دراسة تآكل حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي في التربة الرملية

صبحي إسماعيل إبراهيم عبد الحق عبد القادر حامد سبهان حامد علي الرفاعي
أستاذ مساعد مدرس طالب ماجستير
قسم الهندسة الميكانيكية/كلية الهندسة/جامعة الموصل

الخلاصة

إن تعدد الاستخدامات الصناعية والهندسية لأنواع حديد الصب الكرافيتي ، وتأثرها بأوساط التآكل المختلفة من المبررات التي تدعو لدراسات وبحوث علمية لمعرفة مدى تأثير أوساط التآكل ، وخاصة المحلية منها في هذه الأنواع مما يجعل اختيار النوع المناسب من حديد الصب معتمدا على نتائج بحوث ذات طابع علمي معتمد . وقد أجريّ في هذا البحث اختبارات مكثفة لأكثر أنواع حديد الصب الكرافيتي أهمية واستخداماً في التطبيقات المختلفة باستخدام التربة الرملية كوسطاً للتآكل .

لقد أظهرت النتائج وجود علاقة بين معدل تآكل حديد الصب الكرافيتي مع شكل ونوع الكرافيت المتواجد فيه . وتبين أن الشكل الشرائحي يسبب معدلات تآكل أعلى مما يسببه شكل الكرافيت الكروي أو الكرافيت الزهري . وأظهرت النتائج أن حديد الصب الكروي الكرافيت يتآكل بمعدلات مقاربة أو أعلى بقليل من معدلات تآكل حديد الصب الزهري الكرافيت ، في حين أن حديد الصب الرمادي تميز بأعلى معدلات التآكل .

الكلمات الدالة: التآكل، حديد الصب، التربة الرملية.

Studying the Corrosion of Graphite Containing pearlitic Cast Irons in Sandy Soil

Sobhi I. Ibrahim Abdulhaqq A. Hamid Sabhan H. AL-Rifay
Assistant Professor Lecturer M.Sc. Student
Mechanical Dept.-College of Engineering-Mosul University

Abstract

Wide range of industrial and engineering applications for graphite containing cast irons and the harmful effects of corrosion environments on these important engineering materials, make it necessary for continuous Scientific research in this field . In the current study, performed corrosion tests on Pearlitic cast irons using the sandy soil as the corrosion environment .

The results obtained show a clear relationship between corrosion rate of graphite containing cast iron with shape of graphite. The graphite flakes in cast iron appeared to cause high corrosion rates compared with spheroidal or rosette graphites . The results also show that corrosion rates of spheroidal cast iron are slightly higher than malleable cast iron. The corrosion rates of grey cast iron represent the highest when compared with those of spheroidal and malleable cast iron.

Keywords: Corrosion, Cast Iron, Sandy Soil

أستلم في 2009/1/20 **قبل في 2009/6/15**

المقدمة

يعرف التآكل (Corrosion) بأنه تلف المعدن نتيجة تفاعله كيمائيًا أو كهروكيمائياً مع الجو أو وسط التآكل المحيط به . إن السبب الأساسي لتآكل المعادن واختلاف معدلات التآكل بين معدن وأخر يعود إلى طبيعة منشأ هذه المعادن أو أصولها. إن معظم المعادن وخاصة المعادن غير النبيلة ، مثل الحديد والزنك لا تتواجد في الطبيعة كمعدن نقي (Pure Metal) ولكن توجد على شكل مركبات كيمائية ، مثل الاكاسيد والكربونات والكبريتات والتي تسمى بخامات هذه المعادن . ولدى استخلاص المعادن من هذه الخامات لابد من بذل مقدار معين من الطاقة لتحرير هذه المعادن ، وبذلك فان المعدن المستخلص سوف يكون مجبراً على التواجد في حالة غير مستقرة تختلف عن الحالة المستقرة التي كان عليها في الطبيعة ، لذا فانه يميل إلى ترك هذه الحالة الجديدة المفروضة عليه والعودة إلى الأصل ، أي إلى الخام ، وهذه العملية تسمى بالتآكل ، فعلى سبيل المثال ، الحديد يتواجد في الطبيعة على شكل اوكسيد الحديد في معظم الحالات لذا نجد إن الحديد عندما يتآكل فانه يتحول إلى اوكسيد الحديد أو خليط من اكاسيد الحديد المختلفة [1] .

إن للتآكل علاقة وثيقة بنوعية المادة المعرضة للتآكل وبنوعية الوسط المسبب للتآكل (Corrosion Environment) . وهناك عدد كبير من الأوساط المساعدة على التآكل والتي تظهر فيها أنواع مختلفة من التآكل ، لعل أهم تلك الأوساط المحيط الجوي والماء والتربة . ولدى إجراء الفحوصات والاختبارات الخاصة بظاهرة التآكل في وسط ما ولمعدن معين ، لابد أولاً من التحليل الدقيق لكل من الوسط والمعدن ، وذلك لغرض تحديد نوع التآكل الذي سوف يسببه ، وبناء عليه يجري استنتاج الطرق الكفيلة للحماية منه [2] . وفي هذا البحث تمت دراسة تآكل حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي في التربة الرملية والذي شمل حديد الصب الرمادي (Pearlitic grey cast iron) وحديد الصب الزهري الكرافيت البيرلايتي (Pearlitic malleable cast iron) وحديد الصب الكروي الكرافيت البيرلايتي (Pearlitic spheroidal cast iron) . والهدف من هذا البحث هو محاولة معرفة مدى تأثير شكل ونوع الكرافيت على معدل تأكل حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي في التربة الرملية . لقد اختير حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي لما لهذا النوع من مقاومة ضعيفة للتآكل ، وذلك للتمكن من الحصول على معدلات تأكل عالية نسبياً خلال مدة البحث المحددة بالأشهر . كون التركيب البيرلايتي هو تركيب مجهري ثنائي الأطوار من الفيرايت والسمنتايت (Ferrite + Cementite) والذي يعكس أفضل تركيب للخلايا الكلفانية الممثلة بقطب الانود وهو السمنتايت وقطب الكاثود وهو الفيرايت ، والذي يودي إلى تعجيل التآكل مقارنة بالتراكيب الأخرى والممثلة بـ (البيرلايت + الفيرايت أو البيرلايت + السمنتايت) .

الدراسات السابقة

هناك العديد من الدراسات والبحوث تناولت دراسة تآكل حديد الصبّ الكرافيتي ومسبباته ، وكيفية السيطرة عليه . فقد ذكر الباحث (Fuller, 1981) [3] في دراسته أن حديد الصبّ الكروي الكرافيت البيرلايتي أقل تعرضاً للتآكل الموقعي مقارنة بحديد الصبّ الرمادي البيرلايتي ، وذلك بسبب انتشار التآكل على سطح المعدن والذي يعود إلى التركيب الكروي للكرافيت . كما أجرى الباحث (LaQue , 1995) [4] مقارنة لمقاومة التآكل بين حديد الصبّ الرمادي وحديد الصبّ الكروي الكرافيت . وقد ذكر هذا الباحث أن مقاومة التآكل لحديد الصبّ الكروي الكرافيت البيرلايتي أفضل من مقاومة التآكل لحديد الصبّ الرمادي البيرلايتي تحت نفس الظروف البحثية ، وعلل ذلك إلى ارتباط وتداخل شرائح (Flakes) الكرافيت في حديد الصبّ الرمادي والتي تسبب أكبر عمق (Depth) لتغلغل التآكل على طول حدود شرائح الكرافيت ، فيما إذا قورنت بحديد الصبّ الكروي الكرافيت .

في حين قام الباحث (Owate , 2002) [5] وزملاؤه بدراسة لإيجاد معدلات التآكل لخزانات الوقود المصنوعة من حديد الصبّ الكروي الكرافيت الفيرايتي والمدفونة في التربة بعمق (4m) تحت ظروف مختلفة للوسط . إذ تم دراسة بعض الظروف المختلفة للتربة وتأثيرها في معدلات تآكل حديد الصبّ ، كالمقاومة النوعية (Resistivity) ، وطبيعة التربة فيها إذا كانت حامضية (Acidic) أو قلوية (Alkaline) أو متعادلة (Neutral). وبعد فترات تعرض مختلفة للتآكل باستخدام طريقة الفقدان في الوزن تم إيجاد معدلات التآكل بوحدة (mpy) . وقد لوحظ بأن معدلات التآكل لخزانات التي تم تغطيتها بمادة السليفون (Cellophane) هي أقل نسبياً من معدلات تآكل الخزانات التي تم تعريضها مباشرة إلى التربة خلال الظروف المختلفة. واستنتج الباحثون أن معدلات التآكل للخزانات المدفونة في التربة ذات الظروف الحامضية أكثر من تلك الخزانات المدفونة في التربة ذات الظروف القلوية أو المتعادلة. وقد لاحظوا أيضاً أنه كلما قل المحتوى المائي للتربة أدى إلى زيادة المقاومة النوعية للتربة.

تبين من عرض البحوث السابقة أن عدداً من الباحثين قد أجروا دراسات لاختبار التآكل غير أن البحوث التي تدرس تأثير شكل الكرافيت في مقاومة التآكل فإن عددها محدود نسبياً . ومن خلال البحوث المتوفرة لم يتم الحصول على

دراسة تشير إلى سلوك التآكل لحديد الصبّ الزهري الكرافيت خلال السنوات الماضية ، قد يعود سبب ذلك إلى كون حديد الصبّ الزهري الكرافيت يشبه إلى حد كبير حديد الصبّ الكروي الكرافيت في التطبيقات الهندسية ، والى كون حديد الصبّ الزهري الكرافيت يتم الحصول عليه في مراحل تصنيع أصعب مما هي لحديد الصبّ الكروي ، مما تودي إلى ارتفاع أسعاره وتحديد استعمالاته ، والذي يؤكد مدى أهمية هذه الدراسة وضرورة تشجيع ودعم البحوث في هذا المجال للوقوف على طبيعة التآكل لهذه الأنواع ، للمساعدة في إيجاد الآليات المناسبة للحد من التآكل والتقليل من أضراره .

الجزء العملي:ـيتضمن هذا الجزء المواد التي أستخدمت في هذه الدراسة والتقنيات العملية والمختبرية وفيما يلي توضيحاً:ـ

أ ــ المواد (Materials) : تم اختيار واستخدام ثلاثة أنواع من حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي تختلف في نوع وشكل الكرافيت ، كما أن تركيب القاعدة (Matrix) لها هو من البيرلايت ، وهذه الأنواع هي :

1) حديد الصب الرمادي البيرلايتي (Pearlitic Grey C.I.)
2) حديد الصب الكروي البيرلايتي (Pearlitic Spheroidal C.I.)
3) حديد الصب الزهري البيرلايتي (Pearlitic Malleable C.I)

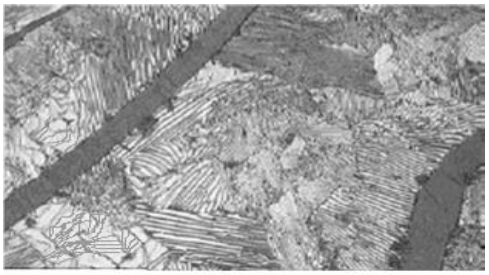
والجدول (1) يوضح التركيب الكيمائي (Chemical Composition) للأنواع المستخدمة في هذا البحث .

الجدول (1) : يتضمن تحليل التركيب الكيمائي لأنواع حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي المستخدمة في هذا البحث

Chemical Composition (Weight %)	Types of cast iron		
	Pearlitic Gray C.I.	Pearlitic Spheroidal C.I.	Pearlitic Malleable C.I.
C	~ 4.65	3.61	3.72
Si	2.35	2.63	0.68
Mn	0.630	0.18	0.350
P	0.0440	0.0290	0.0940
S	~ 0.248	0.010	0.258
Cr	0.109	0.180	0.230
Ni	0.0380	0.0840	0.0350
Mo	0.00460	0.0301	0.0042
Al	0.00530	0.0110	0.0084
Cu	0.0920	0.173	0.0740
Fe	Balance	Balance	Balance

ب ــ التقنيات العملية (Experimental Techniques) :

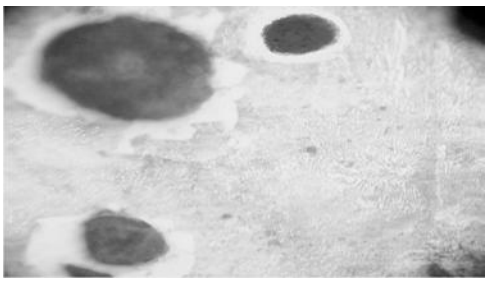
1.الفحص ألمجهري : في بداية هذه الدراسة تم تحضير نماذج عديدة من حديد الصب الكرافيتي للفحص المجهري لغرض تحديد البنية المجهرية المطلوبة لأنواع حديد الصب الكرافيتي في هذه الدراسة . وقد تم تحضير النماذج للفحص ألمجهري حسب الطريقة القياسية لتحضير النماذج لتي شملت التنعيم (Grinding) باستخدام ورق الصقل بدرجات (1200,1000,500,220) وبالتتابع ، وتبعها الصقل النهائي (Final Polishing) باستخدام ماكنة الصقل المنضدية (Rotary Polishing) انكليزية المنشأ. وكانت المادة المستخدمة في التنعيم هي الالومينا، ثم عملية الإظهار باستخدام محلول النايتال (4 % Nital) [7] . وقد فحصت النماذج باستخدام المجهر الميتاليرجي (Metallurgical Microscope) . كما يمكن ملاحظة الصور للبنية المجهرية لأنواع حديد الصب الكرافيتي التي تم اختبارها في هذه الدراسة ، والمتمثلة في الأشكال (1 ، 2 ، 3) والتي تم التقاطها بواسطة المجهر ذي الكاميرة بالاستعانة بالحاسوب الشخصي.



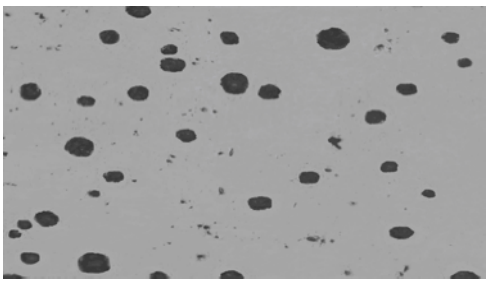
البنية المجهرية (Etched) X500

شكل الكرافيت الشرائحي(Unetched) X100

الشكل (1) :البنية المجهرية لحديد الصب الرمادي البيرلايتي

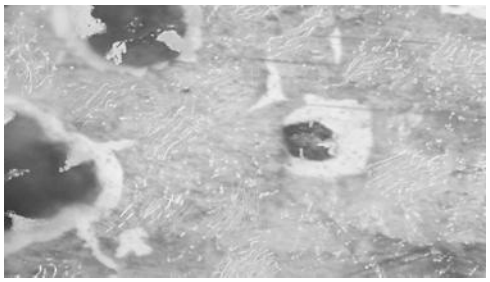


البنية المجهرية (Etched) X500

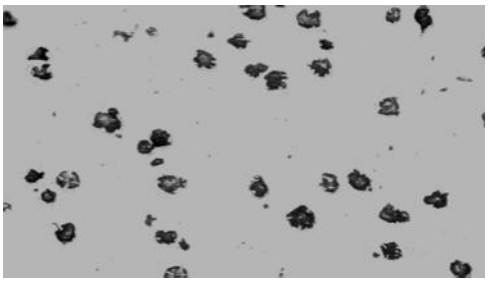


شكل الكرافيت الكروي (Unetched) X100

الشكل (2) :البنية المجهرية لحديد الصب الكروي الكرافيت البيرلايتي



البنية المجهرية (Etched) X500



شكل الكرافيت الزهري (Unetched) X100

الشكل (3) :البنية المجهرية لحديد الصب الزهري الكرافيت البيرلايتي

الشكل (5) : عينات من حديد الصب الكرافيتي المتآكلة في التربة الرملية

الشكل (4) : عينات من حديد الصب الكرافيتي قبل إجراء الاختبار

3. **تهيئة نماذج الاختبار(Specimens Preparation)** :

تم تهيئة عدد مناسب من النماذج لكل نوع من أنواع حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي ، والتي وزعت على مسافات متساوية داخل وسط التآكل والمتمثل بالتربة الرملية ، حيث تم وضع نموذجين لكل نوع خلال أي فترة زمنية ، وذلك لحساب معدل الفقدان في الوزن لكلا النموذجين وأخذ المعدل للنتائج . وقد تم جمع أنواع حديد الصب من بعض أجزاء السيارات والأنابيب والعدد ، ثم أجريت عليها عمليات التشغيل الميكانيكي التي شملت القطع والتجليخ والتفريز ، إلى أن تم الحصول على جميع النماذج بشكل متوازي المستطيلات بإبعاد (7×30×35)ملم . وبعد الانتهاء من الحصول على النماذج بالشكل والقياسات المطلوبة تم تهيئة السطوح بشكل متماثل والذي شمل التجليخ (Grinding) لإزالة الخشونة السطحية والزوايا الحادة ، كما تم ترقيم النماذج قبل وضعها في التربة ، والشكلين (4 ، 5) يوضحان عينات من حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي قبل وبعد إجراء الاختبار .

الطريقة المستخدمة لإيجاد معدلات التآكل

تم التحضير لإيجاد معدل التآكل لحديد الصب الكرافيتي على عدة مراحل ، هي :

أ ــ إيجاد الفقدان في الوزن (Weight Loss Measurements) : بعد إعداد النماذج بالشكل والحجم المطلوبين ، تم تنظيفها وتجفيفها قبل عملية الوزن ثم وزنت باستخدام ميزان حساس (Micro-Balance) (ألماني المنشأ) تبلغ حساسية الميزان فئة (1×10^{-4}) غم ، وبعد إكمال وزن النماذج تم وضعها في وسط التآكل لاختبارها . وعند انتهاء كل فترة اختبار ترفع النماذج المحددة لتلك الفترة من وسط التآكل ثم تنظف من طبقات التآكل الناتجة باستخدام فرشاة ناعمة وماء أولاً ثم باستخدام محلول حامضي خاص لتنظيف الطبقات المتآكلة دون المساس بالمعدن وهو متكون من (500mL Hcl+3.5g Hexamethylenetetramine +Water to make 1000mL) وقد تم اختياره استناداً إلى المواصفة (C.3.5) للمواصفات القياسية الاختبارية [8] ، بعد ذلك تغسل العينات مباشرة بالماء وتجفف بالأسيتون ، ثم تنقل إلى فرن التجفيف الكهربائي (Oven,Germany) بدرجة $80^{\circ}C$ لمدة ساعة واحدة لضمان جفافها كلياً لاحتوائها على كرافيت والذي بطبيعته يمتص الماء ويحتفظ به [9] ، وبعدها يتم إعادة وزنها لإيجاد الوزن الجديد .

ب ــ فترات الاختبار : بدأ اختبار التآكل (وضع العينات في وسط التآكل) في يوم 3\2\2008 ، وقد تم تقسيم فترات الاختبار إلى خمس فترات زمنية طبقاً لعدد النماذج التي تم تحضيرها وهي :

1) الفترة الأولى : شهر (شباط) .
2) الفترة الثانية : شهران (شباط + آذار) .
3) الفترة الثالثة : ثلاثة أشهر (شباط + آذار+ نيسان) .
4) الفترة الرابعة : أربعة أشهر (شباط + آذار+ نيسان + أيار) .
5) الفترة الخامسة : خمسة أشهر (شباط+ آذار+ نيسان + أيار+ حزيران).

ج ــ حساب الكثافة : لإيجاد معدل التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي ولغرض زيادة الدقة في النتائج تم حساب الكثافة عملياً بدلاً من أخذها من جداول اعتماداً على مبدأ قاعدة أرخميدس وحسب المواصفة (ASTM-C373-88) ، وتم ذلك بوزن النماذج وهي في الهواء ، ثم أعادة وزنها وهي معلقة ومغمورة بالماء المقطر، وباستخدام المعادلة(1) يتم حساب الكثافة لكل نوع[10]، كما أن وزن العينات تم باستخدام الميزان الحساس الذي ذكر سابقاً،ويمكن ملاحظة قيمة الكثافة المحسوبة لكل نوع في الجدول (2).

$$D = [M_d/M_w]\, D_w \qquad \text{..... (1)}$$

D : الكثافة المحسوبة (المطلوبة) (g/cm^3)
D_w : كثافة الماء =1 (g/cm^3)
M_w : وزن النموذج في الماء (cm^3)
M_d : وزن النموذج في الهواء (g)

الجدول (2) : قيم الكثافة المحسوبة لأنواع حديد الصب الكرافيتي

Types of cast iron	Density (g/cm^3)
Pearlitic Gray C.I.	7.1133
Pearlitic Spheroidal C.I.	7.1556
Pearlitic Malleable C.I.	7.1266

د ــ إيجاد معدل التآكل (Corrosion Rate) : تم حساب معدل التآكل لحديد الصب الكرافيتي حسب المواصفة القياسية للاختبارات التآكل (ASTM-G31-72) وذلك باستخدام العلاقة الآتية :ــ

$$\left[\frac{534W}{DAT}\right] = \textbf{Corrosion rate (mpy)} \qquad \text{..... (2)}$$

(W) : الفقدان في الوزن (mg) . (D) : كثافة الحديد (g/cm^3) .
(A) : المساحة السطحية (in^2) . (T) : فترة الاختبار أي زمن التعرض للتآكل (hours) .
(mils) : تعادل 0.001 inch .

يتم تحديد معدل التآكل المقاس بوحدة ميلز / سنة (mils per year) (mpy) من العلاقة المذكورة أنفاً بالاعتماد على الدالة الرئيسية لذلك ، وهي الفقدان في الوزن في أثناء فترة الاختبار ، آما ثوابت الاختبار في هذه التجربة ، فهي كثافة المعدن والمساحة السطحية له [2,11] .

التربة (Soil) : التربة المستخدمة في هذا البحث هي التربة الرملية ، ويمكن ملاحظة التحليل الكيمائي والفيزيائي وكذلك التحليل التركيبي لها في الجدولين (3) و (4) ، إذ تم حفر تجاويف بعمق (30) سم خلال هذه التربة ووضعت العينات داخل هذه التجاويف بشكل عمودي ومغمورة في التربة بشكل تام وموزعة بشكل منتظم ، إذ وضع عينتان داخل كل تجويف مع مراعاة وجود مسافة بين عينة وأخرى بمقدار 4 سم تقريباً . وفي بداية ونهاية فترة الاختبار الكلية تم إجراء التحليل الكيمائي للتربة وكذلك تم تحديد المحتوى المائي لها عملياً ، إضافة إلى قياس درجات الحرارة يومياً باستخدام محرار ذي مجس معدني ، والجدول (5) يبين معدل درجات الحرارة والمحتوى المائي للتربة في فترات الاختبار .

الجدول (3) :التحليل الكيمائي والفيزيائي للتربة المستخدمة كوسط للتآكل

Soil Quality Parameters	As Prepared	After 5 Months
Ec (µs/cm)	200	98
PH	8.44	8.72
Total Hardness mg/L	800	815
Calcium Hardness mg/L	720	740
Calcium (Ca^{+2}) mg/L	288.6	242
Magnesium (Mg^{+2}) mg/L	17.92	16.8
Chlorides (Cl^-) mg/L	43.98	25.7
Sulphates (SO^{-2})	215.22	432.6
HCO_3^-	205.3	211
Resistivity (Ω.cm)	5000	10204

الجدول (4) :تحليل مكونات التربة المستخدمة كوسط للتآكل

Contents analysis	% Sand	% Silt	% Clay
	85	10	5

الجدول (5) : نسبة المحتوى المائي ودرجة الحرارة

زمن التعرض (month)	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران
المحتوى المائي (%)	28	27	22	17	12
معدل درجة الحرارة (°C)	13	19	24	27	32

النتائج والمناقشة

أ ــ شكل ونوع الكرافيت وتأثيره على التآكل في حديد الصب الكرافيتي

من أجل دراسة تأثير نوع وشكل الكرافيت في مقاومة التآكل في حديد الصب الكرافيتي ، تم اختيار أنواع من حديد الصب الكرافيتي ، يكون فيها الكرافيت إما على شكل شرائح (Flakes) ، كما في حديد الصب الرمادي ، أو يكون على شكل كرات (Spheroidal) ، كما في حديد الصب الكروي الكرافيت ، أو يكون على شكل عقد غير منتظمة أقرب لشكل الزهرة (Rosette) ، كما في حديد الصب الزهري الكرافيت . أجريت على هذه الأنواع سلسلة من اختبارات التآكل بتغير فترة التعرض للتآكل . ويمكن ملاحظة النتائج التي تم التوصل إليها بعد انتهاء فترات الاختبار في الأشكال (6)،(7)،(8)،(9) .

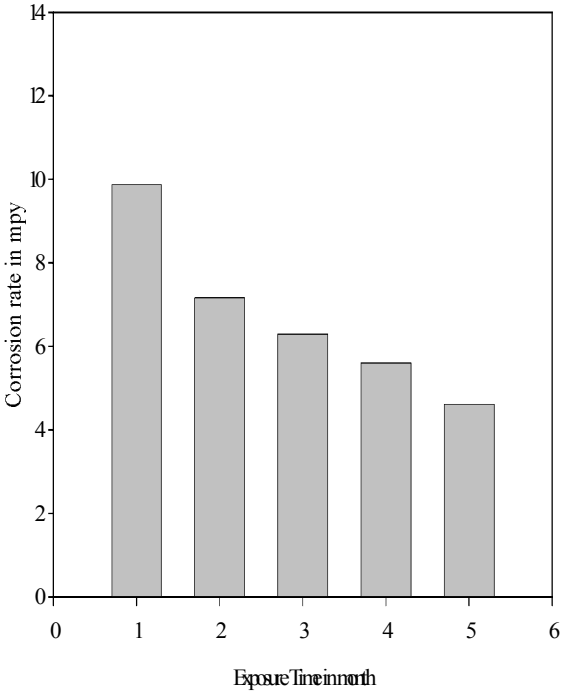
يوضح الشكل (9) مقارنة حديد الصب الرمادي البيرلايتي وحديد الصب الزهري الكرافيت البيرلايتي وحديد الصب الكروي الكرافيت البيرلايتي في وسط التآكل المتمثل بالتربة الرملية . وقد بينت النتائج بعد انتهاء فترات التعرض للتآكل زيادة في معدلات التآكل لحديد الصب الرمادي مقارنة بكل من حديد الصب الزهري الكرافيت وحديد الصب الكروي الكرافيت . ويعتقد أن سبب ارتفاع معدلات تآكل حديد الصب الرمادي مقارنة بباقي الأنواع هو نتيجة ارتباط وتداخل شرائح الكرافيت في حديد الصب الرمادي ، والتي تشكل شبكة مستمرة من شقوق الكرافيت التي تسمح بتغلغل وسط التآكل ، أما في حالة حديد الصب الكروي الكرافيت أو حديد الصب الزهري الكرافيت فإن الكرافيت لايشكل شبكة مستمرة والتي تعمل على بقاء وسط التآكل منعزلاً ، مما يقلل من معدل التآكل مقارنة بحديد الصب الرمادي . وهذا يتفق مع ما جاء به الباحث (Laque , 1995) [4] عند دراسته تأثير شكل الكرافيت في معدل تآكل حديد الصب . وقد أشار هذا الباحث إلى أن حديد الصب الرمادي يعاني من تآكل أشد عنفاً من التآكل الحاصل في حديد الصب الكروي الكرافيت ، وعلل سبب ذلك إلى ارتباط وتداخل شرائح الكرافيت في حديد الصب الرمادي والتي تسبب أكبر عمق لتغلغل التآكل على طول حدود شرائح الكرافيت .

والشكل (9) يوضح أيضاً مقارنة بين حديد الصب الكروي الكرافيت البيرلايتي وحديد الصب الزهري الكرافيت البيرلايتي ، وقد بينت النتائج أن حديد الصب الكروي الكرافيت يتآكل بمعدلات متقاربة أو أعلى نسبياً من معدلات التآكل لحديد الصب الزهري الكرافيت . وربما يعود سبب ذلك إلى وجود تشابه نوعاً ما في شكل الكرافيت ، وهذا قد يجعل معدلات التآكل بينها متقاربة .

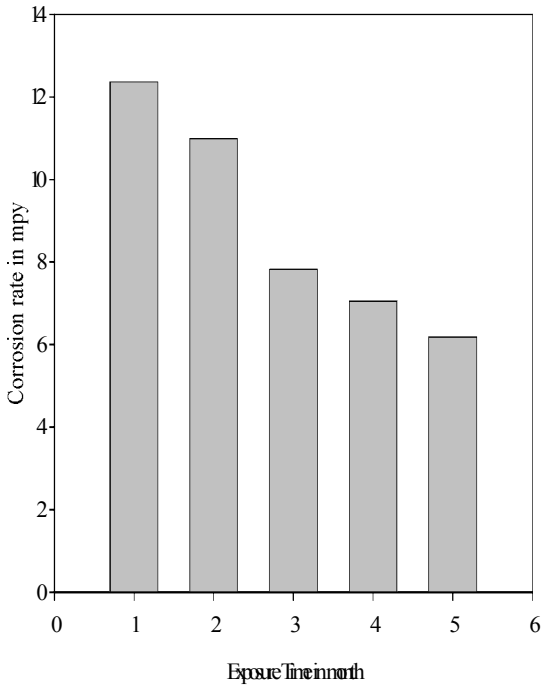
ب ــ تأثير التربة الرملية في تآكل حديد الصب الكرافيتي

أشارت الأشكال (6) , (7) , (8) , (9) إلى ارتفاع معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي عند استخدام التربة الرملية وسطاً للتآكل وذلك مقارنة بدراسة الباحث (Sabhan , 2009) [12] التي اجريت لدراسة تآكل حديد الصب الكرافيتي في الأوساط المائية والمحيط الجوي والتربة الرملية . ويعود السبب في ارتفاع معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي أو انخفاض مقاومة تآكلها لعدة عوامل ، منها كون التربة المستخدمة هي التربة الرملية التي تتكون من (85%) رمل ، و (10%) غرين (المادة الرابطة) ، و(5%) طين ، كما هو موضح في الجدول (4) . وبذلك تسمح بوجود الأوكسجين كونها تحتوي على نسبة عالية من حبيبات الرمل التي تسمح بالتهوية ، وتحتوي على نسبة محدودة نسبياً من الطين والتي تساعد على الاحتفاظ بالماء ، وبمساعدة مادة الغرين الرابطة التي تعمل على تماسك الرمل والطين ، أي الاحتفاظ بالأوكسجين (الهواء) والماء معاً ليكون تأثير الوسط بذلك في تآكل حديد الصب الكرافيتي كبيراً بسبب توفر العوامل المحفزة للتآكل ، وهي الماء والأوكسجين ، والجدول (5) يبين نسبة المحتوى المائي لهذه التربة ، فضلاً عن

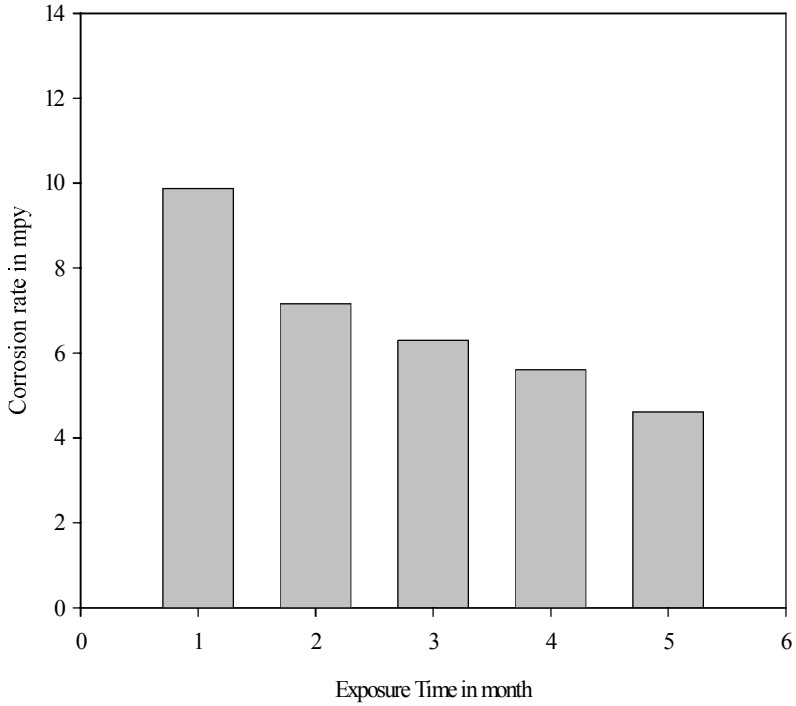
العوامل الآخرى التي لها تأثير مباشر في تآكل التربة ، مثل تركيز الكبريتات والكلوريدات ، ومقدار المقاومة النوعية ، والجدول (3) يوضح التحليل الكيمائي والفيزيائي للتربة المستخدمة . ومن خلال هذا الجدول اتضح بأن قيمة المقاومة النوعية للتربة في بداية الاختبار كانت تساوي (5000 اوم . سم) ، وبهذا فان هذه التربة تعتبر من ألأنواع التي تسبب تآكلاً شديداً للمعادن ، وذلك حسب المواصفات القياسية الأمريكية [11] . تشير النتائج في الأشكال المذكورة إلى أن معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي المستخدمة والمتعرضة للتآكل في التربة تقل تدريجياً مع زيادة زمن التعرض للتآكل . و يعود سبب ذلك إلى نقصان المحتوى المائي للتربة خصوصاً مع زيادة درجات الحرارة في فترات الاختبار والتي شملت شهور شباط وآذار ونيسان وأيار وحزيران ، والجدول (5) يؤكد على نقصان كمية المحتوى المائي في أثناء تلك الفترات . فقد أشار الباحث (Gupta , 1979) [13] إلى تأثير المحتوى المائي في شدة التآكل للتربة ، وذكر أن نقصان المحتوى المائي للتربة يؤدي إلى نقصان في معدلات التآكل . حيث كلما قل المحتوى المائي للتربة أدى إلى زيادة المقاومة النوعية لها ، وبالتالي إلى نقصان التوصيلية الكهربائية كما تؤدي إلى نقصان في التفاعل الكهروكيميائي الكلفاني ، وإلى انخفاض في معدلات التآكل . أو ربما قد يعود سبب نقصان معدلات التآكل إلى أيونات الكلوريد التي كانت قيمتها في بداية الاختبار عالية ولكن قيمتها انخفضت في نهاية
الاختبار ، كما هو موضح في الجدول (3) ، إذ إن أيونات الكلوريدات هذه تعمل على تقليل المقاومة النوعية للتربة من خلال زيادة التوصيل الكهربائي فيها ليكون الوسط بذلك أشد تأثيراً في أنواع حديد الصب الكرافيتي المستخدمة كما تقل مقاومتها للتآكل من خلال انتشار التفاعل الكهروكيميائي على المساحات السطحية الممكنة . وهذا ينطبق مع التحليل الكيمائي ــ الفيزيائي للتربة في بداية الاختبار ونهايته في الجدول (3) الذي أشار إلى نقصان التوصيلية الكهربائية والى زيادة المقاومة النوعية في نهاية الاختبار



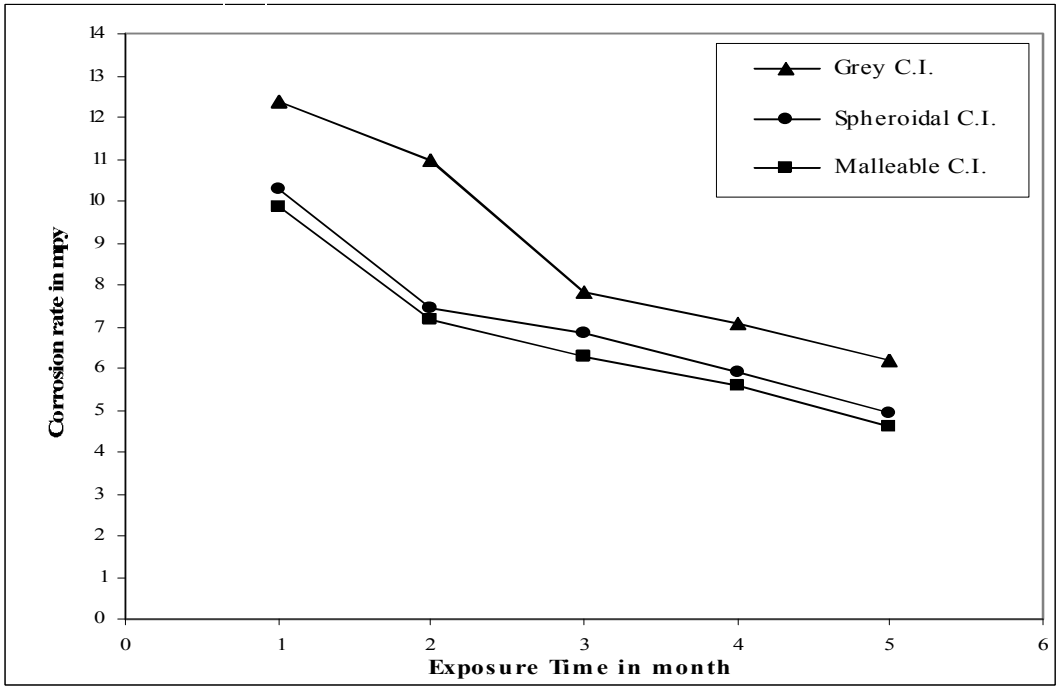
الشكل (7) : معدلات تآكل حديد الصب الكروي الكرافيت البيرلايتي االالبيرلايتيالبيرلايتي



الشكل (6) : معدلات تآكل حديد الصب الرمادي البيرلايتي



الشكل (8) : معدلات تآكل حديد الصب الزهري الكرافيت البيرلايتي



الشكل (9):المقارنة بين معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي في التربة الرملية

الاستنتاجات

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها يمكن استنتاج مايأتي :ـ

1ـ تبين أن الكرافيت شكلاً ونوعاً له تأثير واضح في معدلات التآكل من خلال التأثير في البنية المجهرية لحديد الصب الكرافيتي . إذ تبين أنه عندما يكون شكل الكرافيت على هيئة شرائح فان معدلات التآكل هي الأعلى ، في حين عندما يكون شكل الكرافيت كروياً فان معدلات التآكل هي أعلى نسبياً مقارنةً بالشكل الزهري للكرافيت .

2ـ إن أفضل حديد صب كرافيتي مقاوم للتآكل في التربة الرملية هو حديد الصب الزهري الكرافيت ذو التركيب البيرلايتي ، والأسوأ للتآكل هو حديد الصب الرمادي البيرلايتي .

3ـ انخفاض في معدلات التآكل للأنواع الثلاثة لحديد الصب الكرافيتي بزيادة فترة تعرضها للتآكل وبدرجات متفاوتة بين الأنواع الثلاثة وتحت نفس ظروف التآكل .

المصادر

[1] R.Winston R., " Uhlig Corrosion Handbook " , John Wiley & Sons , Inc, 2nd Edition , New York , (2000), PP. 3-343 .

[2] Fontana M.G. , " Corrosion Engineering " , Mc Graw –Hill , 3rd Edition , New York , (1986) , PP. 4-173 .

[3] Fuller A. G. , "Corrosion Resistance of Ductile Iron Pipe " , BCIRA Report 1442 , USA , (1981),PP.2 .

[4] Laque F. , " The Corrosion Resistance of Ductile Iron " , NACE International , November , (1995), PP.1 .

[5] Owate I. & Arwiri G. , " Impact Of Environmental Conditions on Sub – Surface Storage Tanks (part I) " , Applied Sciences & Environmental Management , Vol. 6 , NO. 2 , (2002), PP. 79-83 .

[6] Ceki H. " Physiochemical Characteristics of Controlled Low Strength Materials Influencing The Electrochemical Performance and Service Life of Metallic Materials " , Ph. D. , Thesis , University of Texas A & M , Civil Engineering , (2005) , PP. 84 .

[7] Janina M.R. , " Effect of Specimen Preparation on Evaluation of Cast Iron Microstructures " , Materials Characterization , Vol. 54 , (2005) , PP. 287-304 .

[8] ASTM Designation : G_1-90 , " Standard Practice for Preparing , Cleaning , and Evaluating corrosion Test Specimens " , 100 Bar Harbor Drive , West Conshohocken , PA 19428-2959 , United States , (1999) , PP.5 .

[9] Cao X. & Xu C. C. , " Effect of Chloride on The Atmospheric Corrosion of Simulated Artifact Iron in NO_3 – Bearing Pollutant Environment " , ACTA METALLURGICA SINICA ENGLISH LETTERS , Vol. 19 , NO. 1 ,(2006), PP. 34-42 .

[10] Ted A. , " Fabrication and Damping Behavior of Particulate $BaTio_3$ Ceramic Reinforced Copper Matrix Composites " , M.Sc. ,Thesis ,University of Virginia Polytechnic Institute and State , USA , (2004) , PP. 45-46.

[11] Lawrence J. Korb," ASM Handbook " , Rockwell International and David L Olson , Colorado School of Mines , 9th Edition , USA , (1992) , PP. 112 -336.

[12] Sabhan H. A. ," Corrosion Behaviour Investigation of Graphite Containing Cast Irons as Composite-Material Using Local Selected Corrosion Environments " , M.Sc. ,Thesis ,University of Mosul , (2009) , PP.72

[13] Gupta S.K. , "The Critical Soil Moisture Content in The Underground Corrosion of Mild Steel " , Corrosion Science , Vol. 19, (1979) , PP. 171-178.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة ـ جامعة الموصل