مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (1) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (1) 2011

تأثير الخمولية على مقاومة التآكل لأسطح الفولاذ المنخفض الكربون

الدكتور موسى المحمد*

(تاريخ الإيداع 5 / 1 / 2011. قُبِل للنشر في 17/ 2 / 2011)

□ ملخّص □

الهدف من الدراسة تحسين خمولية وزيادة مقاومة التآكل لأحد أنواع الفولاذ المنخفض الكربون المحتوي على 0.15% كربون المستخدم محليا في تصنيع بعض عناصر الآلات. الدراسة تضمنت تحضير عينات الفولاذ المنخفض الكربون، بإبعاد (20*10 سم) وبسماكة 2.5 مم. العينات تم غمرها في محلول يحوي الأتي: الصودا الكاوية، نترات الصوديوم (2%)، كرومات الصوديوم (2.5%). درس تأثير كل من تركيز الصودا الكاوية ودرجة الحرارة وزمن غمر على معدل تآكل العينات. أظهرت النتائج بان أفضل خمولية للسطوح يمكن الحصول عليها عند 5% (الصودا الكاوية) و مدة غمر (30 دقيقة) ودرجة حرارة محلول الغمر (46 درجة مئوية). أيضا، أظهرت النتائج تحسن ملحوظ في مقاومة التآكل والصدأ للفولاذ المستخدم لمدة تزيد عن 180 يوم.

الكلمات المفتاحية: خمولية، فولاذ المنخفض الكربون، مقاومة التآكل، الصودا الكاوية

* أستاذ مساعد . قسم المعدات والآليات . كلية الهندسة التقنية . جامعة تشرين . طرطوس . سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (1) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (1) 2011

Effect of Passivity on the Corrosion Resistance of Low Carbon Steel Surfaces

Dr. Mosa Almohmmad*

(Received 5 / 1 / 2011. Accepted 17 / 2 / 2011)

□ ABSTRACT □

This study aims to improve the passivity and increase corrosion resistance on one of low carbon steel containing 0.15%C locally used in manufacturing some of machine elements. The study includes preparing specimens of low carbon steel, with (10*20 cm) dimension and its (2.5 mm) thickness. The specimens were immersed in a solution containing the following: Caustic soda, Sodium nitrate (2%), Sodium chromate (2.5%). The influence of caustic soda concentrations, temperature of solution and time of immersing on corrosion rate of specimens were studied. The results show that the best passive surfaces can be obtained with caustic soda concentration (5%), time of immersing specimens (30 min) and temperature of solution (46^oC). The results also show noticeable improvement in the corrosion resistance of the metal used for more than 180 days.

Key words: passivity**,** low carbon steel**,** corrosion resistance, Caustic soda

***Associated Professor, Department of Equipments and Machines , Faculty of Technician Engineering, Tishreen University, Tartrous, Syria.**

مقدمة:

يعرف التآكل بأنه تلف المعادن نتيجة تفاعله كيميائيا أو كهروكيميائيا مع الجو المحيط به والسبب الرئيسي لتآكل المعادن واختلاف معدلات التآكل بين معدن وآخر يعود إلى منشأ هذه المعادن أو أصولها. معظم المعادن وخاصة الحديد لا تتواجد في الطبيعة كمعدن نقي ولكن على شكل مركبات كيميائية مثل ألاكاسيد والكربونات والتي تسمى عادة بخامات هذه المعادن. عند استخلاص المعادن من هذه الخامات لا بد من بذل مقدار من الطاقة ولذلك فإن المعدن سوف يكون مجبراً على التواجد في حالة تختلف عن الحالة التي كان عليها في الطبيعة لذا فإنه يلجأ إلى ترك الحالة الجديدة والعودة إلى الأصل أي الخام .

يشكل التآكل ومضاره وأساليب الحماية منه مشكلة هندسية من المتوقع ان تزداد مع التطور السريع والمستمر الحاصل في الصناعات الهندسية [1]

إن تأثيرات التآكل تكون عادة على نوعين يتمثل النوع الأول في تلف أو فقدان المعدن كما هو الحال مع تآكل الحديد أو الفولاذ. النوع الثاني عبارة عن تآكل موضعي يؤدي إلى تغيير السطح الخارجي للمعدن وخواصه مما يؤدي لاحقاً إلى حدوث تلف ميكانيكي مثل الكسر أو الفشل أو الانهيار. ومن الأمثلة على هذا النوع الأخير التآكل الموضعي (Local corrosion) في الأجهزة والمعدات، والتي يكون حدوثه خطراً جسيماً، على سبيل المثال تسرب الغازات السامة أو السوائل المضرة بالصحة من الخزانات والأنابيب كذلك كسر الأجزاء الميكانيكية في القوالب والمفاصل الميكانيكية [2] .

إن جميع دول العالم وخاصة الصناعية منها تتخذ الإجراءات الضرورية لمنع التآكل أو الحماية منه للأجزاء خلال مراحل إنتاجها أو عند خزنها أو خلال عملها في المواقع المختلفة كأجزاء السيارات والسفن والأجزاء الإنشائية وأجزاء القوالب والعدد المختلفة[3].

يمكن تقسيم المعالجات التي يتم إجراءها على المعادن إلى قسمين، معالجات سطحية ومعالجات حرارية سطحية. فالمعالجات الحرارية السطحية للمعادن تتضمن تسخين سطح المعدن إلى درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة العليا ثم التبريد إلى درجة حرارة الغرفة لفترة زمنية تعتمد على عمق الطبقة السطحية المطلوبة للمعدن المراد تقسيته وتشمل المعالجات الحرارية السطحية للمعادن (الكربنة . النتردة . التقسية ....الخ) [4].

أما المعالجات السطحية للمعادن فتشمل معالجة سطح المعدن بالمحاليل القلوية أو الحامضية لإغراض تنظيف سطح المعدن ثم جعله مقاوماً للتآكل أما عن طريق جعل سطح المعدن خاملا (Passive) أو يغطى بطبقة حامية من معدن أو مادة لدائنية .

اما الشوائب التي تغطي سطح المعدن فيمكن تقسيمها إلى قسمين، شوائب عضوية كالدهون وغيرها ويتم إزالتها بوساطة السوائل العضوية (كالنفط ومشتقاته والتنر) وشوائب لاعضوية مثل (الاكاسيد . الهيدروكسيدات . الكربونات والكبريتات) وتمثل هذه الشوائب طبقات الصدأ ويتم أزالتها باستخدام المحاليل اللاعضوية كالأحماض والقواعد والأملاح الذائبة. إن المعالجة بالأحماض تؤدي الى إزالة هذه الشوائب دون المساس بسطح المعدن لذا يجب استعمال حامض معين أو قاعدة معينة تبعا لنوعية المعدن. على سبيل المثال لإزالة صدأ الحديد يستعمل عادة حمض الكبريت أو حمض كلور الماء الممددين ويفضل الأخير لأنه يعطي مظهراً خارجياً أفضل .

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر مشكلة الصدأ من المشاكل الرئيسية، خلال مرحلة خزن الحديد الصلب بشكل مؤقت لفترة تزيد على الشهرين في مخازن الإنتاج الوسطي حيث يمكن بسهولة ملاحظة ظهور الصدأ لأسطح الأجزاء المخزونة بعد فترة أسبوعين أو ثلاثة أسابيع من فترة خزنها لحين إكمال باقي أجزاء القالب أو الآلة كأجزاء السيارات والسفن والأجزاء الإنشائية والأنابيب.

تكمن أهمية البحث في إجراء عملية السلبية أو الخمولية للفولاذ المنخفض الكربون وسبائكه والخمولية تعني جعل سطح المعدن متعادلاً نسبياً مع الوسط المحيط به وحماية المعدات وأجزاء القوالب والأجزاء المكونة للآلة لفترة زمنية طويلة نسبيا خلال مدة الخزن قبل إجراء عملية التجميع النهائية دون أن تتعرض إلى الصدأ والتأكسد.

طرائق البحث ومواده:

تم إجراء البحث على عينات من الفولاذ المنخفض الكربون المستخدم محلياً في تصنيع بعض عناصر الآلات والسيارات والسفن والمواد الإنشائية. ويبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم إذ أجري اختبار التحليل الكيميائي باستخدام جهاز التحليل الطيفي للمعادن في مخبر مقاومة المعادن في كلية الهندسة التقنية بجامعة تشرين حيث تم أخذ ثلاث قراءات و أُخذ المتوسط للقراءات الثلاث.

الجدول (1) يبين التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم

العنصر	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
النسبة المئوية	97.0	0.148	0.0254	1.49	0.08	0.369	0.076	0.109

إجراء التجارب:

تم تحضير عينات الاختبار من الفولاذ بأبعاد 10*20 cm وبسماكة (2.5) مليمتر. كما أجريت عملية التنعيم الميكانيكي للعينات لأزاله الخشونة السطحية إذ يفضل إجراء الاختبارات على العينات وهي في حالتها الطبيعية بعد عمليات الإنتاج مباشرة وخاصة فيما يتعلق بمواصفات السطح.

وبعد تحضير العينات تم غمرها بمحلول قاعدي مكون من الصودا الكاوية يحتوي على نترات الصوديوم بنسبة 2% وكرومات الصوديوم بنسبة 2.5%. ودرس تأثير كل من تركيز الصودا الكاوية، الفترة الزمنية للغمر، ودرجة حرارة محلول الغمر على معدل التآكل.

اختبار التآكل Corrosion test:

–تم إجراء اختبار التآكل الكيميائي بطريقة الفقد الوزني إذ تم حساب وزن كل عينة قبل وضعها في المحلول بوساطة ميزان الكتروني حساس بدقة 0.001g نوع (Sartorius (LA1200S ألماني الصنع.

– اجري الاختبار بعد إخراج العينات من محلول الغمر وتجفيفها مباشرة ثم تركت في غرفة ذات تهوية جيدة (الرطوبة النسبية 80%). كما تمت مراقبة العينات التي غمرت بتراكيز مختلفة من الصودا الكاوية لمدة ستة أشهر في نفس الشروط السابقة.

– تم حساب معدل التآكل بوساطة إزالة نواتج التآكل (الصدأ) من العينات التي يظهر فيها الصدأ ووزن نواتج التآكل بواسطة ميزان حساس بدقة 0.0001g وبعدها تم حساب معدل التآكل بوحدة ميكرومتر / شهر وفقا للعلاقة [4]:

$$CPR = \frac{7300 \times W}{A \times d \times t} [\mu m / M]$$

حيث:

CPR : معدل التآكل ميليمتر بالشهر $(\mu m / M)$.

W: النقص بالوزن ويساوي الوزن الأولي . الوزن النهائي (mg).

A: مساحة السطح المعرض للوسط (cm^2).

t: زمن الاختبار (ساعة).

d: كثافة المعدن (للفولاذ الكربوني $7.86\ g/cm^3$).

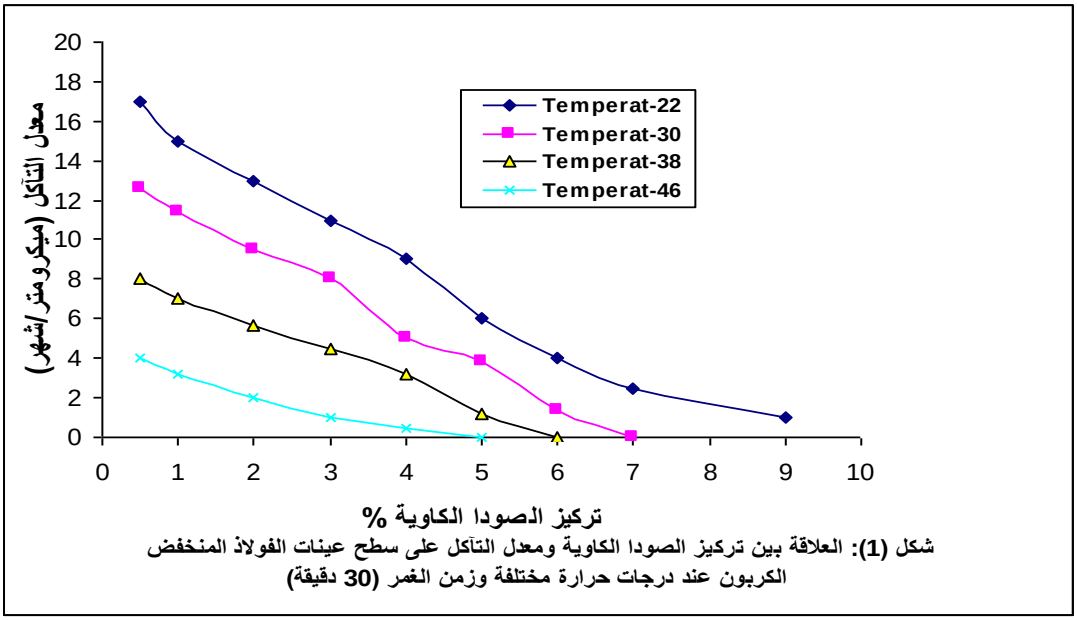
النتائج والمناقشة:

1. دراسة تأثير تركيز الصودا الكاوية على معدل التآكل

تمت دراسة تأثير تركيز الصودا الكاوية على معدل التآكل عند درجات حرارة مختلفة وزمن غمر (30دقيقة والجدول (2) يوضح تأثير تركيز الصودا في محلول الغمر على معدل التآكل عند درجات حرارة مختلفة إذ تم إجراء الاختبار لخمس عينات عند كل تركيز، وبعد إخراج العينات من محلول الغمر تم تجفيفها مباشرة ثم تركت في غرفة ذات تهوية جيدة. وتمت مراقبة العينات المغمورة بتراكيز مختلفة لمدة ستة أشهر. والشكل (1) يمثل العلاقة بين تركيز الصودا في محلول الغمر ومعدل التآكل.

الجدول (2) :تأثير تركيز الصودا الكاوية في محلول الغمر على معدل التآكل (ميكرومتر/شهر) عند درجات حرارة مختلفة

تركيز الصودا الكاوية %	معدل التآكل عند $22\ ^0C$	معدل التآكل عند 30^0C	معدل التآكل عند 38^0C	معدل التآكل عند 46^0C
0.5	17	12.6	8	4
1	15	11.42	7	3.2
2	13	9.5	5.66	2
3	11	8	4.5	1
4	9	5.02	3.2	0.5
5	6	3.8	1.2	0
6	4	1.37	0	0
7	2.5	0	0	0
9	1	0	0	0



شكل (1): العلاقة بين تركيز الصودا الكاوية ومعدل التآكل على سطح عينات الفولاذ المنخفض الكربون عند درجات حرارة مختلفة وزمن الغمر (30 دقيقة)

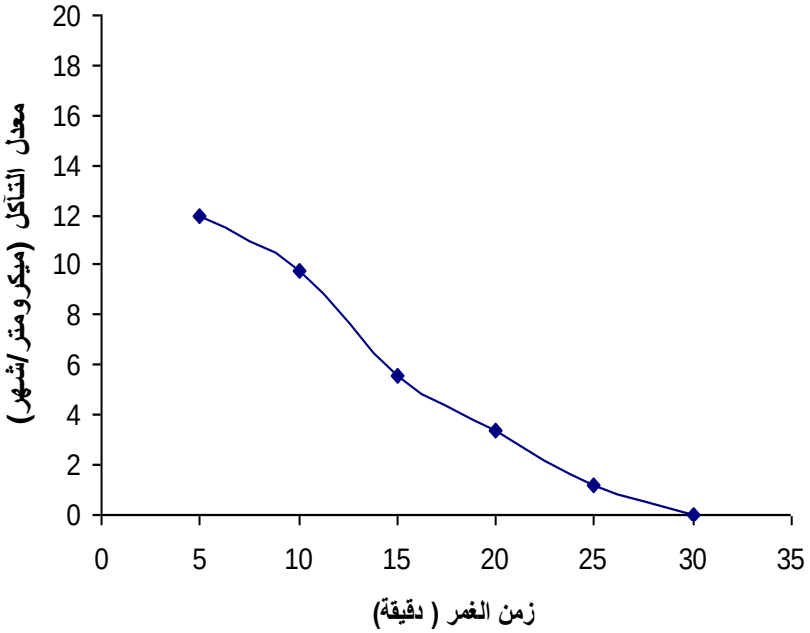
من الشكل نلاحظ انه كلما زاد تركيز الصودا الكاوية في محلول الغمر كلما قل معدل التآكل وذلك لتأثيرها التأكسدي على سطح المعدن حيث كلما زاد العامل المؤكسد فان ذلك يؤدي إلى إرجاع الفعل التآكلي نتيجة لتكون غشاء من نوع معين يؤدي إلى عزل المعدن عن الوسط المحيط (الهواء والرطوبة) مما يجعل الفولاذ خاملا أو سلبيا وان مدة بقاء الفولاذ سلبيا يعتمد على سماكة الغشاء المتكون، إذ كلما زاد التركيز كلما زاد سمك الغشاء المتكون وبالتالي زيادة مقاومة الفولاذ للصدأ [5,6] .

2. دراسة تأثير زمن الغمر على معدل التآكل:

تم دراسة تأثير زمن الغمر على معدل التآكل عندما يكون تركيز الصودا الكاوية (5 %) ودرجة حرارة محلول الغمر (46) درجة مئوية، اجري الاختبار لخمس عينات عند كل زمن وتم اتباع نفس الخطوات الواردة في الفقرة السابقة ونتائج عملية الاختبار موضحة في الجدول (3). والشكل (2) يمثل العلاقة بين زمن الغمر ومعدل التآكل. من الشكل نلاحظ انه كلما ازدادت الفترة الزمنية للغمر تزداد مقاومة الفولاذ ضد الصدأ وذلك لأن زيادة زمن الغمر يتيح الفرصة لإكمال التفاعل بين محلول الغمر وسطح المعدن وهذا يساعد على تكون الغشاء على سطح المعدن وزيادة سماكته وبالتالي تزداد مقاومة الفولاذ للتآكل والصدأ [7,8]

الجدول (3): تأثير زمن الغمر على معدل التآكل عندما يكون تركيز الصودا الكاوية (5 %)

زمن الغمر	معدل التآكل (ميكرومتر/شهر)
10	9.8
15	5.6
20	3.4
25	1.2
30	0



شكل (2): العلاقة بين زمن الغمر في المحلول ومعدل التآكل على سطح عينات الفولاذ المنخفض الكربون عند تركيز الصودا 5% ودرجة حرارة المحلول الغمر 46 درجة منوية

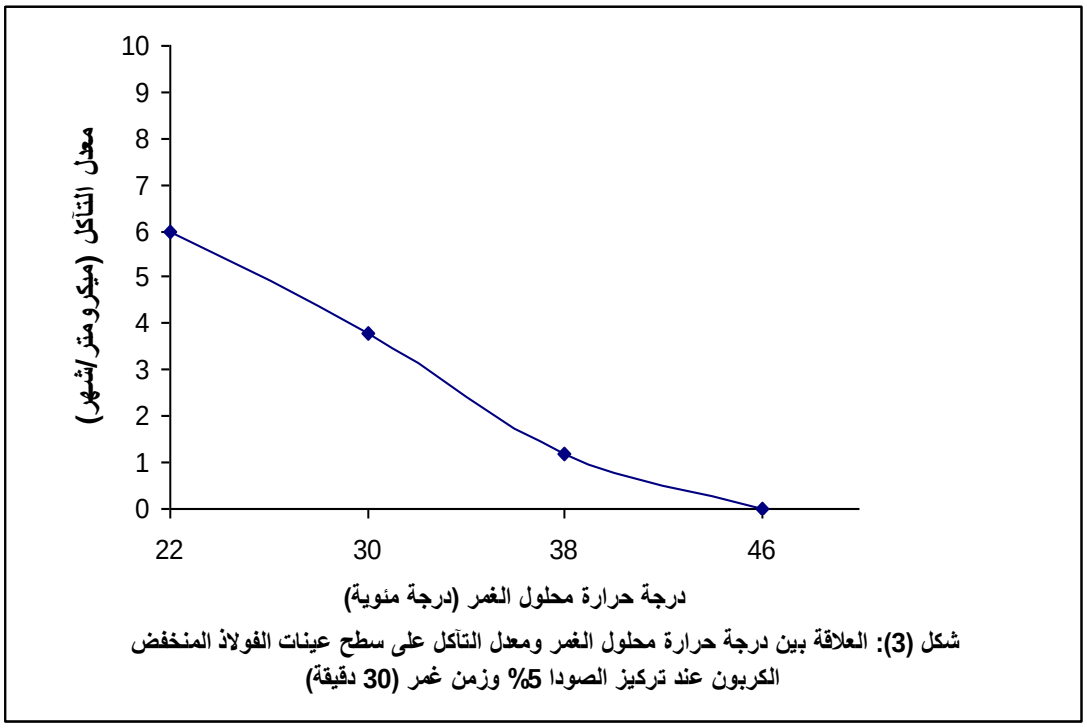
3.تأثير درجة حرارة محلول الغمر على معدل التآكل:

تم دراسة تأثير درجة حرارة محلول الغمر أيضا على معدل التآكل عند تركيز الصودا الكاوية (5 %) و زمن الغمر 30 دقيقة، واجري الاختبار لخمس عينات عند كل درجة حرارة وإتباع نفس الخطوات الواردة سابقا ونتائج عملية الاختبار موضحة في الجدول (4). والشكل (3) يمثل العلاقة بين درجة حرارة محلول الغمر و معدل التآكل.

من الشكل (3) يتضح أن العلاقة بين درجة حرارة محلول الغمر ومعدل التآكل طردية كلما ارتفعت درجة حرارة محلول الغمر عن درجة حرارة الغرفة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات وهذا يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل بين محلول الغمر وسطح المعدن وهذا يلعب دورا مهما في عملية تكون الغشاء الواقي وعلى سماكته [9].

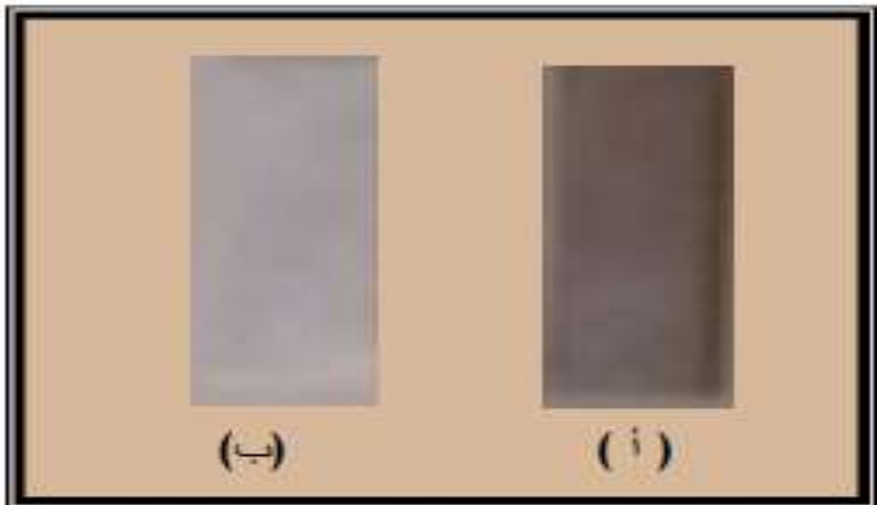
الجدول (4): تأثير درجة حرارة محلول الغمر على معدل التآكل عندما يكون تركيز الصودا الكاوية (5%) و زمن الغمر 30 دقيقة

درجة حرارة محلول الغمر (^0C)	معدل التآكل (ميكرومتر/شهر)
22	6
30	3.8
38	1.2
46	0



شكل (3): العلاقة بين درجة حرارة محلول الغمر ومعدل التآكل على سطح عينات الفولاذ المنخفض الكربون عند تركيز الصودا 5% وزمن غمر (30 دقيقة)

الشكل (4) يوضح نموذج لعينة من الفولاذ المنخفض الكربون المستخدم محلياً في تصنيع بعض عناصر الآلات أجريت لها عملية السلبية او الخمولية (4–ب) عند الشروط التالية: 5% (الصودا الكاوية) ، نترات الصوديوم (2%)، كرومات الصوديوم (2.5%). و مدة غمر (30 دقيقة) ودرجة حرارة محلول الغمر (46 درجة مئوية) مقارنة مع نموذج آخر دون معالجة (4–أ) حيث تمت عملية الخزن لمدة ستة أشهر في غرفة جيدة التهوية. في نهاية الاختبار لم يلاحظ ظهور أي مناطق صدأ للنموذج الذي اجري له الخمولية طوال المدة المذكورة. بينما لوحظ ظهور الصدأ بعد مرور أسبوعين من الخزن للنموذج (4–أ) الذي لم يعالج.



شكل (4): يوضح نموذج لعينة من الفولاذ المنخفض الكربون

أ– قبل إجراء عملية السلبية وظهور الصدأ بعد أسبوعين

ب– بعد إجراء عملية السلبية لم يلاحظ ظهور مناطق الصدأ على العينة بعد مرور ستة أشهر

الاستنتاجات والتوصيات:

1 -إن بعض السبائك، ومنها الفولاذ المنخفض الكربون لها قابلية على تشكيل غشاء واقي من الأكسيد يلتصق بسطحها التصاقا قويا، وذلك عندما تغمر في أوساط مؤكسدة مثل محلول الغمر الذي يحتوي على الصودا الكاوية، حيث اكتسبت العينات المستخدمة في البحث خاصية السلبية أو الحماية الآنية أي أن مقاومتها للصدأ قد ازدادت زيادة ملحوظة. ولكن هذا الغشاء لايقي السبيكة وقاية كافية إذا استخدمت في أوساط تآكلية مثل حمض كلور الماء. كذلك فان الأجزاء المعاملة أسطحها بهذه الطريقة تقاوم التآكل والصدأ في أماكن الخزن المغلقة كمخازن الإنتاج الوسطي والجاهز.

2 -تبين من خلال دراسة العلاقة بين تركيز الصودا الكاوية في محلول الغمر ومعدل التآكل أن أفضل تركيز للصودا هو(5 %) إذ لم يظهر تأثير ملحوظ على معدل التآكل بزيادة التركيز إلى أعلى من (5 %) .

3–تبين من خلال دراسة العلاقة بين زمن الغمر في المحلول ومعدل التآكل أن أفضل مدة زمنية للغمر هي (30) دقيقة. كما أن أي زيادة في الزمن عن هذه القيمة لن يكون لها أي تأثير في تقليل أو زيادة معدل التآكل.

4 -تبين من خلال دراسة العلاقة بين درجة حرارة محلول الغمر ومعدل التآكل ان درجة الحرارة (46) درجة مئوية هي المثلى لمحلول الغمر حيث لوحظ أن درجة الحرارة تلعب دورا مؤثرا في خمولية أو سلبية الفولاذ . كذلك فان التبخر في المحلول عند درجة الحرارة (46) قليل ويمكن إهماله.

5– نوصي بإتباع هذه العملية للفولاذ المنخفض الكربون وسبائكه سواء كانت من الصفائح أو الأنابيب لحمايته من التآكل والصدأ في أماكن الخزن المغلقة كمخازن الإنتاج الوسطي والجاهز نظرا لانخفاض كلفة هذه العملية وسهولة تنفيذها.

المراجع:

[1]. TRETHEWEY K.R. and CHABERLAIN, J. "*Corrosion for Science and Engineering*" 2nd ed., printed in Singapore, 1996- 422.
[2]. MCARTHUR, H."*Motor Vehicle Corrosion*", Corrosion Prevention and Control, Vol.28, No.3, 1981.
[3]. HAVERTY, H.P. "T*he Technology of Automotive Corrosion Protection A complete Concept*", Corrosion Prevention and Control, Vol.33, No.5, 1985.
[4]. BOLTON, W. "*Engineering Materials*", 3rd ed., U.K., 1998-740.
[5]. FLIS *, J. ZIOMEK-MOROZ, M. *Effect of carbon on stress corrosion cracking and anodic oxidation of iron in NaOH solutions,* Corrosion Science 50 (2008) 1726–1733.
[6]. JOVIC, V.D. JOVIC, B.M. GUPTA, S. El-Raghy, T. BARSOUM, M.W. *Corrosion behavior of select MAX phases in NaOH, HCl and H2SO4*. Corrosion Science 48 (2006) 4274–4282.
[7]. VALCARCE, M.B. V´AZQUEZ, M. *Carbon steel passivity examined in alkaline solutions,The effect of chloride and nitrite ions*, Electrochimica Acta 53 (2008) 5007–5015
[8]. ABREU, C.M. CRISTÓBAL, M.J. LOSADA, R. NÓVOA, X.R. PENA, G. PÉREZ, M.C. *Comparative study of passive films of different stainless steels developed on alkaline medium*, Electrochimica Acta 49 (2004) 3049–3056.
[9]. FREIREA, L., NóVOA, X.R. MONTEMOR, M.F. CARMEZIM, M.J. *Study of passive films formed on mild steel in alkaline media by the application of anodic potentials*, Materials Chemistry and Physics 114 (2009) 962–972