التآكل الجوي للصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي في بيئة جنوب الموصل

ناظم إبراهيم ناصر
مدرس مساعد المعهد التقني/ألدور

الخلاصة

يعد الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي من المعادن الواسعة الاستخدام في التطبيقات الهندسية والصناعية،وفي هذه الدراسة تم اختيار عينات من الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي ووزعت هذه العينات على ستة مواقع منتخبة في منطقة جنوب الموصل في العراق لما تتميز به هذه المناطق بوجود انبعاثات طبيعية لغاز كبريتيد الهيدروجين بالإضافة إلى وجود المواد التي تسبب تأكل المعادن مثل الكلوريدات والكبريتات . تم قياس التآكل بطريقة نقصان الوزن وحسب معيار (ISO 9223:1992) وقد سجلت أعلى النسب في الأماكن التي توجد فيها انبعاثات عالية لغاز كبريتيد الهيدروجين والكبريتات الكلوريدات. كما تبين أن هنالك علاقة بين زمن التعرض للتآكل ومعدلات التآكل فهي تقل بزيادة زمن التعرض للتآكل مع بقاء استمرار الزيادة في فقدان الوزن حيث استمرت التجربة لمدة عام كامل.

الكلمات ألدالة الصلب ألكربوني ، حديد ألزهر الرمادي ، التآكل

The Atmospheric Corrosion of Carbon Steel and Cast Iron in the Environment of South Mosul

Nadum Ibrahim Naser

Assistant lecturer Technical Institute in dour

Abstract

The carbon steel and cast iron are widely used metals in engineering and industrial applications. In this study, samples of carbon steel and cast iron chosen and distributed on six selected sites in the south region of Mosul city in Iraq, Because these sites distinguished by the existence of natural emanations of hydrogen sulfide gas is produced and the existence of materials that cause metal corrosion like sulfates and chlorides. The corrosion measured by weight loss method according to the standard (ISO 9223:1992) and the higher rates registered in the sites that contain high emanations of hydrogen sulfide gas and sulfates and chlorides. In addition, it became obvious that there is a relationship between the corrosion exposure time and the corrosion rates which decreased by increasing of corrosion exposure time and continuous increasing in weight loss. The test continued for a complete year.

Key words: carbon steel, cast iron, corrosion.

أستلم: 2 – 1 - 2013 **قبل: 22 – 7 - 2013**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

المقدمة:

إن كلمة تأكل من أصل يوناني [1] مأخوذة من كلمة (corrodere) والتي تعني مأكول أو استهلك بدرجات ، ويعرف التآكل[2] بأنه (تلف المعادن نتيجة تفاعلها كيماويا أو كهروكيمياويا مع الجو أو الوسط المحيط به) ،

هناك ثلاثة أسباب تدعو إلى دراسة التآكل وهي توفير ألسلامة وتقليل ألخسائر وحماية المعدات من التلف الناتج عن التآكل. فعلى سبيل المثال فان التآكل يكلف الولايات المتحدة سنويا (9 بليون$ - 90 بليون$) وان الكلفة الناتجة عن التآكل الجوي تمثل 50%من المبلغ الإجمالي لخسائر التآكل ،

يعتبر التآكل الجوي عملية كهروكيميائية معقدة تؤدي إلى تكوين خلايا التآكل والتي تسبب انحلال المعدن[3] .

إن التآكل له علاقة وثيقة بنوعية المادة والوسط ألمساعد وان من أهم الأوساط المساعدة هو المحيط الجوي والماء وطبيعة التربة.

إن المحيط الجوي هو أكثر وأسرع الأوساط المساعدة على التآكل انتشارا وشيوعا حيث أن تأثيره في عملية التآكل لا يمكن إزالته كما هو في الأوساط الأخرى.

إن التآكل بواسطة المحيط الجوي يتباين تباينا كبيرا . حيث أن الأماكن المختلفة جغرافيا تكون ذات تأثير متباين على مسار التآكل وسرعته بالإضافة إلى تأثير المحيط الجوي الخارجي مثل أوساط المناطق الريفية والمدن والمناطق الساحلية.

إن أهم مركبات المحيط الجوي الطبيعي هو النيتروجين والأوكسجين وبخار الماء إضافة إلى مركبات أخرى يعتمد تواجدها ونسبها على الاختلاف الجغرافي للمناطق ، وان أهم المركبات الأساسية للمحيط الجوي والأكثر تأثيرا في عمليات التآكل هو الأوكسجين ، والأوكسجين عامل مؤكسد بواسطة الاختزال ويقوم بتحديد تفاعلات القطب السالب في عملية التآكل الاليكتروليتي وكما في المعادلات التالية [4]:

في المحاليل الحمضية

$$O_2+4H^+ +4e^- =2H_2O \quad \text{.....(1).}$$

في المحاليل القاعدية

$$O_2 +2H_2O +4e^- =4OH^- \quad \text{,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,(2)}$$

ولأجل حصول هذا التفاعل الاليكتروليتي. الاليكتروليت (محلول موصل للكهرباء) حيث أن بخار الماء الموجود في المحيط الجوي بنسبة حوالي ($50mg/cm^3$) يمكنه القيام بهذا الدور.

لقد ثبت عمليا بان التآكل الكهروكيميائي لا يحدث في الجو الجاف بل انه يبدأ لدى رطوبة نسبية يتراوح مقدارها (60-70 mg/cm^3) حيث تسمى بالرطوبة النسبية الحرجة ،كما انه لحدوث التآكل لا يتطلب وجود محلول مائي بل إن توفر قطرات من السائل تكفي لحدوث التآكل .

يعتبر الحديد من المعادن التي لا تتواجد في الطبيعة كمعدن نقي ولكن توجد على شكل مركبات كيميائية مثل الاكاسيد والكبريتات وتسمى بخامات المعدن ،لذلك فانه عند استخلاص المعدن من هذه الخامات لا بد من بذل مقدار معين من الطاقة لتحرير هذه المعادن ،حيث نرى دائما بان الحديد يكون مجبرا دائما على التواجد في حالة غير مستقرة التي تختلف عن حالته التي يتواجد فيها دائما في الطبيعة ،لذلك فانه عندما يتآكل الحديد فانه يتحول إلى اوكسيد الحديد أو خليط من اكاسيد الحديد المختلفة اعتمادا على الظروف الجوية المحيطة به. [5]

لقد تم اختيار منطقة جنوب الموصل (المنطقة المحصورة بين الموصل شمالا وحتى خط عرض 36 جنوبا وخطي الطول (42^0 غربا و44^0 شرقا) لاحتوائها على العديد من الانبعاثات الطبيعية لغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S حيث غالبا ما تصل هذه الانبعاثات إلى معدلات قياسية .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مشكلة البحث :

تكمن مشكلة البحث في السؤال التالي:
ما مدى تأثير الانبعاثات الجوية الطبيعية لمنطقة جنوب الموصل في درجة التآكل لحديد الزهر الرمادي والصلب الكربوني.

هدف البحث:

يهدف البحث الى التعرف على مدى تأثير العوامل الجوية في تآكل حديد الزهر الرمادي والصلب الكربوني في منطقة جنوب الموصل من خلال تعريض هذه المعادن للظروف الجوية خلال فترة عام كامل في ستة مناطق مختارة من جنوب الموصل حيث تمتاز هذه المناطق بوجود انبعاثات طبيعية لغاز كبريتيد الهيدروجين .

1-الدراسات السابقة:

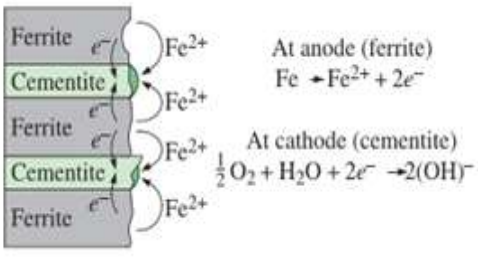
هنالك العديد من البحوث والدراسات التي تناولت دراسة التآكل للصلب الكربوني وحديد الزهر ،حيث درس الباحث يون سيوك (Yoon-Seok Choi) (2010) تأثير كبريتيد الهيدروجين وثاني اوكسيد الكربون على تآكل الصلب الكربوني في المحاليل الحمضية حيث استنتج أن وجود كبريتيد الهيدروجين يقلل من تأثير ثاني اوكسيد الكربون بسبب تكون طبقة رقيقة من FeS عازلة تمنع تفاعل الحديد مع ثاني اوكسيد الكربون . [6]
أما الباحثان (صبحي وياسر) فقد درسا تأثير نسبة الكربون على مقاومة التآكل للصلب الكربوني في الاوساط المائية واستخدمت مجموعة من انواع الصلب وبنسب كربون مختلفة واختبرت اوساط التآكل المائية الاكثر شيوعا وقد تبين ان نسبة الكربون لها تأثير على مقاومة التآكل .[7].

كما درس الباحث (M.R. Laamari) 2011 تأثير مثبط رباعي هكساميثادمين (Hexamethylenediamine tetra) حيث اكتشف بان وجود هذا المثبط يقلل بشكل ملحوظ من آثار تأكل الصلب الكربوني في الأوساط ألحمضية لتكون طبقة رقيقة تحيط بالصلب الكربوني تمنع استمرار التآكل. [8]
أما الباحث (J.L.Rendon) 2003 فقد درس حركة التحول الهيكلي للصدأ في البيئات التي تحتوي على الكلوريدات وثاني اوكسيد الكبريت في الأجواء الصناعية و ألساحلية وقد وجد ان أحسن مقاومة للتآكل أبداها الصلب قليل الكربون لتكون طبقة رقيقة من FeS حول السطح عازلة تمنع التآكل. [9]
أما الباحث جوان (Juan A. Jaen) 1997 فقد درس التآكل الجوي للصلب الكربوني في الأجواء البنمية حيث لاحظ تأثير الرطوبة النسبية على ازدياد معدلات ألتآكل بالإضافة إلى زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكبريت وايون الكلوريد (Cl^-). [10]

2- سلوك الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي تحت ظروف التآكل:

2-1 الصلب الكربوني:

من المعلوم ان هنالك تأثير كبير لنسبة الكربون على معدلات التآكل حيث تعد كمقياس لمقاومة التآكل في الصلب الكربوني.وفي حالة النموذج المستخدم (نسبة كربون 0.23) فأن هذا الصلب والذي يسمى بالصلب الهايبويوتكتويدي والذي هو عبارة عن سبيكة اساسها الحديد والكربون حيث تكون البنية المجهرية للصلب الهايبويوتكتويدي من (الفرايت +البيرلايت).ان سبب التآكل في الصلب الهايبويوتكتويدي يعزى الى تكون طور السمنتايت الذي يمثل القطب الكاثودي وطور الفرايت الذي يمثل القطب الانودي حيث تتكون خلايا كلفانية متمثلة بالبيلايت الذي يتكون من (الفرايت +السمنتايت) والشكل التالي يوضح عملية التآكل الجوي للصلب الكربوني.



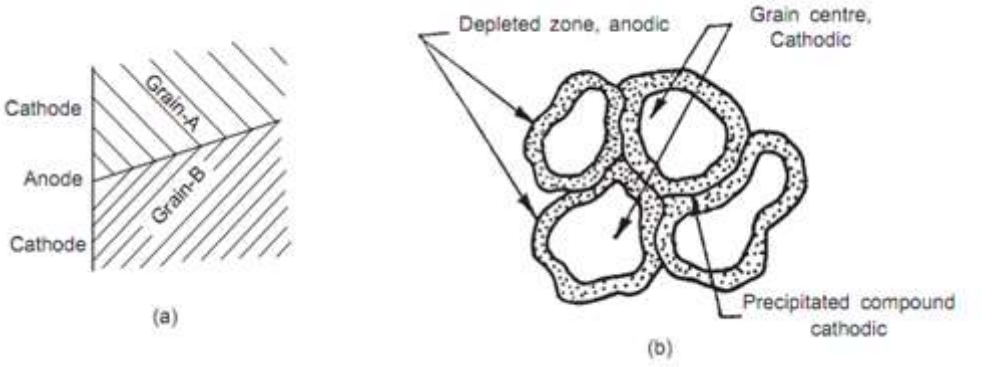
شكل (1) التآكل الجوي للصلب الكربوني

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2.2- حديد الزهر الرمادي:

اما في حالة حديد الزهر الرمادي (نسبة الكربون 3.53) فان سبب التآكل ناتج ايضا عن تكون الخلايا الكلفانية حيث ان تداخل شرائح الكرافيت في حديد الزهر الرمادي والتي تشكل شبكة مستمرة من شقوق الكرافيت التي تسمح بتغلغل وسط التآكل ،اضافة الى ميزة الاسفنجية واحتفاظه بالماء بنسبة اكبر من الصلب الكربوني.

والشكل يوضح عملية التآكل الجوي لحديد الزهر الرمادي[11] :

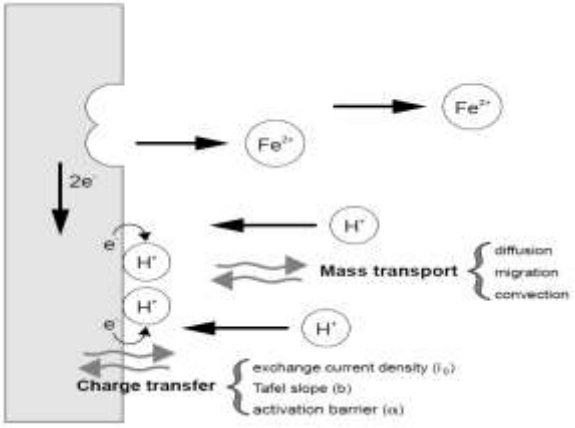


شكل (2) التآكل الجوي لحديد الزهر الرمادي

$$2Fe \rightarrow 2Fe^{2-} + 4e^{-} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

$$O_{2+} + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(cathodic reaction)} \quad \ldots\ldots(4)$$

واستنادا إلى موقع الحديد في السلسلة الدافعة الكهربائية [12]، فانه يعتبر بفرق جهده الاعتيادي والبالغ (**0.44- فولت**) من المعادن غير النبيلة ،لذلك فهو يعاني من التآكل بواسطة الأوكسجين والهيدروجين على حد سواء ،ويزداد تأكله عنفا بواسطة الهيدروجين كلما ازدادت حمضية المحلول الذي يتواجد فيه ،إن ناتج تآكل الحديد ،المعروف بصدأ الحديد يتكون على شكل طبقة أو قشرة ذات لون بني غامق وتكون مسامية وغير متماسكة .صدا الحديد ليس مركبا كيماويا متجانسا ، بل انه يتكون من خليط من الاكاسيد الثلاثة للحديد وهي (**Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , Feo**). يعاني الحديد من الحوامض الاوكسيدية الحاوية على الأوكسجين والهيدروجين حيث انه يتفاعل مع الهيدروجين والأوكسجين معا ،إلا أن الحديد يبدي في الأنواع المركزة من هذه الأحماض سلوكا غير متوقع حيث انه مقاوما للتآكل بشكل شبه كامل وتسمى هذه الظاهرة بالسلبية أو الخمولية (passivity) [13].



شكل (3) بداية تكون السلبية (passivity) في الحديد حيث نشاهد تركز ايونات (H^+)على السطح

يزداد تأكل الحديد في المحيط الجوي وخاصة بازدياد ثاني اوكسيد الكبريت فيه ، ويبدو ذلك غريبا للوهلة الأولى ،حيث أن هذا الاوكسيد عامل مختزل ،إلا أن مفعول هذا الاوكسيد في زيادة تآكل الحديد لا ينتج من الاوكسيد نفسه بل من حامض الكبريتيك الذي يتكون بموجب التفاعل :[14]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

$Fe + SO_2 + O_2 = FeSO_4$ ……..…(5)

$4FeSO_4 + O_2 + 6H_2O = 2Fe_2O_3 + H_2O + 4H_2SO_4$ …….(6)

$2Fe + 2H_2SO_4 + O_2 = 2FeSO_4 + 2H_2O$ …… ..(7)

استنادا إلى التفاعل رقم (5) تتكون أولا كبريتات الحديد وذلك بتفاعل الحديد مع ثاني اوكسيد الكبريت والأوكسجين ، كبريتات الحديد تتحول نتيجة التفاعل مع الأوكسجين والماء إلى اوكسيد الحديد المائي **($2Fe_2O_3$, H_2O)** كما في التفاعل رقم (6) ، بالتزامن مع تكوين حامض الكبريتيك ،وإسنادا إلى التفاعل رقم (7) فان حامض الكبريتيك بالاشتراك مع الأوكسجين سوف يهاجم الحديد مكونا كبريتات الحديد . ثم يبدأ التفاعل رقم (6) مرة أخرى وتستمر دورة التفاعلين رقم (6) و (7) إلى أن يصبح حامض الكبريتيك لأي سبب من الأسباب عديم الفعالية ، إن آلية التفاعل هذه تبين أن ثاني اوكسيد الكبريت يكون فعالا في عملية تآكل الحديد فقط بمساهمة الأوكسجين .

أما حديد الزهر الرمادي الذي يحتوي على نسبة كربون اقل من (4%) فانه يعاني من نوع خاص من التآكل يسمى بالأسفنجية (spongiest)أو الكرفتة (Graphitization) إن خطورة هذا النوع من التآكل تكمن في صعوبة تمييزه أو الكشف عنه إلا انه بالفحص الدقيق للحديد الزهر الرمادي يمكن تمييز مناطق محددة فيه تكون لينة إلى درجة يمكن اختراقها بعدة صلدة [15] .يؤدي هذا النوع من التآكل إلى تغيرات سلبية في التركيب الكيماوي والخواص الميكانيكية للحديد الزهر إن سبب هذا النوع من التآكل هو إذابة الحديد النقي تحت تكوين أول اوكسيد الحديد (FeO)في حين يبقى الكربون على شكل كرافيت لينا.

3- خصائص منطقة جنوب الموصل

وهي المنطقة الواقعة بين مدينة الموصل وخط عرض 36° حيث تمتاز هذه المنطقة بوفرة معدن الكبريت الذي يتم استخراجه من باطن الأرض وبمسافات غير بعيدة كما تمتاز هذه المنطقة بظاهرة انبعاث طبيعية لغاز كبريتيد الهيدروجين وفي أكثر من مكان هذا إضافة إلى كونها منطقة سهلية محاذية لنهر دجلة وهذا الأمر يجعل من غاز كبريتيد الهيدروجين يتركز في المناطق المنخفضة كونه غاز ثقيل يزداد تركيزه في المناطق المنخفضة.حيث تم قياس نسبة انبعاثات كبريتيد الهيدروجين من أكثر من موقع بالإضافة إلى نسبة الكلوريدات لمياه هذه المناطق اعتمادا على البيانات المقدمة من دائرة المسح الجيولوجي في المنطقة الشمالية فرع حمام العليل وكانت النتائج كما في الجدول المرفق [16]:

جدول (1) النسب المئوية للعناصر المسببة للتآكل

ت	المكان	H_2S Mg/L	Cl Mg/L	SO_2 Mg/L	CO_2 Mg/L
1	المشراق(1)	648.2	3105.4	1263.5	425
2	المشراق(2)	414.6	1594.3	1600	304
3	حمام العليل	63.2	168.5	26.3	90.9
4	تل الهشم	111.3	207	150.6	108
5	عين البيضا	73.3	842.2	1667.2	68.5
6	المستنطق	161.3	141.8	1960.6	20.9

الجانب التطبيقي

4- تحليل النسب الوزنية: جرى تحليل النسب الوزنية للعينات بواسطة الجهاز (X-RAY) نوع SPECTRO x SORT في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية التابع لوزارة الصناعة والمعادن وكانت النسب كما في الجدول(3):

جدول(3) تحليل التركيب الكيميائي لجميع العناصر الكيميائية المكونة لجميع عينات الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي المستخدمة

النماذج	النسب الوزنية % لعينات الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Fe
الصلب الكربوني	0.23	0.39	0.4	0.08	0.05	0.1	0.43	0.04	Balance
حديد الزهر الرمادي	3.53	2.8	1.3	0.04	0.25	0.23	0.03	0.02	Balance

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5- حساب معدل التآكل:

من المعروف بان معدل اختراق التآكل هو في الغالب دالة غير خطية بالنسبة للزمن وان تأكل المعدن يقل بمرور الزمن وذلك بسبب تنامي مخلفات التآكل التي تشكل عائقا يشكل غلافا يقلل من تماس المعدن مع المحيط الخارجي وبالتالي يؤدي هذا بالنتيجة النهائية إلى تقليل معدل اختراق التآكل[17] .العالم بوربكس(Pourbaix) استخدم ما يسمى اللوغاريتم الخطي للتآكل الجوي لتوضيح التلف الناتج كدالة للزمن في علاقة رياضية حيث يستفاد من هذا القانون لمعرفة التآكل الذي يحصل للمعادن والسبائك لمدة (20-30 سنة قادمة).هذا القانون يستخدم لأنواع مختلفة من الأجواء (الريفية،الصناعية،البحرية) ولأنواع مختلفة من السبائك مثل الصلب الكربوني وحديد الزهر الرمادي والزنك والنحاس والألمنيوم [18] .

حيث:

$$M = aT^b \dots\dots\dots\dots\dots \quad (8)$$

M= (Corrosion Rate)

حيث تمثل:

M = معدل اختراق التآكل بالنسبة لوحدة المساحة $CR\ \mu mmy^{-1}$

T = الوقت المستغرق days

a = خسارة الوزن للسنة الأولى mg / year.

b = معامل الانحدار(نسبة التناقص معدل اختراق التآكل) µmm/year

بأخذ لوغاريتم الطرفين فتصبح المعادلة:

$$\log M = a' + b \log T \dots\dots\dots\dots\dots \quad (9)$$

$$a' - \log a$$

هذه المعادلة تستخدم لإيجاد مقدار اختراق ألتآكل لأكثر من سنة عن طريق معادلة خطية .

5-1 إيجاد الفقدان بالوزن (Weight Loss Measurements):

تم إعداد النماذج (10mm×15mm×3mm) في الشكل والحجم المطلوبين وفق معيار (ISO:8407:1991) [19] وتم تنظيفها وتجفيفها قبل عملية الوزن ثم تم القياس بميزان حساس (Micro-Balance) ياباني المنشأ تبلغ حساسيته ($1x10^{4}$) غم وبعد اكتمال عملية الوزن تم تعريضها لوسط التآكل الجوي حيث تم وضع (12) نموذج من الصلب الكربوني و(12) من حديد الزهر في كل منطقة وبعد اكتمال الشهر الأول من الفترة المحددة حيث تم تنظيفها من طبقة التآكل الناتجة باستخدام فرشاة ناعمة وماء ثم تم استخدام محلول حامضي خاص لتنظيف الطبقة المتآكلة دون المساس بالمعدن ويتكون المحلول من

((500mLHcl+3.5g Hexamethylenetetramine +Water to make 1000mL)) وقد تم اختياره وفقا للمواصفات القياسية الاختبارية [20], بعد ذلك تم غسل العينات وتجفيفها بالماء وتعريضها إلى درجة حرارة (80°C) لضمان جفافها كليا [21]. وبعدها تم إعادة وزنها لإيجاد الوزن الجديد بعد ذلك تم إرجاعها إلى نفس مكان التعريض حيث يتم استخراج عينتين كل شهرين من كافة الأماكن ليتم وزنها وتحديد كمية الوزن المفقودة حيث استمر العمل لمدة عام كامل كما أعيد قياس الأبعاد مرة أخرى ، وفيما يلي صور للنماذج المستخدمة في عينة البحث للصلب الكربوني وحديد الزهر قبل وبعد التآكل:

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

صورة (1) عينات الصلب الكربوني قبل التآكل

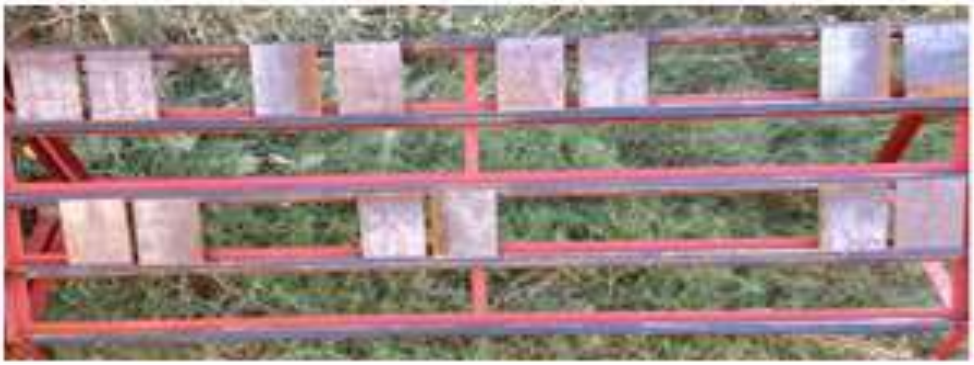
صورة (2) عينات الصلب الكربوني بعد التآكل

صورة (3) عينات حديد الزهر قبل التآكل

صورة (4) عينات حديد الزهر بعد التآكل

صورة (5) وضع عينات حديد الزهر في احد الحقول

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



صورة (6) وضع عينات الصلب الكربوني في احد الحقول

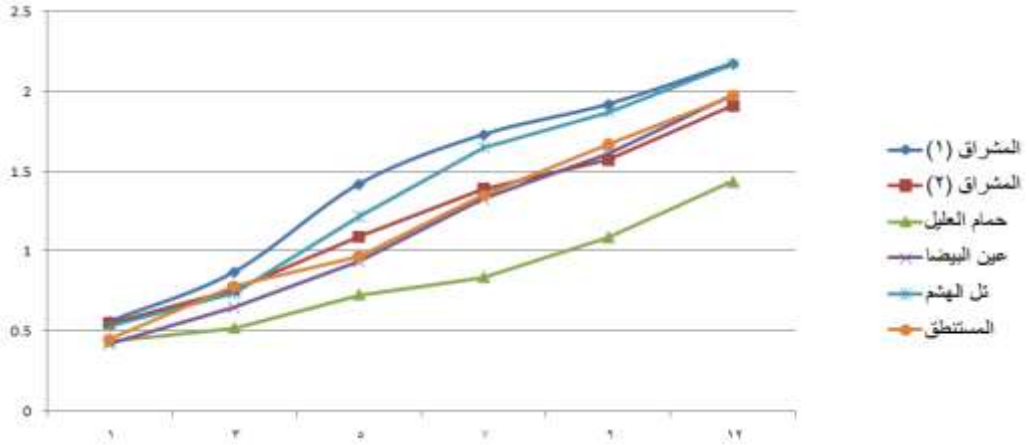
6- النتائج والمناقشة:

كانت كمية الخسارة في الوزن كما في الجدول المرفق.

جدول (2) كمية الخسارة الوزنية بالغرامات لمدة عام واحد

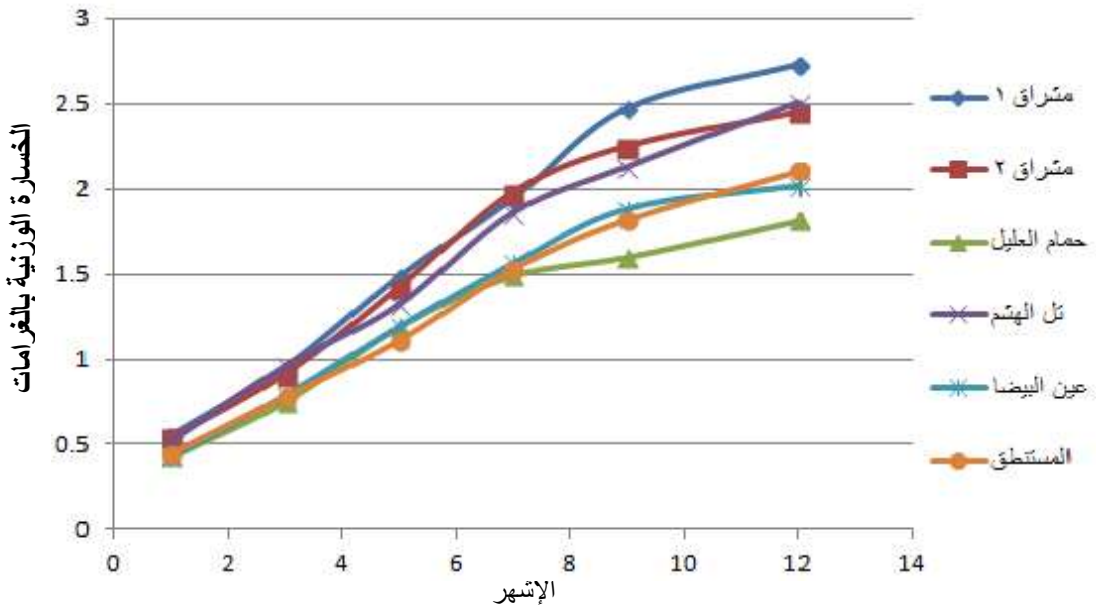
النوع	المنطقة	الشهر الأول	الشهر الثالث	الشهر الخامس	الشهر السابع	الشهر التاسع	الخسارة الكلية للوزن
الصلب الكربوني	المشراق (1)	0.56	0.87	1.42	1.73	1.92	2.176
	المشراق (2)	0.55	0.76	1.09	1.39	1.57	1.909
	حمام العليل	0.44	0.52	0.73	0.84	1.09	1.439
	تل الهشم	0.53	0.74	1.22	1.65	1.87	2.174
	عين البيضا	0.42	0.65	0.94	1.33	1.61	1.977
	المستنطق	0.45	0.78	0.97	1.35	1.67	1.975
حديد الزهر الرمادي	المشراق (1)	0.55	0.95	1.48	1.94	2.47	2.725
	المشراق (2)	0.54	0.91	1.42	1.98	2.25	2.448
	حمام العليل	0.43	0.75	1.19	1.49	1.60	1.812
	تل الهشم	0.52	0.96	1.32	1.86	2.13	2.506
	عين البيضا	0.43	0.79	1.19	1.56	1.88	2.015
	المستنطق	0.45	0.78	1.11	1.53	1.82	2.1038

والمخطط التالي يوضح كمية الخسارة الوزنية بالغرامات لمدة عام كامل



الشكل (3) يوضح الخسارة الوزنية بالغرامات خلال أشهر السنة للصلب الكربوني

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



شكل(4) يوضح الخسارة الوزنية بالغرامات خلال أشهر السنة لحديد الزهر الرمادي

1-6 تصنيف درجات التاكل:

تصنف درجات التاكل (corrosivity categories) (CC) اعتمادا على معدل اختراق التاكل للسنة الاولى ($CR\ \mu mmy^{-1}$) للصلب الكاربوني وحديد الزهر الرمادي وفق معيار ISO 9223[22] كما في الجدول (4):

جدول رقم (4) تصنيف درجات التاكل

ت	المكان	حديد الزهر الرمادي	التصنيف	الصلب الكربوني	التصنيف
		معدل التآكل $CR\ \mu mmy^{-1}$	ISO 9223	معدل التآكل $CR\ \mu mmy^{-1}$	ISO 9223
1	المشراق (1)	398.53	C5	384.58	C5
2	المشراق (2)	327.10	C5	279.27	C5
3	حمام العليل	89.32	C5	77.68	C4
4	تل الهشم	279.27	C5	265.23	C5
5	عين البيضا	99.32	C5	89.00	C5
6	المستنطق	124.29	C5	116.73	C5

حيث ان :

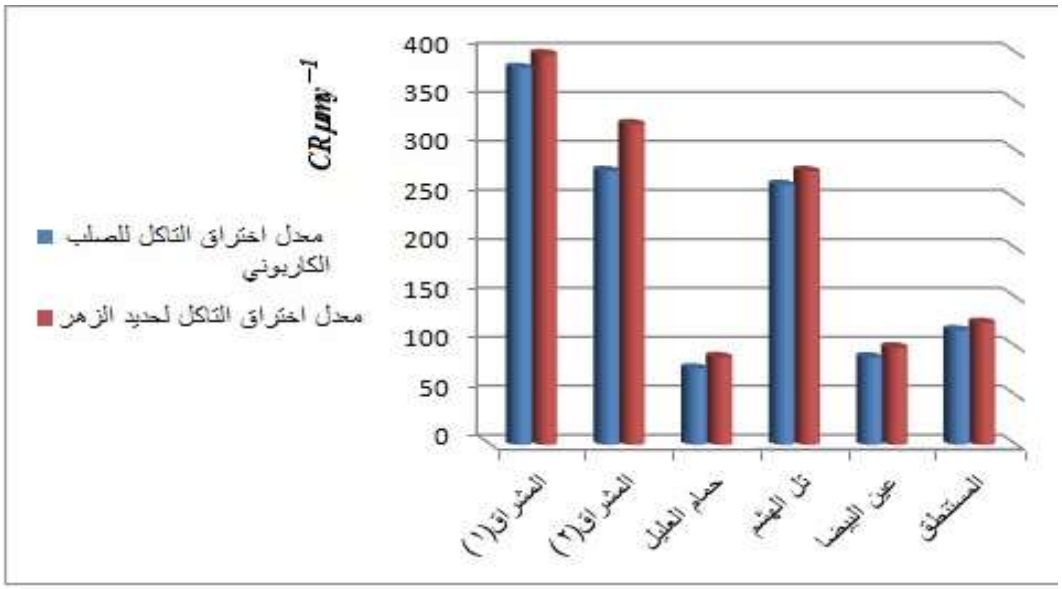
CR μmmy^{-1} = corroision rate micrometer per year.

1- بعد فترة سنة كاملة من تعريض العينات للعوامل الجوية لوحظت زيادة في معدل اختراق التاكل وسرعان ما ينخفض هذا المعدل من الزيادة مع مرور الزمن بسبب تنامي مخلفات التاكل والتي تشكل طبقة تمنع تماس المعدن مع الغلاف الخارجي ، ان هذه الملاحظة كانت في جميع المناطق الستة التي تم اجراء الدراسة فيها، علما بان الدالة تكون غير خطية .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

2- كان تاثير H_2S وSO_2 بالاضافة الى العناصر الاخرى المؤثرة مثل ايونات الكلوريد (Cl^-) وايونات الكبريتات (SO_2^-) التي كان لها دور ايضا في زيادة معدلات التاكل حيث كانت معدلات التاكل في المناطق التي تحتوي على تراكيز كبيرة من هذه المواد الاعلى وهي كما يلي :المشراق (1) >المشراق(2)> تل الهشم> المستنطق>عين البيضا>حمام العليل.

3- ابدى حديد الزهر الرمادي تأثرا اكبر بالعوامل الجوية من حيث درجة التآكل ويعزى ذلك الى عاملين هما الاسفنجية التي يتمتع بها حديد الزهر الرمادي واحتفاظه بالرطوبة والماء اكثر من الصلب الكربوني وكذلك تداخل شرائح الكرافيت في حديد الزهر والتي تشكل شبكة مستمرة من شقوق الكرافيت التي تسمح بتغلغل وسط التآكل .



شكل(5) معدل التآكل

7- الاستنتاجات :

من خلال النتائج السابقة يمكن استنتاج ما يلي :

1- ان منطقة المشراق (1) سجلت فيها اعلى معدلات التآكل الجوي الكهروكيميائي وذلك كون المنطقة تحتوي على اعلى نسب من الانبعاثات الجوية حيث كان تأثير SO_2 بالإضافة الى العناصر الاخرى المؤثرة مثل ايونات الكلوريد (Cl^-) وايونات الكبريتات (So^-_2).

2- سجلت منطقة حمام العليل اقل نسبة لدرجة التآكل وذلك كون المنطقة تحتوي على اقل نسب من الانبعاثات الجوية حيث كان تأثير SO_2 بالإضافة الى العناصر الاخرى المؤثرة مثل ايونات الكلوريد (Cl^-) وايونات الكبريتات (SO_2^-).

3- كان معدل اختراق التاكل لحديد الزهر الرمادي اعلى من الصلب الكربوني في جميع مناطق البحث

المراجع:

1- J.R. Davis & Associates, *Corrosion understanding the basics* ;Asm International ,ISBN:0871706415/563,pp2,2005

2- Ronald .Bianchetti, *Peabody's Control Of Pipeline Corrosion* ,Nace International The corrosion Society,Houston,Texas,77084,ISBN 1-57590-092-0,2006.

3- Schweitzer, Philip A. *Fundamentals of corrosion : mechanisms, causes, and preventative methods* , ISBN 978-1-4200-6770-5, CRC Press, Taylor & Francis Group,pp29,2004.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4- R. Winston R., *Uhlig Corrosion Handbook* , John Wiley & Sons , Inc, 2nd Edition , New York , (2000), PP. 3-343 .
5- Peter Brimblecombe, *Acid Rain-Deposition to Recovery* ,University of East Anglia,Norwich,UK, ISBN;978-1-4020-5884-4(HB)pp31, 2002.
6- Yoon-Seok Choi, *Effect of H2S on the CO2 corrosion of carbon steel in acidic solutions, Electrochemical Acta* 56 (2011) 1752–1760,2005.
7- ابراهيم ،صبحي اسماعيل و عبدالله ، ياسر عبدالوهاب، تأثير نسبة الكربون على مقاومة التآكل للصلب الكربوني في الاوساط المائية ، مجلة هندسة الرافدين ، المجلد 3 ، العدد 18 ، ص25 .
8- Laamari, M.R. et al.," Adsorption and corrosion inhibition of carbon steel in hydrochloric acid medium by hexamethylenediamine tetra(methylene phosphonic acid)*". Arabian Journal of Chemistry* (2011), doi:10.1016/j.arabjc.2011.03.018.
9- J.L. Rendon And A. Valencia," Kinetics of structural rust transformation in environments containing chloride and SO_2", *Madrid Vol Extr* , (2003) 9-14.
10- Juan A. Jaen, "Kinetics and structural studies of the atmospheric corrosion of carbon steels in Panama", *Hyperfine Interactions* 110 (1997) 93–99.
11- Philip.A.Schweitzer, *Encyciopedia of Corrosion Technology ,Second Edition*,Isbn-13:978-0824748784 (March 17;2004),Maryland Edition:2pp3
12- Philip A. Schweitzer, P. E. *Corrosion Engineering Handbook Fallston*, Maryland, ISBN 0-8247-9709-4 May 22,(2006) , Maryland pp27.
13- Dean.S.W.and Reiser.D.B, *Analysis of Long Term Atmospheric corrosion Results from Iso Corrag Program*, Outdoor Atmospheric Corrosion ,July 2003.
14- ASTM STP 1421, H. Townsend Ed., *American Society for Testing and Materials International*, West Conshohocken, PA, 2002.pp5.
15- . Cao X. & Xu C. C. , " *Effect of Chloride on The Atmospheric Corrosion of Simulated Artifact Iron in NO3- Bearing Pollutant Environment* " , Acta Metallurgic Sonica English letters , Vol. 19 , NO. 1 ,(2006), PP. 34-42 .
16- Al-Sawaf, F.D. 1977. *Sulfate reduction and sulfur deposition in the Lower Fars Formation,* Northern Iraq. Economic Geology, 72, 608–618.
17- ISO 8407, *Corrosion of metals and alloys – removal of corrosion Products from corrosion test specimens*, 1991.
18- Janina M.R. , " *Effect of Specimen Preparation on Evaluation of Cast Iron Microstructures* " ,Materials Characterization , Vol. 54 , (2005) , PP. 287-304 .
19- ISO 8407, Corrosion of metals and alloys – removal of corrosion Products from corrosion test specimens, 1991.
20- *ASTM Designation* : G1-90 , " Standard Practice for Preparing , Cleaning , and Evaluating corrosion Test Specimens " , 100 Bar Harbor Drive , West Conshohocken , PA 19428-2959 ,United States , (1999) , PP.5 .
21- Cao X. & Xu C. C. , " *Effect of Chloride on The Atmospheric Corrosion of Simulated Artifact Iron in NO3- Bearing Pollutant Environment* " , Acta Metallurgical Sinica English Letters , Vol. 19 , NO. 1 ,(2006), PP. 34-42 .
22- ISO 9223:1992 *Corrosion of metals and alloys —Corrosivity of atmospheres* — Classification,2001.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com