

دراسة تأثير كلوريد الصوديوم على تآكل الصلب منخفض الكربون

أ.محمود على الشويهدى، أ.أحمد محمد المجرش

كلية الطيران المدني - مصراتة

Mhmud.alshwehdi@gmail.com

الملخص:

أن الهدف الأساسي لهذا البحث هو دراسة تأثير محلول كلوريد الصوديوم بتركيز مختلفة ولفترات زمنية مختلفة على معدل التآكل للصلب منخفض الكربون.

وتتناول هذه الدراسة تأثير هذا المحلول على تآكل الصلب منخفض الكربون وفي ظروف معينة كتركيز الوسط التآكلي ، وزمن تعرض العينة فيه .

فقد اجريت تجارب على عينات من هذا المعدن بتركيز مختلفة من المحلول (40%، 60%، 80%، 90%) وكذلك بأزمنة مختلفة (6 ، 12 ، 24 ، 48 ، 72) ساعة.

فقد أظهرت النتائج العملية بأن العلاقة بين تركيز المحلول ومقاومة الصلب منخفض الكربون للتآكل هي علاقة عكسية، إذ تنخفض مقاومة المعدن للتآكل عند زيادة نسبة تركيز المحلول، وتتفاوت مقاومته للتآكل مع تغير تركيز الوسط و مع استمرار زمن التعرض مما كان عليه في بداية التفاعل، ان الزيادة في تركيز المحلول أدت الي ارتفاع في معدلات التآكل للمعدن ، وذلك بسبب حدوث تفاعل كيميائي بين المعدن وأيونات كلوريد الصوديوم (Cl⁻)، وزيادة تركيز المحلول أدت الي زيادة تركيز الأيونات على سطح المعدن والتي بدورها كانت السبب في فقدان وزن المعدن نتيجة لتآكله.

ولتحقيق أهداف هذه الدراسة، تم الاعتماد على المنهج التحليلي الاستنتاجي من خلال إجراء عدة تجارب عملية تطبيقية بإمكانيات بسيطة جداً، ومن خلالها تم إعداد جداول ورسومات توضح تأثير التراكيز المختلفة لمحلول كلوريد الصوديوم وكذلك فروقات في الزمن على معدن الصلب منخفض الكربون وفي درجات حرارة الغرفة.

وقد تم أيضاً تغطية موضوع الدراسة بالاعتماد على المراجع العلمية من كتب ودوريات ودراسات بموضوع الدراسة وتحليل البيانات والمؤشرات المتحصل عليها من خلال الجانب العملي التطبيقي للدراسة.

الكلمات الدالة: محلول كلوريد الصوديوم، معدل التآكل، الصلب منخفض الكربون.

Abstract:

In this work, the main aim is studying the effect of sodium chloride solution on the low carbon steel; an experimental study was carried out to determine quantitatively the effect of deferent concentrations of sodium chloride solution on corrosion rate of low carbon steel.

It is concluded that, for any given electrolyte system, corrosion rate increase, due to the concentration of chlorine ions (Cl^-) which reacted chemically with the low carbon steel metal and precipitated on its surface causing corrosion (weight loss) .

It is recommended that, two variable correlations maybe developed by fitting the experimental data obtained in this work to a model equation, which can simultaneously predict the corrosion rate of low carbon steel as a function of both the immersion time and concentration of the solution.

Also, it recommended to researching study in the same environments with increasing the immersion time to produce passive film which is protect the metal and reduce the corrosion rate.

Key words: sodium chloride solution, corrosion rate, low carbon steel.

مقدمة:

تتناول هذه الدراسة مجموعة من النقاط تتمثل في معرفة ظواهر التآكل والترسبات التي تحدث في المنشآت المعدنية المؤثرة سلباً على القدرة الانتاجية والخدمية والتصنيعية لجميع القطاعات، وهذا ما يلزم الكثير من دول العالم النامية أو المتقدمة صناعياً لدفع تكاليف

باهضه جداً من اجراءات فحوصات وقائية وصيانات وقائية ووضع مواصفات فنية محدودة لضمان العمر الافتراضي والتصميمي لهذه المكونات للحد والتقليل من المعدل التآكلي .

وتناولت أيضاً مراحل انجاز الدراسة العملية التطبيقية لتقدير وحساب معدل التآكل الذي يحدث لمعدن الصلب منخفض الكربون في الوسط التآكلي (محلول كلوريد الصوديوم) NaCl بدون وجود أي من الموانع التآكلية كالمثبطات الكيميائية او غيرها. وإن ظاهرة التآكل الفتاكة والأضرار الناتجة عنها كانت احدى اهداف هذه الدراسة ، بوضع تصور عملي لتأثير التغيرات في تركيز الوسط التآكلي (محلول كلوريد الصوديوم) على الصلب منخفض الكربون وبأزمنة مختلفة ، بحساب معدلات التآكل التي لها الأهمية القصوى لتحديد المشاكل الاقتصادية والفنية والبيئية ، وأثرها السلبي على المؤسسة لتكبدتها تكاليف ضخمة تتمثل في الفاقد في الانتاج ورداءة الكفاءة الانتاجية ، بالإضافة الى اللجوء لعمليات الاحلال والتطوير المتمثلة في التكاليف المباشرة وغير المباشرة.

وللأهمية الكبرى لجودة الإنتاج وكفاءة الأداء وتحسين مستوى الخدمات وإطالة عمر المنشآت المعدنية وكذلك لما يسببه التآكل من تلف شديد للصلب منخفض الكربون بسبب انتشاره الواسع في مختلف المجالات وخاصة في المناطق القريبة من شواطئ البحر لوفرة الاملاح الدائبة مثل ملح كلوريد الصوديوم وبتراكيز وبأزمنة مختلفين، الأمر الذي بدوره يوصي بدراسة هذه المشكلة على نطاق عملي ضيق للوصول الى نتائج واستنتاجات من خلالها يمكن ايجاد بعض المقترحات والتوصيات للحد من التآكل.

مشكلة البحث:

ويمكن صياغة مشكلة الدراسة في التساؤلات التالية: -

- ما مدى تأثير كلوريد الصوديوم على معدن الصلب منخفض الكربون؟

- ما سلوك التآكل الذي يحدث عند تراكيز وأزمنة مختلفين؟

أهمية البحث:

تكمن أهمية هذا البحث في معرفة سلوك المعدن عند تعرضه لوسط تآكلي، ومعرفة الطرق التطبيقية التي تجرى لحساب معدل التآكل والإلمام بموضوع الدراسة.

أهداف الدراسة:

- تهدف الدراسة لتحقيق مجموعة من النقاط منها:
- دراسة لعملية التآكل والإلامام بالمشاكل التي تحدث للمعدن بسبب تأثره بالوسط المحيط به.
 - دراسة تأثير العوامل الرئيسية المؤثرة في معدلات التآكل مثل النسب المختلفة لتركيز الوسط التآكلي و زمن تعرض المعدن في هذا الوسط التآكلي.
 - معرفة المفهوم العلمي لظاهرة التآكل للمعادن، وطرق الاختبارات التي يتم بها قياس معدلات التآكل.

منهجية البحث:

يتناول هذا البحث دراسة معملية تطبيقية لمعرفة تأثير العوامل المسببة لتآكل معدن الصلب منخفض الكربون في الوسط الالكتروليتي (محلول كلوريد الصوديوم)، وحساب معدل الفاقد في وزن المعدن جراء عملية التآكل لتحقيق أهداف الدراسة.

المراجعة النظرية:

ظاهرة التآكل تعرف بأنها تدهور في خواص المادة الأساسية نتيجة للتفاعل الكيميائي أو الكهروكيميائي في الوسط التآكلي، أي تأين المعدن أو الفلز وفقدانه لإلكترونات أثناء تفاعله مع الوسط الالكتروليتي (التآكلي) المحيط به بسبب إما عوامل كيميائية حدثت بسبب تفاعله مع الوسط المحيط به، أو عوامل ميكانيكية نتيجة التآكل بسبب الاحتكاك. ومن الأضرار الناجمة عن عملية التآكل، منها التغير في الأبعاد، وفقدان بعض الخواص الميكانيكية، والتغير في المظهر، وتلوث المنتجات، وفقدان السلامة، وغيرها كل ذلك يؤدي الى خسائر اقتصادية متعددة بسبب توقف الانتاج وتكاليف الصيانات الفجائية.

ويمكن تصنيف صور وأنواع التآكل على النحو التالي: [2]

- التآكل المنتظم (Uniform Corrosion)
- التآكل المكاني (Localized Corrosion)

- التآكل البلوري (Intergranular Corrosion)
 - التآكل النقري (Pitting Corrosion)
 - التآكل الجلفاني (Galvanic Corrosion)
 - التآكل الصدعي (Crevice Corrosion)
 - التآكل الحثي (Erosion Corrosion)
 - التآكل الاجهادي التشققي (Stress Corrosion cracking)
 - التآكل الخيطي (Filiform Corrosion)
- ميكانيكية التآكل: -

هناك عدة طرق ممكن اعتمادها للكشف عن ضرر التآكل مقداراً وسرعةً ونوعيةً، ويعتمد بعضها على طرق فيزيائية وأخرى كيميائية ومن الطرق المستخدمة في قياس معدلات التآكل منها:

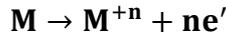
أ- طرق وزنية أي طريقة الوزن المفقود وفيها: [3]

$$\text{معدل التآكل (C.R)} = \frac{\Delta w}{A \cdot t} = \frac{w_1 - w_2}{A \cdot t}$$

ب- طرق تحليله أي حساب مدى تأين وذوبان الفلز في المحلول الالكتروليتي باستخدام جهاز الامتصاص الذري (atomic absorption)

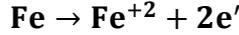
ج- طرق كهروكيميائية: -

وفيها يتم حساب عدد الالكترونات المنبعثة من المعدن بالطرق (DC, AC) من خلال المعادلة العامة للتفاعل التأكلي وهي [4]



د- طرق حجمية:

وفيها يتم قياس حجم الغاز المتصاعد (إن وجد) خلال التفاعل الكيميائي في معادلة الاختزال بإحدى الطرق الكيميائية لقياس حجوم الغازات. وفي هذه الدراسة تطرق الباحثون لحساب معدل التآكل بطريقه الوزن المفقود من معادلة التفاعل الكيميائي. [5]



يعتبر هذا المعدن أحد أنواع الصلب الكربوني، ويعرف بأنه الحديد الذي يحتوي على نسبة كربون أقل من 2%، وهو كثير الاستخدام في التطبيقات البحرية، ومحطات إنتاج الطاقة الذرية، وفي المصانع الكيميائية، وفي خطوط إنتاج ونقل البترول، ويعتبر مادة أساسية تستخدم في الانشاءات الهندسية المختلفة.

والصلب منخفض الكربون هو عبارة عن سبيكة مكونة من الحديد والكربون وبعض العناصر الأخرى كما هو موضح بالجدول رقم (1) فإن الاهتمام بظاهرة التآكل تبدأ من المعلومات الأساسية ما يمكنه بكيفية حدوثها، وكيف يمكن قياس معدلات التآكل وطرق فحص العينات، وكيفية اختيار مواد الانشاء والتشديد، والاسلوب العلمي لتحليل المعلومات والبيانات المتوفرة عن عملية التآكل.

الأضرار الاقتصادية الناجمة عن التآكل: [6]

إن الأضرار الاقتصادية لظاهرة التآكل عديدة والتي تسبب في الكثير من الاحيان الى توقف المصانع عن الانتاج، وما يوافق ذلك من تكلفة اقتصادية إضافية، وارتفاع تكلفة الصيانة الدورية بسبب تبديل الجزء المعدني التالف بجزء جديد آخر. وكذلك يؤدي التآكل أحياناً الى حدوث فشل غير متوقع في الاجزاء المعدنية، وقد يؤدي الى حصول أضرار كبيرة أكبر من المتوقع.

والأمر الذي لزم الفحص المستمر للقطع المعدنية لاتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وصول درجة التآكل الى الحد النهائي لما له من سلبيات على الاداء والانتاجية، ويتم الكشف عن التآكل بعدة اختبارات دون إتلافها منها الاختبارات غير الهدامة (N.D.T)، والذي يتطلب تكاليف إضافية. [6]

التجارب المعملية والتجهيزات المستخدمة:

1- المواد المستخدمة في الدراسة هي:

- المعدن: استخدمت عينات من الصلب منخفض الكربون بأبعاد 2 سنتمتر طول، 1 سنتمتر عرض و 0.3 سنتمتر سمك، وتم تجهيز وتنظيف سطحها قبل إجراء التجارب

عليها وكذلك تسجيل أوزانها بميزان حساس قبل وبعد اجراء عملية غمرها في محلول كلوريد الصوديوم (بالجرام)، كما موضح بالجدول رقم (2).

- محلول كلوريد الصوديوم (Na Cl)

تم تحضير محلول كلوريد الصوديوم بنسب تركيز مختلفة (90،80،60،40) %، غمرت العينات فيه لفترات زمنية مختلفة (6،12،24،48،72) ساعة وتم قياس معدل التآكل لها بعد كل عملية غمر باستخدام قانون التآكل لحالة التفاعل الكيميائي.

2- طريقة حساب معدل التآكل : حيث أن التآكل الذي حدث بموضوع الدراسة هو تفاعل كيميائي وتم حساب معدل التآكل بالمعادلة التالية:

$$\text{معدل التآكل (C.R)} = \frac{\Delta \text{weight}}{\text{Area} * \text{Time}} = \frac{\text{الفاقد في الوزن (gm)}}{\text{المساحة (cm}^2\text{)} * \text{زمن (hr)}}$$

3- الجانب العملي والتطبيقي: تم إجراء تحليل كيميائي للمعدن لمعرفة مكونات عناصره والذي موضح بالجدول رقم (1)، كذلك اجريت تجارب معملية على عدة عينات من الصلب منخفض الكربون بمختلف تراكيز محلول كلوريد الصوديوم ولفترات زمنية مختلفة وكذلك تم تحليل بيانات ونتائج التجارب على هيئة استنتاجات من خلال توضيحها بأشكال بيانية تمثل العلاقة بين معدلات التآكل وزمن غمر العينات في المحلول وبتراكيز مختلفة، كما موضح بالأشكال (1)، (2)، (3) و (4). وتم حساب معدلات التآكل للمعدن عند نسب تراكيز للمحلول المختلفة ولفترات زمنية مختلفة كما موضح بالجدول رقم (3).

النتائج والتوصيات

أولاً النتائج:

تشير النتائج والاستنتاجات لهذه الدراسة من خلال الجداول والرسومات التحليلية الى ثلاث محاور رئيسية حسب تأثيرها وأهميتها كالتالي: -

1- تأثير نسبة تركيز محلول كلوريد الصوديوم على معدل تآكل الصلب منخفض الكربون يتضح عند المقارنة بين العينات المستخدمة كما موضح بالجدول رقم (3).

حيث أنه تزداد معدلات التآكل بازدياد نسبة تركيز المحلول وكذلك زيادة الفترة الزمنية المستخدمة، وقد تبين أن أقل قيمة لمعدل تآكل المعدن عند أقل تركيز وأقل فترة زمنية تعرضت لها العينة والعكس صحيح.

2- أن المسبب الرئيسي للتآكل لهذه الدراسة هو تركيز أيونات الكلوريد (Cl-) والتي أدت الى الزيادة في فقدان وزن العينة بعد تنظيفها من نواتج التآكل الهشة، أي أن زيادة تركيز المحلول الملحي أدى الى زيادة معدلات التآكل.

3- تأثير زمن تعرض العينة على معدلات التآكل، يزداد معدل التآكل تدريجياً بزيادة فترة التعرض للعينة في المحلول.

وأن أعلى معدلات التآكل كانت خلال فترة التعرض للتآكل لمدة (72) ساعة في جميع الأوساط ، وأن أقل معدل للتآكل لنفس الأوساط عند تعرض العينة للتآكل لمدة (6) ساعات).

4- يمكن تفسير ازدياد معدلات التآكل مع زيادة زمن التعرض للعينة الى سرعة التفاعل الكيميائي الذي حدث بين المعدن والبيئة المحيطة به ويعود السبب الى وجود أيونات الكلوريد المتكونة على سطح العينة المستخدمة والتي تجعل المعدن أقل مقاومة مع الوسط المسبب للتآكل. [7]

5- الفقدان في وزن العينة المعرضة مع زيادة زمن التعرض تمثل علاقة خطية بسبب التفاعل الكيميائي الذي أدى الى استمرار فقدان الوزن على هيئة تكوين نواتج تآكل هشة على سطح العينة مع تغير الزمن كما موضح بالجدول رقم (2) والشكل رقم (4).

جدول (1): التحليل الكيميائي للعينة

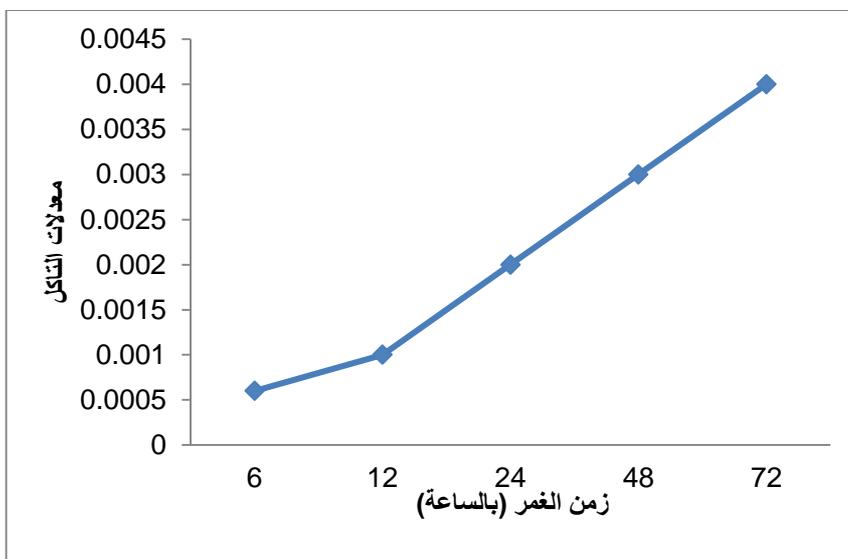
C	si	Mn	P	s	cr	Ni	Cu
0.05	0.07	0.12	0.04	0.005	0.04	0.009	0.003

جدول رقم (2) يوضح أوزان العينات قبل وبعد عملية الغمر

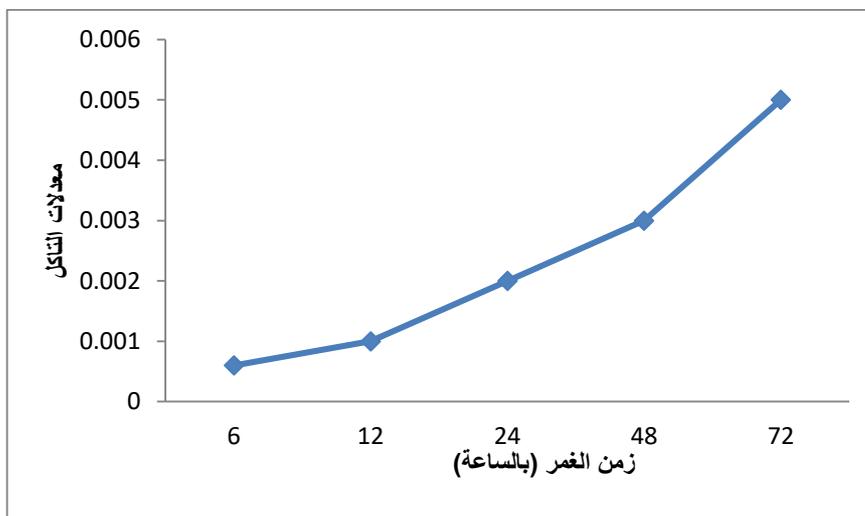
تركيز 90%	تركيز 80%	تركيز 60%	تركيز 40%	البيان
14.89	15.09	15.46	14.87	وزن العينة قبل الغمر (gm)
14.85	15.05	15.44	14.85	وزن العينة بعد (6 ساعات)
14.78	15.02	15.42	14.83	وزن العينة بعد (12 ساعة)
14.74	15.00	15.40	14.80	وزن العينة بعد (24 ساعة)
14.66	14.97	15.35	14.76	وزن العينة بعد (48 ساعة)
14.62	14.96	15.30	14.71	وزن العينة بعد (72 ساعة)

جدول رقم (3) يوضح معادلات التآكل للعينات

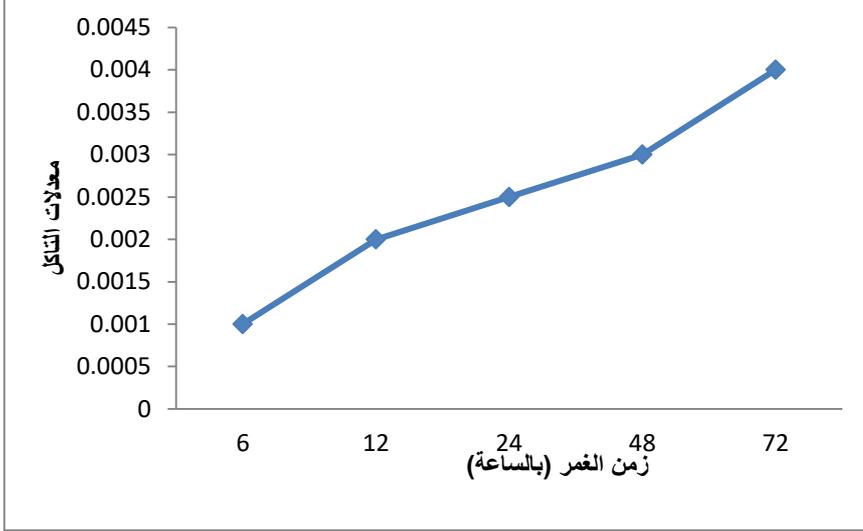
تركيز 90%	تركيز 80%	تركيز 60%	تركيز 40%	البيان
0.001	0.001	0.0006	0.0006	معدل التآكل بعد (6 ساعات)
0.003	0.002	0.001	0.001	معدل التآكل بعد (12 ساعة)
0.004	0.0025	0.002	0.002	معدل التآكل بعد (24 ساعة)
0.007	0.003	0.003	0.003	معدل التآكل بعد (48 ساعة)
0.008	0.004	0.005	0.004	معدل التآكل بعد (72 ساعة)



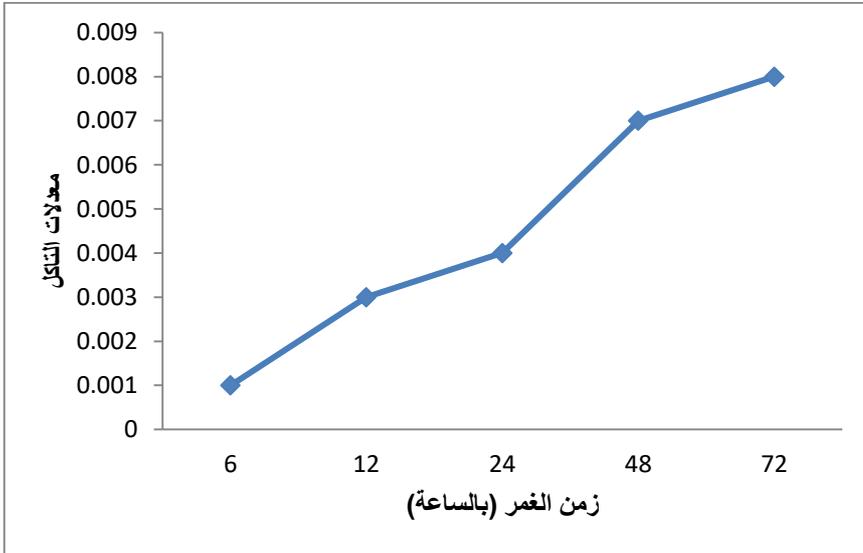
الشكل (1) يبين العلاقة بين معدل التآكل وزمن الغمر بتركيز (40%)



الشكل (2) يبين العلاقة بين معدل التآكل وزمن الغمر بتركيز (60%)



الشكل (3) يبين العلاقة بين معدل التآكل وزمن الغمر بتركيز (80%)



الشكل (4) يبين العلاقة بين معدل التآكل وزمن الغمر بتركيز (90%)

ثانياً التوصيات :

- 1- للتقليل من معدلات التآكل ، نوصي بأن تظلى مثل هذه المعادن ذات المقاومة الضعيفة لهذا الوسط التآكلي بالطلاءات الخاصة لمنع التآكل .
- 2- يمكن استخدام بعض المثبطات الكيميائية الخاصة (Inhibitors) لهذه الأوساط .
- 3- توصى الدراسة في مثل هذه الظروف والأوساط الى استخدام أنواع من المعادن ذات المقاومة العالية للتآكل مثل السبائك المحتوية على عنصري الكروم أو النيكل أو استخدام الصلب الاستيلى (Stain Less Steel).
- 4- إمكانية إعداد دراسات بحثية أخرى لنفس الظروف باستخدام فترات زمنية أطول ليتسنى حدوث نواتج التآكل (Passive film) على هيئة طبقات تأكليه سميكة تتكون على سطح المعدن والتي بدورها تعيق عملية استمرار التفاعل الكيميائي، وفي نفس الوقت تساهم في حماية المعدن من الاستمرار في التآكل.

المراجع: -

- [1] خالد شرف، دراسة سلوك تآكل الفولاذ الكربوني في الأوساط المائية، ورقة بحثية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد الثامن والعشرون، العدد الأول، 2020م.
- [2] حسين باقر رحمة الله، هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن، الجامعة التكنولوجية، 2018م.
- [3] على ابودية، نوري البديري، طرق الوقاية من التآكل، جامعة طرابلس 1994م.
- [4] كاظم الموسوي، إزالة نواتج التآكل من على سطح المبادلات الحرارية بوحدة تحلية مياه البحر ورقة بحثية مقدمة للمؤتمر الليبي لظاهرة التآكل، طرابلس، 2013م.
- [5] محمد عز الدهشان، مبادئ علم التآكل والأكسدة، جامعة الرياض، 2001م.
- [6] منصور إبراهيم سالم، هندسة التآكل وطرق الحماية، جامعة الاسكندرية، 2016 .
- [7] M.G.Fontana, Corrosion Engineering, 2019.