

تأثير الماء الممغنط في مقاومة تآكل الصلب الكربوني وحديد الصب

سبهان حامد علي الرفاعي

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة شؤون المحافظات غير المنتظمة في إقليم نينوى

نينوى _ العراق

الخلاصة

أجريت في هذا البحث اختبارات التآكل لأكثر أنواع الصلب الكربوني وحديد الصب أهمية واستخداماً في التطبيقات المختلفة . تضمن البحث إجراء التجارب باستخدام ماء الشرب العادي وماء الشرب الممغنط لغرض المقارنة، إذ تم تمرير الماء من خلال مجال مغناطيسي مستمر باعتماد كثافة فيض مقدارها (1685) جاوس . وقد تم قياس معدلات التآكل وفقاً للمواصفة القياسية لاختبارات التآكل (ASTM-G31-O4). بينت النتائج أن فيض المجال المغناطيسي المستخدم في هذا البحث قد أثر في حالة الماء بحيث كانت معدلات التآكل لأنواع الصلب الكربوني وحديد الصب في الماء الممغنط أعلى وبمقدار ضئيل من مثيلاتها في الماء العادي، بينما تبدو كمية طبقات التآكل المتكونة على أسطح العينات المتآكلة في الماء الممغنط أقل مما هي عليه في الماء العادي . كما أثبتت النتائج وجود علاقة بين مقاومة تآكل الصلب الكربوني وحديد الصب مع البنية المجهرية ، إذ تبين أن أنواع حديد الصب المستخدمة تآكلت بشدة في بداية الاختبار إلا أنها انخفضت بشدة في نهاية الاختبار بحيث كانت مقارنة لمعدلات التآكل لأنواع الصلب الكربوني المستخدمة وذلك عند استخدام الماء الممغنط أو العادي .

الكلمات المفتاحية: الماء الممغنط ، معدلات التآكل، الصلب الكربوني، حديد الصب والبنية المجهرية.

Influence of Magnetized Water on the Corrosion Resistance of Carbon Steel and Cast Iron

Sabhan Hamid Ali AL-Rifaei

Ministry of Science and Technology / Provinces and Cantons Affair

Ninawa-Iraq

G_mail:hsabhan8@gmail.com

Abstract

In this research, corrosion tests carried out for the most important types of carbon steel and cast iron used in different applications. The research included experimental work by using drinking magnetized water in comparison with non-magnetized water under the same conditions. The water was passed through a continuous magnetic field with a flux density of (1685) Gauss, and corrosion rates were measured according to the standard (ASTM-G31-O4). The results indicated that water properties were effected by using a magnetic field so that the corrosion rates of steel and cast iron in magnetized water are slightly higher than in normal water, while the scale formation on surface of the samples corrosion in magnetized water were appeared less than in normal water . These results also showed the relationship between the corrosion resistance of steel and cast iron with microstructure, so that at the beginning of the test the types of cast iron had a high corrosion rate, but gradually these rate started to decrease till it approximately approached the corrosion rate of types steel whether magnetized water or normal water was used .

Key Words: Magnetized Water, Corrosion Rates, Carbon Steel, Cast Iron, and Microstructure.

تشير الدراسات الحديثة أنه من الممكن الحصول على العديد من التأثيرات الايجابية للماء عند تعريضه لمجال مغناطيسي بكثافة فيض معينة تؤثر في خواصه، ومن المعتقد ان الماء عندما يعالج مغناطيسياً تقل عسرته ويحل مشكلة انسداد الانابيب نتيجة تكوين الطبقات (Botello et al.,2004).

درس الباحث (Han and song 2008) تأثير نسبة الكربون على معدل التآكل لنوعين من الصلب الكربوني (0.23 %C و 0.13 %C) في ماء البحر، وقد استنتج ان معدل التآكل يزداد بزيادة نسبة الكربون.

كما أجرى الباحث (Laque , 1995) مقارنة لمقاومة التآكل بين حديد الصب الرمادي وحديد الصب الكروي الكرافيتي . وقد ذكر هذا الباحث أن مقاومة التآكل لحديد الصب الكروي الكرافيتي البيرلايتي أفضل من مقاومة التآكل لحديد الصب الرمادي البيرلايتي تحت نفس الظروف البحثية ، وعلى ذلك إلى ارتباط وتداخل شرائح الكرافيت (Flakes) في حديد الصب الرمادي والتي تسبب أكبر عمق (Depth) لتغلغل التآكل على طول حدود شرائح الكرافيت ، فيما إذا قورنت بحديد الصب الكروي الكرافيتي .

أشار الباحث (Botello et al., 2004) الى أن هناك العديد من الدراسات والبحوث تناولت المعالجة المغناطيسية للماء والتغيرات التي قد تطرأ عليه، إلا أن أغلب تلك الدراسات والبحوث العلمية قلّ ما تناولت تأثير الماء المعالج مغناطيسياً في سلوك التآكل الكهروكيميائي للصلب الكربوني تكاد تكون معدومة ، وقد درس هذا الباحث تأثير الماء المعالج مغناطيسياً على تكوين طبقات كاربونات الكالسيوم وعلى سلوك التآكل الكهروكيميائي لنوع معين من الصلب الكربوني، إذ تم تسليط مجال مغناطيسي بمقدار (1 تسلا) على الماء وخلال فترات زمنية معينة، وقد تم تحديد سلوك التآكل للصلب الكربوني باستخدام منحنيات القطبية وفقاً

يعرف التآكل (Corrosion) بأنه تلف المعدن نتيجة تفاعله كيميائياً أو كهروكيميائياً مع الجو أو وسط التآكل المحيط به . إن السبب الأساسي لتآكل المعادن واختلاف معدلات التآكل بين معدن وآخر يعود إلى طبيعة منشأ هذه المعادن أو أصولها. إن معظم المعادن وخاصة المعادن غير النبيلة ، مثل الحديد والخرصين لا تتواجد في الطبيعة كمعدن نقي (Pure Metal) ولكن توجد على شكل مركبات كيميائية ، مثل الأكاسيد 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 ، يتواجد الحديد في الطبيعة على شكل اوكسيد الحديد في معظم الحالات لذا نجد ان الحديد عندما يتآكل فانه يتحول إلى اوكسيد الحديد أو خليط من اوكاسيد الحديد المختلفة (Winston , 2000 and Sobhi and Sabhan,2010). 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 والترية . 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 الطرائق الكفيلة للحماية منه (Fontana,1986).

للتآكل ، وذلك للتمكن من الحصول على معدلات تآكل عالية نسبياً خلال مدة البحث المحددة بالأشهر . التركيب البيرولايتي تركيب مجهري ثنائي الأطوار من الفيررايت والسمنتايت (Ferrite + Cementite) والذي يعكس أفضل تركيب للخلايا الكلفانية الممتلئة بقطب الانود وهو السمنتايت وقطب الكاثود وهو الفيررايت والذي يؤدي الى تسريع التآكل :

- عينات من حديد الصب الرمادي البيرولايتي (Pearlitic Grey Cast Iron).
- عينات من حديد الصب الكروي البيرولايتي (Pearlitic Spheroidal Cast Iron)
- عينات من الصلب اليوتكتويدي . (Eutectoid Steel) (0.8%C).
- عينات من الصلب الهايبويوتكتويدي (Hypo-eutectoid Steel) (0.6%C).
- مادة الألومينا.
- محلول النايتال.
- محلول حامضي خاص لتنظيف الطبقات المتآكلة دون المساس بالمعدن .

الأجهزة والأدوات المستخدمة

اجريت اختبارات التآكل باستخدام الاجهزة والأدوات المدرجة في أدناه ، ذكرت تفاصيل كل منها في متن الفقرات اللاحقة حسب طبيعة استخدامها :

- مجهر فحص معدني (Metallurgical Microscope).
- ميزان حساس.
- أحواض اختبار.
- ملف لولبي نموذجي (Coil).
- أوميتر رقمي.
- قنطرة كهربائية.

للمواصفة (ASTM G5-94) ، وبين الباحث أن معدل التآكل للصلب الكاربوني في الماء المعالج مغناطيسياً يكون أكبر من معدل تآكل الصلب الكاربوني في الماء غير المعالج مغناطيسياً.

اجرى الباحثان (Banejad and

Abdoslhi,2009) دراسة لإيجاد تأثير المجال المغناطيسي على عسرة الماء ، إذ تم تسليط مجال مغناطيسي بشدة (0, 0.05, 0.75, 0.1 T) على مقادير معينة من الماء ، وقد استخدمت تقنيات برمجية معينة، وتوصل الباحثان الى أن المجال المغناطيسي يعمل على تقليل عسرة الماء بنسبة (51%) ، كما أن هذه الطريقة تغني عن طرائق المعالجة الكيميائية التي قد تسبب مخاطر على الصحة.

لاحظ الباحث (Quinn.,1997) في جامعة (Purdue) ان طبقات التآكل المتكونة نتيجة استخدام الماء غير الممغنط في منظومة التدفئة والتبريد اكبر من تلك المتكونة في حالة استخدام الماء الممغنط لمنظومة اخرى مثيلة لها وذلك بعد سنة من الاستخدام .

يتناول البحث الحالي تأثير المجال المغناطيسي مقاومة تآكل الصلب الكاربوني وحديد الصب في الماء ، وذلك بموجب الاختبارات القياسية الامريكية للتآكل، فضلاً عن ايجاد قيم معدلات التآكل لهذه الانواع من المعادن في ماء الشرب (ماء الشرب المتداول في مدينة الموصل) قبل وبعد تسليط المجال المغناطيسي، ومن ثم تأثير البنية المجهرية لهذه المعادن في سلوك التفاعل الكهروكيميائي الكلفاني .

المواد وطرائق العمل

أدناه المواد التي استخدمت في اجراء اختبارات التآكل، وقد تم ذكر تفاصيل كل منها في متن الفقرات اللاحقة حسب طبيعة استخدامها، علماً قد اختير التركيب البيرولايتي للعينات المستخدمة لما لهذا النوع من مقاومة ضعيفة

والقياسات المطلوبة تم تهيئة السطوح بشكل متماثل والذي شمل التتعيم لإزالة الخشونة السطحية والزوايا الحادة ، كما تم ترقيم النماذج قبل وضعها في وسط التأكل، والأشكال (4 ، 5 ، 6) توضح عينات من حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي والصلب الكاربوني قبل وبعد إجراء الاختبار .

جدول (1) تحليل التركيب الكيميائي لأنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني المستخدمة في البحث .

Chemical Composition (Weight %)	Types of Cast Iron		Types of Steel	
	Pearlitic Gray C.I.	Pearlitic Spheroidal C.I.	0.6% C Steel	0.8% C Steel
C	4.65	3.61	0.681	0.813
Si	2.35	2.63	0.192	0.251
Mn	0.630	0.18	0.790	1.09
P	0.0440	0.0290	0.002	0.008
S	~ 0.248	0.010	0.035	0.020
Cr	0.109	0.180	0.810	1.02
Ni	0.0380	0.0840	0.091	0.101
Mo	0.00460	0.0301	0.042	0.043
Al	0.00530	0.0110	0.038	0.009
Cu	0.0920	0.173	-	-
Fe	Balance	Balance	Balance	Balance

التقنيات العملية (Experimental Techniques) الفحص المجهرية : في هذا البحث استعين بنماذج من حديد الصب والصلب الكاربوني التي حضرت عند إجراء دراسة سابقة من قِبَل الباحث ركزت على تحليل التركيب الكيميائي (Chemical Composition) لها باستخدام جهاز التحليل الطبقي للمعادن لدى شركة الشهباء لصهر وسباكة المعادن في سوريا، يوضح الجدول (1) التركيب الكيميائي لأنواع المستخدمة في هذا البحث . حضرت النماذج للفحص المجهرية حسب الطريقة القياسية لتحضير النماذج التي شملت التتعيم (Grinding) باستخدام ورق الصقل بدرجات (1200 و 1000,500,220) بالتتابع ، وتبعها الصقل النهائي (Final polishing) باستخدام ماكينة الصقل المنضدية (Rotary Polishing) انكليزية المنشأ . وكانت المادة المستخدمة في التتعيم هي الالومينا (Al_2O_3) ، ثم عملية الإظهار باستخدام محلول النايغال (4Nital) (Janina,2005) . وقد فحصت النماذج باستخدام مجهر فحص معدني . كما لوحظت صور البنية المجهرية لأنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني التي اختبرت في هذا البحث، في الأشكال (1 ، 2 ، 3) والتي التقطت بواسطة مجهر ذي كاميرا بالاستعانة بالحاسوب الشخصي في جامعة الموصل

تهيئة نماذج الاختبار (Specimens Preparation) : هيئت اعداد مناسبة من النماذج لكل نوع من الأنواع المستخدمة من حديد الصب الكرافيتي البيرلايتي والصلب الكاربوني ، والتي وزعت على مسافات متساوية داخل وسط التأكل والمتمثل بماء الشرب قبل وبعد المغنطة ، حيث تم وضع نموذجين لكل نوع خلال أي فترة زمنية ، وذلك لحساب معدل فقدان في الوزن لهما وأخذ المعدل للنتائج . وقد تم الحصول على جميع النماذج بشكل متوازي المستطيلات وبمساحات سطحية متساوية تقريباً . وبعد الانتهاء من الحصول على النماذج بالشكل

عملية الوزن ثم وزنت باستخدام ميزان حساس (Micro-balance) (ألماني المنشأ) ذي فئة (1×10^{-4} غم)، شكل (7) وبعد إكمال وزن النماذج وضعت 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 يتكون من
 $500\text{mLHCl} + 3.5\text{gHexamethy}$
 $\text{enetetrami} - \text{ne} + \text{Water}$
 استناداً إلى المواصفة (C.3.5) للمواصفات
 القياسية الأمريكية (ASTM G1-90 , 1999)

الطريقة المستخدمة لإيجاد معدلات التآكل

حضرت النماذج لإيجاد معدل التآكل (Corrosion Rate) لحديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني وفقاً للمواصفة القياسية لاختبار التآكل (ASTM-G31-O4) وذلك باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{Corrosion rate(mpy)} = \left[\frac{534W}{DAT} \right] \dots (1)$$

(W) : الفقدان في الوزن (mg) .

(D) : كثافة الحديد (g/cm^3) .

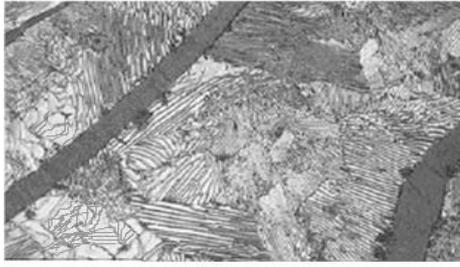
(A) : المساحة السطحية (in^2) .

(T) : فترة الاختبار أي زمن التعرض للتآكل (hours) .

(mils) : تعادل 0.001 inch .

حدد معدل التآكل المقاس بوحدة ميلز / سنة (Mils Per Year) (mpy) من العلاقة المذكورة آنفاً بالاعتماد على الدالة الرئيسية لذلك ، وهي الفقدان في الوزن في أثناء فترة الاختبار ، أما ثوابت الاختبار في هذه التجربة ، فهي كثافة المعدن والمساحة السطحية له ، (Fontana,1986) ، (Lawrence,1992) .

قيس الفقدان في الوزن بعد إعداد النماذج بالشكل والحجم المطلوبين ، وتنظيفها وتجفيفها قبل

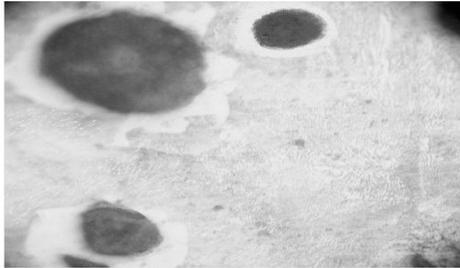


البنية المجهرية (Etched) (X800)

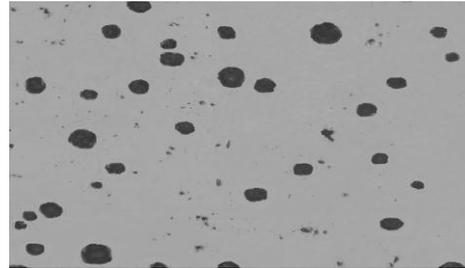


الكرافيت الشرائحي (Unetched) (X100)

شكل (1) البنية المجهرية لحديد الصب الرمادي الكرافيتي البيرلايتي



البنية المجهرية (Etched) (X500)



الكرافيت الكروي (Unetched) (X100)

شكل (2) البنية المجهرية لحديد الصب الكروي الكرافيتي البيرلايتي



الصلب اليوتكتويدي (0.8% C Steel) (X500)



الصلب الهايبويوتكتويدي (0.6% C Steel) (X150)

شكل (3) البنية المجهرية للصلب الكاربوني

غسلت العينات بعد ذلك مباشرة بالماء و جفف بالأسيتون ، ثم نقلت إلى فرن لتجفيف كهربائي (المائي المنشأ) (بدرجة (80 °C) لمدة ساعة واحدة لضمان جفافها كلياً وخاصةً عينات حديد الصب لاحتوائها على الكرافيت الذي بطبيعته يمتص الماء ويحتفظ به ، Cao and Xu (2006) ، وبعدها اعيد وزنها لإيجاد الوزن الجديد. ولغرض زيادة الدقة في النتائج حسب الكثافة عملياً بدلاً من أخذها من جداول اعتماداً على مبدأ قاعدة أرخميدس وفقاً للمواصفة (ASTM-C373-14a) ، وتم ذلك بوزن النماذج وهي في الهواء ، ثم إعادة وزنها وهي معلقة ومغمورة بالماء المقطر ، وباستخدام المعادلة (2) يتم حساب الكثافة لكل نوع (Ted,2004) يبين الجدول (2) قيم الكثافة المحسوبة .

$$= [M_d/M_w] \rho^\circ \dots\dots\dots (2)$$

$\rho \rho$

ρ : الكثافة المحسوبة (المطلوبة) (g/cm^3)

ρ° : كثافة الماء = (g/cm^3) 1

M_w : وزن النموذج في الماء (cm^3)

M_d : وزن النموذج في الهواء (g)

جدول(2) قيم الكثافة المحسوبة للأنواع المستخدمة

Types of steel and cast iron	Density (g/cm^3)
Pearlitic Grey C.I	7.1133
Pearlitic Spheroidal C.I.	7.1556
0.6%C Steel	7.8017
0.8%C Steel	7.8531

فترات الاختبار : بدأ اختبار التآكل (وضع العينات في وسط التآكل) في يوم (2012/4/1) ، وقد تم تقسيم فترات الاختبار إلى خمس فترات زمنية طبقاً لعدد النماذج التي حضرت وهي :

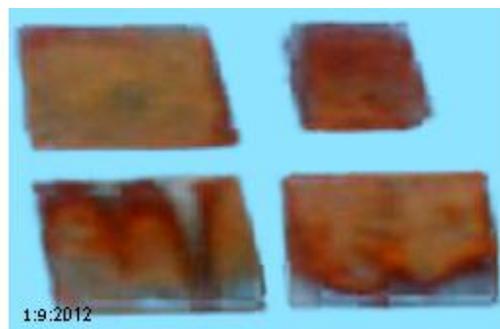
- (1) الفترة الأولى : شهر (نيسان) .
- (2) الفترة الثانية : شهران (نيسان + ايار) .
- (3) الفترة الثالثة : ثلاثة أشهر (نيسان + ايار + حزيران) .



شكل(4) عينات من حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني قبل إجراء الاختبار



شكل (5) عينات من حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني المتآكلة في ماء الشرب العادي طيلة خمسة اشهر



شكل (6) عينات من حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني المتآكلة في ماء الشرب الممغنط طيلة خمسة اشهر



شكل(7) الميزان المستخدم في وزن العينات

ساعة وذلك لضمان الحفاظ على مغنطة الماء (هلال 2004) ، وللمقارنة تحت نفس الظروف الاختبارية والتشغيلية يتم ايضاً استبدال الماء العادي في الحوض الاخر، ونتيجةً لذلك تعذر إجراء تحليل دقيق لمكونات الماء المستخدم



شكل (8) عينات من حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني وهي معلقة داخل الحوض

النتائج والمناقشة

تأثير المغنطة على معدلات التآكل لأنواع المستخدمة من حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني في ماء الشرب

يتبين بصورة عامة من النتائج الموضحة في الأشكال (9,10,11 و12) أن معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني المستخدمة والمتعرضة للتآكل في ماء الشرب المغنط هي أعلى نسبياً من مثيلاتها الحاصلة في ماء الشرب العادي ومقدار هذه الزيادة ما يقارب 1 (ميلز/ سنة mpy) لذا تعتبر ضئيلة ، قد يعود السبب في الزيادة الحاصلة في معدلات التآكل لهذه الأنواع في ماء الشرب المغنط إلى انخفاض العسرة الكلية لماء الشرب بعد مغنطته ، إذ استنتج الباحثان (Banejad and Abdosalehi , 2009) الى أن المجال المغناطيسي المسلط على الماء يعمل على تقليل العسرة الكلية للماء بنسبة (51%) . كما ذكر الباحث في دراسته ان العسرة الكلية لماء الحنفية انخفضت بنسبة (7.85%) بعد مغنطته. وعليه فان أغلب

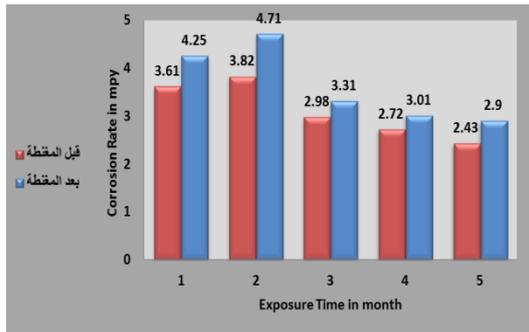
(4) الفترة الرابعة : أربعة أشهر (نيسان + أيار+ حزيران+ تموز) .

(5) الفترة الخامسة : خمسة أشهر (نيسان + أيار+ حزيران + تموز + اب).

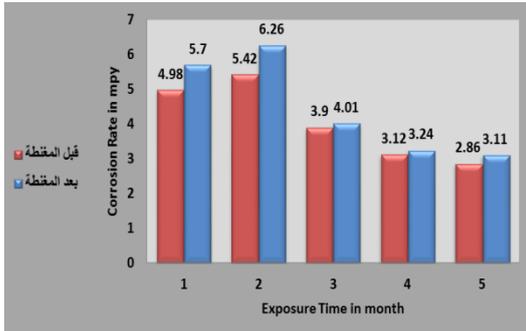
وسط التآكل : في هذا البحث استخدم ماء الشرب (Drinking Water) المتداول في مدينة الموصل وسطاً للتآكل قبل وبعد المغنطة للمقارنة ، إذ علفت نماذج حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني بشكل عمودي مع مراعاة وجود مسافة بين نموذج وآخر بمقدار (4 سم) وهي مغمورة بالكامل في الماء داخل احواض زجاجية بسمك (4ملم) وبقياس (28×34×59 سم) وبشكل متوازي المستطيلات ومفتوحة من الجهة العليا ، كما في شكل (8). أجريت اختبارات التآكل باستخدام حوضين (حوض يحتوي على ماء الشرب العادي والحوض الاخر يحتوي على ماء الشرب المغنط)

تطلبت الطريقة التي حصل فيها على الماء المغنط تمرير أنبوب نقل ماء الشرب من داخل ملف لولبي مربوط مع دائرة كهربائية يقوم بتسليط مجال مغناطيسي مستمر على انبوب نقل الماء الى حوض الاختبار بما فيه الماء . تتكون الدائرة الكهربائية المستخدمة في توليد المجال المغناطيسي المستمر (DC) من مصدر فولتية (-AC-220V 50Hz)، يتم ربطها مع ملف ذي مواصفات خاصة و اوميتتر رقمي لقياس قيمة التيار الذي يمر بالملف. إذ تم ربط قنطرة كهربائية بين مصدر الفولتية والملف لتحويل التيار المار بالملف من متناوب الى مستمر. يستفاد من قيمة التيار الذي يمر بالملف في حساب كثافة فيض المجال المغناطيسي المستمر وذلك باستخدام " قانون امبير لحساب كثافة الفيض المغناطيسي داخل ملف لولبي (Anmar and Ziyad 2009) . ومقدار كثافة فيض المجال المغناطيسي المستخدم في البحث هو (1865) جاوس ، وفقاً لما أمكن توقيره من ادوات الدائرة الكهربائية . في حين يتم استبدال الماء في حوض الاختبار باستمرار كل (24)

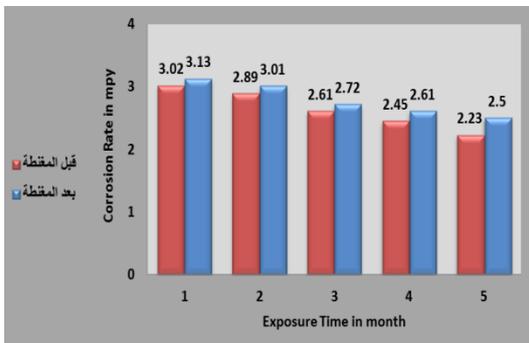
ومن المحتمل أن تراكيز أيونات الكلوريدات والكبريتات قد ارتفعت بعد تسليط المجال المغناطيسي المستمر بحيث سببت زيادة في معدلات التآكل، إذ إن وجود أيونات الكلوريدات يعمل على زيادة التوصيل الكهربائي للماء، كما أن التركيز العالي لها يقلل من فعالية طبقات الحماية ويزيد معدلات التآكل، وبصورة عامة يكون تأثير أيونات الكبريتات مشابهاً جداً للكلوريدات (Pierre,2000), (Christian,2008).



شكل (9) معدلات تآكل حديد الصب الكروي البيرلايتي في ماء الشرب قبل وبعد المغنطة



شكل (10) معدلات تآكل حديد الصب الرمادي البيرلايتي في ماء الشرب قبل وبعد المغنطة



شكل (11) معدلات تآكل الصلب الهايبويوتكتويدي (C 0.6% Steel) في ماء الشرب قبل وبعد المغنطة

الدراسات تشير إلى أن الماء العسر المنخفضة يسبب معدلات تآكل أعلى من الماء ذي العسرة العالية، إذ تكون معدلات التآكل قليلة في الماء العسر بسبب تكون طبقات من كربونات الكالسيوم (CaCO_3) على سطح الحديد، أما في الماء اليسر فإن هذه الطبقات تتكون بصورة غير متكاملة، وهذا يؤدي إلى زيادة التآكل لحديد الصب والصلب الكربوني (Pierre,2000), (Shinichi and yasuo 2007). وهذا ما أكده الباحث (Botello *et al.*,2004) الذي استنتج أن شدة المجال المغناطيسي المسلط وزمن بقاء الماء تحت هذا المجال لها تأثير كبير على طبقات كربونات الكالسيوم والتي بدورها تؤثر في لعسرة الكلية ومن ثم تؤثر في معدلات التآكل بحيث تزداد هذه المعدلات مع المغنطة. وتأكيداً على ذلك عند المقارنة بين الشكلين (5 و 6) نلاحظ وجود اختلاف في كمية وشكل طبقات التآكل المتكونة على أسطح المعادن المتآكلة في الماء العادي عن الماء الممغنط، إذ يبدو من الشكلين انفاً أن كمية طبقات التآكل المتكونة على اسطح عينات المعادن المتآكلة في الماء العادي كانت اكبر مما هي عليه في الماء الممغنط، ذكر الباحث (Mcenaney and Smith 1978) أن الحديد في بداية الاختبار يتآكل بشدة ويعطي أعلى المعدلات للتآكل إلى أن تتكون طبقة من أكسيد الحديد (المغناتيت) (Fe_3O_4) واقية على السطح والتي تؤدي عند تكونها إلى انخفاض معدل التآكل. يمكن ان يكون السبب وراء الزيادة الحاصلة في معدلات التآكل لهذه الأنواع في ماء الشرب الممغنط ارتفاع قيمة التوصيلية الكهربائية وانخفاض قيمة المقاومة النوعية (Resistivity) في الماء الممغنط عن الماء العادي إذ لاحظ الباحث (محمد امين واخرون،2009) أن التوصيلية الكهربائية ارتفعت بمقدار (0.13%)، حيث أن الزيادة في التوصيلية الكهربائية ونقصان المقاومة النوعية تؤدي إلى تسريع التفاعل الكهروكيميائي الكلفاني، وبالتالي ارتفاع معدلات التآكل.

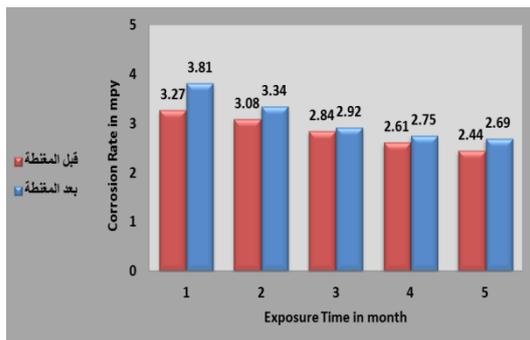
تأثير البنية المجهرية (microstructure) في مقاومة تآكل حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني

يتبين من الشكلين الشكليين (13 و 14) ولجدول (3) المقارنة بين معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكاربوني المستخدمة في ماء الشرب العادي والممغنط لمعرفة دور وجود الكرافيت وعدمه في عملية التآكل ، فضلاً عن تأثير نسبة الكربون في حالة الصلب الكاربوني على معدلات التآكل . تشير النتائج في هذه الأشكال إلى أن معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي في فترة الاختبار الأولى (مدة شهر) هي أعلى من معدلات التآكل لأنواع الصلب الكاربوني المستخدمة . كما بينت هذه الأشكال انه في فترة الاختبار الثانية (مدة شهرين مستمرين) أن معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي قد ازدادت على معدلات تأكلها في فترة الاختبار الأولى . في حين أن معدلات التآكل لأنواع الصلب الكاربوني في فترة الاختبار الثانية أصبحت أوطأ من معدل تأكلها في فترة الاختبار الأولى ثم تناقصت معدلات التآكل لأنواع الصلب الكاربوني تدريجياً بزيادة فترة التعرض للتآكل . وأشارت النتائج في فترات الاختبار الثالثة والرابعة والخامسة إلى أن معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي قد تناقصت بشدة إذ إنها أصبحت مقاربة لمعدلات تأكل أنواع الصلب الكاربوني . يعود سبب ارتفاع معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي البيرولايتي في فترة الاختبار الأولى والثانية ثم هبوطها بشكل كبير في فترات الاختبار الرابعة والخامسة ، إلى كون حديد الصب الكرافيتي البيرولايتي في بداية الاختبار يتآكل بشدة ويعطي أعلى مستويات لمعدلات التآكل إلى أن تتشكل طبقات من الأكاسيد تعمل على حماية المعدن من التآكل ، وبالتالي تؤدي إلى انخفاض معدلات التآكل ، وهذا ما أكده الباحث (Mcenaney and Smith 1978) الذي ذكر أن حديد الصب الرمادي البيرولايتي في

بداية الاختبار يتآكل بشدة ويعطي أعلى المعدلات للتآكل إلى أن تتكون طبقة من أكسيد حديد (المغناتيت) واقية على السطح والتي تؤدي عند تكونها إلى انخفاض معدل التآكل .

وقد يعزى السبب في جعل معدلات التآكل لحديد الصب الكرافيتي أعلى أو مقاربة لمعدلات تآكل الصلب الكاربوني هو الكرافيت ودوره في التفاعل الكهروكيميائي . إذ يعتبر الكرافيت كاثوداً بالنسبة للقاعدة التي تعتبر أنوداً ، وهذا يسبب تفاعلاً كلفانياً في البنية المجهرية لحديد الصب الكرافيتي ، فإذا كانت مساحة الكاثود (الكرافيت) أكبر من مساحة الأنود ، فهذا سيجعل الأنود يتآكل بشدة ، وكذلك الكرافيت كونه يعتبر كاثوداً فان البيرولايت الموجود في القاعدة لحديد الصب الكرافيتي يتكون من طور الفيراييت وطور السمنتايت ، إذ يعتبر الفيراييت كاثود والسمنتايت أنوداً ، وهذا قد يزيد من مساحة الكاثود بالنسبة للأنود . كما يمكن أن يكون السبب في زيادة معدلات تآكل حديد الصب الكرافيتي على الصلب الكاربوني هو نتيجة التركيب الكيميائي لهذه المعادن، إذ نلاحظ من الجدول (1) أن نسبة الكربون في حديد الصب اكبر بكثير من نسبته في الصلب الكاربوني والتي لها تأثير كبير في زيادة معدلات التآكل . ومن المحتمل ان يعود سبب ذلك إلى قابلية الكرافيت على الاحتفاظ بمادة وسط التآكل (الالكتروليت) نتيجة قابليته على امتصاص المواد السائلة ، وهذا يؤدي إلى زيادة التفاعل الكهروكيميائي مدة أطول ، مما يؤدي إلى زيادة معدلات التآكل . تأكيداً على ما ذكر في أعلاه عند حساب فرق الوزن في أثناء اختبارات التآكل يشترط أن تتجفف نماذج حديد الصب الكرافيتي بصورة جيدة في درجات حرارة محددة لفترة من الزمن لضمان التخلص من مادة وسط التآكل المتغلغل في أجزاء الكرافيت (Cao and 2006) . يتضح من الشكلين (13,14) والجدول (3) مقارنة حديد الصب الرمادي البيرولايتي وحديد الصب الكروي الكرافيت البيرولايتي في وسط

ضمن طور البيرولايت الذي يتكون من الفرايت المتمثل بالقطب الكاثودي والثانوي والسمنتايت الذي يمثل القطب الانودي الأمر الذي يؤدي الى زيادة المساحة الانودية مع زيادة نسبة الكاربون في الصلب الهايبيوتكتويدي وان هذه الزيادة تعتمد على نسبة مكونات البنية المجهرية، فمع زيادة نسبة الكاربون في هذا الصلب تزداد عدد خلايا التآكل الكلفاني المتمثلة بالبيرولايت الذي يتكون من (الفرايت+السمنتايت) ونقصان طور الفرايت الاساسي الذي يمثل القطب الكاثودي (Ahmad,2006). يعد الفرايت محلولاً جامداً (Solid Solution) ذا طور أحادي حيث يمثل القطب الكاثودي في خلية التآكل الكلفاني أما السمنتايت فيمثل القطب الأنودي ذا طور أحادي ايضا كمركب معدني في خلية التآكل الكلفاني المجهرية داخل البيرولايت ويمكن ملاحظة ذلك عند إجراء عملية الاظهار للبرلايت إذ يظهر السمنتايت بلون اسود وهذا يدل على تفاعله كيميائياً مع محلول الأظهار في حين يظهر الفرايت بلون ابيض كونه يمثل القطب الكاثودي غير متأثر كيميائياً ويسمى هذا النوع من التآكل بالتآكل الكلفاني المجهري (Micro galvanic corrosion).

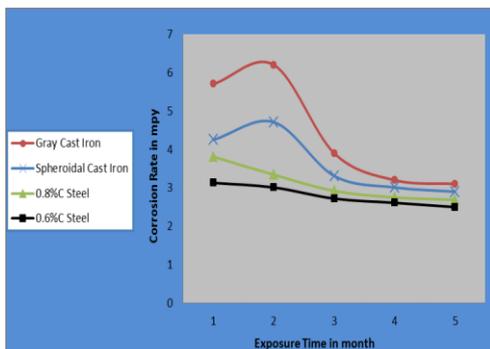


شكل (12) معدلات تآكل الصلب اليوتكتويدي (0.8% C Steel) في ماء الشرب قبل وبعد المغطة

التآكل المتمثل بماء الشرب العادي والممغنط . وقد بينت النتائج بعد انتهاء فترات التعرض للتآكل زيادة في معدلات التآكل لحديد الصب الرمادي مقارنةً بحديد الصب الكروي الكرافيت . ويعتقد أن سبب ذلك هو نتيجة ارتباط وتداخل شرائح الكرافيتي في حديد الصب الرمادي ، والتي تشكل شبكة مستمرة من شقوق الكرافيت التي تسمح بتغلغل وسط التآكل ، أما في حالة حديد الصب الكروي الكرافيتي فإن الكرافيت لا يشكل 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) عند دراسته تأثير شكل الكرافيت في معدل تآكل حديد الصب . إذ أشار 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 .

أشارت النتائج أيضاً إلى أن معدلات التآكل الحاصلة للصلب الكاربوني اليوتكتويدي (0.8 % C Steel) اكبر من مثيلاتها في الصلب الهايبيوتكتويدي (0.6 % C Steel) .

قد يرجع سبب ذلك إلى زيادة نسبة الكاربون كون الصلب الكاربوني هو عبارة عن سبيكة اساسها الحديد والكاربون، إذ أن البنية المجهرية للصلب الكاربوني الهايبيوتكتويدي تتكون من (الفرايت+البيرولايت) بنسب مختلفة تعتمد على تغير نسبة الكاربون بينما تتكون البنية المجهرية للصلب اليوتكتويدي من (البيرولايت). إن السبب في زيادة معدلات التآكل مع زيادة نسبة الكاربون في الصلب الهايبيوتكتويدي يرجع الى تغير نسب مكونات البنية المجهرية لهذا الصلب إذ يزداد طور السمنتايت الذي يمثل القطب الانودي ونقصان طور الفرايت الاساسي المتمثل بالقطب الكاثودي ومن الجدير بالذكر أن طور السمنتايت هنا يدخل



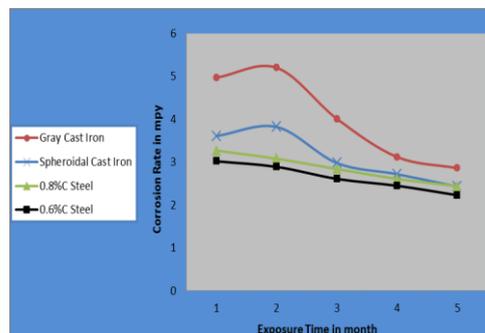
شكل (14) معدلات التآكل لأنواع حديد الصب البيرلايتي والصلب الكربوني في ماء الشرب بعد

عن الشهر الأول للاختبار ثم قلت تدريجياً بزيادة فترة التعرض للتآكل بعد الشهر الثاني ، فقد يرجع سبب ذلك إلى عدم اكتمال تكوين طبقات الحماية على السطح المعدني . وهذا قد يتفق مع ما أثبتته الباحثة (Rosales , 2003) الذي وجد أنه في بداية التفاعل الكهروكيميائي يحدث التآكل سريعاً ، ويسجل معدلات تآكل عالية ، إلا أنه مع مرور زمن التعرض للتآكل تترسب طبقات حماية تسمى طبقات الحماية بالصدأ كون المعدن المتآكل الذي يشبه إلى حد كبير خام الحديد في الطبيعة هو أكثر استقراراً من المعدن غير المتآكل . وعند المقارنة

جدول (3) معدلات التآكل لأنواع الصلب الكربوني وحديد الصب قبل وبعد المغنطة خلال فترات التعرض

Types of Cast Iron and steel	Exposure Time (month)	Corrosion rate before magnetization (mpy)	Corrosion rate after magnetization (mpy)
Pearlitic Spheroidal C.I.	1	3.61	4.25
	2	3.82	4.71
	3	2.98	3.31
	4	2.72	3.01
	5	2.43	2.9
Pearlitic Gray C.I.	1	4.98	5.7
	2	5.42	6.26
	3	3.9	4.01
	4	3.12	3.24
	5	2.86	3.11
0.6%C Steel	1	3.02	3.13
	2	2.89	3.01
	3	2.61	2.72
	4	2.45	2.61
	5	2.23	2.5
0.8%C Steel	1	3.27	3.81
	2	3.08	3.34
	3	2.84	2.92
	4	2.61	2.75
	5	2.44	2.69

ج- فترة التعرض للتآكل وعلاقتها مع مقاومة تآكل حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني لمعرفة مدى تأثير عامل زمن التعرض للتآكل على معدلات التآكل لأنواع المستخدمة، تم إجراء الاختبارات على خمس فترات زمنية ، وهي على التوالي، شهر ، شهرين مستمرين ، ثلاثة أشهر مستمرة ، أربعة أشهر مستمرة ، خمسة أشهر مستمرة . وبصورة عامة تشير نتائج الأشكال (9،10،11،12،13،14) إلى أن معدلات التآكل تقل تدريجياً بزيادة فترة التعرض للتآكل ، باستثناء فترة الاختبار الثانية التي اعطت زيادة في معدلات التآكل للشهر الثاني للاختبار عن الشهر الأول للاختبار ، وذلك لأنواع حديد الصب البيرلايتي والمتعرضة للتآكل في كل من ماء الشرب العادي والممغنط ، ثم تناقصت تدريجياً بزيادة فترة التعرض للتآكل بعد الشهر الثاني للاختبار . يعود سبب انخفاض معدلات التآكل لأنواع الصلب الكربوني المتعرضة للتآكل في الماء بصورة تدريجية مع زيادة زمن التعرض للتآكل منذ الشهر الأول للاختبار إلى نواتج التآكل المتكونة على سطح المعدن او طبقات وقائية ، التي قد تعوق عملية التآكل وتعمل على تقليل معدل التآكل مع مرور الزمن وقد تجعل المعدن أقل نشاطاً مع الوسط المسبب للتآكل ، أما النتائج التي أوضحت أن معدلات التآكل في الشهر الثاني للاختبار ارتفعت



شكل (13) معدلات التآكل لأنواع حديد الصب البيرلايتي والصلب الكربوني في ماء الشرب قبل المغنطة

ب- يوجد اختلاف في كمية وشكل طبقات التآكل المتكونة على سطح المعادن المتآكلة في الماء العادي عن الماء الممغنط ، إذ يبدو من الشكلين (5 ، 6) أن كمية طبقات التآكل المتكونة على اسطح عينات المعادن المتآكلة في الماء الممغنط كانت اقل مما هي عليه في الماء العادي .

ج- عند مقارنة نتائج التآكل بين أنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني المستخدمة في البحث ، فقد تبين أن أنواع حديد الصب تتآكل في بداية الاختبار بشدة مقارنةً بأنواع الصلب الكربوني إلا أنها انخفضت بشدة في نهاية الاختبار بحيث أصبحت مقاربة لمعدلات تآكل أنواع الصلب الكربوني.

د- 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 كما في حديد الصب الرمادي فان معدلات التآكل هي اعلى من معدلات التآكل الحاصلة في حديد الصب الكروي عندما يكون شكل الكرافيت كروياً.

هـ- أن تغير نسبة الكربون في الصلب الكربوني له تأثير كبير على معدلات التآكل من خلال تأثير البنية المجهرية على معدلات التآكل وذلك بزيادة او نقصان خلايا التآكل الكلفاني بين الاطوار المجهرية ، وكانت معدلات تآكل الصلب اليوتكتويدي في الماء العادي والممغنط أعلى من معدلات تآكل الصلب الهايبويوتكتويدي خلال فترات التعرض.

و- انخفاض معدلات التآكل لحديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني بزيادة فترة تعرضها للتآكل وبدرجات متفاوتة بين الأنواع المستخدمة.

المصادر

محمد امين ، سامي كريم علي فاروق قاسم، (2009) " تأثير ملوحة ماء الري الممغنط في صفات النمو الخضري لنبات الجريبيرا " ، مجلة . جامعة دمشق للعلوم الزراعية ، 25 (1) 63-74

بين فقدان في الوزن المقيس بوحدة (mg/cm^2) ومعدل التآكل المقاس بوحدة ميلز / سنة (mpy) في الجدولين (3 و4) يتضح بأن هناك زيادة في فقدان في الوزن مع مرور زمن التعرض للتآكل ، ولكن هذه الزيادة في فقدان في الوزن لا تمثل علاقة خطية أي أنها معادلة غير خطية (Non Linear) . ويعود السبب وراء ذلك إلى وجود طبقات التآكل المتكونة والمرتسبة على سطح المعدن والتي تعوق استمرار النقصان في الوزن (Fontana,1986) .

جدول (4) فقدان في الوزن لأنواع الصلب الكربوني وحديد الصب قبل وبعد المغنطة خلال فترات التعرض .

Types of Cast Iron and steel	Exposure Time (month)	Weight loss (mg/cm^2) before magnetization	Weight loss (mg/cm^2) after magnetization
Pearlitic Spheroidal C.I.	1	5.38	6.34
	2	11.40	14.06
	3	12.98	14.82
	4	16.24	17.97
	5	18.14	21.64
Pearlitic Gray C.I.	1	7.39	8.45
	2	16.08	17.85
	3	17.36	18.58
	4	18.52	19.23
	5	21.22	23.07
0.6% C Steel	1	4.91	5.09
	2	9.40	9.79
	3	12.74	13.28
	4	15.95	16.99
	5	18.15	20.34
0.8% C Steel	1	5.35	6.24
	2	10.09	10.94
	3	13.96	14.35
	4	17.10	18.02
	5	19.99	22.03

الاستنتاجات

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها يمكن استنتاج ما يأتي :

أ- معدلات التآكل لأنواع حديد الصب الكرافيتي والصلب الكربوني المتآكلة في ماء الشرب الممغنط أعلى وبمقدار ضئيل من مثيلاتها الحاصلة في ماء الشرب العادي.

- Frequency Modulation Technique for Monitoring the Early Corrosion of Mild Steel in Sea Water", 1-19.
- Janina** , M.R. , (2005) " Effect of Specimen Preparation on Evaluation of Cast Iron Microstructures " , Materials Characterization , 54 , 287-304 .
- Laque** , F. , (1995) " The Corrosion Resistance of Ductile Iron " , NACE International , November , 1 .
- Lawrence** , J. K. , (1992) " ASM Handbook " , Rockwell International and David L Olson , Colorado School of Mines , 9th Edition , USA PP. 112 -336.
- Mcenaney** , B. and Smith , D. , (1978) " Corrosion of A Cast Iron Boiler in A Model Central Heating System", Corrosion Science , 18 , 591-603.
- Pierre** , R. R. ,(2000) "Handbook of Corrosion Engineering " , Mc Graw – Hill , London , 58-621 .
- Quinn** , C. J. , (1997) " Magnetic Treatment of Water Prevents Mineral Build-Up" , Iron and Steel Engineer, July, 47-52 .
- Rosales** , B. , (2003) " Effect of The Exposure Angle in The Corrosion Rate of Carbon Steel in a Marine Atmospher " , Corrosion Science , 45 , 321-337.
- Shinichi** ,T. and Yasuo ,Y. , (2007) " Effects of Temp. and Aggressive Anion on Corrosion of Carbon Steel in Water " , Corrosion Science , 49 , 240-247.
- Sobhi** , A.Hamid, and Sabhan,H.,(2010) "Studying the Corrosion of Graphite Containing pearlitic Cast irons in Sandy Soil "Al-Rafidain Engineerig ,18(2).
- Ted** , A. , (2004) , " Fabrication and Damping Behavior of Particulate BaTiO₃ Ceramic Reinforced Copper Matrix Composites " , M.Sc. ,Thesis ,University of Virginia Polytechnic Institute and State , USA , 45-46.
- Winston R.**, (2000), " Uhlig Corrosion Handbook " , John Wiley & Sons , Inc, 2nd Edition , New York , 3-343 .
- هلال مصطفى حسن ، (2004) " تلوث الاراضي الصحراوية بالمعادن الثقيلة وتقنيات حديثة للسيطرة عليها " ، المؤتمر الدولي للموارد المائية والبيئة الجافة ،المركز القومي للبحوث القاهرة ،1-17.
- Ahmad** , Z. , (2006) "Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control " , Elsevier Science and Technology Books, 9-17.
- Anmar** , A. and Ziyad , (2009) " Effect of Magnetizing Water on Uniformity of Sprinkle Irrigation", AL-Rafidain Engineering , 17 (1), 69-79.
- ASTM** Designation : GL-03 , "Standard Practice for Preparing , Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens", 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken , PA 19428-2959 , United States , 5 .
- Banejad** , H. and Abdosalehi , (2009) " The Effect of Magnetic Field on Water Hardness Reducing IWTC,13, 117-128.
- Botello-Zubiate** , M.E and Alvarez, A. ,(2004) " Influence of Magnetic Water Treatment on the Calcium Carbonate Phase Ormation and the Electrochemical Corrosion Behavior of Carbon Steel " , Alloys and Compounds, 256–259 .
- Cao** ,X. and Xu , C. C. ,(2006) , " Effect of Chloride on The Atmospheric Corrosion of Simulated Artifact Iron in NO₃ – Bearing Pollutant Environment " ,ACTA METALLURGICA SINICA ENGLISH LETTERS , 19(1) , 34-42 .
- Christian** , A. , Patrick , O. , (2008) " Studies of Corrosion Tendency of Drinking Water in The Distribution System at The University of Benin " , Springer Science + Business media , University of Benin , Nigeria , DOI 10.1007 / S10669 – 007 – 9152 – 2 .
- Fontana** , M.G. , (1986) , " Corrosion Engineering " , Mc Graw –Hill , 3rd Edition , New York , 4-173 .
- Han** ,L. and Song S. , (2008) "A Measurement System Based on Elect.