific Cutting Force Coefficients for Web-Based Cutting Force Modeling and Simulation in Machining Titanium Alloys*. Master Thesis, Mechanical and Aerospace Engineering, Missouri University of Science and Technology, Rolla: Missouri University of Science and Technology, 2011.

Wang, Haiyan, Xuda Qin, Chengzu Ren, and Qi Wang. "Prediction of cutting forces in helical milling process." *International Journal of advanced Manufacturing and Technology* 58 (2012): 849-859.

Wang, J_J J, and C M Zheng. "Identification of shearing and ploughing cutting constants from average forces in ball-end milling." 42 (2002): 695–705.

Yuan, S M, L T Yan, W D Liu, and Q Liu. "Effects of cooling air temperature on cryogenic machining of Ti–6Al–4V alloy." *Journal of Materials Processing Technology*, 2011: 356–362.

Zhang, A, J F Li, and Y W Wang. "Tool life and cutting forces in end milling Inconel 718 under dry and minimum quantity cooling lubrication cutting conditions." *Journal of Cleaner Production* 32 (2012): 81-87.

A Comparison Study of Quality Control on Welding Using Based Assessment

Pro. Dr. Nuri M. Bhieh
Consultant at the Libyan Higher
Technical center
Nuri.bhieh@tpc.ly

Eng. Eman Hossein Albdri
Post graduate Student at
Libyan Academy
emanshk86@gmail.com

Dr. Thoria G.Sharef
Libyan Advanced Professional
Centre for Welding Techniques
Thoria.Sharef@yahoo.com

Eng. Mariam Morgham
Libyan Advanced Professional
Centre for Welding Techniques
Mariam.Morgham@yahoo.com

ABSTRACT

In this study, three different NDT techniques were used to inspect the welded joints: Radiographic testing RT (x-ray), Magnetic testing MT, and Penetrant testing PT. Acceptance criteria of three standards: British Standards BS, American Society of Mechanical Engineers ASME, and American Petroleum Institute API, have been applied on four types of defects of welded joints of steel pipes. The acceptance criteria of the four defects: cracks, porosity, undercut, and lack of root penetration were compared using the three NDT methods. In these three studies, we will study and compare the three of the international standards to find the optimum one for each defect. Comparison welding defects like crack, porosity, undercut, and lack of penetration by NDT testing: PT, MT, and X-ray according to international standards BS, ASME, API. The aim of this study to describe and discuss imperfections caused by arc welding in welding joints that are detected or inspected by NDT and to compare the acceptance and rejection limits of products based on the three standard codes studied in this research. Study and define NDT methods: PT, MT, X-ray. And define welding defects resulting from arc welding: cracks, porosity, undercut, lack of root penetration, in welding joints, understand and compare international standards ASME, API, BS Quality control and accepting criteria of welding defects.

Key Words: Radiographic testing RT (x-ray), Magnetic testing MT, and Penetrant testing PT. Acceptance criteria, Defects.

الملخص

تعتبر نتائج الاختبارات الأتتلافية لوصلات لحام الصفائح والأنابيب من أصعب المهام التي يواجهها مفتشو الاختبارات الأتتلافية، والسبب هو استخدام مواصفات ومعايير مختلفة، وبالتالي فإن المفتشين غير متأكدين من المواصفات والمعايير التي يجب عليهم تطبيقها حيث توجد اختلافات بين المواصفات في معايير قبول عيوب وصلات اللحام. في هذا الدراسة تم تطبيق معايير القبول لثلاثة مواصفات؛ المواصفات البريطانية BS ، والجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين ASME ، ومعهد البترول الأمريكي API ، على أربعة أنواع من عيوب الوصلات الفولاذية الملحومة. تمت مقارنة معايير القبول للعيوب الأربعة الناتجة عن اللحام القوسي في وصلات الصفائح/الأنابيب: الشقوق، المسامية، التقويض، وعدم تغلغل الجذر باستخدام طرق الاختبارات الأتتلافية الثلاثة: اختبار التصوير الشعاعي RT الأشعة السينية واختبار المجال المغناطيسية MT واختبار السوائل النفاذة PT. خلصت الدراسة إلى أن عمليات اللحام التي تعاني من عدم تغلغل الجذر والشقوق يجب رفضها بغض النظر عن أشكالها وأحجامها. من ناحية أخرى، فإن قبول عيوب المسامية والتقويض في وصلة اللحام مشروطة بسمك جدار وصلة اللحام وطول اللحام. وأخيرا يمكن أن يكون هذا البحث نواة لإمكانية اصدار مواصفات ومعايير ليبية للاختبارات الأتتلافية لوصلات اللحام.

Introduction

Due to the need for the high quality of welding joint, control of the material selection, welding methods, testing and inspection, standards and codes have been grown based on long experience and critical experimentation. Comprehensive knowledge about acceptable standards of various Non-Destructive Testing NDT methods according to various manufacturing codes & standards is mandatory for welding/ quality assurance/quality control engineers today. Arc welding is one of the most common welding processes

in most of which welding electrodes are used to generate electric arcs and supply additional materials to fill gaps of welding joints. The most common arc welding processes are Shielded Metal Arc Welding SMAW, Gas Metal Arc Welding GMAW, and Gas Tungsten Arc Welding GTAW. SMAW and GMAW utilize consumable electrodes, while GTAW utilize non-consumable electrodes [1].

Qualities of welding joints depend primarily upon factors such as the type of welding process, welding parameters, welding design, type of materials to be welded, personals (welder and inspector), and inspection. The nature of these defects differs according to the product's design and fabrication as well as the service conditions under which it has to work [2]. Knowledge of welding defects with a view to determining and minimizing them in welding processes is essential to achieve a high level of quality. American Society of Mechanical Engineers ASME, American Welding Society AWS, American Petroleum Institute API, British Standards for Welding BS, and International Standards Organization ISO are just examples of standards are used in Libya to control NDT methods [3]. There have been a few previous studies on the detection of weld defects by NDT and their processing from different in terms of detection methods, types of defects and standards, and their application correctly [4-9]. Based on the manual of technical specifications issued by the Libyan National Centre for Standardization and Metrology for the year 2013 [10].

Based on previous investigations, it was found that welding standards, NDT, and defects have a complete impact on obtaining a high-quality, flawless product. Local and international companies and factories that determine those standards that quality in the welding joint must be controlled with the acceptance or rejection criteria. The present study is becoming clear that there are no Libyan standards and cods for welding joint quality, nondestructive tests, and for inspectors. So the Libya organization cannot issue certifications for quality assurance of welding joints, personals, and both welder and inspect. This means that all the international welding companies which provide services in Libya are working with their own standards.

2. Comparison of Welding Defects According to NDT Standards

2.1 NDT Methods

NDT is the inspection of a structure or component in any manner that will not impair its future usefulness. There are three important factors to achieve the reliability of inspection. Firstly, the responsible engineer must specify his requirements very clearly in terms of the regions to be inspected and the types of defects to be looked for. Secondly, the NDT methods, equipment, and personnel must be capable of the purpose for which they are being employed and, thirdly, the selected NDT process must be implemented thoroughly [11]. There are many types of NDT techniques that can be used for the inspection of welding joints. The most popular of these is the simple VT; most welds are visually inspected at some level. (VT) in addition to Penetrant Testing (PT) and Magnetic Testing (MT), is limited to the detection of surface defects, or in the case of MT, those that are very near the surface. Subsurface defects are detected by a variety of techniques, Radiographic Method (RT), UT, and Eddy Current Testing ET [12].

2.2 Liquid Penetrant Testing PT

Liquid Penetrant Testing PT, often called DPT, is used to find a surface defect, cracks, and cavities defects in nonporous materials. Excess penetrant is then removed using cloths dampened with the cleaner, the cleaner must not be sprayed directly on to the component penetrant, developer (white chalk-like substance) is then lightly sprayed on to the surface causing the red penetrant to be drawn out of any indications, any indication highlighted by the red penetrant against the white developer can then be assessed [13,14] as shown in Fig(1-a). There are two types of the PT: -

Dye penetrant testing: DPT is simple to use, and are particularly suitable for fieldwork as ultraviolet lighting is needed.



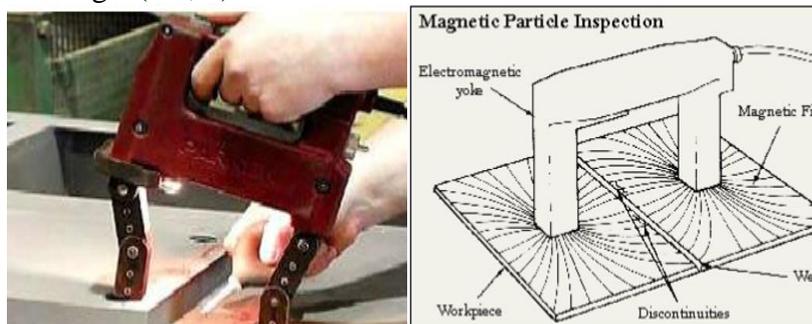
Figs 1 -a Methods of applying the red dye during dye penetrant inspection, (b) Color contrast penetrant crack indication [15].

These are available in three versions: Solvent removable, Water-washable and Post-emulsifiable. DPT which give a colored indication, usually red, on a white background, as Fig. (1b).

Fluorescent Penetrant Test: It is a technique that may be used to detect fine linear type indications [15].

2.2 Magnetic Testing MT

Magnetic Testing MT is used to detect cracks, inclusions, segregations, porosity, lack of fusion, and similar flaws in ferromagnetic materials such as steels. An important consideration in the MT process is the use of the proper type of materials to secure the best possible indications of the particular type of defect being sought under a given condition. The fine magnetic particles applied to the surface of the part are attracted to these electrical poles. The concentration of particles can be seen and the defect located, as shown in Figs. (2-a, b).



Figs 2 (a) Magnetic particle inspection, (b) Magnetic particle inspection [16].

There are two basic classes of magnetic particles available for use, wet and dry. The dry method particles are borne by air, it more sensitive for detecting defects beneath the surface, and is usually used with portable equipment. Water or oil may be used as a vehicle for the wet method, the particles are colored to provide good color contrast with the surface being inspected, and it the best suited for the detection of fine surface cracks such as fatigue cracks [16,17].

2.3 Radiographic Methods RT

2.3.1 X-ray

Radiographic Methods RT is used for detecting by defects based on using short-wavelength electromagnetic radiation passing through the material. RT can be used to inspect all common engineering materials and to the inspection of welds and detecting. Subsurface defects that are readily detected by this method are; Lack of root penetration, undercut, metallic and non-metallic inclusions, incomplete fusion, and cracks. Voids, such as porosity, produce dark areas on the film because they represent a significant loss of material density [18].

In taking radiophotographs, an Image Quality Indicator I.Q.I contrast meter is used in order to confirm the quality of radiophotographs [1].

When it is not practical to use a single wall technique, a double-wall technique should be used. For materials and for welds in components 88.9mm or less in nominal outside diameter, a technique may be used in which the radiation passes through two walls and the weld joint in both walls is viewed for acceptance on the same radiograph as shown in Fig. (3) [19].

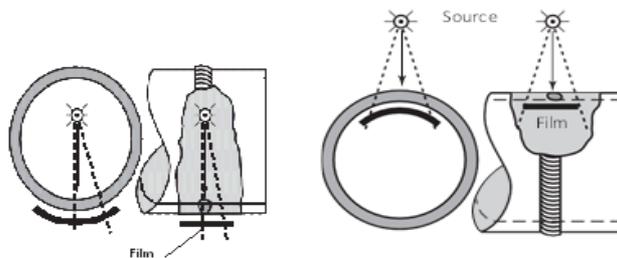


Fig. 3 X-ray images [19]

2.4 Types of Welding Defects

There are many possible forms of arc welding defects and discontinuities; some are metallurgical, while others are due to improper welding techniques. Common examples as shown in Fig. (4) that arise from improper welding techniques include cracks, undercut, overlap, slag inclusions, and porosity. The defect may be causes for concern if they exceed the acceptable limits of the quality control code being used for the weld inspection.

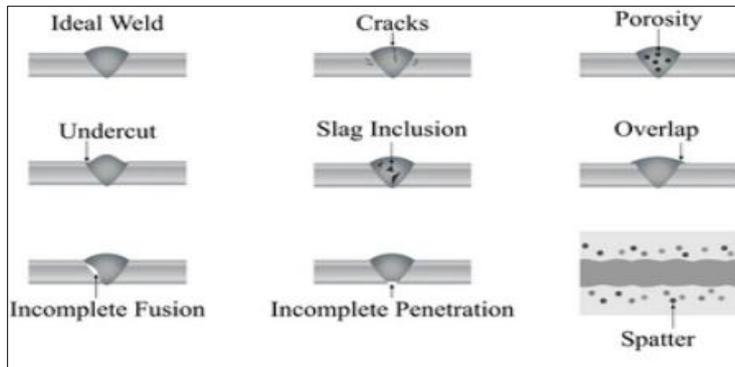


Fig. 4 Welding Defects

2.4.1 Cracks

Cracks are very narrow separations in the weld; Cracks can occur in the base metal, or the heat-affected zone HAZ. The extent of the crack shall be ascertained by the use of PT, MT, or by other NDT methods. The main causes of cracks; diffusible hydrogen in welds, the brittle structure of the weld, restraint stress in welds. Other Cracks that occur during solidification are sometimes called hot cracks; hot cracking also known as solidification cracking can occur with all metals and happens in the fusion zone of a weld. Other causes include too high a welding current, a poor joint design that does not diffuse heat, impurities, preheating, speed is too fast, and long arcs. There are many types commonly occur of the hot cracks as, crater crack and longitudinal. The outer edges of the crater cool rapidly, producing stresses sufficient to crack the interior of the crater [20].

2.5 Porosity

This type of discontinuity is more common with MIG/MAG and SAW compared to other welding processes. Porosity is, however, not regarded as a serious weld discontinuity unless the amount of and/or size of the pores exceeds high levels. Porosity in MIG/MAG welds [16, 21].

2.6 Undercutting

Undercutting is one of the more severe welding defects; Undercuts are those defects that develop at the welding zone when the base metal melts away forming a depression-like groove or a notch as external undercut, internal undercut, and hence can be seen when there is deep penetration. These defects reduce the strength of the welding joint, the causes: Due to high voltage applied across the ends of the electrode, when the diameter of the electrode is large, due to the large arc length, the wrong manipulation of the electrode, and incorrect electrode angle. It can be repaired in most cases by welding up the resultant groove with a smaller electrode, and cleaning of the base material after welding [16].

2.7 Lack of Root Penetration

Joint penetration is unintentionally less than the thickness of the weld joint, the result is that the welding arc is not sufficiently 'penetrating' to the edge preparation or the previously laid weld run or does not completely fill the joint gap, main causes:

1. Too narrow welding groove.
2. Too low welding amperage.
3. Too much arc length or arc voltage.
4. Too fast or too slow electrode manipulation preventive measures:
 - a. Use an appropriate groove configuration.
 - b. Use appropriate welding amperages, arc lengths (or arc voltages), and electrode manipulation [16,14].

3. Standards of Welding and NDT

Codes and standards set the level of acceptable quality so that the owner knows what quality product to expect and the engineers know what specifications govern the design, fabrication, and erection, it is

the common technical and (legal) language among owners, contractors, architects, and engineers. In general, welded parts and fabrications that will be exposed to more severe service conditions and/or could potentially cause human injury if they fail will be subject to the most severe acceptance criteria. Some of the standards organizations as shown in Table 1 [12,21].

Table 1 Define standards of welding and NDT

Country	Standards	Designation Organization
International	IIW	International Institute of Welding
International	ISO	International Organization for Standardization
United Kingdom	BS	British Standards Institution
United States	ANSI	American National Standards Institute
	ASME	American Society of Mechanical Engineers
	ASTM	American Society for Testing and Materials
	AWS	American Welding Society
	API	American Petroleum Institute

3.1 BS Standards

The BS is one of the world's leading developers of standards; it is incorporated under a royal charter and which is formally designated as the national standards body (NSB) for the UK, it is means formal consensus standards and based upon the principles of standardization recognized international in European Norm Standards EN.

These BS standard cover a wide range of welding disciplines and areas including welder qualification and procedures, welding equipment, consumables, NDT methods, and much more [22].

3.2 ASME Standards

This international code /standard was developed under procedures accredited as the criteria for American National Standards and it is an American National Standard, the ASME is actively involved in the formulation, revision, and interpretation standards covering products that fabricated by welding. Markings such as "ASME", "ASME Standard", or the ASME certifications mark shall not be used on any item that is not constructed in accordance with all of the applicable requirements of the Code [23]. ASME is responsible for over 600 technical standards. The common standard associated with

welding is known as the “Boiler and Pressure Vessel Code”. It is made up of 12 separate sections that range from rules for the construction of power boilers to NDT to materials. The ASME welding standards govern and guide many of the most critical welding applications, such as welding in the nuclear industry. According to the conditions specified by these standards, welding defects that have been detected by NDT are accepted or rejected such as [12]; The ASME B31.1 Power Piping and B31.3 Process piping codes are quite commonly used when welding pipelines.

3.3 API Standards

The purpose of the API standard is to present methods for the production of high-quality welds through the use of qualified welders using approved welding procedures, materials, and equipment. Any manufacturer marking equipment or materials in conformance with the marking requirements of API standard is solely responsible for complying with all the applicable requirements of that standard [9,24].

Many standards also covers the procedures all methods for NDT and all processing of welding, there are many type of API standards such as [25]:

3.4 Accepting Criteria

In order to study and to compare the accepting criteria for welding defects, ASME section VIII for pressure Vessel and Boiler Code, API 1104 standard for welding of piping and related facilities, and in the case of the use of BS,EN,ISO5817 for welding in steel-Quality Levels there are three quality levels are given in order to permit application to a wide range of welding joints B, C, and D are defined where B is the most stricter level and It applies to a material thickness above 0.5 mm [26-27], Fig. (5) show the weld joint design where, show the weld joint design where:

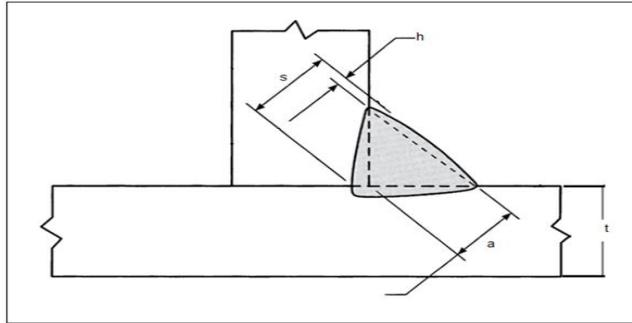


Fig. 5 Joint design

- t. for wall or the plate thickness.
- a. for nominal throat thickness of the fillet weld.
- d. for diameter of the pore.
- h. for height or width of imperfection.
- s. for nominal butt weld thickness.

In those Tables 2,3 and 4 comparison of the accepting criteria between welding defects; crack, porosity, undercut, and lack of root penetration by NDT methods; PT, MT, and x-ray according to standards; BS, ASME, and API.

Table 2 Comparison of accepting criteria between welding defects by NDT methods according to BS standards

Defects	Methods		
	PT	MT	X-ray
Crack	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject
Porosity	-	-	$t \geq 0.5\text{mm}$ #clustered porosity: $d \leq 0.2s$, but max. 2mm $d \leq 0.2a$, but max. 2mm #linear porosity: For single layer: $\leq 2\%$ For multi-layer: $\leq 4\%$
undercut	$t = 0.5\text{mm to } 3\text{mm}$, Reject $t > 3\text{mm}$, $h \leq 0.05 t$, but max. 0.5 mm	$t = 0.5\text{mm to } 3\text{mm}$, Reject $t > 3\text{mm}$, $h \leq 0.05 t$, but max. 0.5 mm	-
Lack of Root penetration	-	-	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject

Comparison of accepting criteria between defects and NDT 0Table methods according to ASME standards

Defects	Methods		
	PT	MT	x-ray
Crack	Reject	Reject	Reject
Porosity	-	-	-1/10t for t less than 3 mm (1/8 in.) -0.5 mm (1/64 in.) for t from 3 mm to 6 mm (1/8 in. to 1/4 in.) -1.0 mm (1/32 in.) For t greater than 6 mm to 50 mm (1/4 in. to 2 in.) -1.5 mm (1/16 in.) For t greater than 50 mm (2 in.)
Undercut	Reject	Reject	-
Lack of root penetration	-	-	Reject

3 Comparison of accepting criteria between welding defects 0Table by NDT methods according to API standards

Defects	Methods		
	PT	MT	X-ray
Crack	The crack as crater cracks or star cracks exceed 5/ 32 in. (4 mm) In length.	The crack as crater cracks or star cracks exceed 5/ 32 in. (4 mm) In length.	The crack as crater cracks or star cracks exceed 5/ 32 in. (4 mm) In length.
Porosity	-	-	1-Individual porosity a. The size of an individual pore exceeds 1/ 8 in. (3mm). b. The size of an individual pore exceeds 25% of the thinner of the nominal wall thicknesses joined. 2-Cluster porosity

			<p>a. The diameter of the cluster exceeds $1/2$ in. (13 mm).</p> <p>b. The aggregate length of CP in any continuous 12 in. (300 mm) length of weld exceeds $1/2$ in. (13 mm).</p> <p>c. An individual pore within a cluster exceeds $1/16$ in. (2mm) in size.</p>
Undercut	Linear indications are evaluated exceed 1 in. (25 mm) in total length in a continuous 12 in. (300mm) length of weld or 8% of the weld length.	Linear indications are evaluated exceed 1 in. (25 mm) in total length in a continuous 12 in. (300mm) length of weld or 8% of the weld length.	—
Lack of root penetration	—	—	<p>a. The length of an individual indication of lack of root penetration exceeds 1 in. (25 mm)</p> <p>b. The aggregate length of indications of lack of root penetration in any continuous 12 in. (300 mm) length of weld exceeds 1 in. (25 mm)</p> <p>c. The aggregate length of indications of lack of root penetration exceeds 8% of the weld length in any weld less than 12 in. (300 mm) in length.</p>

Results and Discussion

4.1 Welding Defects According to NDT Standards

Comparison between specifications BS, ASME, API, and acceptance criteria when cracks, porosity, undercut, and lack of root penetration are detected in welding as shown in Table 5 to 8. By PT, MT, X-ray and identify the differences between the acceptance criteria for each specification in the condition of acceptance, rejection or specific requirements.

4.1.1 Acceptance Criteria for Cracks Defect

Table 5 shows the acceptance criteria for cracks detected by PT, MT, and X-ray methods; each standard has different criteria and different restrictions, cracks are rejected in the BS standards if thickness greater than or equal 0.5mm and for ASME not restricted, but for API the acceptance criteria have specified that cracks should not exceed the limit, (5/32 in (4 mm)). This indicates that the BS and ASME are more restricted in cracks defect especially in the use of inspection of pressure pipes and vessels in terms of quality control.

Table 5 Acceptance criteria for cracks defect

Standers	Acceptance criteria		
	PT	MT	X-ray
BS	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject	$t \geq 0.5\text{mm}$ Reject
ASME	Reject	Reject	Reject
API	The cracks as crater cracks or star cracks exceed 5/32 in. (4 mm) in length.	The cracks as crater cracks or star cracks exceed 5/32 in. (4 mm) in length.	The cracks as crater cracks or star cracks exceed 5/32 in. (4 mm) in length.

4.1.2 Acceptance Criteria for Porosity Defect

Table 6 shows the acceptance criteria for porosity detected by PT, MT, and X-ray methods, porosity is a subsurface defect which can't be detected by PT, MT methods; therefore, should be detected by the x-ray method. In the BS standard if thickness greater than or equal 0.5mm, it has been set limits for acceptance by x-ray; in clustered porosity, the allowable limit of the diameter of pore-less than or equal 0.2 of butt weld thickness. But weld thickness max

2mm, and the diameter of pore-less than or equal 0.2 of throat thickness of the fillet weld. But weld thickness max 2mm. In linear porosity the maximum dimension of the summation of the projected of the imperfection in a single layer: less than 2% and multi-layer: less than 4%. In ASME standard; for 1/10 of the thickness of weld, the maximum number of indications shall not exceed 3mm (1/8 in). For 0.5 mm (1/64 in) of thickness, weld indications shall not exceed the maximum from 3mm to 6mm (1/8 to 1/4 in). For 1.0 mm (1/32 in) of thickness, weld of indications shall not greater than 6 mm to 50 mm (1/4 in to 2 in). For 1.5mm (1/16 in) of thickness, weld of indications shall not greater than 50 mm (2 in). In API standard, Individual porosity is rejected if exceeds the size of an individual pore 1/8 in (3mm), and the size of an individual pore 25% of the thinner of the nominal wall thicknesses joined. The cluster porosity is rejected if exceeds the aggregate length in any continuous 12 in (300 mm) length of weld 1/2 in (13 mm) and if an individual pore within a cluster exceeds 1/16 in (2mm) in size. This indicates that BS, ASME, and API each standard has different limitations connected to the thickness of the weld joint and size of porosity, and the ASME standard was very accurate in accepting the porosity.

Table 6 Acceptance criteria for porosity defect

Standers	Acceptance criteria		
	PT	MT	X-ray
BS	-	-	$t \geq 0.5 \text{ mm}$ # Clustered porosity: $d \leq 0.2s$, but max. 2mm $d \leq 0.2a$, but max. 2mm # linear porosity: for single layer: $\leq 2\%$ For multi-layer: $\leq 4\%$
ASME	-	-	# $1/10 t$ for t less than 3 mm (1/8 in) # 0.5 mm (1/64 in) for t from 3 mm to 6 mm (1/8 in to 1/4 in) # 1.0 mm (1/32 in) for t greater than 6 mm to 50 mm (1/4 in to 2 in) # 1.5 mm (1/16 in) for t greater than 50 mm (2 in)

API	-	-	<p>1-Individual porosity</p> <p>a. The size of an individual pore exceeds 1/8 in. (3mm).</p> <p>b. The size of an individual pore exceeds 25% of the thinner of the nominal wall thicknesses joined.</p> <p>2-Cluster porosity</p> <p>a. The diameter of the cluster exceeds 1/2 in. (13 mm).</p> <p>b. The aggregate length of Cluster porosity in any continuous 12 in. (300 mm) length of weld exceeds 1/2 in. (13 mm).</p> <p>c. An individual pore within a cluster exceeds 1/16 in. (2mm) in size.</p>
-----	---	---	--

4.1.3 Acceptance Criteria for Undercut Defect

Table 7 shows the acceptance criteria for undercut detected by PT, MT, and X-ray methods. Undercut is a surface defect, is therefore detected by PT and MT method. In the BS, the acceptance criteria were the same for both the detection method by PT and MT, if wall or plat thickness from 0.5mm to 3mm reject. For wall or plat thickness bigger than 3mm and height or width of imperfection less than or equal 0.05mm of wall or plat thickness the maximum shall not exceed 0.5 mm. In ASME standard for undercut, is rejected by PT and MT methods. In the API standard, the acceptance criteria were the same for the detection method by PT and MT either. Where the condition was Linear indications are evaluated as a defect if exceed 1 in. (25 mm) in total length in a continuous 12in. (300mm) length of weld or 8% of the weld length. In BS standard the acceptance criteria for undercut found that accepting or rejecting for the defect due to the relationship between thickness and height or width imperfection, but for ASME standard the undercut defect was rejected. In API standard it was accepted the undercut defect according to specific conditions for a total length of the weld.

Table 0 Acceptance criteria for undercut defect

Standers	Acceptance criteria		
	PT	MT	X-ray
BS	t = 0.5mm to 3mm, Reject t > 3mm, h ≤ 0.05 t, but max.0.5 mm	t = 0.5mm to 3mm, Reject t > 3mm, h ≤ 0.05 t, but max.0.5 mm	-

ASME	Reject	Reject	-
API	Linear indications are evaluated exceed 1 in. (25 mm) in total length in a continuous 12 in. (300mm) length of weld or 8% of the weld length.	Linear indications are evaluated exceed 1 in. (25 mm) in total length in a continuous 12 in. (300mm) length of weld or 8% of the weld length.	-

4.1.4 Acceptance criteria for lack of root penetration defect

Table 8 shows the acceptance criteria for the lack of root penetration detected by PT, MT, and X-ray methods. Lack of root penetration is a subsurface defect, is therefore detected by x-ray. Lack of root penetration is rejected in the BS if thickness greater than or equal 0.5mm , for ASME standard lack of root penetration is reject, but for API standard the acceptance criteria have inadequate. Lack of root penetration is rejected if exceeds the length of an individual indication of 1 in (25 mm). Lack of root penetration is rejected if exceeds the aggregate length of indications in any continuous 12 in (300 mm) length of weld 1 in (25 mm). Lack of root penetration is rejected if exceeds the aggregate length of 8% in the weld length in any weld less than 12 in (300 mm) in length. The lack of root penetration can't be detected by PT, MT, but by the x-ray method. In the BS standard the lack of root penetration has a relationship by thickness, but in the ASME, if the lack of root penetration is found should be rejected. In the API standard, the lack of root penetration was accepted according to specific conditions of the weld length.

Table 8 Acceptance criteria for lack of root penetration defect

Standers	Acceptance criteria		
	PT	MT	X-ray
BS	-	-	$t \geq 0.5mm$ Reject
ASME	-	-	Reject
API	-	-	<p>a. The length of an individual indication of lack of root penetration exceeds 1 in. (25 mm).</p> <p>b. The aggregate length of indications of lack of root penetration in any continuous 12 in. (300 mm) length of weld exceeds 1 in. (25 mm).</p> <p>c. The aggregate length of indications of lack of root penetration exceeds 8% of the weld length in any weld less than 12 in. (300 mm) in length.</p>

4. Conclusion

The welding defects are the main element in determining the quality of the product, effectiveness, and it is detected by NDT methods. Four types of defects on welding plat/ piping joint; crack, porosity, undercut, and lack of root penetration were examined and detected by three methods sequences PT, MT, and X-ray to identify the type of defect and its effect on the product and compared to three international standards, BS, ASME, and API in the condition of acceptance or rejection had been studied.

Results showed that the most accurate and optimal to give high quality to the welding plat/piping joint:

1. The cracks should be rejected.
2. Porosity: if it is an external defect, the condition is applied:
 -
 - 1/10 t Less than 3mm.
 - 0.5 mm For t from 3mm to 6mm.
 - 1 mm For t greater than 6mm to 50mm.
 - 1.5 mm For t greater than 50mm.
 - If it is an internal defect, it is rejected.

3. Undercut: Linear indications are evaluated exceed 25mm in total length in a continuous 300mm length of weld or 8% of the weld length.
4. The lack of penetration should be rejected.

Finally, this study could be initiation for Libyan standards for quality of welding joints.

References

- [1] Kobe Steel, The ABC's of Arc Welding and Inspection, Published Ltd, 2015.
- [2] International Atomic Energy Agency, Non-destructive Testing: A Guidebook for Industrial Management and Quality Control Personnel, Vienna, 1999.
- [3] Kamal H. Dhandha et al., Study And Comparison Of Different Fabrication And NDT Requirements for Pressure Vessel, Boiler, Piping, Structure & Nuclear Component Manufacturing with Respect to Various Codes & Standards, Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation, NDE 2011, Gujarat, India, December 8-10, 2011.
- [4] T. Endramawan, A Sifa, Non Destructive Test Dye Penetrant and Ultrasonic on Welding SMAW Butt Joint with Acceptance Criteria ASME Standard, Mechanical Engineering Department, IOP Publishing Ltd, 2018.
- [5] Hugo Vaughan, Porosity- 'The Good, the Bad and the Ugly' of Radiographic Testing, South African Institute of Welding, Johannesburg, South Africa, 2016.
- [6] Stuart Wilkinson, Comparative Testing of Radiographic Testing, Ultrasonic Testing and Phased Array Advanced Ultrasonic Testing Non Destructive Testing Techniques in Accordance with the AWS D1.5 Bridge Welding Code, Mechanical Engineering Department, College of Engineering, University of South Florida, 2014.

- [7] K. Staniszewski, S. Sikora, J. Czuchraj, Radiographic Quality Assessment of Welded Joints In Building Structures Produced According To Requirements Of Standard EN-1090 Quality Level “B +”, Archives Of Metallurgy And Materials, Vol 58, Issue 1, 2013.
- [8] Kamal H. Dhandha et al., Study And Comparison Of Different Fabrication And NDT Requirements For Pressure Vessel, Boiler, Piping, Structure & Nuclear Manufacturing With Respect To Various Codes & Standards, Proceedings of the National Seminar and Exhibition on Non-Destructive Evaluation NDE 2011, December 8-10, 2011.
- [9] P. Kah et al., Methods of Evaluating Weld Quality in Modern Production (Part 2), Proceedings of 16th International Conference. Mechanika, 2011.
- [10] وزارة التخطيط المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، الفرنج - طرابلس ليبيا: طبعة 2013 (info@LNCSM.org.ly) - (WWW.LNCSM.org.ly)
- [11] J Mike Farley, EfnDt Guidelines on the overall NDT quality system in Europe, 17th World Conference on Nondestructive Testing, Shanghai, China, 25-28 Oct 2008.
- [12] David H. Phillips, Welding Engineering, An Introduction, published Ltd, first edition, 2016.
- [13] American Petroleum Institute, Welding Inspection and Metallurgy, First Edition, October 2004.
- [14] KOBE Steel, Weld Imperfections and Preventive Measures, Published Ltd, 2015.
- [15] R Halmshaw, Introduction to the Non-Destructive Testing of Welded Joints, Second Edition, Woodhead Publishing Ltd, 1996.
- [16] Karta Technology, Inc., Technical Manual, Nondestructive Inspection Methods, Basic Theory, 2005.

- [17] R Halmshaw, Introduction to the Non-Destructive Testing Of Welded Joints, Second Edition, Woodhead Publishing Ltd, 1996.
- [18] American Petroleum Institute, Welding Inspection and Metallurgy, First Edition, October 2004.
- [19] Jurandir Primo, Welding Inspection Qualifications & Testing Procedures, 2012.
- [20] N.T.Burgess, Quality Assurance of Welded Construction, Second Edition, 2005.
- [21] Sonit Singh, Analysis of Various Defects Involved In Welding Metallurgy, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 120 No. 6 , pp6267-6280, 2018.
- [22] The British Standards Institution, British Standards for Welding, 1979.
- [23] CEN, Non-Destructive Examination of Welds - Eddy Current Examination of Welds by Complex Plane Analysis, 2000.
- [24] Robert Denali, Carol Leibowitz, A comparison Of Ultrasonic And Radiography For Weld Inspection, David Taylor Research Center, Metals and Welding Division, 2003.
- [25] F.H. Dijkstra, J.A. de Rand, Why develop acceptance criteria for pipeline girth weld defects? Röntgen Technische Dienst, Rotterdam (NL), 1998.
- [26] American Society of Mechanical Engineers, Non-Destructive Testing, Liquid Penetrant Testing, Section VIII, Division 1, Appendix 8, 2004.
- [27] American Society of Mechanical Engineers, Non-Destructive Testing, Radiographic Testing, Section VIII, Division 1, Appendix 4, 2004.

Fatigue Life Prediction of Aluminum Sheets Using Different Probabilistic Methods

Tariq R. Aboalhol¹, Khaled B. Abdusamad², Ali A. Shommaki¹,
Yasin A. Amer¹

¹The Higher Technical Center for Training and Production, ²The Libyan
Academy for Graduate Studies

Corresponding author email: taboalhol@tpc.ly

الملخص

بيانات اختبارات اجهاد الكلال لمكونات الآلات الميكانيكية بها الكثير من التشتت وعدم الاتساق للتنبؤ بانهايارها. بسبب عدم اليقين في التقدير بعمر القطعة تحت إجهادات دورية والمتكررة، تم اقتراح أساليب احتمالية لتحديد مدى تأثير عدم اليقين على معرفة عمر المكون تحت دورات التحميل. محاكاة مونت كارلو هي الطريقة الشائعة الاستخدام لحساب ذلك، لكن كلفة الزمن الحسابي المرتبط بمحاكاة باهظاً أثناء تقييمات مرحلة التصميم. لذلك، كان الغرض من هذه الدراسة هو توضيح استخدام طرق احتمالية أخرى وفعالة، كبدايل لطريقة مونت كارلو، للتنبؤ بدقة بعمر عينات من ألواح الألومنيوم 6061 – T6 الخاضعة لإجهادات الكلال. بناءً على توزيعات احصائية لإجهاد الكلال مقابل عمر التحميل المتكرر قبل الانهيار والمحددة معملياً، ظهر اتفاق بين التوزيعات المتوقعة لعمر العينات بشكل جيد جداً مع نتائج الاختبار المعملية. أظهرت الدراسة أنه مع وقت حسابي أقل بشكل كبير، هناك اتفاق وثيق بين كل من طريقة المتقدمة لحساب القيمة المتوسطة (AMV) وطريقة الموثوقية من الدرجة الأولى (FORM) مع محاكاة مونت كارلو. ومع ذلك، كانت طريقة القيمة المتوسطة (MV) أقل دقة في التنبؤ بالقيم المتطرفة عن المتوسط المعياري للعينات والتي تشير إلى ضعف التنبؤ عمر القطعة تحت الاجهاد الكلال. أظهر تحليل حساسية متغيرات، بمعادلة تقدير الاجهاد والعمر على التنبؤات، أن معاملات انحدار (a, b) لمنحنى $S - N$ لها مساهمات ضئيلة التأثير في عمر العينة تحت الكلال مقارنة بتأثير كل من الحمل الديناميكي المتكرر والابعاد الهندسية للعينات.

Abstract

Components under fatigue loading have significant amounts of scatter and inconsistency considered in fatigue failure data. Due to uncertainties in predicting component fatigue life, probabilistic approaches were to quantify the influence of uncertainties on the fatigue life. However, computation time associated with the commonly used Monte Carlo simulation can be prohibitive during design stage assessments. Therefore, the purpose of the current work was to demonstrate the use of efficient probabilistic methods, as alternatives to Monte Carlo method, to accurately predict fatigue lives for Aluminum 6061-T6 sheets. Based on experimentally determined of stress-life distributions, predicted distributions of fatigue life agreed closely with replicate experimental test results. The study showed that with significantly less computational time, there is a very good agreement for advanced mean value (AMV) and the first order reliability method (FORM) with Monte Carlo. However, the mean-value (MV) method was less accurate in tail regions that indicates poor life prediction. The sensitivity analysis showed that S-N slope parameters (a and b) had insignificant contributions to the scatter in fatigue life compared to the dynamic loading and component geometries.

Keywords: Fatigue life prediction, Probabilistic Methods, Aluminum 6061-T6.

Introduction

The topic of structural fatigue is concerned with the mechanical behavior of structures, which are subject to repeated load applications. Fatigue failure is a remarkably complex physical process, which is directed by a several number of parameters such as loading and boundary conditions and repeated stresses over time. Most fatigue failures caused by cyclic loads significantly below the loads that would result in yielding of the material [1]. Cyclic nature of the load that leads to microscopic material flaws to propagate into a macroscopic crack. Due to constant repeated loads, the crack grows to a critical size that results in structural or pressure boundary failure of the component [2]. They occur, in many cases, without

any plastic deformation, which means there is usually no visible warning of that a failure is about to happen.

In the beginning of the material's lifetime, the material experiences only inner defects (micro cracks, voids,..., etc.). Because of the effect of the cyclic loading, the small defects tend to increase in size and shape that effects the material, reducing its stiffness. Then, the defects become small cracks and the failure progression develops into its second stage of small crack growth [3-5]. With a reasonably high number of cycles, these growing small cracks become large cracks, which demonstrates the fracture behavior. Figure 1 summarizes the general understanding of the fracture mechanism. In general, there are four phases of crack growth [6].

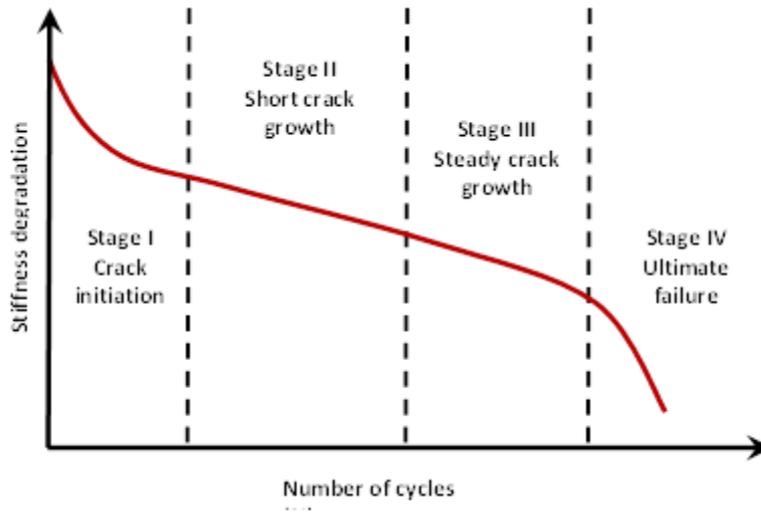


Figure 1. Stages of crack nucleation and growth

Many of the reported strength data are mean values. There is significant scatter in numerous tests of the same material under the same experimental conditions. Haugen and Wirsching described that the standard deviations of endurance strengths of steels rarely exceed 8% of their mean values [7]. The best approach, they suggested, was to develop a set of material-property data for a

particular loading and boundary conditions to a design. Since this method is usually excessively expensive in both time and money, the engineer relies on published material-property data. Some of the tested material samples failed at stresses lower than the mean value, which leads to reduce design strength.

The Stress-Life (S-N), The Strain-Life (ϵ -N), and Linear Elastic Fracture Mechanics (LEFM) are the main models that often used for high-cycle fatigue applications. The optimal approach of fatigue-failure testing for machine-design purposes can be determined by the type of machinery being designed on and its intended use. The large class of rotating machinery, stationary or mobile, is well served by the S-N approach because the required lives are usually in the High-Cycle Fatigue (HCF) range that the other two models work best in Low-Cycle Fatigue (LCF) regimes are more focused on the mechanism of crack initiation or existing crack [8].

Several researchers have examined probabilistic characteristics of fatigue, including inconsistency in S-N data [4,9-16]. Traditionally, the uncertainties in the data have been compensated by applying experience-based safety factors or margins to the calculated maximum load to the design analysis of essential components, leading the probability of failure to a satisfactory level. Different from deterministic evaluations, probabilistic approaches introduce the input variables as distributions and predict distributions of performance [16-19].

Stress-Life predictions using probabilistic fracture mechanics have commonly used inherently time-intensive Monte Carlo simulations [20-22], and simplified fracture mechanics models. In some cases, complicated mathematical manipulations and formulations are required. For that reason, the current work was to explore other probabilistic life prediction approaches and employ them as an alternative to Monte Carlo method to calculate fatigue reliability of Aluminum 6061-T6 sheets. A class of probabilistic approaches based on the most probable point (MPP) are becoming regularly used as a means of reducing the number of performance function calculations from that of exhaustive Monte Carlo simulation. Even though many variations have been anticipated, the

best-known and most widely used MPP-based methods include the first-order reliability method (FORM) [23], mean value (MV), and advanced mean value (AMV) [24].

Method

The objective in this study was to provide quantitative measures of component reliability that represents uncertainties inherent to manufacturing tolerances of and material properties by exploring different probabilistic approaches as alternatives to Monte Carlo simulation.

Deterministic model

As previously discussed, components were subjected to a large number of cycles of the applied stress that failed under stress values well below the ultimate strength and often even below yield strength. It has been found that the cycles to failure, N , versus the stress value, S , follow a straight line when plotted on log-log paper. The experimental data used in this study was an original collection of articles by Birnbaum and Saunders [25]. In particular, the study utilized the real data set used in [25-30] and a scaled version of the data set was given by Owen and Padgett [31].

Experimental method

The fatigue-testing machine developed by the Instrument Development Unit of the Physical Research Staff, Boeing Aircraft Company, which designed for metal-coupons to undergo repeated alternating stresses & strains [25, 31]. The coupon (rectangular strips) cut from aluminum sheeting was clamped at the ends and deflected in the center to either side from the position of equilibrium; the frequency of oscillation and stress amplitude was controlled. The amplitude was set either to constant (periodic loading) or random with a determined distribution. The nominal maximum stress was calculated from the maximum amplitude. The machine was equipped with a mechanism to clock the number of cycles that caused fatigue failure of the coupons.

Table 1 shows the number of cycles to failure obtained from there stress levels of fatigue testing of Aluminum 6061-T6 sheet

(rectangular cut) ASTM (0.5" x 0.125"). The three sets of data were obtained, each under a periodic loading scheme with frequency of 18 cycles/sec.

Table 1. Failure data ($\text{cycles} \times 10^3$) of 304 6061-T6 aluminum coupons tested for fatigue failure under cyclic stress at three different levels of maximum stress per cycle.

Failure data collected at 21 ksi				Failure data collected at 26 ksi				Failure data collected at 31 ksi			
570	1120	1420	1750	233	352	400	445	70	120	134	149
706	1134	1420	1750	258	356	403	445	90	121	134	151
716	1140	1450	1763	268	358	404	452	96	121	134	151
746	1199	1452	1768	276	358	406	456	97	123	134	152
785	1200	1475	1781	290	360	408	456	99	124	136	155
797	1200	1478	1782	310	362	408	460	100	124	136	156
844	1203	1481	1792	312	363	410	464	103	124	137	157
855	1222	1485	1820	315	366	412	466	104	124	138	157
858	1235	1502	1868	318	367	414	468	104	124	138	157
886	1238	1505	1881	321	370	416	470	105	128	138	157
886	1252	1513	1890	321	370	416	470	107	128	139	158
930	1258	1522	1893	329	372	416	473	108	129	139	159
960	1262	1522	1895	335	372	420	474	108	129	141	162
988	1269	1530	1910	336	374	422	476	108	130	141	163
990	1270	1540	1923	338	375	423	476	109	130	142	163
1000	1290	1560	1940	338	376	426	486	109	130	142	164
1010	1293	1567	1945	342	379	428	488	112	131	142	166
1016	1300	1578	2023	342	379	432	489	112	131	142	166
1018	1310	1594	2100	342	380	432	490	113	131	142	168
1020	1313	1602	2130	344	382	433	491	114	131	142	170
1055	1315	1604	2215	349	389	433	503	114	131	144	174
1085	1330	1608	2268	350	389	437	517	114	132	144	196
1102	1355	1630	2440	350	395	438	540	116	132	145	212
1102	1390	1642		351	396	439	560	119	132	146	
1108	1416	1674		351	400	439		120	133	148	
1115	1419	1730		352	400	443		120	134	148	

Figure 2 shows variability in number of cycles to failure for each stress and the three levels of maximum stress for a periodic loading scheme, $\sigma_{a1} = 21$, $\sigma_{a2} = 26$ and $\sigma_{a3} = 31$ ksi. The data were originally presented & examined in [26] and partially in [25]. The specimen was 6061-T6 aluminum sheeting, which was cut (parallel to the

direction of loading) into the rectangular strips. The testing produced data for the three levels of maximum stress with sample sizes of $n_1=101$, $n_2=102$ and $n_3=101$. The means and standard deviations of all sets were summarized in Table 2 and Figure 2. This data set was investigated in the literature assuming that alternating stress σ_a was constant for each stress level, mean stress σ_m was zero. Stress Life relationship represented as $S = aN^b$, where b is the slope of the curve, a is constant, S is stress, and N is Life or number of cycles to failure.

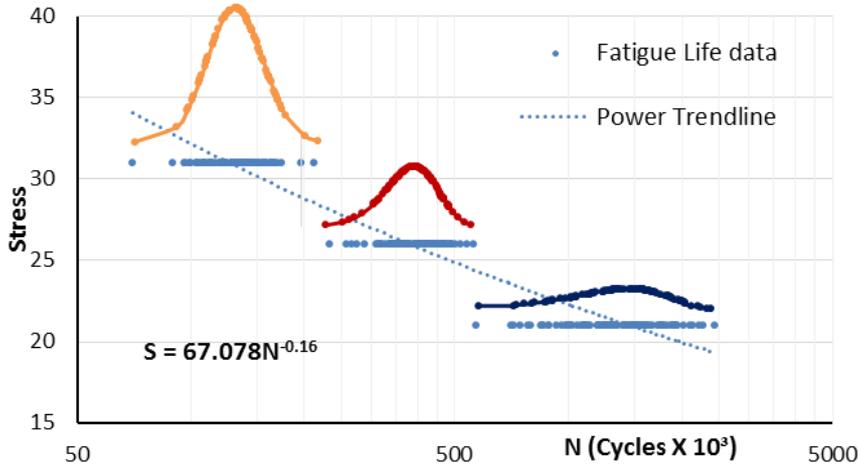


Figure 2. S-N-P curve shows probabilistic nature of fatigue failures at three stress levels.

Table 2. Experimental data distributions

10 ⁵ cycles @	31 ksi	26 ksi	21 ksi
Mean	1.3373	3.9788	14.029
Std.	0.22356	0.62324	3.8653

Probabilistic Model

Although S-N curves are widely used to investigate fatigue failures, they have a number of limitations. For instance, they are unable to capture the variation of actual components such as geometry, surface finish, and manufacturing defects. Besides that,

they ignore variation in actual use conditions of the components in terms of loading, which are usually different from the test conditions and importantly they do not take into account the probabilistic nature of fatigue failures. There has been a better approach that utilizes S-N-P curves that takes probabilistic behavior and those variations into consideration [32]. There are several probabilistic approaches based on different theories and assumptions to study material failure behavior during dynamic loading. Although, selecting one method is desirable, applying several approaches may provide a better realistic prediction on fatigue life in all cases. However, numerous studies used the brute-force Monte Carlo simulation to accomplish that. This study used three different advanced probability methods; MV, AMV and FORM, as alternatives.

Performance Equation

In the current study, the input parameters were modeled as distributions, and perturbed variables for the probabilistic methods were passed to a commercially available probabilistic software package, NESSUS. All variables that contribute in component life as distributions to predict a distribution of performance as shown in the following equation. In the probabilistic analyses, input parameter variability was considered for cyclic loading, component geometry, and slope S-N slope parameters (a and b). Distributions for the input parameters were developed from available literature data for Aluminum 6061-T6 conditions [26, 32].

$$\frac{\text{load}_{\text{alternating}}(\mu, \sigma)}{\text{Area}(\text{with}(\mu, \sigma) * \text{thickness}(\mu, \sigma))} = \text{stress}$$
$$= a(\mu, \sigma) * N^{b(\mu, \sigma)},$$

where μ, σ are the mean values and standard deviations respectively.

Several steps were taken to set up probabilistic model then define the limit state equation. First, goodness of fit showed that fit normal and lognormal distributions were acceptable at 5% significant level (K-S test). However, lognormal performed better than normal distribution. Second step was to generate distributions with mean and standard deviation of slope parameters. That was achieved by

capturing values of the two parameters that were between 3+ standard deviation from the means as visualized in Figure 3. The third step was to estimate 5% lower limit for a and b which was considered the higher risk region. At that point the design curve was obtained and presented in the following equation.

$$N = \left(\frac{S}{67.078} \right)^{\left(\frac{1}{-0.1598} \right)}$$

After obtaining the performance equation, probabilistic models were used to quantify the risk (probability of failure) and compute shortest reliable life for a component using different reliability methods, specifically, a 50k-trial Monte Carlo simulation and the most probable point (MPP) methods; the mean-value (MV), the advanced mean-value (AMV) and the first order reliability method (FORM).

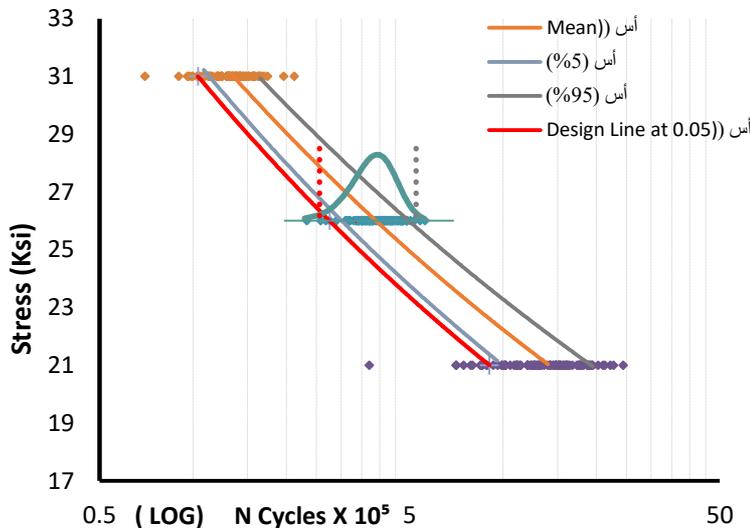


Figure 3. Design curve at 5 % lower bound

Probabilistic Parameters

Table 3 shows inputs of probabilistic study parameters with means and standard deviations. The dynamic load as well as for the geometry variables (width and thickness of the Al-6061-T6 Sheet)

were described by normal distributions, while the slope of the S-N curve variables were described by lognormal distributions. The load was assumed in the study that gave 26 ksi stress for the purpose of comparing results with experimental data at the same stress level. In the field, however, they depend upon the use conditions with observed variations. The problem statement with probabilistic inputs were defined in NESSUS.

$$Life = \left(\frac{S}{a}\right)^{\left(\frac{1}{b}\right)}$$

$$S = \frac{F}{Area}$$

$$Area = t * w$$

Table 3. Input distributions

Variables		Mean	Standard deviation
Geometry (normal-distribution)	width	0.5"	+ 0.01"
	thickness	0.125"	+ 0.005"
Load (normal-distribution)	force	1.75	0.1
Slope (lognormal distribution)	a	67.078	0.22
	b	-0.1598	0.0018

Reliability Methods

Monte Carlo simulations and advanced probabilistic methods performed in the current study are well described in the literature [23,33,35] and summarized as follows.

Mean value (MV): Based on approximating MPP by perturbing variables near the mean. Number of trials = 1 + (number of variables).

Advanced mean value (AMV): MV + additional evaluation at the MPP.

Number of trials = 1 + (number of variables) + (number of p levels)

First Order Reliability Method (FORM): various algorithms based on first order approximation of the performance function. Number of trials is dependent on convergence.

Monte Carlo Simulation: Randomly generates parameter values from their distributions.

Results and Discussion

Two quantitative measures were employed in the study; comparative analysis among probabilistic methods used in the study and identifying which input parameters are most critical to the performance distribution. The results showed slight differences among reliability methods. Life distribution and sensitivity factors for dominant variables were also obtained.

Fatigue Life Distribution

The model predicted the distribution of life for Al 6061-T6 sheet under axial fatigue stress. The probability of survival or reliability was based on the performance function and represents the probability of failure (POF=0.1) of the number of cycles that components can survive under 26 ksi dynamic loading. Based on the summarized results in Table 4 and cumulative density functions (CDFs) presented in Figure 4. The predicted distributions of life-to-failure showed reasonable agreement with the experimental data over the entire CDF, with accurate predictions of the mean. Moreover, the AMV and FORM methods gave very similar results to the Monte Carlo simulations in less than a second of computation time required only a small fraction of the iterations. The MV predictions varied noticeably from the experimental data for probabilities away from 0.50; this result is somewhat expected as the MV method assumes linear behavior which causes inaccuracies in non-linear systems [24]. To evaluate the accuracy of the different probabilistic methods, their predictions of fatigue life for a fixed probability of failure, POF, of 0.1 were compared in Table 4. This low probability was selected based on conservative design assumptions that require the shortest fatigue lives be considered in design to ensure a higher reliability.

Table 4. Predicted life at POF = 0.1 at 26 ksi stress level

Method		Life (cycles) @ POF = 0.1	Number of trials	Time
Probabilistic	MV	169,595.4 <i>shortest</i>	6	0.32
	AMV	209,007.923	4	0.41
	FORM	207,791.7	5	0.33
	Monte Carlo	208,295.5	50,000	3 minutes
Experimental	Data ($\mu \pm \sigma$)	397,545.0 \pm 62541	102 sample points	

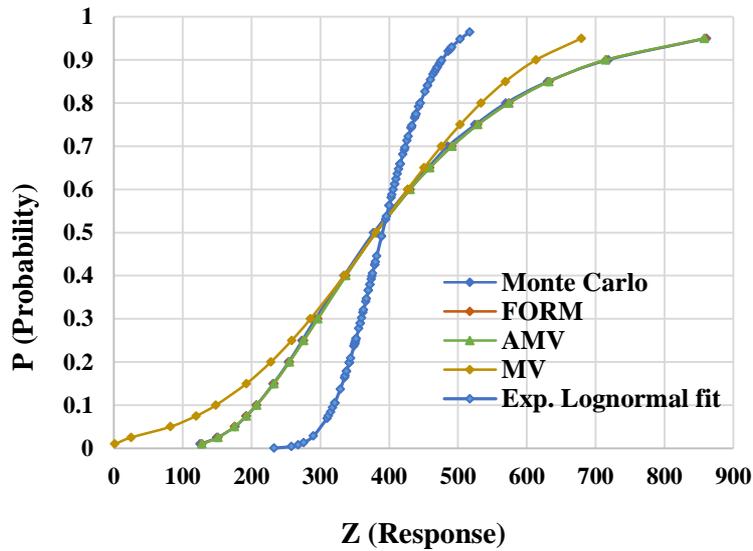


Figure 4. Cumulative distribution functions of performance function from Monte Carlo, FORM, AMV, and MV probabilistic analyses versus Experimental data cumulative distribution function.

Sensitivity Analysis

Sensitivity analysis indicates the effect of each individual parameter on the reliability function. In other words, it illustrates which input parameters that were, during the computation process, the most contributing factors in the component life. Additionally, random variables with negligible contributions can be treated as deterministic variables to reduce the computation time. Figure 5 shows that life to failure of a component was most sensitive to the

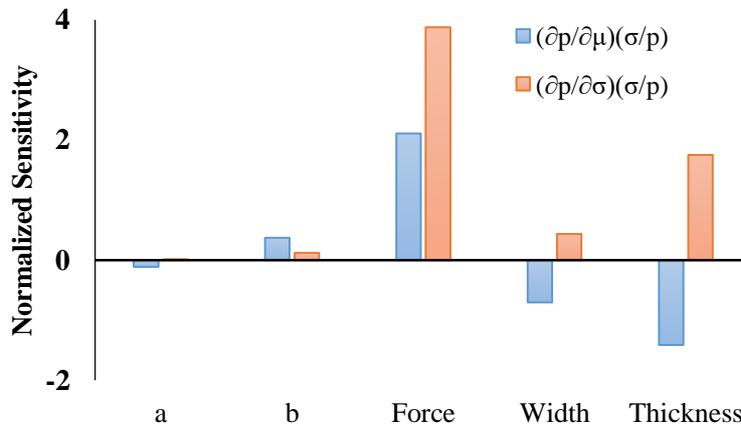
amount of variation in loading. In addition, cross-section area plays an important role in the outcomes. However, slope of the curve parameters were the least contributing factor, subsequently when they modeled as deterministic, there was not significant change in the outcomes

Figure 5. Sensitivity factors for fatigue life predictions (obtained from the AMV method results). The sensitivity factors are normalized with respect to the probability level ($p = 0.01$) and standard deviations of the respective parameters.

Conclusion

In this study, it has been seen how principles of mechanical design and reliability can be combined effectively to obtain accurate reliability predictions and to design reliability directly into components that were subject to fatigue failure. While Monte Carlo analysis is often considered the gold standard, its accuracy depends on the number of trials and the sampling error [33]. Furthermore, the study showed that with less computational time, there is a very good agreement for AMV and FORM with Monte Carlo. Among

Sensitivity factors for fatigue life predictions



Random Variables

the other methods used in the study, however, MV was less accurate in tail regions that indicates poor life prediction, which is a known

limitation of the linear method when applied to non-linear models [24]. Besides that, the model best performed in short life modeling. Additionally, the AMV and FORM methods quantified sensitivity factors that emphasizing the most significant variables in probabilistic modeling. The results showed that the S-N slope parameters made negligible contributions to the scatter in fatigue life and therefore could be modeled as deterministic. However, dynamic loading and component geometries were the chief variables.

References

- [1] Antaki, George, and Ramiz Gilada. Nuclear Power Plant Safety and Mechanical Integrity: Design and Operability of Mechanical Systems, Equipment and Supporting Structures. Butterworth-Heinemann, 2014.
- [2] Shankar, Vani, M. Valsan, K. Bhanu Sankara Rao, R. Kannan, S. L. Mannan, and S. D. Pathak. "Low cycle fatigue behavior and microstructural evolution of modified 9Cr–1Mo ferritic steel." *Materials Science and Engineering: A* 437, no. 2 (2006): 413-422.
- [3] DeBartolo, E. A., and B. M. Hillberry. "A model of initial flaw sizes in aluminum alloys." *International Journal of Fatigue* 23 (2001): 79-86.
- [4] Virkler, Dennis Andrew, Brnm Hillberry, and P. K. Goel. "The statistical nature of fatigue crack propagation." (1979): 148-153.
- [5] Wang, G. S. "Intrinsic statistical characteristics of fatigue crack growth rate." *Engineering fracture mechanics* 51, no. 5 (1995): 787-803.
- [6] Gao, Xiaofeng, Georg Koval, and Cyrille Chazallon. "A discrete element model for damage and fracture of geomaterials under fatigue loading." In *EPJ Web of Conferences*, vol. 140, p. 12018. EDP Sciences, 2017.

- [7] E. B. Haugen and P. H. Wirsching, "Probabilistic Design." Machine Design, vol. 47, pp. 10-14, 1975
- [8] Norton, Robert L. "Machine design: an integrated approach." Pearson, 2013
- [9] Castillo, Enrique, A. Fernández-Canteli, and Ali S. Hadi. "On fitting a fatigue model to data." International Journal of Fatigue 21, no. 1 (1999): 97-106.
- [10] Virkler, Dennis Andrew, Brnm Hillberry, and P. K. Goel. "The statistical nature of fatigue crack propagation." (1979): 148-153.
- [11] Wang, G. S. "Intrinsic statistical characteristics of fatigue crack growth rate." Engineering fracture mechanics 51, no. 5 (1995): 787-803.
- [12] Lin, Y. K., and J. N. Yang. "A stochastic theory of fatigue crack propagation." AIAA journal 23, no. 1 (1985): 117-124.
- [13] Wu, W. F., and C. C. Ni. "A study of stochastic fatigue crack growth modeling through experimental data." Probabilistic Engineering Mechanics 18, no. 2 (2003): 107-118.
- [14] Wu, W. F., and C. C. Ni. "Probabilistic models of fatigue crack propagation and their experimental verification." Probabilistic Engineering Mechanics 19, no. 3 (2004): 247-257.
- [15] Jha, S. K., M. J. Caton, and J. M. Larsen. "A new paradigm of fatigue variability behavior and implications for life prediction." Materials Science and Engineering: A 468 (2007): 23-32.
- [16] Enright, Michael P., R. Craig McClung, and Luc Huyse. "A probabilistic framework for risk prediction of gas turbine engine components with inherent or induced material anomalies." In Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, vol. 47276, pp. 505-512. 2005.
- [17] Liu, Yongming, and Sankaran Mahadevan. "Probabilistic fatigue life prediction using an equivalent initial flaw size

- distribution." International Journal of Fatigue 31, no. 3 (2009): 476-487.
- [18] Grell, William A., and Peter J. Laz. "Probabilistic fatigue life prediction using AFGROW and accounting for material variability." International Journal of Fatigue 32, no. 7 (2010): 1042-1049.
- [19] Luo, Jiaming, and Paul Bowen. "A probabilistic methodology for fatigue life prediction." Acta materialia 51, no. 12 (2003): 3537-3550.
- [20] Ebbeler, Donald, L. Newlin, and Mircea Grigoriu. "Alternative computational approaches for probabilistic fatigue analysis." In 36th Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, p. 1359. 1995.
- [21] Sain, Trisha, and JM Chandra Kishen. "Probabilistic assessment of fatigue crack growth in concrete." International Journal of Fatigue 30, no. 12 (2008): 2156-2164.
- [22] Wu, Y. T., M. P. Enright, R. C. McClung, H. Millwater, and G. R. Leverant. "Probabilistic methods for design assessment of reliability with inspection (DARWINTM)." In Proceedings, 41st Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, pp. 3-6. 2000.
- [23] Thacker, B., H. Millwater, and S. Harren. "Computational methods for structural load and resistance modeling." In 32nd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, p. 918. 1991..
- [24] Wu, Y-T., H. R. Millwater, and T. A. Cruse. "Advanced probabilistic structural analysis method for implicit performance functions." AIAA journal 28, no. 9 (1990): 1663-1669.
- [25] Birnbaum, Z. W., and Sam C. Saunders. "A statistical model for life-length of materials." Journal of the American Statistical Association 53, no. 281 (1958): 151-160.

- [26] Birnbaum, Zygmunt W., and Sam C. Saunders. "Estimation for a family of life distributions with applications to fatigue." *Journal of applied probability* 6, no. 2 (1969): 328-347.
- [27] Gómez, Héctor W., Juan F. Olivares-Pacheco, and Heleno Bolfarine. "An extension of the generalized Birnbaum–Saunders distribution." *Statistics & Probability Letters* 79, no. 3 (2009): 331-338.
- [28] Leiva, Víctor, Edgardo Rojas, Manuel Galea, and Antonio Sanhueza. "Diagnostics in Birnbaum–Saunders accelerated life models with an application to fatigue data." *Applied Stochastic Models in Business and Industry* 30, no. 2 (2014): 115-131
- [29] Collins, J., 1981. *Failure of Materials in Mechanical Design*. Wiley, New York.
- [30] Dupuis, Debbie J., and Joanna E. Mills. "Robust estimation of the Birnbaum-Saunders distribution." *IEEE Transactions on Reliability* 47, no. 1 (1998): 88-95
- [31] Owen, W. Jason, and William J. Padgett. "A Birnbaum-Saunders accelerated life model." *IEEE Transactions on Reliability* 49, no. 2 (2000): 224-229.
- [32] Kececioglu, Dimitri. *Robust engineering design-by-reliability with emphasis on mechanical components & structural reliability*. Vol. 1. DEStech Publications, Inc, 2003.
- [33] Haldar, Achintya, and Sankaran Mahadevan. *Reliability assessment using stochastic finite element analysis*. John Wiley & Sons, 2000.
- [34] Melchers, Robert E., and André T. Beck. *Structural reliability analysis and prediction*. John wiley & sons, 2018.

Evaluate the effect of Controlled Welding Parameters on Microstructural Characteristics and Micro- hardness for Stainless Steel 304 by using TIG and SMAW Welding Process.

Salem. A . Sultan

alemsultan901@gmail.com

+218- 927695525

College of Engineering Technology-Janzour

Khaled .E. Alamori

Khaled7319@yahoo.com

+218910948922

Abdarazag . A . Hassan

abdoz_ali@yahoo.com

+218926456362

College of Engineering
Technology-Janzour

Khaled .A. Aljaly

Kaljaly0@gmail.com

+218925049067

Afriqiyah Airlines

الملخص:

في هذا البحث تم دراسة مدى تأثير عملية اللحام بالقوس الكهربائي المعدني المحمي (SMAW) وعملية اللحام بقطب التنجستن والغاز الخامل (TIG) على الفولاذ المقاوم للصداء نوع 304 حيث تم اجراء عملية اللحام على عينة بسمك 4 مم من الفولاذ المقاوم للصداء نوع 304 مع اجراء عمليات اللحام باستخدام طريقة SMAW و TIG. تم لحام قطعتين من العينات ذات الابعاد 360مم×26مم×4مم باستخدام اللحام بقطب التنجستن والغاز الخامل ولحام القوس الكهربائي المعدني المحمي لعملية اللحام، حيث اوضحت النتائج العملية المبينة بأنه عند مدخلات حرارة اللحام المختلفة، لم يلاحظ أي تعديل ملحوظ للطور في جميع أنحاء البنية المجهرية ويمكن ملاحظة الاختلافات في حجم حبيبات الأوستينايت فقط. كما لوحظ وجود شوائب ومسامية على شكل نقاط داكنة في بعض التشققات الدقيقة، ولم يتم العثور على أي تشققات دقيقة أثناء التحقيق وكان تكسير تجعد اللحام ظاهراً و وجود امتدادات بيضاء في الهياكل الدقيق لعينات منطقة التأثر

باللحام التي تم دراستها. علاوة على ذلك ، لوحظ من الصور المجهرية الضوئية التي أظهرت أن مدى تقشير الحبوب في منطقة التأثر باللحام يزداد مع زيادة مدخلات الحرارة.

1. Abstract.

This paper investigated the effect of the welding process of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and the relatively Tungsten-inert gas welding (TIG) process on 304 Austenitic Stainless steel. The welding process was carried out on 4mm thick plate of 304 Stainless Steel using SMAW and TIG welding processes. The two set of plates having the single plate size of 350mm×26mm×4mm were welded using Tungsten Inert Gas welding and Shielded metal arc welding process. At the varied welding heat input, no noticeable modification of δ - phase throughout the microstructure was observed, only variations in grain size of austenite could be noticed. Also, inclusions and porosities in form of dark dots were noticed in some of the microstructures, none of micro-cracklings were encountered during the investigation. Weld solidification cracking were present as white stretches in microstructures of the HAZ samples evaluated. Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input.

Key words:- Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Tungsten-inert gas welding (TIG), Heat Affected Zone (HAZ).

2. Introduction.

Industrially speaking, welding process is widely used for the manufacturing industries to the service companies such as automotive, aerospace and building activities. Welding is not just combining two piece of material; rather it is also used for the softening, separation and joint combining. So that, welding is commonly used in the shipbuilding industries; welding is considered the core operation for the ship builders. In many cases,



the application of pressure is needed to weld the material. However, in some circumstances, it is not required, especially with soft or low density steel metals. Welding is also usually used in all fabrication companies due to similarity in used manufacturing processes. [1], [5]. Pervious research has shown that welding is of great importance especially when it comes to joining metal piece thus saving the need to buy new equipment or machineries. Thus, welding assists organization in saving their cost of buying newly manufacturing industrial machines [2]. One of the most workable and effectively used welding processes is called as Arc welding which is done via the metal fusion in which two metal pieces are exposed to heat and melt to form a single piece of item [3]. Welding is found to be widely used process in industrial sector; however, it must be carried out in a precautious and careful manner to avoid human injuries or damaging the machine or part of it [4]. There are different welding processes used for different materials to achieve state of art quality and standards welding materials. In this study, the processes of SMAW and TIG welding were employed [6], [7] .

3. Experimental Methodology.

The microstructure of the stainless steel was prepared as per ASTM B557 standard with the prescribed criteria. These specimens were observed under the optical microscope and the microstructures before and after they were obtained. The microstructure was analyzed by using specialized microscopic machine **and** equipment; the results were obtained in form of microscopic images and details. The slide cutters used to cut dimensions 350mm×26mm×4mm. then conducted cleaning operations to remove dust and grease.

The base material used in the present investigation was in the form of stainless steel plates type 304 sizes of 350 mm X 26 mm X 4mm which were cut using shear cutting machine from a sheet metal and the filler was —AWS E308L-16 solid electrode of 3.15 mm

diameter. The chemical composition of the base and the filler metal is shown in table1&2. The welding machine which was used in this study is Aristong 255 AC/DC. It has been initialized edges welding cutting operations machining on the milling machine where it was rinsing a 30 degree angle and length 350 mm) pieces and put properly to be the edge of the both be welded on one side likeness (single-V) and as shown in Figure1.

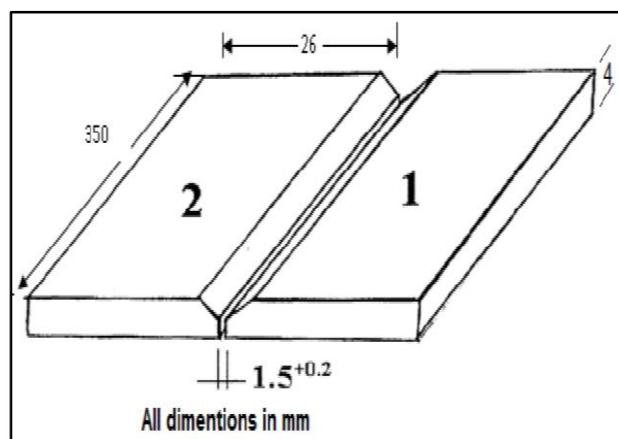


Figure 1: Preparation of the slides for welding process.

In the present work double V-groove design was used so that welding could be accomplished ensuring full penetration. Before welding all the edges were thoroughly cleaned in order to avoid any source of contamination like rust, scale, dust, oil, moisture that could creep into the weld metal and later on could result possibly into a weld defect. Bead-on plate SMAW was performed along the center line of solution annealed plates using electrode - AWS E308L-16 of diameter 3.15 mm. The samples were shown in Figure 2(a & b).



Figure 2: (a) SMAW process (b) TIG process.

It is a well-established fact that among all the welding variables in arc welding processes welding current is the most influential variable since it affects the current density and thus the melting rate of the filler as well as the base material. The rest time of 30 seconds was allowed after every subsequent pass.

Heat input was calculated according to equation 1,

$$H = \frac{\mu \times V \times I}{V} \quad (1)$$

Where, H= heat input in KJ/mm, = efficiency = 0.75 for SMAW, V= voltage in volts, I= current in amperes, = welding speed in mm/sec. So in accordance with this fundamental fact three different heat input combinations corresponding to different welding currents i.e. 75 A (low heat input), 100 A (medium heat input) and 125 A (high heat input) combinations were selected for the present study, also in this study two parameters such as the voltage and welding speed are constant by 36 volt for voltage and 2.5 mm/sec for the welding speed as shown in table1. Also table2 illustrate the chemical composition of the base metal and table 3 shown the chemical composition of electrode metal.

Table 1: Welding process parameter.

Voltage (V)	Current (A)	Welding speed mm/sec	Heat input KJ/mm
35	75	2.5	0.787
35	100	2.5	1.050
35	125	2.5	1.312

Table 2: Chemical Composition of Base Metal (wt.%).

Typical Chemical Compositions							
Type	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
304 %	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	18-20	8-10

Table 3: Chemical Composition of Electrode metal (wt.%)

Typical Chemical Compositions							
Filler metal (AWS E308L)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.04	0.9	0.80	0.040	0.030	18	9

4. Result and Discussion.

4.1 Microstructure of SMAW welding:

The base metal and HAZ samples at varied welding heat input are depicted in figure3. Generally, the phases are composed majorly of austenite and ferrite. Also, chromium carbide formation and precipitation due to sensitization was observed at the grain boundaries. After etching, the ferrite phase was obtained as a lighter phase in between the darker austenite phase, and only a little difference was observed to exist between microstructure of the base metal sample and that of the HAZ samples at varied range of low welding heat inputs as shown in Figure 3.

The base metal and HAZ samples at varied welding heat input are depicted in figure3. Generally, the phases are composed majorly of austenite and ferrite. Also, chromium carbide formation and precipitation due to sensitization was observed at the grain

boundaries. After etching, the ferrite phase was obtained as a lighter phase in between the darker austenite phase, and only a little difference was observed to exist between microstructure of the base metal sample and that of the HAZ samples at varied range of medium welding heat inputs as shown in Figure 4.

The ferrite phase is seen to be relatively more dispersed in the austenite matrix of the base metal sample as compared to austenite matrix of the HAZ samples in figure 4. Austenite grain boundaries are readily observable in the microstructures of the base metal sample as well as the HAZ samples. At the varied welding heat input, no noticeable modification of δ -phase throughout the microstructure was observed, only variations in grain size of austenite could be noticed. Also, inclusions and porosities in form of dark dots were noticed in some of the microstructures, none of micro-cracklings were encountered during the investigation. Weld solidification cracking were present as white stretches in microstructures of the HAZ samples evaluated Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input as shown in figure 5.

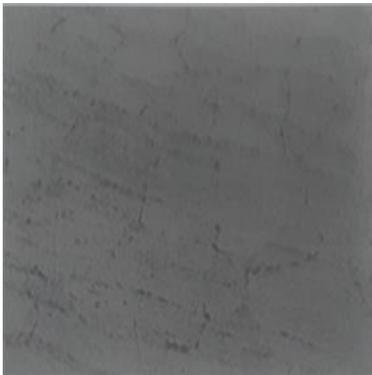


Figure 3: Optical micrograph of low heat input (100x).

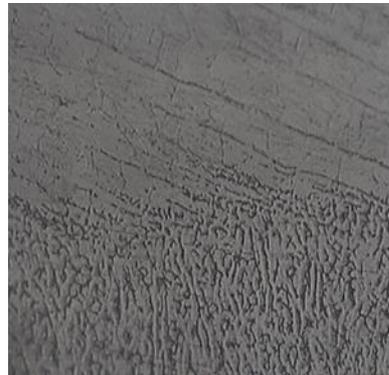


Figure 4: Optical micrographs of medium heat input (100x).

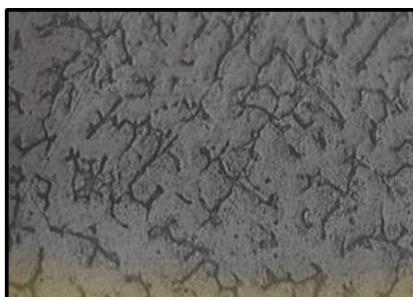


Figure 5: Optical micrographs of high heat input (100x).

4.2. Micro-hardness of SMAW welding for austenitic stainless steel type 304.

Micro hardness measurements were taken in the transverse direction i.e. perpendicular to the base plate surface and this shown in figure 6. the figure also show that the micro hardness near the top of the weld bead surface is high and as the center of the fusion weld zone is approached by the inventor, it gradually reduces due to the fact that cooling rate is relatively higher at the top of the weld bead surface than at the center of the weld metal.

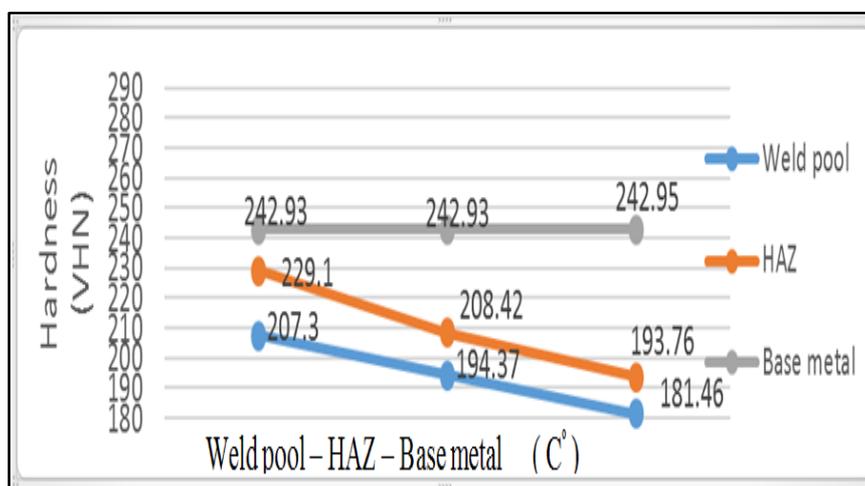


Figure 6: Micro hardness along weld pool, HAZ and base metal at different heat input.

From table 4, it is observed that as the indenter traverses outwards (parallel to the base plate surface) from the center of the weld/fusion zone towards the fusion boundary, micro hardness increases from 181.46 VHN for high heat input, 193.76 VHN and 242.95 VHN for high heat input welded joint around HAZ region.

Table 4. Micro hardness values at different weld regions.

Weld region	Low heat input	Medium heat input	High heat input
Weld pool	207.30	194.37	181.46
HAZ	229/10	208.42	193,76
Base metal	242.93	242.93	242.95

The steep rises in the micro hardness with the average values of weld pool, HAZ and base metal are 194.37 VHN, 210.43 VHN and 242.94 VHN respectively at low, medium and high heat input (see figure 6). High hardness in the fusion boundary zone (FBZ) in all the joints can be attributable to the presence of partially unmelted grains at the fusion boundary which are partially adopted as nuclei by the new precipitating phase of the weld metal during the solidification stage. After reaching this peak value, micro hardness shows a decreasing trend in the HAZ. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ (CGHAZ) which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was well grained HAZ (FGHAZ) which provide high hardness. The reason for this trend of micro hardness in the HAZ of all the joints is that the area adjacent to the weld/fusion zone experiences relatively slow cooling rate and hence has coarse grained microstructure, whereas the area adjoining the base metal

undergoes high cooling rate due to steeper thermal gradients and consequently has well grained microstructure. It is evident from the trend depicted by the micro hardness profile within the HAZ of each of these joints. In general, it is observed from these micro hardness studies that hardness follows an increasing trend in the order of weld metal, HAZ, unaffected base metal and fusion boundary for all the joints made at different heat inputs. It is also found that there is a significant grain coarsening in the HAZs of all the joints.

4.3 Microstructure of TIG welding:

From figures 7, 8 and 9, it is clearly seen that the heat input increases the depth of penetration increases along with the height of reinforcement. There is no effect on the weld width due to increase in heat input. Full penetration welds were obtained in all the three combinations of heat input (75A, 100A, 125A). As indicated by these values, it is found that heat input increases the fusion areas of the joints proportionately. The same trend is followed by the HAZ area associated with each of these joints and fusion zone and HAZ area also maximizes when the heat input is increased. Optical micrographs show the microstructures of weld zone, fusion boundary and HAZ for different heat input combinations (see figures 7,8 and 9).

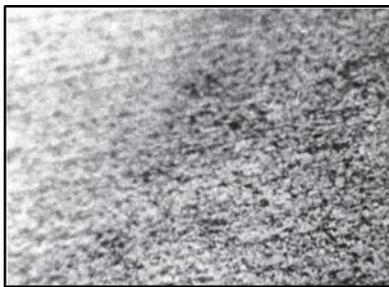


Figure7: Optical micrograph of TIG welding at low heat input (100x).

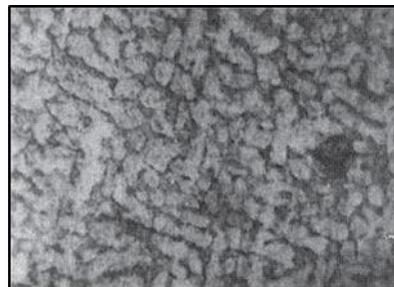


Figure8: Optical micrograph of TIG welding at medium heat input(100x)



Figure9: Optical micrograph of TIG welding at high heat input (100 x).

4.4. Micro-hardness of TIG welding for austenitic stainless steel type 304.

Micro hardness measurements were taken in the transverse direction i.e. perpendicular to the base plate surface, plate surface and the same are shown in figure 10. Figure 10 also shows that the micro hardness near the top of the weld bead surface is high and, as the center of the fusion/weld zone is approached by the indenter, it gradually reduces due to the fact that cooling rate is relatively higher at the top of the weld bead surface than at the center of the weld metal. From table 5, it is observed that as the indenter traverses outwards (parallel to the base plate surface) from the center of the weld/fusion zone towards the fusion boundary, micro hardness increases from 217.40 VHN at low heat input, 204.27 VHN at medium heat and 191.46 VHN at high heat input welded joint around HAZ region.

Table 5: Micro hardness values at different weld regions.

Weld region	Low heat input	Medium heat input	High heat input
Weld pool	217.40	204.27	191.46
HAZ	239.35	238.36	203,76
Base metal	256.85	256.85	256.85

The steep rises in the micro hardness with value of 191.46 VHN for high heat input at weld pool, 239.35 VHN for HAZ and 256.85 VHN for base metal respectively. High hardness as possessed by the fusion boundary zone (FBZ) in all the joints can be attributed to the presence of partially un-melted grains at the fusion boundary which are partially adopted as nuclei by the new precipitating phase of the weld metal during the solidification stage. After reaching this peak value micro hardness shows a decreasing trend in the HAZ. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ (CGHAZ) which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was well grained HAZ (FGHAZ) which possessed high hardness. The reason for this trend of micro hardness in the HAZ of all the joints is that the area adjacent to the weld/fusion zone experiences relatively slow cooling rate and hence has coarse grained microstructure, whereas the area adjoining the base metal undergoes high cooling rate due to steeper thermal gradients and consequently has well grained microstructure. This is evident from the trend depicted by the micro hardness profile within the HAZ of each of these joints. In general, it is observed from these micro hardness studies that hardness follows an increasing trend in the order of weld metal, HAZ, unaffected base metal and fusion boundary for all the joints made at different heat inputs. It is also observed that there is significant grain coarsening in the HAZs of all the joints. Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input as shown in figure 7, 8 and 9.

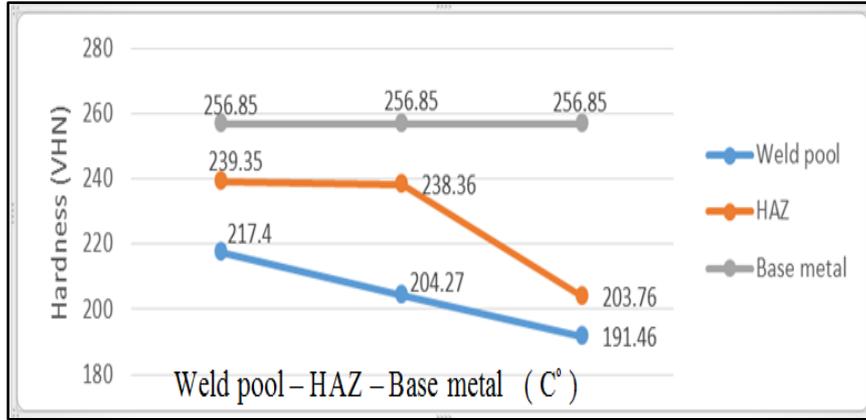


Figure 10: Micro hardness along weld pool, HAZ and base metal at different heat input.

Conclusions:-

It is concluded from the results of this experimental study that in a fusion boundary, there is a steep rise in the micro hardness with value of 191.64 VHN, 203.76VHN and 256.85 VHN at high heat input respectively. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was fine grained HAZ which possessed high hardness. It is also observed that there is a significant grain coarsening in the HAZs of all the joints. Further, it is found from the optical micrographs that the extent of grain coarsening in the HAZ goes up when the heat input is increased. The tensile strength of austenitic stainless steel decreases when welding parameters are increased because during low heat input conditions, the width of HAZ is very small around the fusion zone. This process changes with higher heat input. Micro-structural details of the weld metal, in terms of dendrite size and cell spacing, demonstrates that high the

tensile strength and ductility is possessed by the joints at low heat input, which would be attributable to smaller dendrite sizes and lesser inter dendritic spacing in the fusion zone.

References.

- [1] Jun Yan, Ming Gao, Xia oyan Zeng, (2010), “Study on microstructure and mechanical properties of 304 stainless steel joints by TIG, laser and laser-TIG hybrid welding”, China, Elsevier Journal of Optics and Lasers in Engineering 48 512–517.
- [2] Pankaj Biswas, N.R. Mandal, Parameswaran Vasu, Shrishail B. Padasalag, (2011), “A study on port plug distortion caused by narrow gap combined GTAW and SMAW and Electron Beam Welding”, India, Elsevier Journal of Fusion Engineering and Design 86 99–105.
- [3] Andrés R. Galvis, W. Hormaza, (2011), “Characterization of failure modes for different welding processes of AISI/SAE 304 stainless steels”, Colombia, Elsevier Journal of Engineering Failure Analysis 18 1791–1799.
- [4] M. Sharifitabar , A. Halvae b, S. Khorshahian, (2011), “Microstructure and mechanical properties of resistance upset butt welded 304 austenitic stainless steel joints”, Iran, Elsevier Journal of Materials and Design 32 3854–3864.
- [5] G. Lothongkum, E. Viyanit, P. Bhandhubanyong, (2001), “Study on the effects of pulsed TIG welding parameters on delta-ferrite content, shape factor and bead quality in orbital welding of AISI 316L stainless steel plate”, Thailand, Elseier Journal of Materials Processing Technology 110 233 to 238.
- [6] B-W. Cha and S-J. Na, (2003), “A Study on the Relationship between Welding Conditions and Residual Stress of Resistance Spot Welded 304-Type Stainless Steels”, China, Elsevier Journal of Manufacturing Systems Vol. 22/No. 31.

- [7] Ahmet Durgutlu, (2004), “Experimental investigation of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas on TIG welding of austenitic stainless steel”, Turkey, Elsevier journal of Materials
- [8] D.G. Karalis, V.J. Papazoglou, D.I. Pantelis, (2009), “Mechanical response of thin SMAW arc welded structures: Experimental and numerical investigation”, Greece, Elsevier Journal of Theoretical and Applied Fracture Mechanics 51 8794.
- [9] Q.Wang , D.L.Sun, Y.Na, Y.Zhou, X.L.Han J. Wang, (2011), “Effects of TIG Welding Parameters on Morphology and Mechanical Properties of Welded Joint of Ni-base Superalloy”, China, Elsevier Journal of Procedia Engineering 10 3741.
- [10] Woo-Gon Kim , Jae-Young Park , Hyeong-Yeon Lee , Sung-Deok Hong , Yong-Wan Kim , Seon-Jin Kim, (2013), Time-dependent crack growth behavior for a SMAW weldment of Gr. 91 steel”, Korea, Elsevier International Journal of Pressure Vessels and Piping 110 66–71.

Finite Element Simulation of Forward Extrusion of Copper produced by Equal Channel Angular Pressing

www.doi.org/10.62341/NALE10024

Ahmed.S.M.Agena

University of Zawia- Libya

Ah.agena@zu.edu.ly

Abstract

In this paper, a simulation study of the forward extrusion process of three types of copper metal produced from the ECAP process was studied. A rolling operation was conducted on two of them, and they are as follows:

- 1- A commercial high purity Cu (99.99%) rod of 10 mm in diameter was processed using the equal channel angular pressing (ECAP) method. This metal was named as (ECAP – Cu).
- 2- ECAP Cu subjected to a 1180 % cold rolling at the liquid nitrogen temperature (LNT). This metal was named as (ECAP Cu + 1200-LNT).
- 3- ECAP Cu subjected to a 1340 % cold rolling at the liquid nitrogen temperature (LNT), and this metal was named as (ECAP Cu + 1350-LNT).

The true stress true strain of the three metals were calculated and entered into the simulation program to calculate: extrusion load, flow stress and equivalent strain for the three metals when extruded into dies with extrusion channels having lengths of 3 mm, 6 mm, and 9 mm. With a proven percentage of reducing in the extrusion process from a diameter of 16 mm to a diameter of 10 mm.

From practical experiments conducted on copper metal, it was noted that:

- Its mechanical properties have changed and it has a high strength, as well as the amount of yield stress has increased

- The greater the percentage of shortening in the rolling process, the greater the yield stress.
- From the simulation process, it was found that the values of the extrusion load, the equivalent strain, and the flow stress have changed and increased

Keywords: Copper, ECAP Process, Forward Extrusion, Flow stress, Effective Strain

محاكاة لعملية بثق أمامي لمعدن النحاس تم إنتاجه بواسطة عملية الايكاب

احمد الصغير المهدي جاب الله عجيبة
جامعة الزاوية

الملخص

تم في هذه الورقة دراسة لعملية محاكاة لعملية بثق أمامي لثلاثة أنواع من معدن النحاس تم انتاجهم من عملية الايكاب. وأجريت على اثنين منهم عملية درفلة وهم كالتالي:
1- معدن نحاس نقي تم اجراء عملية الايكاب عليه وأعطى له الرمز (ECAP - Cu).

2- معدن النحاس النقي تم اجراء عملية الايكاب عليه ثم عملية درفلة بنسبة 1180%

وأعطى له الرمز (ECAP Cu + 1200-LNT).

3- معدن النحاس النقي تم اجراء عملية الايكاب عليه ثم عملية درفلة بنسبة 1340%،

وأعطى له الرمز (Cu - ECAP + R1350).

وتم حساب الاجهاد الحقيقي و الانفعال الحقيقي للمعادن الثلاثة وتم ادخالها الى برنامج المحاكاة لحساب كلا من: حمل البثق ، اجهاد الانسياب و الانفعال المكافئ للمعادن

الثلاثة عند بثقها داخل قوالب بها قنوات بثق لها اطوال 3 ملم، 6 ملم، و 9 ملم. مع ثبوت نسبة الاختصار في عملية البثق من قطر 16 ملم الى قطر 10 ملم. من التجارب العملية التي أجريت على معدن النحاس تبين التالي: ان خواصه الميكانيكية قد تغيرت وأصبحت له متانة عالية وكذلك زاد مقدار اجهاد الخضوع. وكلما زادت نسبة الاختصار في عملية الدرفلة زاد اجهاد الخضوع. من عملية المحاكاة تبين لنا ان قيم حمل البثق وإجهاد الانسياب الانفعال المكافئ قد تغيرت وزادت

1. Introduction

Nanostructured materials (NS) (sometimes called nanocrystalline materials NC) reportedly exhibit unique microstructures and enhanced mechanical performance [1,2]. Although nanomaterials are defined as those materials in which the grain sizes are between 100 - 300 nanometers. Because studies and research on these materials (nanostructured materials) are still in their infancy and are not completely covered, a large number of scientists and engineers have rushed to conduct many scientific studies to clarify their physical and mechanical properties and their deformation behavior. Such information can be obtained from tensile testing which require large enough bulk specimens with full density. In the past few years, attention has been paid to studying its properties and methods of production some of the most important methods to produce the nanostructured materials is what is known as severe plastic deformation (SPD) [3]. The Equal Channel Angular Pressing (ECAP) is a one of methods that produce bulk materials with ultra-fine grained structure [4]. This this technique (ECAP) is a processing procedure whereby an intense plastic strain is imposed upon a polycrystalline sample by pressing the sample through a special die[5]. (See figure.1)

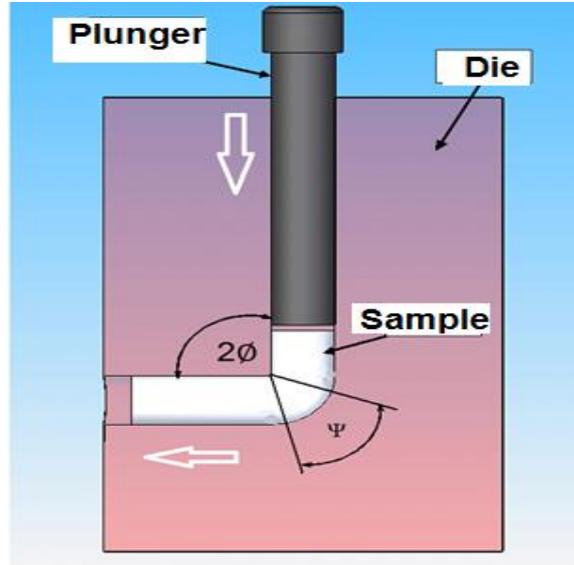


Fig.1. ECAP Die

Despite the simple design of ECAP tool, the homogeneity of material flow, needed pressure and resulting strains are strongly influenced by a number of process parameters like tool geometry, external friction, rheology of extruded material etc. Several types of metals have been used in this technique such as aluminum [6], copper [7] and titanium [8] alloys to obtain metals with a crystalline structure with a grain size of nanoscale. The results showed a noticeable improvement in the mechanical properties,

1.1.ECAP of Copper

The ECAP process on copper metal has been performed in several studies. One of these studies was an analytical study conducted to study copper behavior during the ECAP process [9]. This study showed that the mechanical properties of the copper metal produced by the process is highly dependent on the geometry of the extrusion channels in the ECAP die, and deformation along the die during pressing is inhomogeneous for various channel angles under different hydrostatic pressure conditions. Total displacement of

sample during pressing decreases with increases with channel angle. In another study, the influence of the outer angle, friction conditions and deformation dead zone (DDZ) on inhomogeneous behavior during the ECAP process was investigated by a grid experiment and finite element analysis. The study showed that for a given strain-hardening metal, shear deformation is not obviously found near the inner and outer surface of the die inlet. The larger the outer angle, the smaller the DDZ area. It is concluded that the origin of inhomogeneous behavior is the die geometry, namely, the inner angle and the outer angle [10].

In other study, A commercial high purity Cu ~99.99%! 10 mm in diameter was processed using (ECAP) method (eight passes - route Bc) the ECAP Cu reached an average grain size of the order of 300 nm. To further refine the microstructure, they subjected the ECAP Cu to additional plastic deformation by cold rolling at the Liquid Nitrogen Temperature (LNT). Tensile testing was performed on the ECAP Cu with dimensions of 1 mm× 1.6 mm cross section, and a gauge length of 7.5 mm, for tensile tests at an initial quasi-static strain rate of $1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$. The engineering stress-strain curve is shown in Fig. 2.[11]. They report that a coexisting high strength and tensile ductility (large elongation to failure and ductile fracture).

In this study, the existing engineering stress and strain values shown in the previous curve (Fig. 2.) after re-drawing were used to perform a simulation process for the direct extrusion (forward extrusion) process of the previous three types of copper metal.

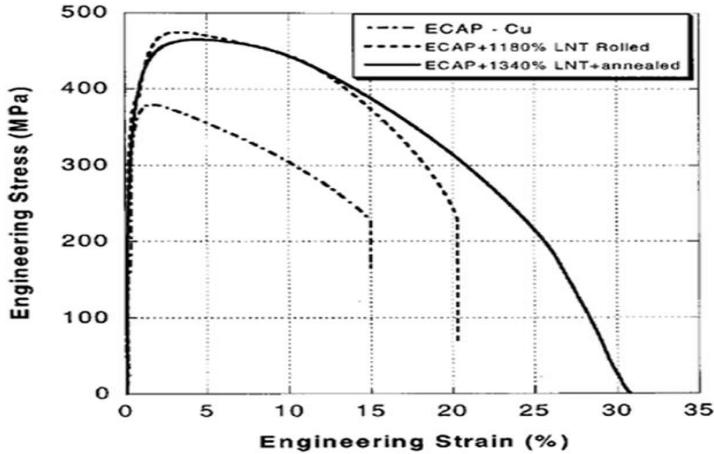


Fig. 2. Tensile engineering stress-strain curves for three Cu samples: as received ECAP Cu, after additional LNT rolling to 1180%, and after LNT rolling to 1340% plus annealing at 100 °C for 2 h [11]

1.2. Forward extrusion of nanostructured materials

When metal is extruded, it is compressed above its elastic limit in a chamber and is forced to flow through and take on the shape of an opening. Metal is extruded in a number of basic ways as depicted in Fig. 3. [12].

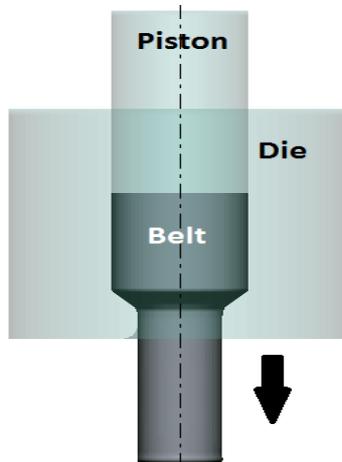


Fig.3. Forward extrusion process

The metal is normally compressed by a ram and may be pushed forward or backward and the products may be solid or hollow.

Direct (forward) extrusion is similar to forcing the paste through the opening of toothpaste tube. The billet slides relatively to the container wall, the wall friction increases and the ram force is considerably.

In previous work[13], the forward extrusion process is applied on nanostructured aluminum Al-6082 Material, three types of dies were used, these dies have same initial (inlet) diameter [D = 15 mm] but different exit diameters [d = 6, 8 and 10 mm] with profile angle ($\theta = 30$). The load-displacement curves which obtained from the experiments are plotted for the three type of dies in the same conditions. The experimental results show that the pass 8 (route C) has the maximum value of extrusion loads and high value of hardness.

2. Experimental procedure.

2.1. Material and specimens

In this study, belts of three types of copper metal were used, as follows:

A commercial high purity Cu (99.99%) rod of 10 mm in diameter was processed using the equal channel angular pressing (ECAP) method. This metal was named as (ECAP – Cu).

ECAP Cu subjected to a 1180 % cold rolling at the liquid nitrogen temperature (LNT). This metal was named as (ECAP Cu + 1200-LNT).

ECAP Cu subjected to a 1340 % cold rolling at the liquid nitrogen temperature (LNT), and this metal was named as (ECAP Cu + 1350-LNT).

Some data of these materials were taken from a previous study (reference number 11), and true stress and true strain values were calculated, using the following relationships (equations).

$$\sigma_t = \sigma_e \times (\epsilon_e + 1) \quad (1)$$

$$\epsilon_t = \ln(\epsilon_e + 1) \quad (2)$$

Where: σ_t is the true stress, σ_e is engineering stress, ϵ_e is engineering strain, and ϵ_t is true strain.
After performing the calculations using the previous equations, the values of true stress and true strain were obtained, and the curve was drawn as shown in figure 4.

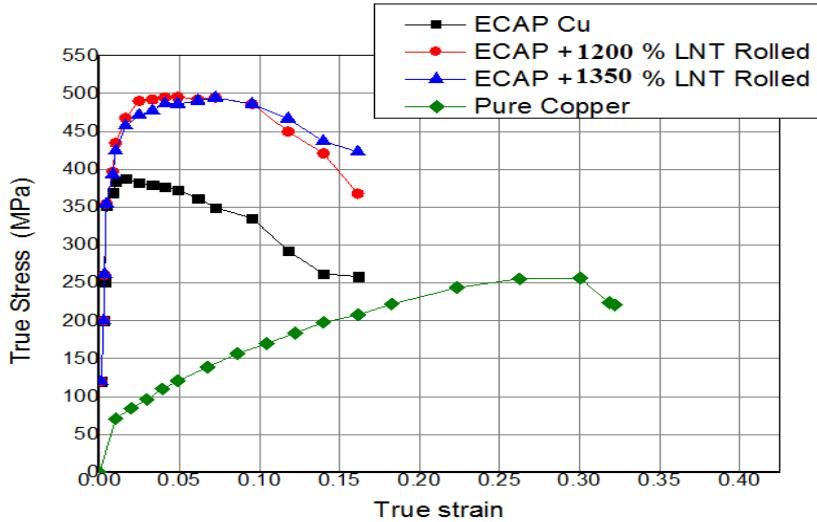


Fig.4. True stress and true strain curves for three Cu samples: as received ECAP Cu, after additional LNT rolling to 1180%, and after LNT rolling to 1340% in addition to pure Cu.

2.2. Finite element Simulation for forward extrusion of ECAP of Copper

In this work, the finite element method is applied to simulate the forward extrusion processes of ECAP Cu. Three types of dies were used, which were similar in their geometric dimensions, but differed in the length of the extrusion channel (L), as shown in the figure 5, the lengths of this channel (L) were 3, 6 and 9 mm. The required data have been entered into the simulation program, such as flow stress, melting temperature, yield stress, and others, so that the program performs the simulation and computes the values of flow stress, load and equivalent strain.

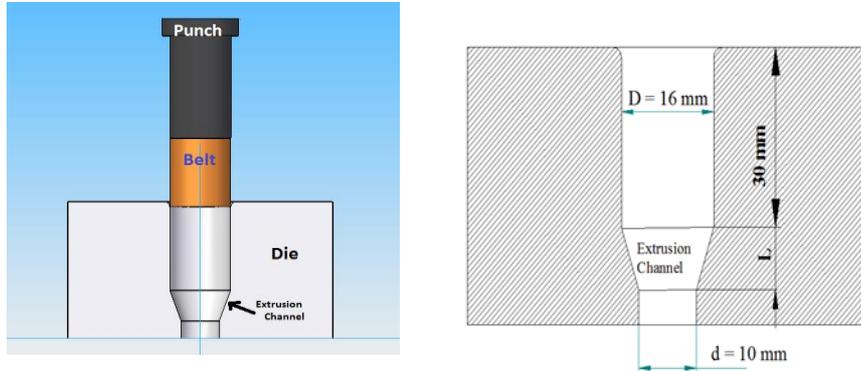


Fig.5. Forward Extrusion Equipment And its dimensions

Simulations were performed for each type of copper metal using the three types of dies. The processes were applied with coefficient of friction of ($\mu = 0.05$) at room temperature, Each of the load, flow stress and effective strain values for all types of Cu with all types of dies were obtained.

3. Results and Discussion

In the simulation process, direct extrusion was carried out using the three dies of the three metals. Where the simulation was performed for each metal using different dies, then, the values of the load, equivalent strain and flow stress for each case were obtained at a specific tracked point that was chosen for its position in the center of the sample as shown in the figure 6.

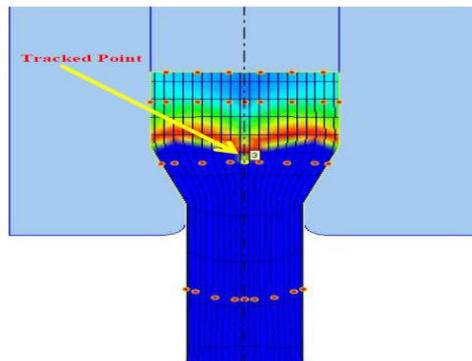


Fig.6. A specific tracked point

3.1. Load – Time Data

The load curves as a function of time were obtained from the simulation processes for each materials when the extrusion processes were carried out using the three types of dies (dies with channels of different length).

The curves showed that the highest value of the load was in the case of extrusion of the ECAP Cu subjected to a 1340 % cold rolling metal (**Cu - ECAP + R1350**) into the die that contains the extrusion channel of 3mm length. The load is about 0.126 KN, and the lowest value of extrusion load was when extruding the ECAP of high purity Cu metal (**Cu – ECAP**) into the die that has a channel of 3mm length. as shown in the figures (7). This is because the (**Cu - ECAP + R1350**) metal has the highest value of the yield stress.. Also, because the cone angle of the channel with a length of 3 mm is greater, this causes greater resistance to the flow of the metal and thus requires greater extrusion load.

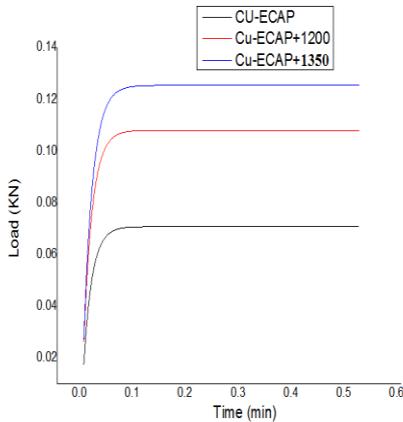


Fig. 7-a. curves of load-time when using 3 mm extrusion channel

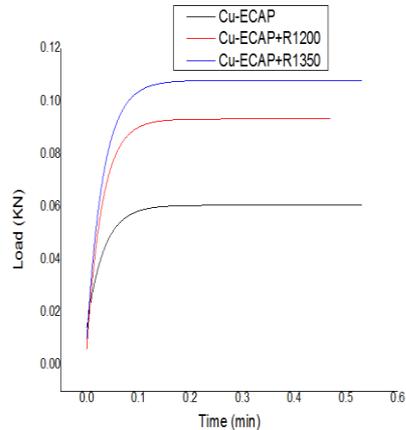


Fig. 7-b. curves of load-time when using 6 mm extrusion channel

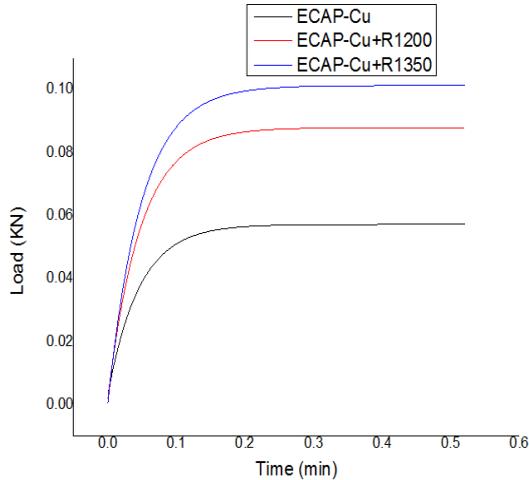


Fig. 7-b. curves of load-time when using 9 mm extrusion channel

3.2.Flow stress at tracked point

The flow stress curves as a function of time also were obtained from the simulation processes for the three materials when extrusion processes were carried out using the three types of dies (dies with channels of different length).

From the simulation process, It noted that the area in contact with the piston has the highest value of the flow stress (red zone), and then its shape becomes in the form of the letter “M” in the English language as the metal approaches the extrusion channel. (See the figures. 8.9 and 10).

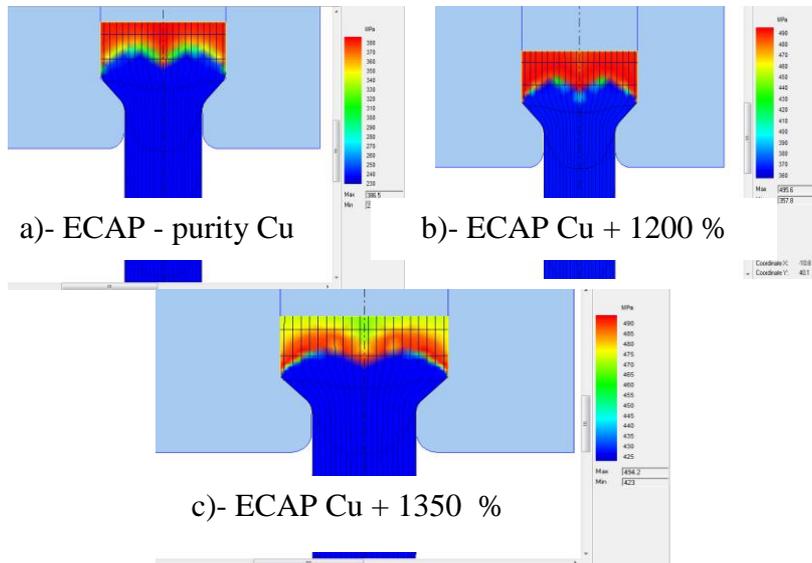


Fig.8. Flow stress simulation diagram when using 3 mm extrusion channel for three types of materials

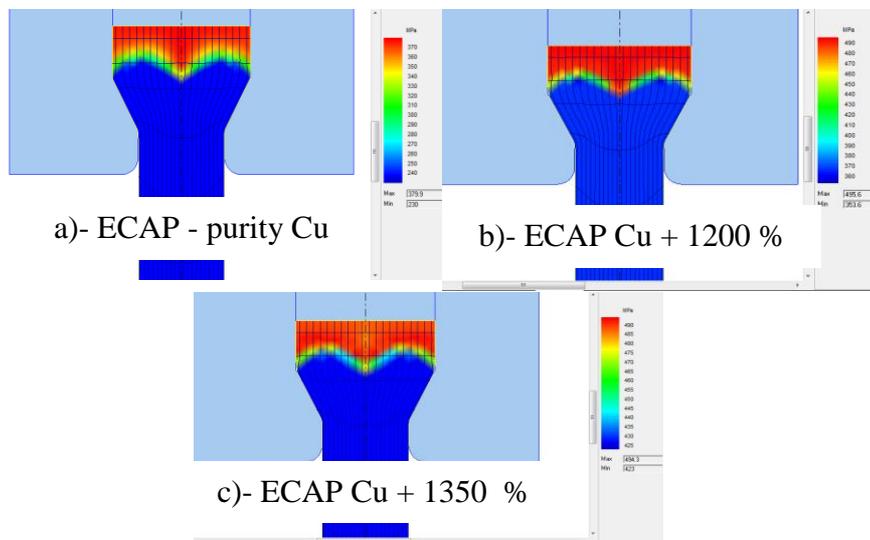


Fig.9. Flow stress simulation diagram when using 6 mm extrusion channel for three types of materials

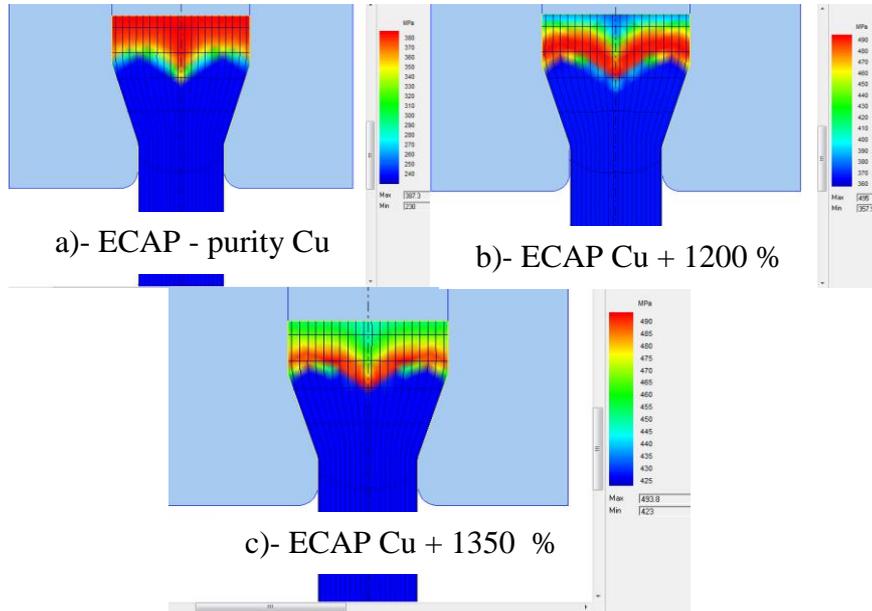


Fig.10.Flow stress simulation diagram when using 9 mm extrusion channel for three types of materials

On the other hand, it was noted that there is a fluctuation in the stress values at the beginning of the extrusion process and this is evident in the case of using the die that has a channel length of 9 mm. Then it settles at a certain amount, where the highest value of the flow stress was in the case of metal ECAP Cu subjected to a 1200 % cold rolling (**Cu - ECAP + R1200**) when using dies of 3 and 6 channel length. The highest flow stress value was about 490 MPa, and the lowest value was when extruding the ECAP of high purity Cu (**Cu – ECAP**) metal into the die that has a channel length of 9 mm, as shown in the figures (11).

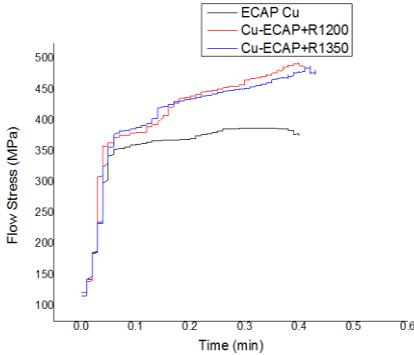


Fig. 11-a. Flow stress curves when using 3 mm extrusion channel

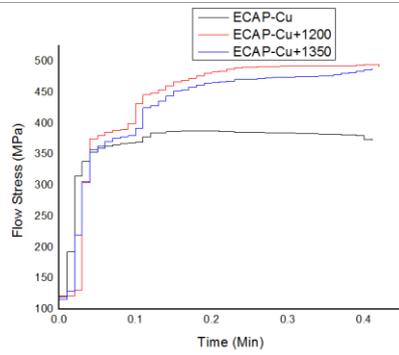


Fig. 11-b. Flow stress curves when using 6 mm extrusion channel

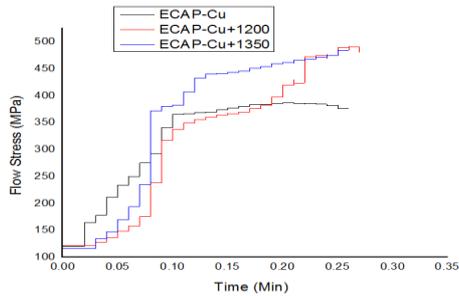


Fig. 11-b. Flow stress curves when using 9 mm extrusion channel

3.3. Effective strain at tracked point

In the same way, the effective strain data was obtained for the three materials when extrusion processes were carried out using the three types of dies (dies with channels of different length).

From the simulation process, it was noted that the highest value of the effective strain was concentrated in the Surrounding peripheral region of the metal coming out of the extrusion die (orange zone), While the amount of effective strain is medium in the middle of the outgoing metal. This is observed when the metal is extruded using a dies that contains a channel length of 3 mm and 6 mm (See the figures. 12.13). But when using the die that contains the channel with a length of 9 mm, the highest effective strain is concentrated in

whole parts of the metal coming out of the die, as shown in the figure (14).

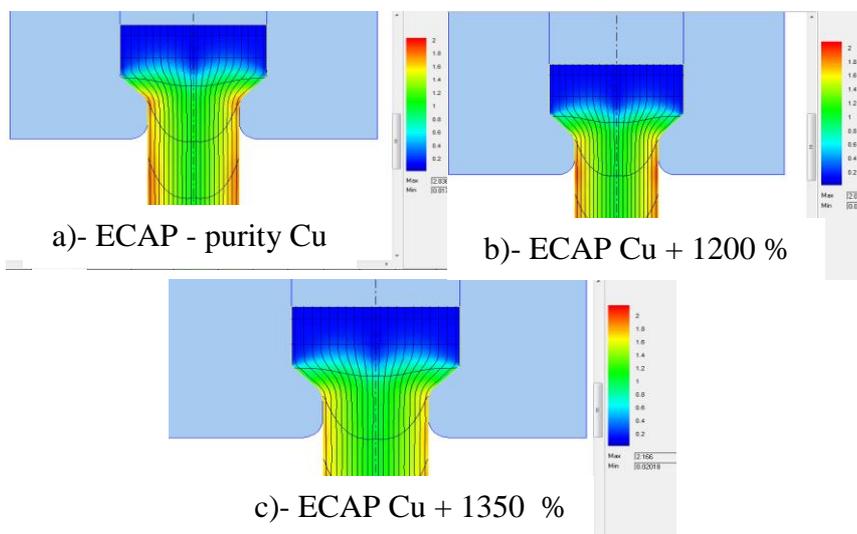


Fig. 12. Effective strain simulation diagram when using 3 mm extrusion channel for three types of materials

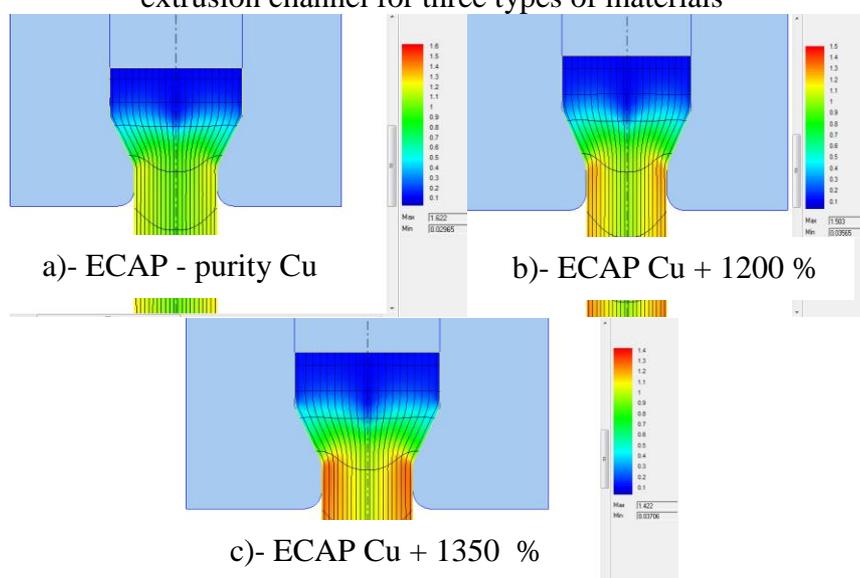


Fig. 13. Effective strain simulation diagram when using 6 mm extrusion channel for three types of materials

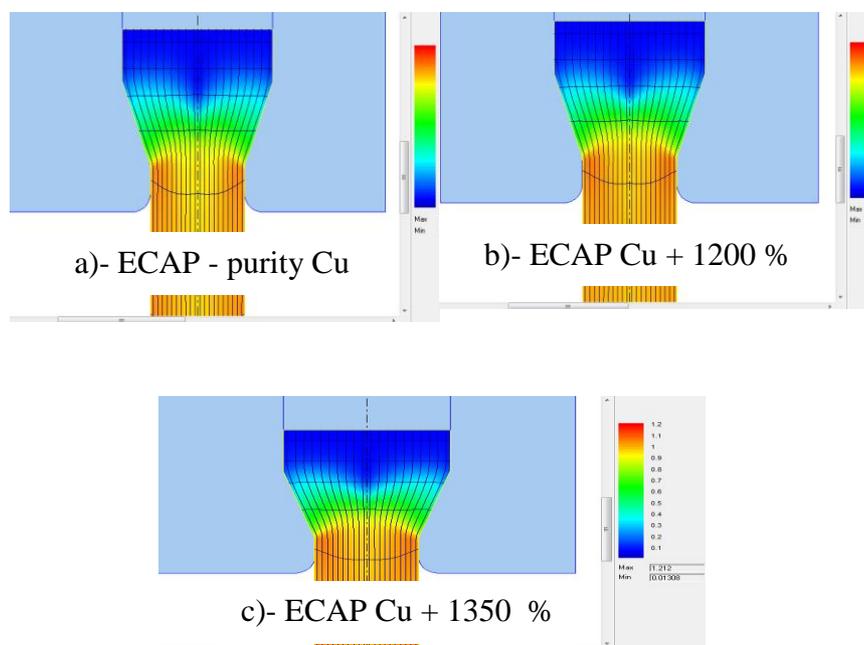


Fig.14. Effective strain simulation diagram when using 9 mm extrusion channel for three types of materials

The results showed that the highest value of the effective strain was in the case of extrusion of the ECAP Cu subjected to a 1350 % cold rolling metal (**Cu - ECAP + R1350**) into the die that contains the extrusion channel of 3mm length, the effective strain in this case was about 1.84 . But when using the die that contains the channel length 6 mm, the highest value of the effective strain was when the ECAP Cu subjected to a 1200 % cold rolling metal was extruded. the effective strain in this case was about 1.25. While when using the die that contains the channel with a length of 9 mm, the highest value of the effective strain was when the ECAP of high purity Cu (**Cu – ECAP**) metal was extruded. the effective strain in this case was about 1.08. As shown in the figures (15-a,b and c).

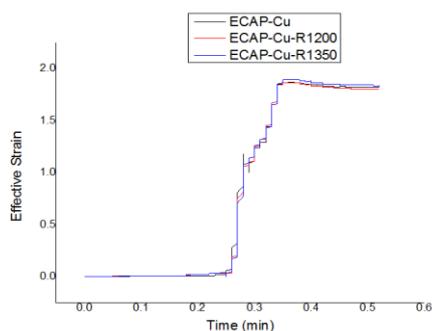


Fig. 15-a. Effective strain curves when using 3 mm extrusion channel

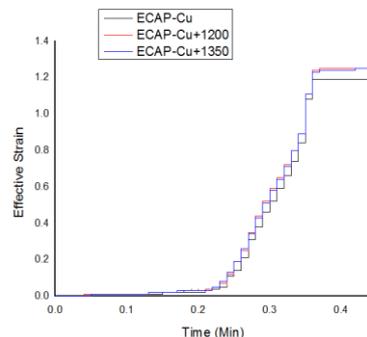


Fig. 15-b. Effective strain curves when using 6 mm extrusion channel

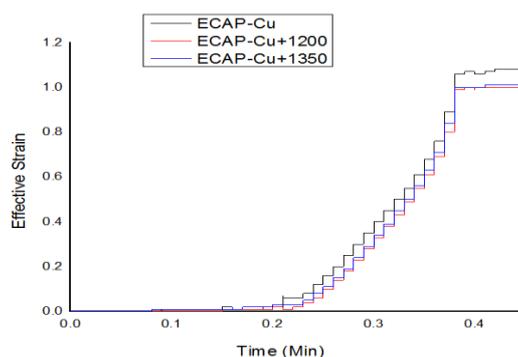


Fig. 15-c. Effective strain curves when using 9 mm extrusion channel

Conclusion

From practical experiments conducted on copper metal, the following was found:

- Its mechanical properties have changed to high strength and the amount of yield stress has increased.
- When The percentage of reducing in the rolling process is increasing, then the yield stress increase too.
- From the simulation process, it was found that the highest value of the extrusion load was when extruding the metal

(Cu - ECAP + R1350) process in the die that has an extrusion channel length of 3 mm and this is due to the large angle of inclination of the channel wall.

- The flow stress values at the beginning of the extrusion process fluctuate and then settle at a certain value.
- The largest value of flow stress was when the metal extrusion process (Cu - ECAP + R1200) was carried out in a dies that had an extrusion channel of 3 mm and 6 mm in length.
- the highest value of the effective strain was in the case of extrusion of the ECAP Cu subjected to a 1350 % cold rolling metal (Cu - ECAP + R1350) into the die that contains the extrusion channel of 3mm length

References

- [1] C. Suryanarayana // *Inter. Mater. Rev.* 40 (1995) 41.
- [2] W. W. Milligan, In: *Comprehensive structural integrity*, ed. by I. Milne, R. O. Ritchie, and B. Karihaloo (Elsevier Pergamon, 2003, Vol. 8) p. 529.
- [3] R.Z. Valiev*, R.K. Islamgaliev, I.V. Alexandrov, Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation. *Progress in Materials Science* 45 (2000) 103-189.
- [4] Alexander M. Lapteva, Alexander V. Perigb*, Olena Yu. Vyala, Analysis of Equal Channel Angular Extrusion by Upper Bound Method and Rigid Block Model, *Materials Research*. 2014; 17(2): 359-366. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392013005000187>.
- [5] Segal, V. M., Reznikov, V. I., Drobyshevskiy, A. E. and Kopylov, V. I., *Metally*, 1981, 1, 115 (English translation: *Russian Metallurgy*, 1981, 1, 99).

- [6] Ahmed S.M.Agena, A study of flow characteristics of nanostructured Al-6082 alloy produced by ECAP under upsetting test, Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, Issue 2, 19 January 2009, Pages 856-863.
- [7] Sh. Ranjbar Bahadori, S. A. A. Akbari Mousavi, and A. R. Shahab, Microstructure and Mechanical Properties of the Twist Extruded Pure Copper after Rolling, International Journal of Modern Physics: Conference Series Vol. 5 (2012) 359–366.
- [8] Satyam Suwas, B. Beausir, L.S. Toth, J.-J. Fundenberger, G. Gottstein.
"Texture evolution in commercially pure titanium after warm equal channel angular extrusion". Acta Materialia 59 (2011) 1121–1133.
- [9] Raj Mohan R.1, R. Venkatraman & S. Raghuraman, "ANALYSIS ON DEFORMATION BEHAVIOUR FOR PURE COPPER PROCESSED THROUGH EQUAL CHANNEL ANGULAR PRESSING DIE", IJRRAS 12 (3) p: 477- 480. . September 2012.
- [10] Wei Wei , A.V. Nagasekhar, Guang Chen, Yip Tick-Hon, Kun Xia Wei, " Origin of inhomogenous behavior during equal channel angular pressing" Scripta Materialia 54 (2006) 1865–1869.
- [11] Y. M. Wang and E. Ma, M. W. Chen. " Enhanced tensile ductility and toughness in nanostructured Cu", APPLIED PHYSICS LETTERS, VOLUME 80, NUMBER 13 1 APRIL 2002. Pp:2395-2397.

- [12] L. E Doyle et al, "Manufacturing Processes and Materials for Engineers" Ch. 12, pp.266-271. 2nd edition, Prentice-Hall inc USA, 1969.
- [13] "**Forward Extrusion of Tube from Ultra-fine Grained Material**" PhD. Dissertation" Prepared by Ahmed.S.M.Agena, Under Supervising: Dr. György Krállics,. Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Material science and Engineering. September 2008

Investigate the Noise Pollution Effect on the Operators of Al-Zawiah Electrical Power Station

Abdulhamid. A. Alsanousi¹ Mohamed Altaher² I. B. AlArabi³
M. A. Almadani⁴ K. F. Alhauwari⁵

General Electrical Company¹, The Libyan High Technical Center for
Training and Production², University of Sebha³⁻⁴, Univercity of Zawia⁵

hmidalogmanai@gmail.com, Mohamed.altaher@tpc.ly
ibr.bakari@sebhou.edu.ly, Moh.brahim@sebhou.edu.ly
Alhauwari@gmail.com

الملخص:

للضوضاء تأثير مباشر على صحة الإنسان مثل اضطراب النوم وقلة التركيز، زيادة نبضات القلب، ونقص قدرة السمع بالإضافة الى امراض أخرى تتعلق بالجهاز العصبي للإنسان.

الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير الضوضاء على مشغلي محطة توليد الكهرباء بالزاوية. تم تقسيم المحطة الى 6 مواقع تم اختيار المواقع بناء على تعليمات الادارة علي الاماكن الاكثر ضوضاء وكذلك التي تحتاج الي اخذ قراءات و كشف دوري. وقياس شدة الضوضاء في هذه المواقع لمدة 5 أيام عمل فعلي متوالية. بناء على نتائج القياسات المتحصل عليها وبمقارنتها مع بمقياس الضوضاء (أو أس أتش أيه) تبين لدينا أن درجة الضوضاء في المحطة تختلف من موقع الى آخر وعليه تم تقسيم المحطة الى اربع مناطق بناء على درجة الضوضاء والمدة الزمنية المسموح بها للعمل في هذه المناطق. يحتوي هذا البحث على توصيات هامة يجب اتباعها لتفادي تأثير الضوضاء على مشغلي محطة توليد الكهرباء بالزاوية.

Abstract:

Noise is an unwanted or damaging sound that may damage a human hearing and may causes other health effects such as stress,

hypersensitivity to noise, increasing in blood pressure and increasing heart rate. It can also interfere with communication at work, which could lead to accidents. These may happened due to effects to the performance of working people at many industrial locations, such as a power stations.

The present study was investigated the effect on noise of Al-Zawiah Electric Power Station (Libya) on the workers during one shift. The selected study cases were six locations by co-coordinating with the management of power station, which expected to have high level of sound pressure during the operation and maintenance. This location has been rotten inspection or taken reading rotten. The experimental activities were done by an appropriate equipment which recommended by Occupational Safety and Health Administration (OSHA). According to the results, the power station divided into different safety regions by comparing the noise readings with OSHA standard, they are save slightly save and un-save regions.

Keywords: (Noise, Electric Power Station, Human hearing safety, OSHA Standard).

1. Introduction

1.1. General

the perceptual analysis of sounds that the complex pattern of sound waves may be classified as “Gestalts” and labeled noise, music, speech, etc. From a physical point of view there is no difference between the concepts sound and noise, although it is an important distinction for the human listener Noise is a class of sounds that are considered as unwanted. In some situations, but not always, noise may adversely affect the health and wellbeing of individuals or populations. Since long agreed among experts, it is not possible to define noise exclusively on the basis of physical parameters of sound. Instead, it is common practice to define noise operationally as audible acoustic energy that adversely affects, or

may affect, the physiological and psychological wellbeing of people [1].

Noise is one of the most common pollutants. It is often ignored because it is Colorless, Odorless, and tasteless. And yet it can have negative effects on human well-being [2]. The normal range of hearing for a healthy young person is from approximately 20 Hz (Hertz) to 20,000 Hz (20 kHz). Human ears are more sensitive to the middle frequencies, which range from 500 Hz to 4000 Hz - the speech frequencies [3].

1.2. Types of Noise

Continuous Noise: is produced by machinery that operates continuously, such as, gas turbine and pumps [4].

Intermittent Noise: is when machinery operates in cycles. Regular or Irregular period operate and difference in noise level such as pump operate on time to time when pressure has been dropping the system. [4].

Impulsive Noise: is the noise from impacts or explosion such as safety valve on high pressure pipe transmitting [4].

1.3. Tones in Noise

Annoying tones as mosquito sound or same thing like this, such as motors, gearboxes and fans or pumps often create tones. Because has been Unbalance or high vibration.[5]

2. Literature Review

2.1. Physics of Noise (Sound)

As sound energy travels through the air, it creates a sound wave that exerts pressure on receivers such as an ear drum or microphone. Sound pressure is typically measured in microPascal (μPa) and converted to a sound pressure level in decibels (dB) for reporting purposes. The decibel scale is a logarithmic scale relative to the human threshold of hearing. Sound pressure level is used to determine loudness, noise exposure, and hazard assessment [4].

2.2. Economic Impact of Noise Pollution

Noise-induced hearing loss is one of the most common occupational injuries, resulting in health problems for many workers and it presents a significant social and economic cost to Libya. The human cost is also high. This includes lost jobs, increased absenteeism, reduced performance, lost opportunities for promotion or other employment and impaired family and social relationships. In addition, if your hearing is damaged it could cause a workplace accident. The first sign of noise-induced hearing loss is often the difficulty to hear high-pitched sounds, such as consonants (e.g. 't', 'd', 's') and the voices of women and children. When more than one person is speaking or there is a background noise, the problem becomes worse. Noise-induced hearing loss occurs gradually over a long period of time and unfortunately, hearing loss is permanent.

3. Noise Level Meter Devices

There are many types of noise level meter device. We will pay attention to a dosimeter level meter because it's the used device in our study. Dosimeters are widely used for monitoring noise in workplace environments where sound levels may be hazardous to hearing. Basically, the dosimeter integrates a weighted function of sound pressure or sound pressure level over a time period to determine noise dose, which is a percentage of permissible exposure criteria [7]. In our study we have been used a dosimeter model number CEL-360 which is shown in figure (1).



Figure 1. Dosimeter model number
CEL-36

4. Standards of Safety Noise

Today, the literature is lacking in terms of deeming a noise prevention program successful. Perhaps the success in the field is the enforcement of prevention programs in workplaces across the nation as determined by organizations such as Organization Safety Health Association (OSHA). This standard was created by the Occupational Safety and Health Act of 1970. It concerns with noise exposures began primarily in the workplace [6].

Table 1. shows the duration (in hours) of allowable exposures based on OSHA criteria, where (PEL) is the Permissible Exposure Limit [8].

(Table1) OSHA PEL standard [6]

Levels in dB A	85	88	90	92	95	97	100	102	105	110	115
OSHA PEL	16:00	10:00	08:00	06:00	04:00	03:00	02:00	1:30	1:00	00:50	00:25 or less

According to data in table (1), permits exposures of 85 dB for 16 hours per day, and uses a 5-dB time-intensity tradeoff: for every 5 dB increase in noise level, the allowable exposure time is reduced by half. For every 5 dB decrease in noise level, the allowable exposure time is doubled. All time/intensity values shown on the OSHA PEL line in table (1). Are assumed to have equal risk to each other, that is, 16 hours at 85 dB carries the same auditory risk as 8 hours at 90 dB, 4 hours at 95 dB, 2 hours at 100 dB, and so on.

5. Research Methodology

5.1. Introduction:

Al- Zawiah Electric power station is one of most important of stations of the General Electric Company in Libya. It's located at north west of Al-Zawiah, about 45 km from Tripoli It consists of

three steam turbine and six gas turbine units with capacity of 1400 MW. The total station manpower is around 296person [7]

5.2. Noise Measurements Steps:

(Step A): Noise Source Classification:

After several visits to the station area and our discussion with the top and middle level management about the source of noise in the station, we have decided to classify the station to six locations (X1, X2, X3, X4, X5, X6) namely as the followings:

X1 location: Low Pressure Feed Pump (STU3):

This pump very important where it provide the steam turbine to low pressure steam, it has been inspection and reading rotten.



Figure 2. X1 location: Low Pressure Feed Pump (STU3).

X2 location: 6 meters away of location X1 (STU3):

This equipment has been reading rotten one of important stage in create steam.



Figure 3. X2 location: 6 meters away of X1 location.

X3 location: Area in between X1 and X2 Locations:

This location has been two important control valves.



Figure 4. X3 location: Area in between X1 and X2 locations.

X4 location: High pressure feed water pump (STU2):

This pump is very important where it provide the steam turbine to high pressure steam. It has been inspection and reading rotten.



Figure 5. X4 location: High pressure feedwater pump (STU2).

X5 location: Fuel forwarding pump unit, (FFPU).

This pump very important where it provide the gas turbine with light fuel. Has been inspection and reading rotten



Figure 6. X5 location: Fuel forwarding pump unit (FFPU).

X6 location: Trust bearing joint between compressor and generator room, (GT14).

This location joint is between compressor and generator room. It has been reading rotten temperature and pressure indicator



Figure 7. X6 location: Trust bearing joint between compressor and generator room, (GT14).

5.3. Tests Procedure:

The noise readings have been taken for the six locations using a device of noise measurement. This procedure has been done for a continued five days. The device has registered the noise minimum and maximum levels for five minutes in each site. In the present work we have compare the maximum levels which have been taken during the five days with the OSHA standard in order to identify the allowed and non - allowed working period time.

6. Results

The following figures show the measurement at each location in the electric power station.

X1 Location

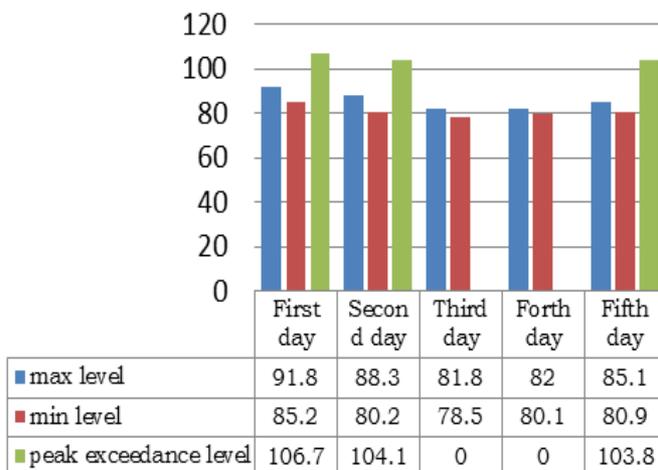


Figure 8. Max, min and peak exceeding level at location X1, STU3

X2 Location

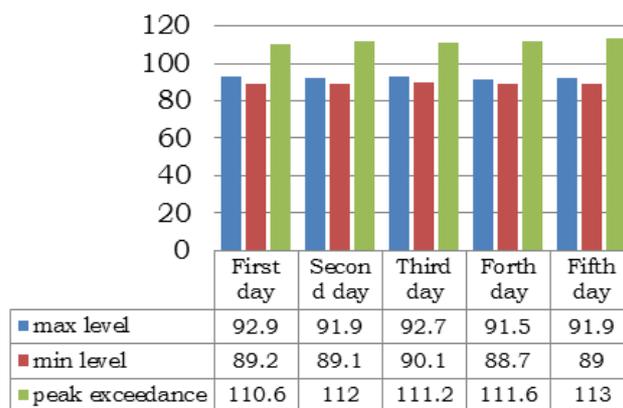


Figure 9. Max, min and peak exceeding level at location X2, STU3

X3 Location

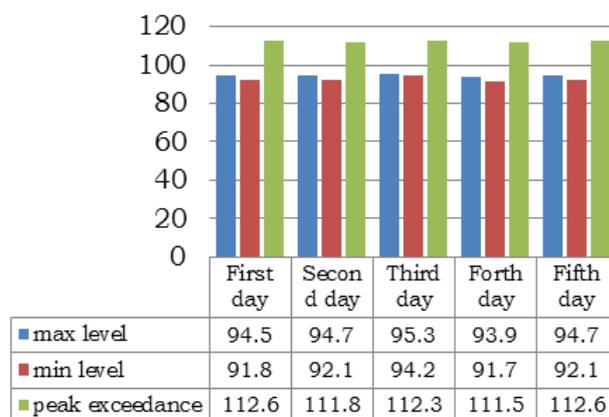


Figure 10. Max, min and peak exceeding level at location X3, STU3

X4 Location

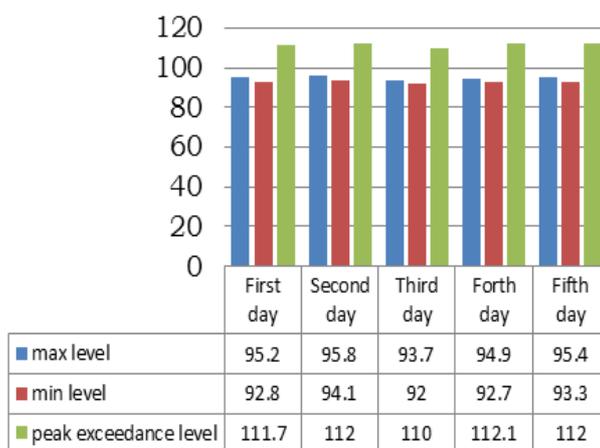


Figure 11. Max, min and peak exceeding level at location X4, STU3



Figure 12. Max, min and peak exceeding level at location X5, STU3

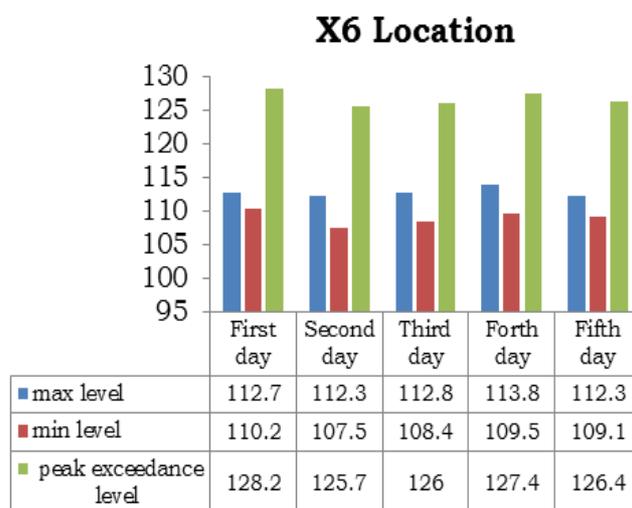


Figure 13. Max, min and peak exceeding level at location X6, STU3

The following Arithmetic mean formula was used to calculate the average of minimum and maximum reading during the five days for each location [8]:
$$X_{mean} = \frac{\text{Thesumofvalues}}{\text{Nmbereofvalues}}$$

Table 2 shows the average of maximum and minimum readings at each location in the electric power station.

Table 2. Average of the maximum and minimum readings for each location in the electric power station.

Location	Average of max. sound level (dB)	Average of min. sound level (dB)
X1	85.80	80.98
X2	92.18	89.22
X3	94.62	92.38
X4	95.00	92.98
X5	102.54	99.72
X6	112.80	108.94

Table 3. Comparing the average of the maximum readings with OSHA criteria, in order to evaluate the Permissible Exposure Limit (PEL)

Location	Average of max. sound level (dB)	PEL (hrs)
X1	85.80	16
X2	92.18	6
X3	94.62	4
X4	95.00	4
X5	102.54	1.3
X6	112.80	0.25

7. Discussion and Analysis

7.1. At X1 location: According to table (4), the average of maximum sound level is lower than 90 dB, thus the workers in this location can work in this location safely.

7.2. At X2 location: the average of maximum sound level is 92.18 dB, and according to OSHA standard, workers in this location must not allow to work in this location more than 06:00 hours.

7.3. At X3 location: the average of maximum sound level is 94.62 dB, and according to OSHA standard, workers in this location must not allow to work in this location more than 04:00 hours proximately.

7.4. At X4 location: the average of maximum sound level is 95.00 dB, and according to OSHA standard, workers in this location must not allow to work in this location more than 04:00 hours.

7.5. At X5 location: the average of maximum sound level is 102. dB, and according to OSHA standard, workers in this location must not allowed to work in this location more than 01:30 hours.

7.6. At X6 location: the average of maximum sound level is 112.80 dB, and according to OSHA standard, workers in this location must not allow to work in this location more than 00:20 hours.

According to the sound level measurements, the electric power station classified to four regions of machinery noise effects on the station workers based on the OSHA standard. These regions are shown on figure (14).

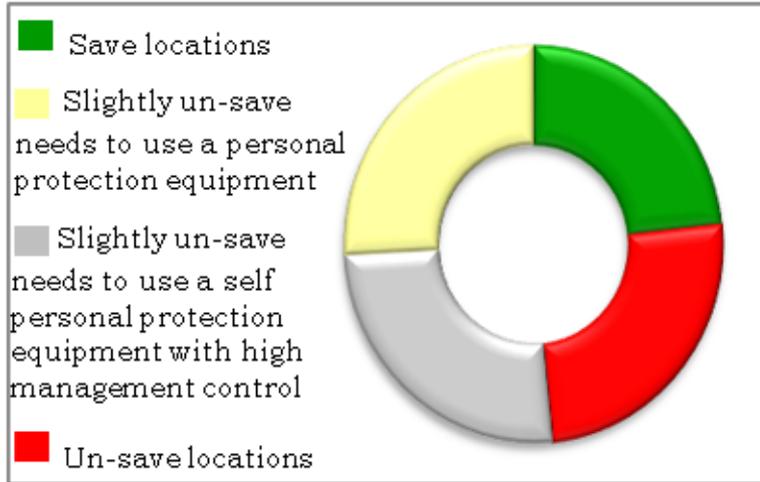


Figure 14. Classification of machinery noise effects on the station workers

8. Conclusions and Recommendations

8.1. Conclusions

Noise hazard is one of the major disturbing factors in human everyday life. It causes annoyance, difficulties in concentration and performing tasks, and hearing impairments. Moreover, the continuous exposure to noise leads to non-auditory health disorder. In order to investigate the effect of machinery noise of Al-Zawiah Electric Power Station on the workers, the station was divided in six different locations, and the maximum and minimum noise measurements were taken at each location during five working days. The locations were chosen, because of their inclusion of high pressure and high temperature gauges, which need to be checked in the daily basis for long time from the work period.

According to the results, the power station divided into different safety regions by comparing the noise readings with OSHA standard, they are Save, slightly save and un-save regions.



8.2. Recommendations

- 1- Educate employees and officials about dangers of noise.
- 2- Awareness courses for operating and maintenance workers in occupational safety and noise hazard are needed, because of the gradually effect of the noise begins with turbulence in sleep fragmentation, lack of focus, an advanced stage of blood pressure and hearing loss may lead to death.
- 3- Taken tough decisions management to the workers they require developing protecting them self by using earplug to reduce noise.
- 4- To provide the employees by noise measurement equipment to determine the noise level in danger places.
- 5- Routine screening devices and routine maintenance and periodic lubrication of machines to reduce noise sources of noise, especially in the rotating parts such as pumps and the like.
- 6- Employers must be taken into account the reduction of working hours in some places which have unpermitted noise according to OSHA standard.

9. References

- [1] Community Noise, Birgitta Berglund Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute and Department of Psychology, Stockholm University S-106 91 Stockholm, Sweden .Thomas Lindvall Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute S-171 77 Stockholm, Sweden, (1995).
- [2] wlide E. Bijker, W. Bernard Carlson and trevor pinch. Mechanical Sound. Revised and expanded 2008, Ambridge, Massachusetts London, England.
- [3] Government of south Australia ,2008 © contain corporation (2003).

- [4] Sound Smart, city of Vancouver noise control manual. Prepared for; Engineering Services city of Vancouver and wake field Acoustics LTd. Victoria, B.C
- [5] Copyright © 2000 Bruel&kjaer sound &vibration measurement A/S
- [6] Stansfeld, S.A., and M.P. Matheson. "Noise Pollution: Non-Auditory Effects on Health." British Medical Bulletin 68, no. 1 (2003): 243-257.
- [7] Al-zawiah Electric Power Plant Archive.
- [8] <https://www.investopedia.com/terms/a/arithmeticmean.asp>
- [9] Öhrström, E., R. Rylander, and M. Björkman. "Effects of Night Time Road Traffic Noise—an Overview of Laboratory and Field Studies on Noise Dose and Subjective Noise Sensitivity." Journal of Sound and Vibration 127, no. 3 (1988): 441-48.

Relative Grain Yield of Two Wheat Genotypes and Its relationship to Law of Diminishing Return

Billaid Abdulbari^{a, *}, Khalid Shaheen^b, Abdurraouf Abaya^a and
Zainb Jomaa Aldaihk^c

^a High institute of Agricultural technique, Tripoli P.O. Box 151, Libya.

^b School of fundamental sciences, The Libyan Academy, Tripoli - Libya .

^c Biotechnology Research center – Tripoli - Libya .

* Corresponding author.

E mail address: baribillaed@yahoo.co.uk (A. Billaed)

Abstract

Factorial field experiment was conducted to evaluate response relationship between two local wheat genotypes (*Triticum aestivum*) and phosphorus soil test values. The M 0.5 NaHCO₃ based (Olsen phosphorus) extractant was carried out on soils taken from the plots. The experiment was conducted at western region of Libya. Soil pH at the experimental site was 8.1 and the texture is sandy. The experiment was performed using a randomized complete block design (RCBD) method with three replicates for each treatment of phosphate fertilizer at concentrations of 0, 60, and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ for both genotypes. Results were expressed by relative values (Relative Yield). Relative yield (RY) of the two wheat cultivars showed similar significant responses to both soil test values and the grain yield. Linear relationship between relative yield and the grain yield at 0 kg P₂O₅ ha⁻¹ for both genotypes was found, whereas, non-linear relationship was noticed among treatments that received 120 kg P₂O₅ ha⁻¹. Both the linear and non-linear relationship have explained by tendency curves and showed how both genotypes response to phosphate fertilizer.

Key words: Wheat genotypes, Olsen soil phosphorus test, phosphate fertilizer, Relative yield.

Introduction

Wheat is grown on more land area than other commercial crops and continues to be one of the most important food grains source for humans. Wheat with rice and maize represent the essential food for

80% of the World's population [1]. Wheat provides vitamins, minerals, essential amino acids and fibers [2]. Wheat products important in increasing red blood cell counts, curing anemia and normalizing blood pressure [3]. There are many cultivars of wheat which are grown in many countries around the world based on wheat adaptability. In 2020, Statistics estimated the average global production value of wheat was 765.4 million metric tons [4].

Phosphorus is considered one of the major macronutrients after nitrogen and potassium which are very significant elements for the higher plants nutrition. Phosphorus (P) exists in the soil in large number of chemical forms, these forms contribute to varying quantity of plant available P [5]. The concentration of the phosphorus in the soil solution is ranged between (10^{-6} - 10^{-4} M) in most Arable lands [6]. Phosphorus is taken up from soil solution as orthophosphate ions, typically $H_2PO_4^-$ and HPO_4^{2-} [5][6], and the availability of these forms are totally depended on the pH of the soil solution. The relationship between soluble P and less available forms can be determined by different soil tests, which are chemical methods for extracting and estimating plant available nutrient from the soil [7].

Soil tests have been developed to provide an indication of the level of soil P that is available to the plant. These relationships have been thoroughly reviewed and established based on the modern soil testing. Generally, some soil tests are more appropriate for extracting available phosphorus from acid soils such as Bray, Acetic Acid, and Mehlich. Bicarbonate extractants. Olsen test is better suited to calcareous and alkali soils [8]. Several experiments [9] [10] [11] [12] [6] were performed over the world to evaluate the correlation between soil nutrient tests and crops yield, and concluded that there is a positive relationship between the fertilization and crop production. Crop response to nutrients (e.g. phosphorus, potassium.... etc.) is usually predicted using soil test information.

Fertilizing recommendations obtained from soil test results are commonly based on calibration curves. These curves can be used to compare any crop production at a specific soil test level to yield where the relevant nutrient is not limiting [13]. When different soil

test levels are made with yield inspections in numerous sites, a calibration curve is developed where relative yield is schemed against soil test level. Direct relationships among calibration curves are that decreasing soil test level leads to decrease relative yield [13]. Relative yield, which is calculated by Billaid in 1995, (grain yield at nil applied phosphorus / maximum grain yield) x 100 [11]. The objectives of this work were to evaluate the effect of phosphorus on the final crop of two local wheat cultivars.

Material and Methods

Factorial field experiment was conducted to evaluate the response relationship between two local wheat genotypes (*T. aestivum*) and soil phosphorus test values. The two wheat cultivars 'Acsad 901' and 'Salamboo' were used. The experiment was conducted at the research farm in Tripoli countryside (Janzour located is about 10 km west Tripoli, Libya). Table (1) demonstrates some chemical and physical properties of the experimental sites [14]. The soil texture of the experimental site is sandy; sand 87.8%, silt 11% and clay 1.2%. For Both genotypes, the experiment was performed in a randomized complete block design (RCBD) [15] with three replicates for each treatment of phosphate fertilizer at 0, 60, and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ as triple superphosphate (46% P₂O₅). The experimental parameters were tested at ($P \leq 0.05$) [15].

Soil samples (0–20 cm) were collected to determine available soil phosphorus levels. Available soil phosphorus was determined at the beginning of the experiment. Olsen soil test (0.5 M of NaHCO₃ at pH 8.5) procedure was used for soil extracting [16]. Wavelength of spectrophotometer was 880 μm for measuring of available soil phosphorus. The area of experimental unit was 16 m². Basic applications of nitrogen, potassium, and other micronutrient were made since they are essential to sustain plant growth. Weeds were controlled manually in all plots. Corrective measures were taken for control of insect pests and diseases. The soil was watered to 80% of its water holding capacity at least three times per week throughout the growing period of the crop. Two square meters in the central of each unit were harvested at the end of the season.

Table 1. Some chemical characteristics of the experimental soil

Soil property*	pH (1:1)	CEC (meq/100g ⁻¹)	F. capacity (%)	B. density (g cc ⁻¹)	O. M (%)	P _a (mg/Kg ⁻¹)	K (mg/kg ⁻¹)
value	8.1	1.4	8.2	1.5	0.2	1.6	150

* pH in water (suspension 1:1 w: v), P_a = Soil Available Phosphorus, CEC= Cation Exchange Capacity, F= Field, B= Bulk, O. M= Soil Organic Matter, K= Soil Available Potassium

Statistical analysis

Data was analyzed by Excel software. The correlation between relative yield and soil test values was used. For actual grain yield, comparisons between ‘Acsad ‘ and ‘Salamboo’ wheat genotypes was done using the Student's t-test.

Results and Discussion

Results in Table 2 refers to actual grain yield and Table 3 to relative grain yield of ‘Acsad’ and ‘Salamboo’ wheat genotypes. For the final crop, after soil were treated with phosphate fertilizer at 0, 60, and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹, a significant increase in grain yield was observed for ‘Salamboo’ wheat genotype, where the average actual grain yield value on ‘Salamboo’ was 1053, 2081, and 3694 Kg ha⁻¹ at Y₀, Y₆₀, and Y₁₂₀, respectively. The average grain yield across Y₀, Y₆₀, and Y₁₂₀ was 2276 Kg ha⁻¹ for ‘Salamboo’ and 2029 Kg ha⁻¹ for ‘Acsad’.

Table 2. Actual grain yield of ‘Acsad ‘ and ‘Salamboo’ wheat genotypes. Soil was treated with phosphate fertilizer at 0, 60, and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ as triple superphosphate (46% P₂O₅).

Soil test ($\mu\text{g P mg}^{-1}$)	Actual Yield (Kg ha^{-1})					
	Y0		Y60		Y120	
	Acsad	Salamboo*	Acsad	Salamboo*	Acsad	Salamboo*
2.3	410.4	628.9	1017.6	1175	3158.4	3281.1
3.5	505.9	776.1	1213.3	1420.5	3112.8	3305.3
3.6	529.4	791.9	1346	1522.1	3304.1	3549.4
5.9	761.5	972	2026.9	2180.3	3419.7	3599.4
7.7	1002	1209.3	2246.8	2550.5	3670.8	3884.8
8.4	1004.5	1434.8	2271.5	2661.4	3697.5	3985.9
9.8	1190.6	1559.2	2812.1	3055.4	3925.8	4253.3

The significance of differences between actual grain yield of ‘Acsad’ and ‘Salamboo’ was determined using Student t-tests. $p < 0.05$ was considered statistically significant (*).

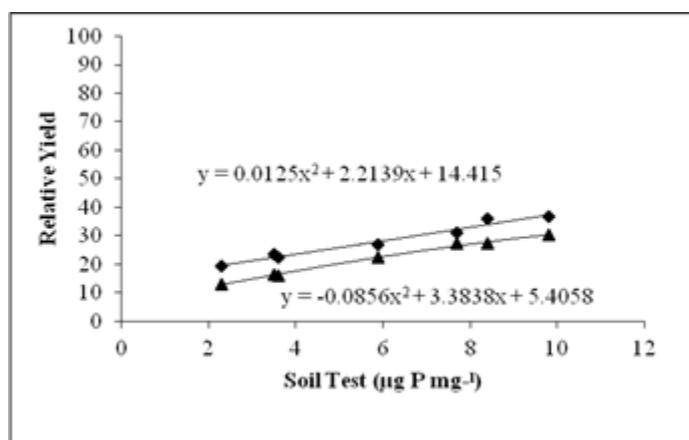


Figure 1. Wheat relative yield for both localized genotypes ‘Acsad’ (Triangle) and ‘Salamboo’ (Diamond) at unfertilized treatments

The curves of relative yield for both genotypes were trend to non-linear relationship at high phosphate rates (Figure 2). Non-linear relationship among fertilized treatments mean all treatments responded to more phosphate fertilizer until limited point, this point is known by a critical level for a nutrient, which was $9.8 \mu\text{g P mg}^{-1}$. the grain yield decreased gradually with increasing in fertilizer rates (Law of diminishing return). The curves of relative yield for both

genotypes started to be flat after the value $9.8 \mu\text{g P mg}^{-1}$. The critical level value was performed about 71.8 % of maximum yield.

On the other hand, curves of both genotypes showed different trends, however the curves of grain yield at $0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ for both genotypes were linear relationship (Figure 1), thus increasing in grain yield was dependent on soil test values and phosphate applications. So, there is a fairly good linear correlation of 'Acsad' and 'Salamboo' at grain yield on P unfertilized soil.

Table 3. Relative grain yield of 'Acsad ' and 'Salamboo' wheat genotypes. Soil was treated with phosphate fertilizer at 0, 60, and 120 kg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ as triple superphosphate (46% P_2O_5). Relative yield was calculated as : grain yield at nil applied phosphorus / maximum grain yield x 100.

Soil test ($\mu\text{g P mg}^{-1}$)	Relative yield					
	Y0		Y60		Y120	
	Acsad	Salamboo	Acsad	Salamboo	Acsad	Salamboo
2.3	13	19.2	32.2	35.8	100	100
3.5	16.3	23.5	39	43	100	100
3.6	16	22.3	40.7	42.9	100	100
5.9	22.3	27	59.3	60.6	100	100
7.7	27.3	31.1	61.2	65.7	100	100
8.4	27.2	36	61.4	66.8	100	100
9.8	30.3	36.7	71.6	71.8	100	100

Hence, our observations corresponded with those reported by Billaed [7], Varvel *et al.* [17]. beyond the critical level point for phosphorus in the soil, the yield curve will be flat before it to be concave down. Most treatments responded to fertilizer rates, but the grain yield might be decreased.

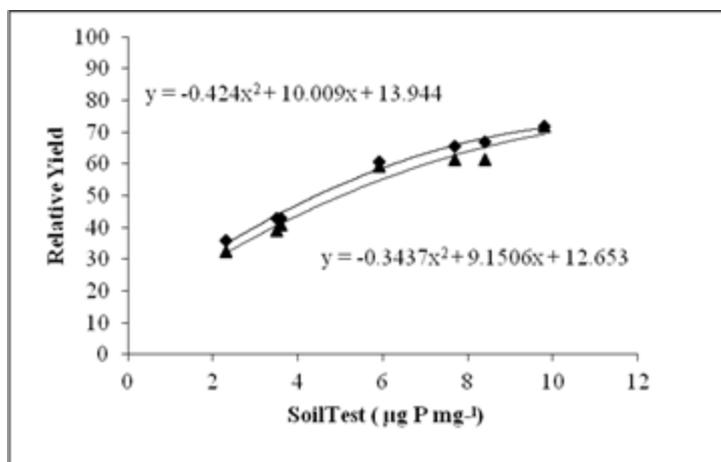


Figure 2. Wheat relative yield for both localized genotypes Acasad (Triangle) and Salambo (Diamond) at 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ treatments

Conclusion

The current study has concluded that the relative yield is suitable representative to determine soil nutrients critical level. The critical level for phosphorus in the study was found 9.8 µg P mg⁻¹. The current study and previous one for own author emphasized the importance of using the critical nutrient level concept in fertilizer recommendations. Using this concept with fertilizer programmes will lead to: (i) conversion of the simple entry variance of yield across sites to a practical, agronomic stability measure, allowing easy comprehension of the genotype-by-environment (G×E) structure, and (ii) ease in comparing of large numbers of entries tested in different experiments at the same site and year. Plant breeders are encouraged to use routinely relative yield, to adopt the variance of relative yield across sites as a powerful, yet simple, and stable measure. The study recommended the use of good agricultural practices and farming operations to increase the productivity of the crop per hectare. Selection of drought-tolerant and salinity-tolerant varieties is significant factors for obtaining high productivity under local conditions.

References

- [1]. Callejo onzález, M. J., 2002. Industrias de cereales y derivados (No E21/58). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- [2]. Shewry, P. R., 2009. Wheat. *J. Exp. Bot.* 60, 1537–1553.
- [3]. Annapurna, A., 2013. Wheat grass health benefit. 3, 62.
- [4]. Billaed, A., 2021. Correlation between relative grain yield of two local wheat genotypes and phosphorus soil test. *International Science and Technology Journal (ISTJ)* 25, 1-8.
- [5]. Lindsay, W. L., 1976. Chemical Equilibria in Soils. 1st. edition by John Wiley & Sons, Inc.
- [6]. Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition Academic Press.
- [7]. Billaid, A., 2011. Factors affecting phosphorus availability and phosphorus use efficiency in Barley genotypes. PhD thesis. Soil and Plant department . Faculty of life science. Aberdeen University. UK.
- [8]. Van Reeuwijk, L.P., 2002. Procedure for soil science. International Soil Reference and Information Center (ISRIC) 6th.edition Wageningen the Netherlands.
- [9]. Long, O. H., & Seatz, L. F., 1953. Correlation of soil tests for available phosphorus and potassium with crop yield responses to fertilization. *Soil Science Society of America Journal* 17, 258-262.
- [10]. Martini, J. A., 1977. A field method for soil test calibration in developing countries. *Soil Science Society of American Journal* 123, 165 -172.
- [11]. Holford, I. C. R., 1980. Effects of phosphate buffer capacity on critical levels and relationships between soil tests and labile phosphate in wheat -growing soils. *Australian journal and soil research* 18, 405 -414.
- [12]. Billaid A., 1995. wheat response to phosphate fertilizer and its yield expected in use modify Mitcherlich equation. MSc thesis. Agricultural faculty, Tripoli University, Libya.
- [13]. Kastens, T. L., Dhuyvetter, K. C., Schmidt, J. P., & Stewart, W. M. (2000). Wheat yield modeling: How important is soil test phosphorus?. *Better Crops Plant Food*, 84, 8-10.

- [14]. Rowell, D. L., 1994. Soil Science “Methods and Application” 1st. published. John Wiley & Sons NY.
- [15]. Zhu, Q., Li, Y. C., Mylavarapu, R. S., Morgan, K., & Geng, M. (2019). Comparison of Extractants for Calibrating Phosphorus Application Rates in a Calcareous Soil. *HortScience*, 54(8), 1391-1396.
- [16]. Allen, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A., & Quarmby, C., 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Publications.
- [17]. Varvel, G. E., Anderson, F. N., & Peterson, G. A., 1981. Soil Test Correlation Problems with Two Phosphorus Methods on Similar Soils 1. *Agronomy Journal* 73, 516-520.

Rotational Motion Tracking using Stepping Motors Control

MAHMOUD JLAEL¹
mahmoudjli0@gmail.com

ESMAIL MOHMMED²
ismaeber@yahoo.com

1,2 Department of Electrical and Electronics Engineering
Higher Institute of Science and Technology and Technology
Zawia, Libya

Abstract

In industrial applications stepper motors are widely used, such as arm robot movement, belt conveyer, printers. Stepping motors are well-suited that is to go from point to point and then return to the starting point with extreme precision. The goal of this study is to control the movement of three different motors used with certain paths to obtain rotational movement so that it goes from the start point to the end point and then back to the starting point without data loss which occurred when using the sine wave. In this study MATLAB and Lab view software's was used to achieve the best results.

Keywords:- Stepping motor- Step Angle-starting point- end point-rotational movement-step increment

المخلص

في التطبيقات الصناعية ، تُستخدم محركات الخطوة على نطاق واسع ، مثل حركة ذراع الروبوت ، وناقل الحزام (سير الحركة) ، والطابعات. محركات الخطوة مناسبة تمامًا للانتقال من نقطة إلى أخرى ثم العودة إلى نقطة البداية بدقة متناهية. الهدف من هذه الدراسة هو التحكم في حركة ثلاثة محركات خطوة تستخدم لتتبع مسارات معينة للحصول على حركة دورانية بحيث تنتقل من نقطة البداية إلى نقطة النهاية ثم تعود إلى نقطة البداية دون فقدان البيانات الذي حدث عند استخدام الإشارة الجيبية. في هذه الدراسة ، تم استخدام برنامج MATLAB وبرنامج Lab view لتحقيق أفضل النتائج.

Introduction

A stepping motor, also known as step motor or stepper motor is a brushless DC special electric motor which divides a full rotation into a number of equal steps that move in discrete steps. With a computer controlled stepping you can attain very precise positioning and speed regulator without any error. The major components in a modern motion control system are the motor drive, the feedback sensors, the motion controller, and an electric motor [1].

Together with these components, the system may contain other components such as ball screw and lead screw. Nowadays a motion controller can either be a Programmable logic controller (PLC), a motion control card (MCC) or person computer (PC). In order to perform their assigned task (function) properly these component must work together perfectly consistent. Selection of these components is depending on the economic consideration as well as the engineering. Table (1) describes the movement direction of the stepper motor. Where the forward motion is obtained when moving from phase1 to phase 4. And the reverse motion is achieved when moving from phase 4 to phase 1 [2].

Table 1. Forward and Reverse motion of the stepper motor

Forward 	A B		1	2	3	4	Reveres 
	Phase1	0 0	1	0	1	0	
Phase2	1 0	0	1	0	1		
Phase3	0 1	0	1	1	0		
Phase4	1 1	1	0	0	1		

Step Increment and Step Angle Accuracy

Compared when rotating with "full-step" algorithm, the angular rotation of the rotor covers half distance when "half-step" algorithm is implemented. This implies that it take many steps to make the rotor complete one rotation. Also it implies that it is possible to achieve "finer" angular increment when half-step codes are implemented. Depending on the application, this may be an advantage. Consider the situation when the rotor shifts 45 degrees

between the applications of two half-step codes, while it shifts 90 degrees between the applications of two full-step codes [3]. The more poles a motor has, the smaller the rotational increments on both half and full steps. On the other hand, this also means that more code sequences are needed to make one complete turn. There are advantages and disadvantages to having a stepper motor with an N number of poles. The tradeoff is rotational speed versus angular resolution. The angular resolution α for full step sequences calculated as:

$$\alpha = \frac{360}{N} \dots \dots \dots (1)$$

$$\alpha = \frac{360}{200} = 1.8$$

And, from that α for the half step sequence α is equal to 0.9. Another characteristic difference between using half-step increments and full-step increments to make the rotor move is the torque force capability. The motor will exhibit a greater torque force when full-step codes are used because there is twice as many energized stator poles applying magnetic attraction on the rotor than when half-step codes are used.

Each motor has its own distance travelled for one step. This is called variable step increment. The motor steps given by manufactures are not very precise and this must be recalculated when precise measurements are required [4].

Step increment calculations are presented as follows instead of manufacture data:

One cycle to X-motor=3.33mm on X-Axis and real step increment=0.01667.

One cycle to Y-motor=0.994mm on Y-Axis and real step increment=0.00497.

One cycle to Z-motor=3mm on Z-Axis and real step increment=0.015025.

Step Position Error (Spe)

The maximum positive or negative position error caused when the motor has rotated one step from the previous holding position [5].

$$S_{pe} = M_{sa} - \theta_m \dots \dots \dots (2)$$

Where:

M_{sa} is measured step angle and θ_m is the theoretical angle

Note:-

There are four categories of stepper motor drive modes:

- Full step drive (2 phase on).
- Half step drive (1 and 2 phase on).
- Wave drive (1 phase on).
- And micro-stepping (continuously varying motor current).

Problem statement

The objective of this study is to control motion of different used motors with given trajectory. Initially sine wave has been used as the generated signal.

Also generated signals (trajectories) which are corresponding to data can be used. Figure 1 shows the location of the problem to be resolved [5].

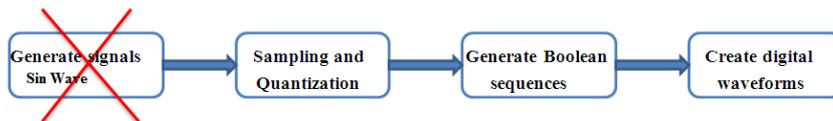


Figure 1: The location of the problem

Although sine wave has been used to control the motion of different motors at given trajectory, the achieved results were not so impressive.

To overcome this problem new approach has been suggested. Previous encountered problem was caused by not take into account the following major factor:

The relationship between sampling time T_s and amplitude A .

By ignore this factor many data can be lost and this cause the motor not to able to return to the start point (origin). Also, another disadvantage of sine wave is that, it is not easy to make baseline shift between the periods. Sine wave could be applied by considering the following factors.

Minimum number of samples T_s .

Maximum slope angle θ_m .

Minimum number of sample is calculating as follows [4].

$$T_s = \frac{4A}{S_i} \dots \dots \dots (3)$$

Where: A is the amplitude and S_i is the step increment. The maximum slope angle θ_m is given as:

$$\theta_m = \tan^{-1} \left(\frac{S_i}{T_s} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Figure 2 display when the maximum slope angle θ_m , the amplitude A and the minimum number of samples T_s are taken into accounts.

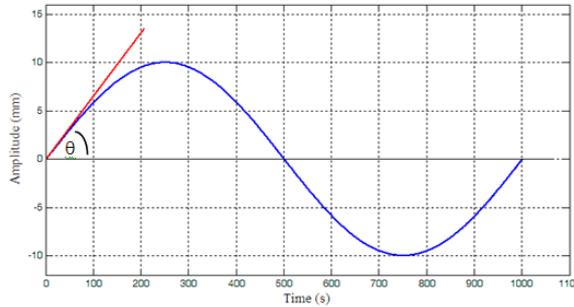


Figure 2: Applied Signal

Saw tooth wave

The new approach is to use the saw tooth wave to control motion of the motors. The saw tooth wave has been chosen because, it is more flexible to control compared to sine wave. Also, it has similar properties like sine wave.

Figure 3 displays all the procedures required to generate signal for moving motor. These procedures are:

- 1- To generate signals.
- 2- Followed by sampling and quantization of the signal. Quantization is the process of approximating a continuous range of values by a relatively small set of discrete values such as 1, 0, and 1.
- 3- The quantized signal is then passed to the Boolean sequence where digital command array will be generated.
- 4- Digital wave form will separate the command numbers for each wire of the motor.



Figure 3: Overall steps generated signal

Generate a signal

The motion control of a device can be achieved with various ways such as microcontrollers or computers based systems. Mechanism of motion control referred to as the moving an object from one place to another. This can either be moving from point to point positioning which implies that, an object (device) will start to move with zero velocity and stop with zero velocity.

The standard trajectory of the motion can be with zero velocity at a constant acceleration and this will be followed by a portion with constant velocity and lastly is the constant deceleration to zero velocity. The limit of the acceleration is set in such a way that the required acceleration will not exceed the force ability of the system at any point. The selected acceleration must be the one which the actuators can sustain at the highest speed. Before acceleration must be the one which the actuators can sustain at the highest speed. Before generating signal for the motors many things should be known, such as;

- While designing the internal dimensions the all points must be specified.
- Determine the movement for each motor.
- Maximum and minimum speed for the motors.

- The knowledge of the distance for the movement of each motor (amplitude) is required.

When all the above-mentioned are known, the generation of the signal could be started. The movements of devices (objects) in time, where objects are defined as spatiotemporal regions are called motion trajectories.

Various kinds of signals such as the sine wave or saw tooth signal etc. can be applied as part of the motion trajectory.

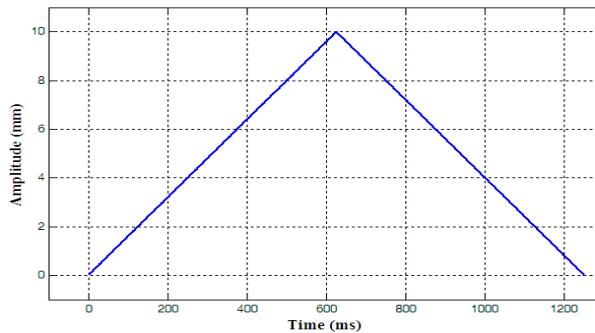


Figure 4: generated signal

The generated signal by using mentioned tools is demonstrate in Figure 4 The saw tooth signal can be used to generate a signal that has similar properties as the sine wave. Figure 5 shows the saw tooth signal with similar properties as the sine wave.

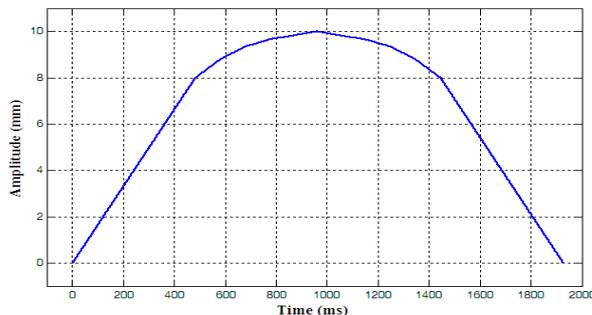


Figure 5: generated signal

If the signals are sending to both motors (X and Y) then the movements of the two motors will look like circle. Base line shift

between periods. To remove that circle on X-Axis that needs Baseline shift between periods.

So to remove that circle on X-Axis 7.5 mm, Number of periods = 4

Baseline shift between periods = $7.5 / \text{Number of periods} - 1$

Baseline shift between periods = 2.5 mm

By using MATLAB program the generate signal can be created with the baseline shift as shown in Figure 6.

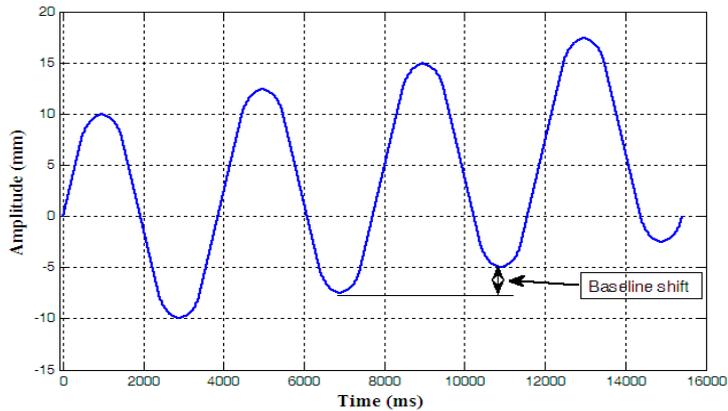


Figure 6: Generate signal with the baseline shift

Generating actual signal

The generate signal will be used to drive the motors by tracking process, and it is essential to know the precise measurements then, draw the trajectories which will provide the properties of the signals such as the amplitude A, period and baseline shift.

The measurements of the parameters are as follows:

Sampling time = 0.001 s

X- Amplitude peak to peak = 18 mm

Y- Amplitude peak to peak = 18 mm

Z- Amplitude peak to peak = 20 mm

X- Baseline shift between periods = 5 mm

Y- Baseline shift between periods = 0 mm

Z- Baseline shift between periods = 1.1 mm

Figure 7 displays the Z-Amplitude peak to peak and the end point of the trajectory. The distance between the starting point and the endpoint is about 8cm.

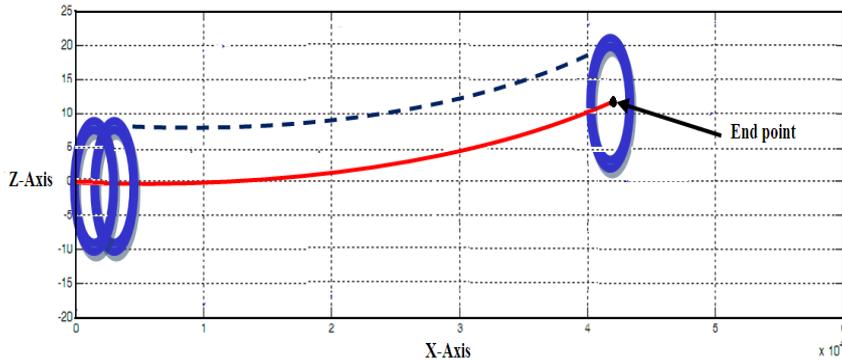


Figure 7: Actual generate signal for motor in Z-Axis

This distance can be covered by 32 cycles and 5mm X- baseline shift. Also, in order to cover 8 cm with 64 cycles then 2.5mm X-baseline shift is required. Using many numbers of cycles implies that the time will be increases. On other hand when the number of cycles decreases the time will be reduced, however, the speed will remain the same. The same procedure repeats for both X and Y axes, however, some information will be changing. The trajectory will be a straight line that means Y-baseline shift is zero.

Figure 8 displays the trajectory line along X-Axes and Y-Axes with precise Y-Amplitude.

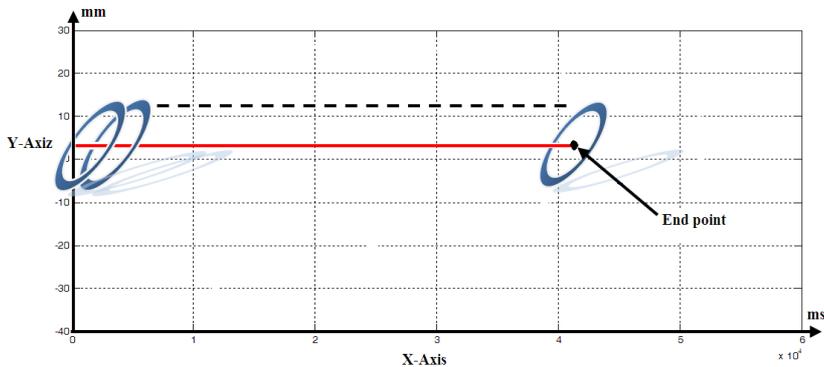


Figure 8: Actual generate signal for motor in Y-Axis

The signal for motor -X, and motor-Z are displayed in Figure 9, 10 and 11, respectively. In order to check for any data loss two signals are merged together.

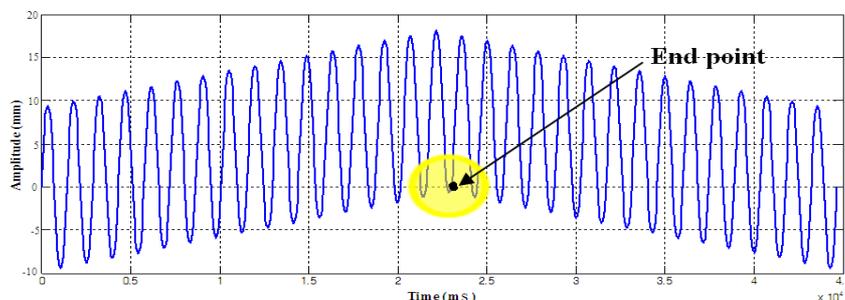


Figure 9: Actual generate signal for motor -X

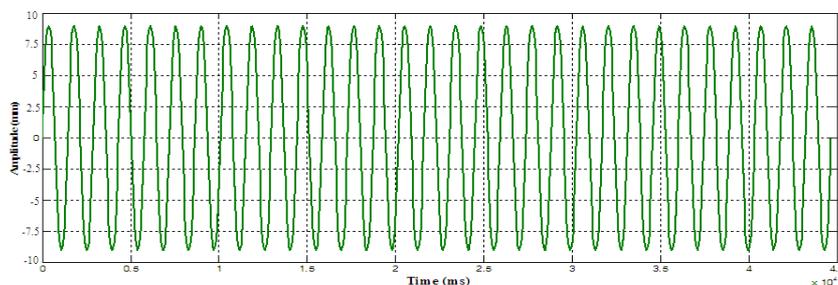


Figure 10: Actual generate signal for motor -Y

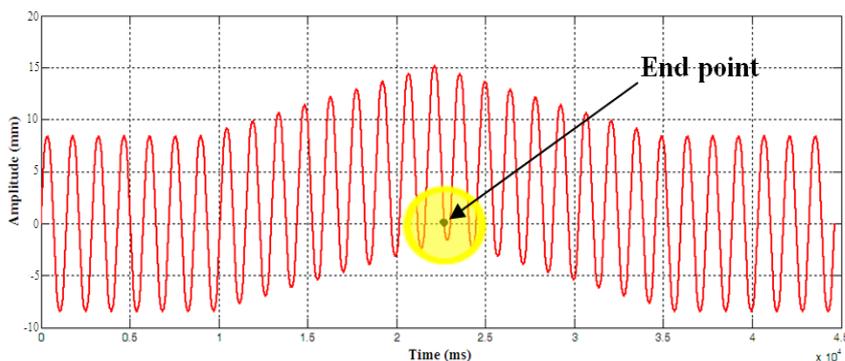


Figure 11: Actual generate signal for motor -Z

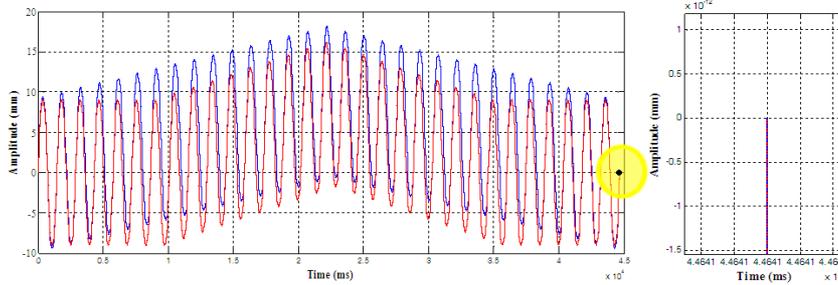


Figure 12: Actual generate signal for motors, Y, Z

As shown in Figure 12 almost 45000 steps, there is no data loss.

Sampling and Quantization

When sampling time T_s is 0.001 implies that the maximum number of samples is 1000 per second. Also, it is possible to say that 500 samples/s which obtained when T_s is 0.002 and 333 samples/s at 0.003 and so on, however sampling time between 0.001 and 0.002. If sampling time between these periods is needed, it can be easily computed from the signal in the loop with delay to get any numbers between 0.001 and 0.002. Maximum speed for the motors, Motor-X require 200 samples for one cycle and one cycle will give 3.333 mm which means that, the maximum speed for motor-X is $5 * 3.333 = 16.665$ mm/s, Motor-Y is $5 * 0.994 = 4.97$ mm/s, motor-Z $5 * 3 = 15$ mm/s.

The step value V_s array for each motor is read to be sent Boolean array sequences.

To calculate V_s we will use the below algorithm:

```
IF  $(X(i+1) - X(i)) > 0$  THEN  
   $V_s(i) = 1$  FORWARD  
ELSE  
  IF  $(X(i+1) - X(i)) < 0$  THEN  
     $V_s(i) = -1$  BACKWARD  
  ELSE  
     $V_s(i) = 0$  STOP
```

Figure 13 will give the direction of the motor. When the value of the difference between two steps is 1 then will move forward, when the difference is -1 the motor will move backward and when the difference is 0 the motor will stop.

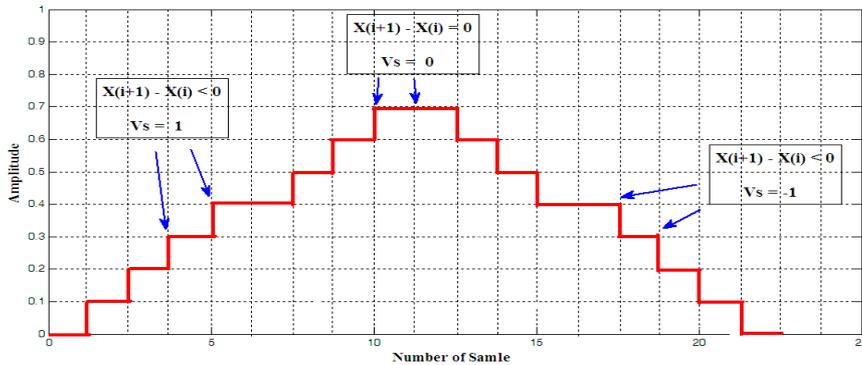


Figure 13: Motion control of the motor

Generate Boolean Sequences

Four-bit code sequence is needed to energize the appropriate pole in a four -coil motor at any given time. This sequence is required to make to rotor to turn and can either be full step or half step increments. The only differences between these modes of operation are that, some of the code has been omitted. If appropriate codes applied to the stepper motors signal line then speed or direction can be changed. When, motor motion in terms of value steps V_s , it possible to generate the Boolean sequences for the motor. For each value of the V_s array the corresponding sequence must be created. There are only three possible ways to travel in 2×4 Boolean sequence arrays. These ways are;

- 1- If the value of $V_s = +1$, in the ascending order then motor will then go forward.
- 2- If the value of $V_s = -1$, in the descending order then the motor will then go backward.
- 3 - If the value of $V_s = 0$, in staying at the same sequence, the motor will then be stopped.

Also it is required to take accounts in the amplitude of the generated signal. Also, the distance covered by each motor must be

limited on each axis. Moreover, in case of saturation, the value of the reconstruct digitized motion should be recalculated.

Create digital waveforms

The pins in the stepper motors allow the current from the power supply to flow through the coil windings of the motor.

Although there are some few options of selecting a waveform to drive a two phase stepper motor, such as a full-stepping motor shown in figure 14, still these signals can be produced by a dedicated stepper driver. Each is signal "a" and "b" is applied to the coil terminal. The coil has two terminals hence two signals must work together to drive a single coil. After the sequence of the motor has already been calculated then converting the 2D Boolean array into digital waveforms is required. To constraint each motor, two waveforms are needed and these are corresponding to each columns of the Boolean array. The interval between samples must be defined when digital calculation is required for that reason sampling time of the initial signal must be chose [6]

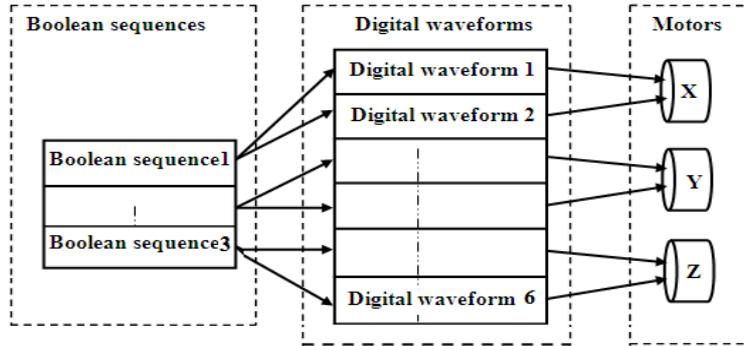


Figure 14: Digital wave form generation

Sending samples

The second part of the program is sending signals to the motor, the array of 6 waveforms must be built, two for each motor.

The sending processes are as follows;

- Sends the array of waveforms to 6 digital outputs,
- Read the array on 6 digital inputs,

- Using a counter with a frequency equal to the reciprocal of the sampling time.

The counter has been used to make sure that every sample will be sent every multiple of the given sampling time T_s . Also, the sending and reading continuous sample is essential which implies that the saw tooth signal will be repeated. The last step is that, the motor should finish the current cycle when the button is pressed; hence the motor will terminate its motion and go back to the original position. The emergency button should also be implementing. This button will stop the motor whenever any fault is detected.

Figure 15 shows the final form of the signal sent to the motors to obtain the required movement [7].

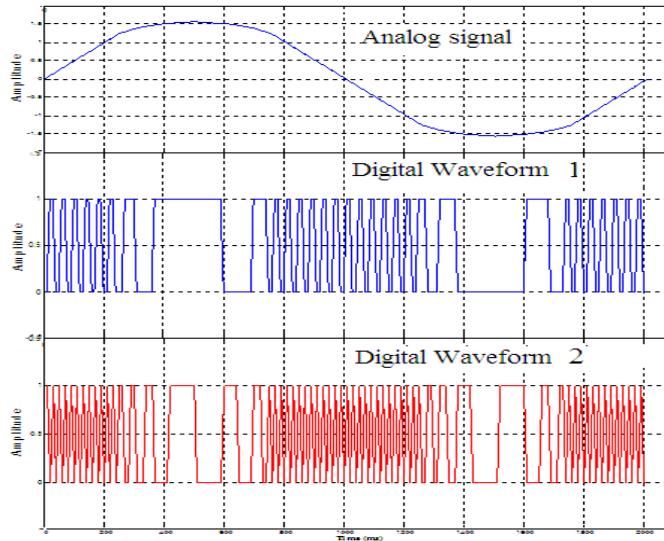


Figure 15: Digital wave form signal

Conclusions

In this paper, the procedures required to generate the signal for three moving step motors to obtain rotational motions are reviewed, and the processes required to generate digital waveforms in addition to sending samples to the motors are discussed. Moreover, an algorithm for generating a saw tooth wave signal instead of a sine

wave signal in which data loss occurs was implemented. Sampling and quantification are also presented. Finally, the actual signal that is used to drive the three stepper motors is developed without any data loss, which means that returning to the starting point is extremely accurate.

References

- [1]Siripala P, generalised solution for generating stepper motor speed in real time. *Mechatronics* (2013),pp7–213.
- [2]Derammelaere S , , et al. The efficiency of hybrid stepping motors: analyzing the impact of control algorithms. *IEEE IndAppl Mag* (2014), pp50–60.
- [3]Yu W, Fractional order modeling and control for permanent magnet synchronous motor velocity servo system. *mechatronics*.2013.03.
- [4]Li S, Xia C, Zhou X. Disturbance rejection control method for permanent magnet synchronous motor speed-regulation system. *Mechatronics*.(2012),pp689-706.
- [5]Bendana, Y., R.,Time Optimal Motion Control of Two-Dimensional Linear Stepper Motors Massachusetts Institute of Technology (MIT) September 1993.
- [6]Biti, Petal. Advanced Equipment for Simulation and Treatment in Radiation Oncology Program MAESTRO. University of Florence, 2004,pp 330-331
- [7]Le, Q.N., Open-loop Stepper Motor Driver Based on FPGA "International Conference on Control, Automation and Systems, 2007 in COEX, Seoul, Korea National Instrument USB 80-Channel Devices (Up to 1.25 MS/s, 16-Bit).

STUDY OF ADSORPTION FOR PHENOLIC COMPOUNDS FROM COCONUT SHELL AS ACTIVATED CARBON

Elham Saad Falah Osama Ali Sharif Ahmad Muftah Dabah

Elham.s.falah@gmail.com osama0602@gmail.com ahmad.eldabah@gmail.com

Higher Institute Of Sciences and Technology- Alkhums, Libya
Department of Chemical Engineering

Abdualati Ibrahim Al-Tabib

tabiblibya2017@gmail.com

Applied Research and Development (ARDO), Tripoli, Libya

Abstract

The presence of phenolic compounds in water and wastewater has been of great public concern and it is one of the most frequent contaminants at hazardous-waste sites. Phenol is usually formed due to the photo degradation of pesticides and these phenols have considerable solubility in water. There are very toxic to flora and fauna and therefore, pose serious environmental problems. In the present study, two organic phenolic compounds (4- Nitrophenol & m-cresol) were used to determine their adsorption capacities by using activated carbon. This work was carried using a fixed bed column. The effects of process variables such as bed height, flow rate and breakthrough have been investigated. The results have been used to predict the effect of parameter changes on the system by using the bed depth service time (BDST) model at various depths in column (Z=30, 40 and 50 cm), (4-Nitrophenol: Q = 50 mL/min, Breakthrough 10%, and m-Cresol: Q = 50 mL/min, Breakthrough 20%).

Key-words: Adsorption, Coconut Shell, Activated Carbon, 4-Nitrophenol, m-Cresol.

المخلص

وجود المركبات الفينولية في المياه ومياه الصرف هو أحد أكثر الملوثات شيوعاً حيث أن هذه المركبات لها قابلية كبيرة للذوبان في الماء وهي مركبات شديدة السمية للنباتات

والحيوانات ، وبالتالي فهي تسبب مشاكل بيئية خطيرة. في هذا البحث، أجريت دراسة بطريقة الامتزاز لإيجاد كفاءة حبيبات الكربون المنشط (GAC) من قشرة جوز الهند، لمعالجة المياه الملوثة من المركبات الفينولية (4-نيتروفينول و م-كربزول) لتحديد قدراتهم على الامتصاص باستخدام الكربون المنشط، حيث تم تنفيذ هذا العمل باستخدام مفاعل ذو الحشوة الثابتة وكذلك دراسة تأثير متغيرات العمليات مثل ارتفاع الطبقة الحشوة ومعدل التدفق والاختراق واستخدمت هذه النتائج للتنبؤ بتأثير تغيير المعاملات على النظام باستخدام نموذج وقت خدمة عمق السرير BDST علي ارتفاع مختلف في العمود (30,40,50سم) ومعدل التدفق (4-نيتروفينول: 50 مل / دقيقة ، اختراق 10%) ومعدل التدفق (م-كربزول: 50 مل / دقيقة ، اختراق 20%).

1. Introduction

The major aim of wastewater treatment is to remove as much of the suspended solids as possible before the remaining water, called effluent, is discharged back to the environment. As solid material decays, it uses up oxygen, which is needed by the plants and animals living in the water. Phenolic compounds are toxic to human and aquatic life, creating an oxygen demand in receiving waters. Chronic toxic effects, due to the phenolic compounds pollution reported in humans, include vomiting, anorexia, difficulty in swallowing, liver and kidney damage, headache, fainting and other mental disturbances [1]. These organic compounds are considered as priority pollutants since they are harmful to organisms at low concentrations, and can be toxic when present at elevated levels and are suspected to be carcinogens [2]. Phenolic compounds are commonly produced in wastewater streams generated by petrochemical, oil refineries, coal conversion, steel plant, paint and phenol producing industries [3, 4] The removal or destruction of phenolic compounds has become a significant environmental concern as less than 1 mg/L Phenolic compounds are required for wastewater discharged [5]. It is well known that phenolic compounds are toxic while some of these continents are carcinogenic. Adsorption processes play a good roles in pollution prevention with application for product recovery, purification and

removal (and recycle) of contaminants from air and water streams. It is a physical process in which dissolved molecules or small particles (adsorbate) are attracted and become attached to the surface of something larger (adsorbent). The attraction is similar to that of a magnet on a refrigerator, but on an atomic or molecular scale. Energy differences and electrical attractive forces which known as Van der Waals forces, cause molecules of the adsorbate to physically fasten and stick onto the adsorbent. Adsorption occurs when molecules diffusing in the fluid phase are held for a period of time by forces emanating from an adjacent surface. The surface represents a gross discontinuity in the structure by the surrounding atoms like those in the body of the structure. The amount of material adsorbed depends on a number of factors including the degree of attraction, the surface area exposed to mobile particles, the concentration of the contaminants the pH and temperature of the liquid. Typically, the strongest adsorbents are micro porous or finely divided solids (clays, charcoal, powdered metals) and liquids (fine droplets like aerosols). The rate of adsorption is controlled by transfer of species within the adsorbent particle because diffusion through solids is naturally slower than in fluids, Therefore the process continues until a characteristic equilibrium is attained at the adsorbent surface between the adsorbate in fluid phase and adsorbent on the solid or adsorbent properties. [6]

In the present study, two organic phenolic compounds (4-Nitrophenol and m-cresol) were used to determine their adsorption capacities by using activated carbon. The major advantages of an adsorption system for water pollution control are less investment in terms of initial cost and land, simple design and easy operation, no effect by toxic substances and superior removal of organic waste constituents as compared to the conventional biological treatment processes. Activated carbons of high porosity, high surface are frequently used in industry for purification and chemical recovery operations as well as environmental remediation can be produced from a number of precursor materials including coal, wood and agricultural wastes. Recognizing the economic drawback of activated carbon, such as high cost, many investigators have studied

the feasibility of using cheap, commercially available materials as potential adsorbents such as the low rank coal. [7]

The overall aim of this study was to determine the capability of modified coconut shell adsorbent for adsorption of 4-Nitrophenol and m-cresol. To determine the breakthrough point for a dynamic column operated under different bed depths and flow rates in order to evaluate its performance.

2. Experimental section

2.1 Materials and Method

2.1.1 Adsorbent (Activated Carbon)

Coconut shell is suitable for preparation of micro porous activated carbon due to its excellent natural structure, high carbon and low ash content. [8] Activated carbon particle size fraction from (0.5mm to 2mm) was sieved. The activated carbon was washed by distilled water and kept in distillate water an overnight and finally dried in an oven.

I. Product Description:

Activated Carbon is a carbonaceous material of porous carbon element made from anything, which carbonizes under combustion (direct or indirect fire/heat). The innumerable pores of Activated Carbon make it highly useful for absorption of gases, liquids, vapors, solvents, dispersions and colloids. Activated Carbon comes in granular or powdered form, thus giving different pore sizes (micropores, mesopores/medium and macropores), suitable for differed target substances. coconut shell charcoal activated carbon is generally microporous with high absorptive capacity and an ideal liquid or gas filter agent. Activated Carbon can be made out of wood, but coconut shell is a cheaper and widely available raw material considered as farm waste by-product.[9]

II. Raw Material:

Coconut shell charcoal activated carbon is sourced from mature coconut shells. Coconut shell is an important raw material used to produce **charcoal briquette**. And coconut shell charcoal have wide applications in many fields because of its features and advantages. In Malaysia, coconut is the fourth important industrial crop after oil palm, rubber and paddy in terms of total planted area and it is an

important export country of coconut products. Due to its high carbon content and hardness, coconut shells are an excellent raw material source to produce activated carbon. Activated carbon manufactured from coconut shell is considered superior to those obtained from other sources. They typically have a tighter, more microporous pore structure and tend to be harder, more resistant to abrasion and lower in ash than similar grades of coal-based carbons. [10] Even Though, the Coconut shell is more cheap than others but, still have a few disadvantage like these shell has high alkaline and these alkaline will increase the potassium in the components you will used and this increase will make too many disease.

III. Manufacturing Process:

There are basically two steps:

- Carbonization (burning/pyrolysis) which produces mere charred coconut shell with poor absorptive power;
- Activation by selective oxidation of the charred shell in controlled atmosphere of steam and air that increases the absorptive capacity.

The process essentially involves the creation of internal pores of various widths, bulk density, size distribution and hardness that account for the powerful forces, which hold the absorbed molecules on the surface of the carbon. The surface area of the internal pore structure measures the absorptive capacity.[9]

2.1.2 Adsorbate:

Table (1) shows the physical properties of 4-Nitrophenol and m-Cresol.

Table (1): physical properties of 4-Nitrophenol and m-Cresol [11].

Properties		
<u>Chemical formula</u>	4-C ₆ H ₅ NO ₃	C ₇ H ₈ O
<u>Molar mass</u>	139.110 g/mol	108.14 g/mol
<u>Appearance</u>	Colorless or yellow pillars	colorless liquid to yellowish liquid
<u>Melting point</u>	113 to 114 °C (235 to 237 °F; 386 to 387 K)	11 °C (52 °F; 284 K)
<u>Boiling point</u>	279 °C (534 °F; 552 K)	202.8 °C (397.0 °F; 475.9 K)
<u>Solubility in water</u>	10 g/L (15 °C) 11.6 g/L (20 °C) 16 g/L (25 °C)	2.35 g/100 ml at 20 °C 5.8 g/100 ml at 100 °C

2.2 Fixed Bed Experiments

A small scale pilot plant was constructed to determine the column characteristic of the adsorption system. Figure (1) shows the fixed bed adsorber. In this study burette were used and it was made of inert materials (grade glass). Column breakthrough data were obtained in a 1cm ID and length 66cm. The adsorbent should be kept submerged in water before the run. The adsorbate solution in tank (10 L) distribute to the adsorber column by used calibrated rot meter, it was used to control the flow rate through the column, then samples were taken from sampling point at appropriate time intervals by a syringe to record the value of outlet concentration phenolic compounds; finally the effluent was discharged into the drain.



Figure (1) Fixed Bed Adsorber.

2.2.1 Adsorption Kinetics In Fixed Bed Adsorber

A simple approach to fixed bed absorbers has been proposed, to correlate the service time (t) with the process variable. The column experiments were carried out under fixed initial adsorbate concentration (40 mg/l) for flow rate at room temperature (25 °C). A series of experiments were carried for each phenolic compound in their single form. Breakthrough curves were recorded during each column experiment at various depths in column ($Z=30, 40$ and 50 cm), at flow rate ($F=50$ ml/min) was studied. All the runs carried at room temperature (22°C) and distillate water was used.

2.2.2 Mathematical Model

Various models are available for the design of fixed bed adsorption column, out of them MTZ, HETU and BDST model are the most commonly used which are discussed as following. [12]

2.2.3 Bed Depth Service Time

In continuous flow experiments, it is essential to predict the exhaustion rate of adsorbent bed on how long the bed will last before regeneration is necessary. In this the service time of a fixed bed adsorbent, treating a solution of single adsorbate can be expressed as a function of operational variable as equation (1):

$$t = \frac{N_0}{C_0 U} Z - \frac{1}{K_a C_0} \ln \left[\frac{C_0}{C_b} - 1 \right] \dots \dots \dots (1)$$

Where: C_b is the breakthrough phenolic compounds concentration (mg/L), N_0 the sorption capacity of bed (mg/L), U the linear velocity (cm/min), and K_a is the rate constant (L/mg. min).

Equation (1) can be represented as equation (2):

$$t = m_x Z + C_x \dots \dots \dots (2)$$

Where:

$$m_x = \frac{N_0}{C_0 U} \quad \text{And} \quad C_x = - \frac{1}{K_a C_0} \ln \left[\frac{C_0}{C_b} - 1 \right]$$

Thus a plot between service times against bed depth can be used to test the model.

The amount of metal retained in the column depends on the influent metal concentration and can be calculated from the area above the breakthrough curve Eq. (3). [12] The adsorption capacity of the bed q can be determined from a plot of $\ln[(C_0/C_t)-1]$ against t at a given condition.

$$q = \frac{Q * C_0}{1000 * M} \int_0^t \left[1 - \frac{C_t}{C_0} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Where:

q represents the amount of phenolic compounds retained (mg of phenolic compounds per g of adsorbent), C_t and C_o are the phenolic compounds concentrations at the column effluent and influent (mg/L) respectively, Q is the flow rate (mL/min), M is the mass of adsorbent in the column (g) and t is the adsorption time (min).

3. Results and Discussion

3.1 Effect of Organic Flow Rate and the Bed Depth

Figures (2) and (3) show the influence of the feed flow rate on breakthrough curves for the phenolic compounds. Generally the breakthrough point time decreases with increasing of flow of fluid through the bed. As the liquid flow rate increases, liquid distributions are improved and the resistance to mass transfer through the external liquid film is reduced which causes an improvement of the performance of the bed. Whereas increasing in the velocity of the liquid causes decreases in contact time, which results in a decrease of the capacity. It is also evident from these Figures that the break point time increases with increased bed height.

Accumulation of phenolic compounds in the fixed-bed column is largely dependent on the quantity of sorbent inside the column. The sorption breakthrough curves obtained by varying the bed heights from 50 to 30 cm at 50 mL/min flow rate and 40 mg/L initial phenolic compounds concentration onto Coconut Shell -GAC are given in Figures (2) to (3).

Both bed capacity and exhaustion time increased with increasing bed height, as more binding sites available for sorption, also resulted in a broadened mass transfer zone. The increase in adsorption with that in bed depth was due to the increase in adsorbent doses in larger beds which provide greater service area (or adsorption sites). This states that bed height (Z) and service time t of a column bears a linear relationship. Model is termed the Bed Depth Service Time (BDST) model and stated that the service time t of a column is given by equation (1). The column service time was selected as time when the effluent phenolic compounds concentration reached 40 mg/L. The plot of service time against bed height at a flow rate of 50

mL/min, as shown in Figures (4) and (5) was linear ($R^2 = 1.00$) indicating the validity of BDST model for the present system. Thus, the bed capacity will change with the service time. The rate constant, KA , calculated from the intercept of BDST plot, characterizes the rate of solute transfer from the fluid phase to the solid phase. If KA is large, even a short bed will avoid breakthrough, but as KA decreases a progressively longer bed is required to avoid breakthrough. The BDST model parameters can be helpful to scale up the process for other flow rates without further experimental run. Equation (2) is easier to use in its simplified form.

A plot of service time t versus bed depth Z should yield a straight line with a slope equal to m_x which represent the time required to exhaust a unit length of the adsorbent in the column under the test conditions. The intercept on the ordinate C_X is the time required for the adsorption curve front to pass through the critical bed depth. The main fixed bed variables studies in this section include bed height and flow rate.

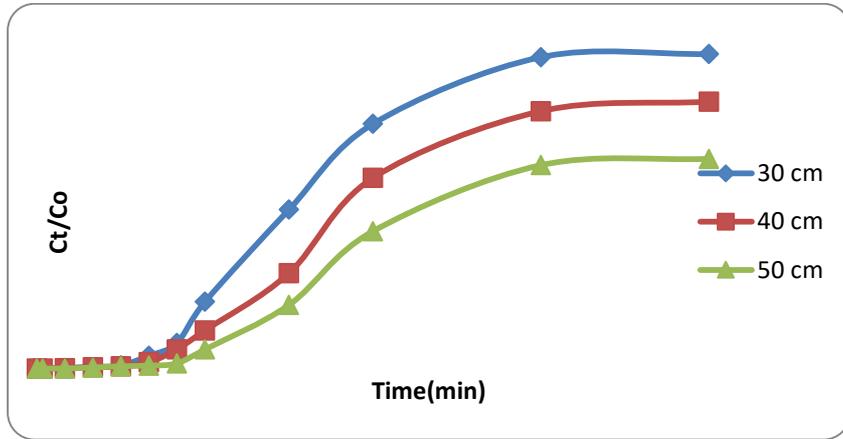


Figure (2) Breakthrough Curves for 4-Nitrophenol onto Coconut Shell-GAC for different bed depths, $Q = 50$ MI/Min, $C_0 = 40$ ppm.

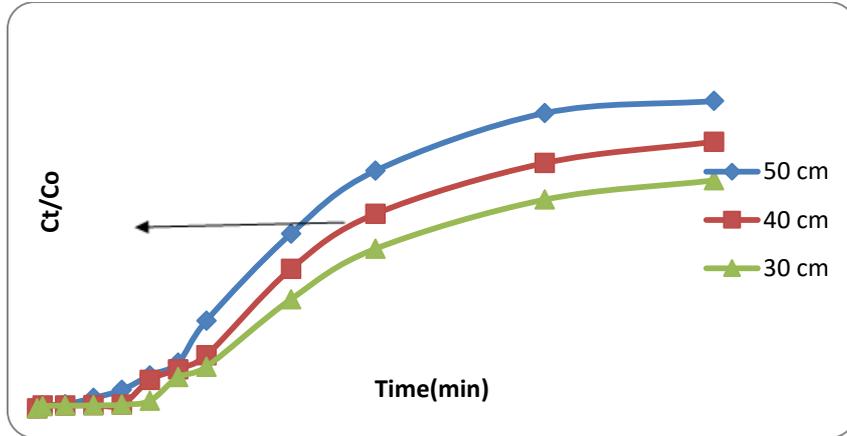


Figure (3) Breakthrough Curves for m-Cresol onto Coconut Shell-GAC for different bed depths, $Q = 50 \text{ ml/min}$, $Co = 40 \text{ ppm}$.

3.2. Effect of bed height

Equation (2) is the equation of straight line relating service time t to bed depth Z and may be used directly to test the BDST model. Figures (4) and (5) show how this relationship was confirmed for the adsorption of the solute of phenolic compounds onto GAC for various bed depths. The experimental data for the adsorption of phenolic compounds onto Coconut Shell -GAC fit the BDST model very well.

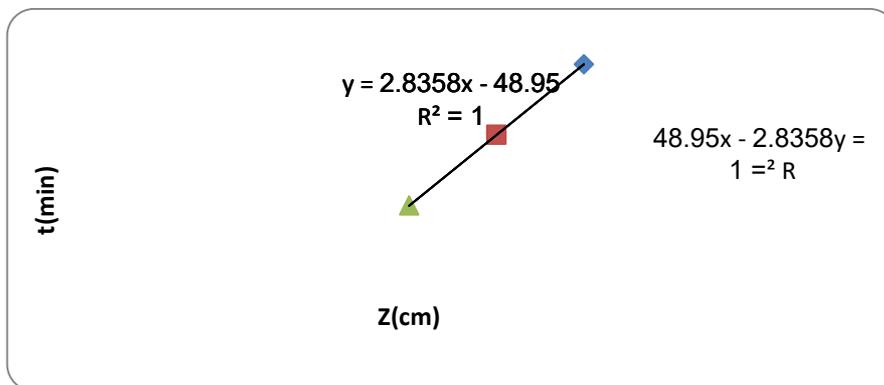


Figure (4) Effect of Percentage Breakthrough by BDST model for 4-Nitrophenol onto Coconut Shell-GAC ($CO = 40 \text{ mg/L}$, 50 mL/min)

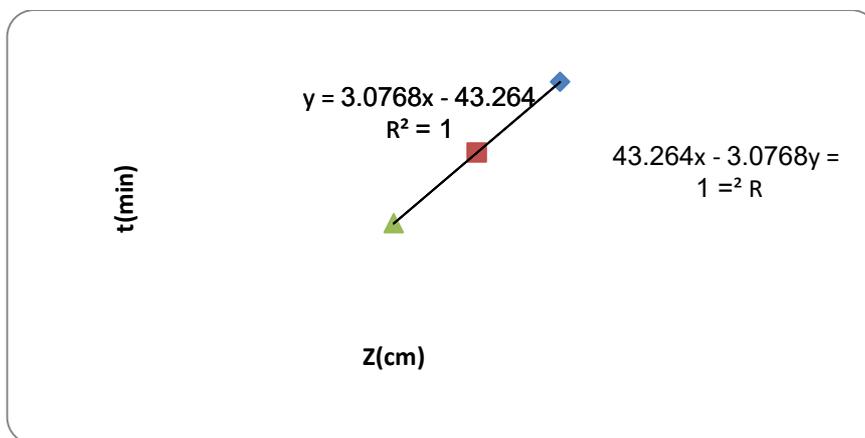


Figure (5) Effect of Percentage Breakthrough by BDST model for m-Cresol onto Coconut Shell-GAC (CO=40 mg/L, 50 mL/min)

Table (2) Compares Bed depth service time (BDST) parameters at different percentage breakthrough for the adsorption of Phenolic compounds with copper onto pretreated *Aspergillus niger* biomass.

Table (2) Comparison Bed depth service time (BDST) parameters at different% breakthrough for the adsorption of Phenolic compounds with cooper.

Adsorbate	Adsorbent	Vol. Flow Rate (mL/min)	Breakthrough%	Slope m_x (min/cm)	Intercept C_x (min)	N_0 (mg/L)	K_a (mg/L.m in)	Correlation Coefficient (R2)	References
4-Nitrophenol	Activated carbon (Coconut Shell)	50	10	2.8357	-48.94	17.84	0.0030	1.00	Present work
m-Cresol		50	20	3.0768	-43.26	19.33	0.0031	1.00	
Copper	pretreated <i>Aspergillus niger</i> biomass	1.6	9.9	237	-31.2	5960	0.008	0.99	Mausumi .M. <i>et al.</i> 2010)
Copper		5.2	9.9	73.2	-20.4	5960	0.0111	1.00	

4. Conclusion

This research work has revealed some latent facts about the usefulness and effectiveness of granular activated carbon produced from waste agricultural materials. From the experimental information gathered, it has been shown in this study that From the set of experimental and theoretical analysis on adsorption of phenolic solute compounds the following conclusions can be made.

- 1- granular activated carbon of (0.5-2 mm) particle size produced from coconut shell can effectively remove organic pollutants from distillate water
- 2- The sorption of phenolic compounds by coconut shell pellets a fixed bed column was studied.
- 3- The experimental results:
 - A. (4-Nitrophenol: Volumetric Flow Rate = 50 mL/min, Breakthrough 10%, $N_0 = 17.84$ mg/L and $K_a = 0.0030$ mg/L.min).
 - B. (m-Cresol: Volumetric Flow Rate 50= mL/min, Breakthrough 20%, $N_0 = 19.33$ mg/L and $K_a = 0.0031$ mg/L.min) showed that adsorbent removes the phenolic compounds effectively and the change in the column operating parameters, such as bed height.
- 4- A bed depth service time model (BDST) has been applied as a quick design method for a fixed bed and has been successfully applied to the adsorption system where the variables studied include bed height and flow rate.

5. Recommendations For Future Work

1. The first recommendation is to increase the porosity of the coconut shell adsorbent by treated it by moisture and NaOH. It is regenerated by treatment with NaOH and moisture under conditions resulting in impregnation sufficient to restore the activated carbon to more than its original adsorptive capacity for the phenolic compounds
2. uses less than the size used in this purely, because the Grain size of carbon has effect on absorbance of the chemical compounds.
3. determine the breakthrough point for a dynamic column operated under different bed depths, also studying effect of

different flow rate and effect of particle size in order to obtain on good results.

6. References

- [1] Fawel, J.K. & Hunt, S. 1988. Environmental Toxicology: Organic Pollutants. New York: Halstd Press, John Wiley & Sons 398.
- [2] Ozkaya, B. 2006. Adsorption & desorption of phenol on activated carbon and a comparison of isotherm models. Journal of Hazardous Materials, B129, 158 - 163
- [3] Gallego, A. Fortunato, M.S. Foglia, J. Rossi, S. Gemini, V. Gomez, L. Gomez, C.E. Higa, L.E. & Korol, S.E. 2003. Biodegradation and detoxication of phenolic compounds by pure and mixed indigenous cultures in aerobic reactors. International Biodeterioration & Biodegradation. 52:261-267.
- [4] Aygiin, A. Karakag, S.Y. & Duman, I. 2003. Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. Microporous and Mesoporous Material. 66:189-195.
- [5] The Environmental Quality Act 1974 - Environmental Quality (Industrial Effluent) Regulations 2009 was gazetted on October 12, 2009 and has been enforced since December 2009.
- [6] Perrich, J. R. 1981. Activated carbon adsorption for wastewater treatment. CRC press, Inc., Boca Raton, FLorida, USA.
- [7] Norzilah, A. H., Wan, M. A. W.D., Iskandar, M. N., Che Rosmani, C.2010. The Adsorption of 4-Nitrophenol onto Palm Shell Based Activated Carbon. Dept. of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur.
- [8] Available at Literature Review.
linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1004954106600694. [Accessed on 22 /9/2010].

- [9] Available at <https://ar.scribd.com/document/137025991/Activated-Carbon-From-Coconut-Shell>. [Accessed on 22/9/2010].
- [10] Available at <https://www.linkedin.com/pulse/coconut-shell-charcoal-malaysia-laura-ryan>. [Accessed on 13 /2/2015].
- [11] Available at <https://en.wikipedia.org/wiki/M-Cresol>.
<https://en.wikipedia.org/wiki/4-Nitrophenol>.
- [12] Shalini, V. Meenu, T. Seema, G. Gitansh & Singh, R.P. 2008. Adsorption system as solution to waste water problems. Journal of the IPHE, India, vol.9. no.1.
- [13] Mausumi Mukhopadhyaya, S.B. Noronha, G.K. Suraishkumar 2010. Copper biosorption in a column of pretreated *Aspergillus niger* biomass. Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, India.

Evaluate the effect of Controlled Welding Parameters on Microstructural Characteristics and Micro- hardness for Stainless Steel 304 by using TIG and SMAW Welding Process.

Salem. A . Sultan

Khaled .E. Alamori

alemsultan901@gmail.com

Khaled7319@yahoo.com

+218- 927695525

+218910948922

College of Engineering Technology-Janzour

Abdarazag . A . Hassan

Khaled .A. Aljaly

abdoz.ali@yahoo.com

Kaljaly0@gmail.com

+218926456362

+218925049067

College of Engineering
Technology-Janzour

Afriqiyah Airlines

المخلص:

في هذا البحث تم دراسة مدى تأثير عملية اللحام بالقوس الكهربائي المعدني المحمي (SMAW) وعملية اللحام بقطب التنجستن والغاز الخامل (TIG) على الفولاذ المقاوم للصدأ نوع 304 حيث تم اجراء عملية اللحام على عينة بسمك 4 مم من الفولاذ المقاوم للصدأ نوع 304 مع اجراء عمليات اللحام باستخدام طريقة SMAW و TIG. تم لحام قطعتين من العينات ذات الابعاد 360مم×26مم×4مم باستخدام اللحام بقطب التنجستن والغاز الخامل ولحام القوس الكهربائي المعدني المحمي لعملية اللحام، حيث اوضحت النتائج العملية المبينة بأنه عند مدخلات حرارة اللحام المختلفة، لم يلاحظ أي تعديل ملحوظ للطور في جميع أنحاء البنية المجهرية ويمكن ملاحظة الاختلافات في حجم حبيبات الأوستينايت فقط. كما لوحظ وجود شوائب ومسامية على شكل نقاط داكنة في بعض التشققات الدقيقة، ولم يتم العثور على أي تشققات دقيقة أثناء التحقيق و كان تكسير تجعد اللحام ظاهراً و وجود امتدادات بيضاء في الهياكل الدقيق لعينات منطقة التأثر



باللحام التي تم دراستها. علاوة على ذلك ، لوحظ من الصور المجهرية الضوئية التي أظهرت أن مدى تقشير الحبوب في منطقة التأثر باللحام يزداد مع زيادة مدخلات الحرارة.

2. Abstract.

This paper investigated the effect of the welding process of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and the relatively Tungsten-inert gas welding (TIG) process on 304 Austenitic Stainless steel. The welding process was carried out on 4mm thick plate of 304 Stainless Steel using SMAW and TIG welding processes. The two set of plates having the single plate size of 350mm×26mm×4mm were welded using Tungsten Inert Gas welding and Shielded metal arc welding process. At the varied welding heat input, no noticeable modification of δ - phase throughout the microstructure was observed, only variations in grain size of austenite could be noticed. Also, inclusions and porosities in form of dark dots were noticed in some of the microstructures, none of micro-cracklings were encountered during the investigation. Weld solidification cracking were present as white stretches in microstructures of the HAZ samples evaluated. Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input.

Key words:- Shielded Metal Arc Welding (SMAW), Tungsten-inert gas welding (TIG), Heat Affected Zone (HAZ).

2. Introduction.

Industrially speaking, welding process is widely used for the manufacturing industries to the service companies such as automotive, aerospace and building activities. Welding is not just combining two piece of material; rather it is also used for the softening, separation and joint combining. So that, welding is commonly used in the shipbuilding industries; welding is considered the core operation for the ship builders. In many cases,

the application of pressure is needed to weld the material. However, in some circumstances, it is not required, especially with soft or low density steel metals. Welding is also usually used in all fabrication companies due to similarity in used manufacturing processes. [1], [5]. Pervious research has shown that welding is of great importance especially when it comes to joining metal piece thus saving the need to buy new equipment or machineries. Thus, welding assists organization in saving their cost of buying newly manufacturing industrial machines [2]. One of the most workable and effectively used welding processes is called as Arc welding which is done via the metal fusion in which two metal pieces are exposed to heat and melt to form a single piece of item [3]. Welding is found to be widely used process in industrial sector; however, it must be carried out in a precautious and careful manner to avoid human injuries or damaging the machine or part of it [4]. There are different welding processes used for different materials to achieve state of art quality and standards welding materials. In this study, the processes of SMAW and TIG welding were employed [6], [7] .

3. Experimental Methodology.

The microstructure of the stainless steel was prepared as per ASTM B557 standard with the prescribed criteria. These specimens were observed under the optical microscope and the microstructures before and after they were obtained. The microstructure was analyzed by using specialized microscopic machine **and** equipment, the results were obtained in form of microscopic images and details. The slide cutters used to cut dimensions 350mm×26mm×4mm. then conducted cleaning operations to remove dust and grease.

The base material used in the present investigation was in the form of stainless steel plates type 304 sizes of 350 mm X 26 mm X 4mm which were cut using shear cutting machine from a sheet metal and the filler was —AWS E308L-16 solid electrode of 3.15 mm

diameter. The chemical composition of the base and the filler metal is shown in table1&2. The welding machine which was used in this study is Aristong 255 AC/DC. It has been initialized edges welding cutting operations machining on the milling machine where it was rinsing a 30 degree angle and length 350 mm) pieces and put properly to be the edge of the both be welded on one side likeness (single-V) and as shown in Figure1.

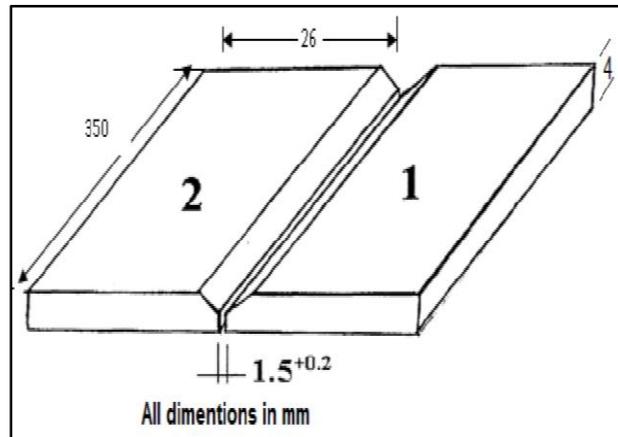


Figure 1: Preparation of the slides for welding process.

In the present work double V-groove design was used so that welding could be accomplished ensuring full penetration. Before welding all the edges were thoroughly cleaned in order to avoid any source of contamination like rust, scale, dust, oil, moisture that could creep into the weld metal and later on could result possibly into a weld defect. Bead-on plate SMAW was performed along the center line of solution annealed plates using electrode - AWS E308L-16 of diameter 3.15 mm. The samples were shown in Figure 2(a & b).



Figure 2: (a) SMAW process (b) TIG process.

It is a well-established fact that among all the welding variables in arc welding processes welding current is the most influential variable since it affects the current density and thus the melting rate of the filler as well as the base material. The rest time of 30 seconds was allowed after every subsequent pass.

Heat input was calculated according to equation 1,

$$H = \frac{\mu \times V \times I}{V} \quad (1)$$

Where, H= heat input in KJ/mm, = efficiency = 0.75 for SMAW, V= voltage in volts, I= current in amperes, = welding speed in mm/sec. So in accordance with this fundamental fact three different heat input combinations corresponding to different welding currents i.e. 75 A (low heat input), 100 A (medium heat input) and 125 A (high heat input) combinations were selected for the present study, also in this study two parameters such as the voltage and welding speed are constant by 36 volt for voltage and 2.5 mm/sec for the welding speed as shown in table1. Also table2 illustrate the chemical composition of the base metal and table 3 shown the chemical composition of electrode metal.

Table 1: Welding process parameter.

Voltage (V)	Current (A)	Welding speed mm/sec	Heat input KJ/mm
35	75	2.5	0.787
35	100	2.5	1.050
35	125	2.5	1.312

Table 2: Chemical Composition of Base Metal (wt.%).

Typical Chemical Compositions							
Type	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
304 %	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	18-20	8-10

Table 3: Chemical Composition of Electrode metal (wt.%)

Typical Chemical Compositions							
Filler metal (AWS E308L)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
	0.04	0.9	0.80	0.040	0.030	18	9

4. Result and Discussion.

4.1 Microstructure of SMAW welding:

The base metal and HAZ samples at varied welding heat input are depicted in figure3. Generally, the phases are composed majorly of austenite and ferrite. Also, chromium carbide formation and precipitation due to sensitization was observed at the grain boundaries. After etching, the ferrite phase was obtained as a lighter phase in between the darker austenite phase, and only a little difference was observed to exist between microstructure of the base metal sample and that of the HAZ samples at varied range of low welding heat inputs as shown in Figure 3.

The base metal and HAZ samples at varied welding heat input are depicted in figure3. Generally, the phases are composed majorly of austenite and ferrite. Also, chromium carbide formation and precipitation due to sensitization was observed at the grain

boundaries. After etching, the ferrite phase was obtained as a lighter phase in between the darker austenite phase, and only a little difference was observed to exist between microstructure of the base metal sample and that of the HAZ samples at varied range of medium welding heat inputs as shown in Figure 4.

The ferrite phase is seen to be relatively more dispersed in the austenite matrix of the base metal sample as compared to austenite matrix of the HAZ samples in figure 4. Austenite grain boundaries are readily observable in the microstructures of the base metal sample as well as the HAZ samples. At the varied welding heat input, no noticeable modification of δ -phase throughout the microstructure was observed, only variations in grain size of austenite could be noticed. Also, inclusions and porosities in form of dark dots were noticed in some of the microstructures, none of micro-cracklings were encountered during the investigation. Weld solidification cracking were present as white stretches in microstructures of the HAZ samples evaluated Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input as shown in figure 5.

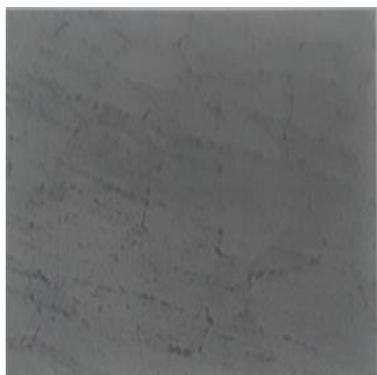


Figure 3: Optical micrograph of low heat input (100x).

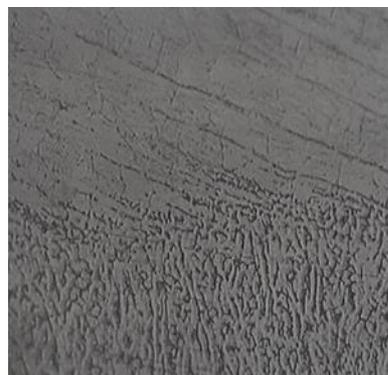


Figure 4: Optical micrographs of medium heat input (100x).

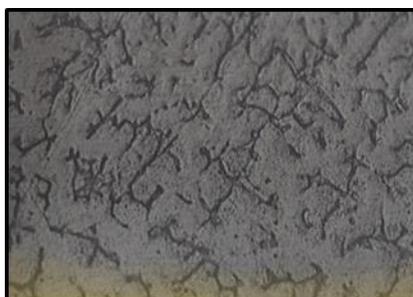


Figure 5: Optical micrographs of high heat input (100x).

4.2. Micro-hardness of SMAW welding for austenitic stainless steel type 304.

Micro hardness measurements were taken in the transverse direction i.e. perpendicular to the base plate surface and this shown in figure 6. the figure also show that the micro hardness near the top of the weld bead surface is high and as the center of the fusion weld zone is approached by the inventor, it gradually reduces due to the fact that cooling rate is relatively higher at the top of the weld bead surface than at the center of the weld metal.

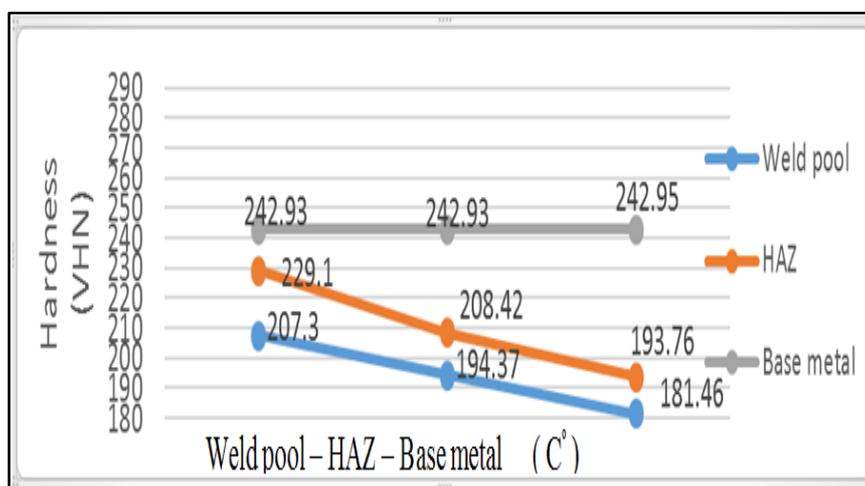


Figure 6: Micro hardness along weld pool, HAZ and base metal at different heat input.

From table 4, it is observed that as the indenter traverses outwards (parallel to the base plate surface) from the center of the weld/fusion zone towards the fusion boundary, micro hardness increases from 181.46 VHN for high heat input, 193.76 VHN and 242.95 VHN for high heat input welded joint around HAZ region.

Table 4. Micro hardness values at different weld regions.

Weld region	Low heat input	Medium heat input	High heat input
Weld pool	207.30	194.37	181.46
HAZ	229/10	208.42	193,76
Base metal	242.93	242.93	242.95

The steep rises in the micro hardness with the average values of weld pool, HAZ and base metal are 194.37 VHN, 210.43 VHN and 242.94 VHN respectively at low, medium and high heat input (see figure 6). High hardness in the fusion boundary zone (FBZ) in all the joints, can be attributable to the presence of partially unmelted grains at the fusion boundary which are partially adopted as nuclei by the new precipitating phase of the weld metal during the solidification stage. After reaching this peak value, micro hardness shows a decreasing trend in the HAZ. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ (CGHAZ) which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was well grained HAZ (FGHAZ) which provide high hardness. The reason for this trend of micro hardness in the HAZ of all the joints is that the area adjacent to the weld/fusion zone experiences relatively slow cooling rate and hence has coarse grained microstructure, whereas the area adjoining the base metal

undergoes high cooling rate due to steeper thermal gradients and consequently has well grained microstructure. It is evident from the trend depicted by the micro hardness profile within the HAZ of each of these joints. In general, it is observed from these micro hardness studies that hardness follows an increasing trend in the order of weld metal, HAZ, unaffected base metal and fusion boundary for all the joints made at different heat inputs. It is also found that there is a significant grain coarsening in the HAZs of all the joints.

4.3 Microstructure of TIG welding:

From figures 7, 8 and 9, it is clearly seen that the heat input increases the depth of penetration increases along with the height of reinforcement. There is no effect on the weld width due to increase in heat input. Full penetration welds were obtained in all the three combinations of heat input (75A, 100A, 125A). As indicated by these values, it is found that heat input increases the fusion areas of the joints proportionately. The same trend is followed by the HAZ area associated with each of these joints and fusion zone and HAZ area also maximizes when the heat input is increased. Optical micrographs show the microstructures of weld zone, fusion boundary and HAZ for different heat input combinations (see figures 7,8 and 9).

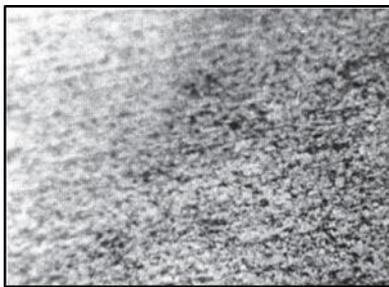


Figure7: Optical micrograph of TIG welding at low heat input(100x).

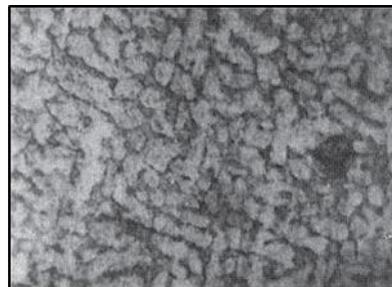


Figure8: Optical micrograph of TIG welding at medium heat input(100x)



Figure9: Optical micrograph of TIG welding at high heat input (100 x).

4.4. Micro-hardness of TIG welding for austenitic stainless steel type 304.

Micro hardness measurements were taken in the transverse direction i.e. perpendicular to the base plate surface, plate surface and the same are shown in figure 10. Figure 10 also shows that the micro hardness near the top of the weld bead surface is high and, as the center of the fusion/weld zone is approached by the indenter, it gradually reduces due to the fact that cooling rate is relatively higher at the top of the weld bead surface than at the center of the weld metal. From table 5, it is observed that as the indenter traverses outwards (parallel to the base plate surface) from the center of the weld/fusion zone towards the fusion boundary, micro hardness increases from 217.40 VHN at low heat input, 204.27 VHN at medium heat and 191.46 VHN at high heat input welded joint around HAZ region.

Table 5: Micro hardness values at different weld regions.

Weld region	Low heat input	Medium heat input	High heat input
Weld pool	217.40	204.27	191.46
HAZ	239.35	238.36	203,76
Base metal	256.85	256.85	256.85

The steep rises in the micro hardness with value of 191.46 VHN for high heat input at weld pool, 239.35 VHN for HAZ and 256.85 VHN for base metal respectively. High hardness as possessed by the fusion boundary zone (FBZ) in all the joints can be attributed to the presence of partially un-melted grains at the fusion boundary which are partially adopted as nuclei by the new precipitating phase of the weld metal during the solidification stage. After reaching this peak value micro hardness shows a decreasing trend in the HAZ. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ (CGHAZ) which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was well grained HAZ (FGHAZ) which possessed high hardness. The reason for this trend of micro hardness in the HAZ of all the joints is that the area adjacent to the weld/fusion zone experiences relatively slow cooling rate and hence has coarse grained microstructure, whereas the area adjoining the base metal undergoes high cooling rate due to steeper thermal gradients and consequently has well grained microstructure. This is evident from the trend depicted by the micro hardness profile within the HAZ of each of these joints. In general, it is observed from these micro hardness studies that hardness follows an increasing trend in the order of weld metal, HAZ, unaffected base metal and fusion boundary for all the joints made at different heat inputs. It is also observed that there is significant grain coarsening in the HAZs of all the joints. Further it is observed from the optical micrographs shown that the extent of grain coarsening in the HAZ increases with increase in heat input as shown in figure 7, 8 and 9.

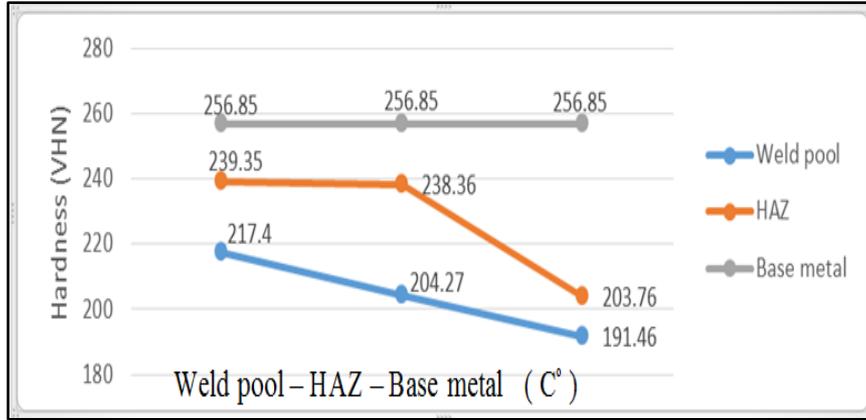


Figure 10: Micro hardness along weld pool, HAZ and base metal at different heat input.

Conclusions:-

It is concluded from the results of this experimental study that in a fusion boundary, there is a steep rise in the micro hardness with value of 191.64 VHN, 203.76VHN and 256.85 VHN at high heat input respectively. In all the joints, HAZ area adjacent to the fusion boundary was coarse grained HAZ which possessed low hardness whereas the HAZ area adjacent to the base metal was fine grained HAZ which possessed high hardness. It is also observed that there is a significant grain coarsening in the HAZs of all the joints. Further, it is found from the optical micrographs that the extent of grain coarsening in the HAZ goes up when the heat input is increased. The tensile strength of austenitic stainless steel decreases when welding parameters are increased because during low heat input conditions, the width of HAZ is very small around the fusion zone. This process changes with higher heat input. Micro-structural details of the weld metal, in terms of dendrite size and cell spacing, demonstrates that high the

tensile strength and ductility is possessed by the joints at low heat input, which would be attributable to smaller dendrite sizes and lesser inter dendritic spacing in the fusion zone.

References.

- [11] Jun Yan, Ming Gao, Xia oyan Zeng, (2010), “Study on microstructure and mechanical properties of 304 stainless steel joints by TIG, laser and laser-TIG hybrid welding”, China, Elsevier Journal of Optics and Lasers in Engineering 48 512–517.
- [12] Pankaj Biswas, N.R. Mandal, Parameswaran Vasu, Shrishail B. Padasalag, (2011), “A study on port plug distortion caused by narrow gap combined GTAW and SMAW and Electron Beam Welding”, India, Elsevier Journal of Fusion Engineering and Design 86 99–105.
- [13] Andrés R. Galvis, W. Hormaza, (2011), “Characterization of failure modes for different welding processes of AISI/SAE 304 stainless steels”, Colombia, Elsevier Journal of Engineering Failure Analysis 18 1791–1799.
- [14] M. Sharifitabar , A. Halvae b, S. Khorshahian, (2011), “Microstructure and mechanical properties of resistance upset butt welded 304 austenitic stainless steel joints”, Iran, Elsevier Journal of Materials and Design 32 3854–3864.
- [15] G. Lothongkum, E. Viyanit, P. Bhandhubanyong, (2001), “Study on the effects of pulsed TIG welding parameters on delta-ferrite content, shape factor and bead quality in orbital welding of AISI 316L stainless steel plate”, Thailand, Elseier Journal of Materials Processing Technology 110 233 to 238.
- [16] B-W. Cha and S-J. Na, (2003), “A Study on the Relationship between Welding Conditions and Residual Stress of Resistance Spot Welded 304-Type Stainless Steels”, China, Elsevier Journal of Manufacturing Systems Vol. 22/No. 31.

- [17] Ahmet Durgutlu, (2004), “Experimental investigation of the effect of hydrogen in argon as a shielding gas on TIG welding of austenitic stainless steel”, Turkey, Elsevier journal of Materials
- [18] D.G. Karalis, V.J. Papazoglou, D.I. Pantelis, (2009), “Mechanical response of thin SMAW arc welded structures: Experimental and numerical investigation”, Greece, Elsevier Journal of Theoretical and Applied Fracture Mechanics 51 8794.
- [19] Q.Wang , D.L.Sun, Y.Na, Y.Zhou, X.L.Han J. Wang, (2011), “Effects of TIG Welding Parameters on Morphology and Mechanical Properties of Welded Joint of Ni-base Superalloy”, China, Elsevier Journal of Procedia Engineering 10 3741.
- [20] Woo-Gon Kim , Jae-Young Park , Hyeong-Yeon Lee , Sung-Deok Hong , Yong-Wan Kim , Seon-Jin Kim, (2013), Time-dependent crack growth behavior for a SMAW weldment of Gr. 91 steel”, Korea, Elsevier International Journal of Pressure Vessels and Piping 110 66–71.