

## تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة التآكل للصلب تحت اليوتكتويدي في أوساط ملحية ومائية

محمد زين العابدين حسن<sup>1</sup>، عائشة شوكت حسن<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> قسم هندسة الوقود والطاقة، الكلية التقنية، الجامعة التقنية الشمالية، كركوك، العراق.

<sup>1</sup>moha\_mop43@yahoo.com, <sup>2</sup>eng\_aysha@yahoo.com

### المخلص

في هذا البحث تم دراسة تأثير ثلاثة انواع من المعاملات الحرارية أجريت على عينات من الصلب تحت اليوتكتويدي وهي التقسية والتلدين والمراجعة على معدل تأكلها في الاوساط المائية والملحية وقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بأن اكبر معدل للتآكل سجلت هي للصلب الكربوني الواطئ عند اخمادها في الماء 0، وأقل معدل للتآكل كان للصلب المعامل بالمراجعة بينما كان معدل تأكل الصلب المعامل بالتلدين متوسطاً بينهما وقد تم قياس التآكل بطريقة فقدان الوزن، كما أظهرت النتائج بان معدل التآكل لجميع العينات كان أكبر عند تعريضها الى وسط التآكل (الماء المالح) بينما سجلت معدلات تأكل أقل في حالة وسط التآكل (ماء الشرب) كما بينت النتائج بأن معدل التآكل في جميع العينات يقل مع زيادة فترة التعريض الى وسط التآكل الى (4 - 5) أشهر وذلك بسبب ظهور ترسبات كلسية على سطح المعدن تعمل كطبقة عازلة تحمي المعدة من التعرض الى الوسط وتقلل من معدلات التآكل.

**الكلمات الدالة:** التآكل، وسط مائي، وسط ملحي، المعاملة الحرارية.

## **The Effect of Heat Treatments on the Corrosion Rate of Hypo-eutectoid Steel in the Water and Salt Environments**

Mohammed Z. Hasan<sup>1</sup>, Aysha SH. Hasan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Fuel & Energy Engineering Department, Technical College, Northern Technical University  
Kirkuk, Iraq.

<sup>1</sup>moha\_mop43@yahoo.com, <sup>2</sup>eng\_aysha@yahoo.com

### **Abstract**

The aim of this work is to study the effect of three types of heat treatments (Annealing-Quenching-Tempering) on the Hypo-eutectoid steel corrosion rate in water and salt solutions. The results showed that the maximum corrosion rate was registered for the steel samples treated by quenching in both solutions, and minimum corrosion rate for tempered samples, while the corrosion rate of annealed steel samples was between them. It was found also the corrosion rate of all samples were exposed to salt solution was greater than that in water solution. The results showed also that the corrosion rate of all samples decrease with increasing the time of exposing to the corrosion media. This is because the corrosion product which form the isolation film protect the metal from further corrosion.

**Keywords:** Corrosion, Water Medium, Salt Medium, Heat Treatment.

## 1. المقدمة

يستخدم الصلب الكربوني بشكل واسع في الصناعة مثل صناعة أبدان السيارات وكذلك في المنشآت الهندسية والصناعية مثل اسالة الماء ومعدات تسخين الماء وخزانات المياه والجسور والسفن، لذا تكون أكثر عرضة للتآكل بواسطة الماء. ويشبه سلوك الماء كمادة تآكل سلوك المحيط الجوي من حيث توفر محلول مائي موصل للكهرباء (electrolyte) بصورة دائمة ووجود عامل مؤكسد هو الاوكسجين المذاب، ويصنف التآكل بواسطة الماء كنوع من أنواع التآكل الكهروكيميائي [1]. وتعتبر المعاملات الحرارية للمعادن والسبائك من أهم العمليات التي تجري على المعادن والسبائك في رحلة تصنيعها حيث يمكن بواسطتها الحصول على الخواص المطلوبة للأجزاء المصنعة حسب العمل الذي تعد له هذه الاجزاء ، كما يمكن بالمعاملات الحرارية التخلص من معظم العيوب والمسائ التي تنشأ أثناء تصنيع المعدن أو السبيكة للجزء المطلوب وتعمل على اكسابه الخواص الميكانيكية التي تؤهلها للاستمرار في العمل على الوجه المطلوب ولأطول فترة ممكنة [2].

في هذا البحث تم دراسة تأثير عملية التقسية والتلدين والمراجعة لعينات من الصلب تحت البيوتكتويدي على مقاومة التآكل في اوساط مائية وملحية حيث ان هذه المعاملات الحرارية تؤدي الى تغيرات في البنية المجهرية من حيث نوع الاطوار المتشكلة وحجوم البلورات التي تتأثر بذلك [3] ، وتتألف البنية المجهرية للصلب تحت البيوتكتويدي من الفريت والبرلايت ويمثل الفريت طور احادي (single phase) أما البرلايت فهو عبارة عن خليط ميكانيكي من الفريت والسنتمايت ( $\alpha+Fe_3C$ ) ان الطورين المختلفين يعطيان خواصاً ميكانيكية جيدة، ألا انها تكون عرضة للتآكل أكثر من البنية المجهرية ذات الطور الاحادي لتكون خلايا التآكل الغلفانية المجهرية [4]. لقد أجريت دراسات وبحوث عديدة على دراسة العوامل المؤثرة في مقاومة التآكل وطرق تحسين مقاومة التآكل وطرائق الحماية منه على معادن حديدية وغير حديدية وفي اوساط تآكل مختلفة، فقد درس الباحثان، S. I. Ibrahim, A. J. Abdullah تأثير نسبة الكربون على مقاومة التآكل للصلب الكربوني في الاوساط المائية، استخدمت في هذا البحث مجموعة من انواع الصلب وبنسب كربون مختلفة واختيرت اوساط التآكل المائية الاكثر شيوعاً في هذا البحث والتي شملت ماء الشرب والماء المالح، وقد تبين ان نسبة الكربون لها تأثير على مقاومة التآكل للصلب من خلال دراسة معدلات التآكل لهذا الصلب وهذه العلاقة تم ربطها بالبنية المجهرية، حيث أكدت النتائج ان التآكل تقل مع زيادة طور البرلايت في الصلب فوق البيوتكتويدي وتزداد هذه المقاومة مع

نقصان طور البيرولايت في الصلب تحت اليونكتويدي، وتبين أيضاً ان معدلات التآكل تتغير بتغير وسط التآكل فمثلاً معدلات التآكل للصلب في الماء المالح هي الاعلى أما ماء الشرب فقد مثل أوطاً معدلات التآكل [5].

كما قام الباحثان أخلص أحمد - غيدار ابراهيم بدراسة تأثير المعاملات الحرارية (المعادلة - التخمر - التصليد) على مقاومة التآكل للصلب متوسط الكريون في مياه عين كبريت لما يحويه من مركبات كيميائية متعددة لمعرفة تأثيرها على التآكل الصلب. وقد تبين من النتائج المستحصلة ان أفضل مقاومة للتآكل هي للصلب المعامل حرارياً بالتخمر وأقل مقاومة تآكل للصلب المعامل حرارياً بالتقسية، أما الصلب المعامل حرارياً بالمعادلة فكانت قيم مقاومته للتآكل واقعة بينهما [6].

أما الباحث H.M. Wadullah فقد أجرى دراسة على تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة التآكل للصلب الكربوني المتوسط وعالي الكريون واستخدام عمليات التخمر، التخمر الكربوني، والمعادلة، والاحماد في الماء وتم استخدام المحيط الجوي وماء الشرب والترية لتكون أوساطاً للتآكل. وتبين ان مقاومة التآكل للصلب الكربوني تتأثر بالمعاملات الحرارية ووجد ان مقاومة التآكل للصلب المعامل حرارياً بالتخمر هي الاعلى بينما الصلب المقسى في الماء يكون ذو مقاومة أضعف للتآكل [7].

كما قام الباحث H. Moller بدراسة تأثير ايونات الكالسيوم  $Ca^{+2}$  على معدل التآكل للصلب منخفض الكريون (0.038%C) باستخدام ماء البحر كوسط للتآكل. وقد تبين من النتائج ان ترسب كاربونات الكالسيوم ( $CaCO_3$ ) وهي فعالة جداً وهي عبارة عن طبقة كلسية تكون على سطح المعدن تمنع دخول الاوكسجين اليه وبذلك يقل معدل التآكل [8].

## 2. المواد وطرق العمل

أجري البحث على عينات من الصلب تحت اليونكتويدي (0.524%C) ويبين الجدول 1 التركيب الكيماوي للصلب المستخدم حيث أجري اختبار التحليل الطيفي للمعادن في مختبرات شركة غاز الشمال.

جدول 1: التركيب الكيماوي للصلب تحت اليونكتويدي المستخدم في البحث.

Mo	Cr	Ni	S	P	Mn	Si	C	العنصر
0.072	0.321	0.439	0.035	0.012	0.912	1.89	0.524	القيمة القياسية wt%

تم تحضير عدد مناسب من العينات أخذين بنظر الاعتبار زمن التعرض للتآكل في نوعين من الاوساط المائية (مياه الشرب، الماء المالح) حيث تم تقسيم فترات الاختبار الى خمس فترات زمنية تضمنت (1 - 2 - 3 - 4 - 5) أشهر، وتم تهيئة وقطع العينات على شكل متوازي مستطيلات سمك (2.5 ملم) وأبعاد (3.5\*4.8 سم) وحسب مقطع الصلب الذي تم الحصول عليه.

### 3. المعاملات الحرارية للعينات

#### 1.3 التقسية

أجريت عملية التقسية لعينات الصلب تحت اليوتكتويدي باستخدام فرن المعالجة الحرارية الكهربائي، حيث تم تسخين العينات الى درجة حرارة (850 درجة سليبزية) تم التثبيت عند هذه الدرجة الحرارية لمدة (10 دقيقة) كافية لحصول التحول الطوري وتجانس التركيب. ثم بردت العينات تبريداً سريعاً وذلك بإخمادها في الماء.

#### 2.3 التلدين التام

تم تسخين عينات الصلب المستخدمة في هذا البحث الى درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة العليا (UCT) (30 - 50) م أي الى (850 درجة سليبزية) وتم ابقاء العينات عند هذه الدرجة الحرارية لمدة (10 دقيقة) الى ان يتم تحول جميع أجزاء العينات الى اوستنايت ويكتمل تجانس درجة الحرارة والتركيب ثم بردت العينات بصورة بطيئة داخل الفرن.

#### 3.3 المراجعة

وفيها رفعت درجة الحرارة عينات الصلب المقسى الى درجة حرارة أقل من درجة الحرارة الحرجة الاولى (LCT) ، أي الى (670 درجة سليبزية) وتم ابقاء العينات عند هذه الدرجة الحرارية لمدة (10 دقيقة) ثم تم اخراج العينات من الفرن وتركت تبرد في الهواء الساكن والهدف من المراجعة هو الحصول على تركيب أكثر استقراره وأقل هشاشيه.

### 4. أختيارات التآكل

تم اجراء اختبارات التآكل لنماذج الصلب تحت اليوتكتويدي وذلك بوضع النماذج داخل اوساط التآكل المختارة وتعليقها بشكل عمودي في أحواض زجاجية وغمرها بالكامل وأحكام غلق هذه الاحواض لتصبح عملية الاختبار مغلقاً وذلك لمنع

ذوبان أوكسجين الهواء في داخل أوساط التآكل حيث تم وضع النماذج المحضرة لكل نوع من أنواع المعاملة الحرارية وحسب الفترة الزمنية المخصصة للاختبار .

#### 1.4 طريقة إيجاد معدل التآكل

بعد تحضير العينات بالشكل اللازم وإجراء المعاملات الحرارية المطلوبة، ثم تنظيفها وتجفيفها ومن ثم وزنها باستخدام ميزان حساس من فئة (4-10 غم) وتسجيل القراءات ثم وضعها في أوساط التآكل المختارة وبعد انتهاء فترة الاختبار المحددة لكل عينة تم رفعها من وسط التآكل وتنظيفها من الشوائب الملتصقة بها باستخدام فرشاة ناعمة وماء أولاً ثم باستخدام الكحول وتجفيفها باستخدام فرن التجفيف الكهربائي بدرجة (80 درجة سيليزية) لمدة ساعة ثم إعادة وزنها لإيجاد الوزن الجديد بعد التآكل.

#### 2.4 حساب معدل التآكل

تم حساب معدل التآكل لعينات الصلب تحت اليونكتويدي حسب المواصفة القياسية لاختبارات التآكل وتم تحديد معدل التآكل (corrosion rate) المقاس بوحدة اميال / سنة (mils per year) بالاعتماد على الدالة الرئيسية لذلك وهي الفقدان في الوزن (w) اثناء مدة الاختبار (T) أما ثوابت الاختبار في هذا البحث فهي كثافة الصلب المستخدم (D) والمساحة السطحية للعينات (A) وحسب العلاقة الآتية [9]:-

$$\text{corrosion rate (mpy)} = \frac{534 w}{DAT} \quad (1)$$

(w) : الفقدان في الوزن (my) .

(D) : كثافة المعدن المستخدم (g/cm<sup>3</sup>) .

(A) : المساحة السطحية (in<sup>2</sup>) .

(T) : زمن التعرض لوسط التآكل (hrs) .

(mil) تعادل 0.001 (inch) .

والجدول 2 و3 يبين أوزان العينات المختبرة للصلب تحت اليوتكتويد المعامل حرارياً قبل وبعد عملية التآكل في كل

وسط من أوساط التآكل المستخدم.

## 5. فحص البنية المجهرية

لغرض فحص البنية المجهرية وتصوير العينات اجريت عملية تحضير للعينات وذلك بأجراء الخطوات التالية :

1. اجراء عملية تنعيم باستخدام أوراق تنعيم بدرجات (1000,800,500,320,220,120) .
2. اجراء عملية الصقل polishing باستخدام قماش صقل خاص مع سائل مسحوق الالومينا وبدرجة نعومة ( $\mu\text{m}$ ) (1) وتم غسل العينات بالماء والكحول بعد كل مرحلة من مراحل التنعيم والصلق.
3. اجراء عملية الاظهار وذلك باستخدام محلول النائيال ( $\text{HNO}_3 + \text{Alcohol}$ ) ومن ثم استخدام التصوير المجهرى (Mef2 Nr3 60974) والمزودة بكاميرة رقمية لعرض البنية المجهرية للعينات .

جدول 2: أوزان عينات الصلب المعامل حرارياً قبل وبعد عملية التآكل ، وسط التآكل (ماء الشرب).

المعادلة الحرارية	رمز العينة	الوزن قبل التآكل	الوزن بعد التآكل	$\Delta w$	Corrosion Rate
التنقية Hardening	1H	37.9872	37.9243	0.0629	1.00
	2H	37.2432	37.1820	0.0612	0.97
	3H	37.567	37.4960	0.0715	1.13
	4H	36.8322	36.7609	0.0713	1.12
	5H	36.3451	36.2768	0.0638	1.00
التلدين Annealing	1A	37.8624	37.8415	0.0309	0.49
	2A	37.6780	37.6421	0.0359	0.57
	3A	37.4552	37.4231	0.0321	0.51
	4A	36.8731	36.8731	0.0391	0.62
	5A	36.4322	36.4011	0.0311	0.49
المراجعة Tempering	1T	37.2399	37.2239	0.0160	0.25
	2T	36.9377	36.9253	0.0124	0.20
	3T	36.5344	36.5219	0.0125	0.20
	4T	36.9952	36.9751	0.0201	0.32
	5T	37.5468	37.5332	0.0136	0.21

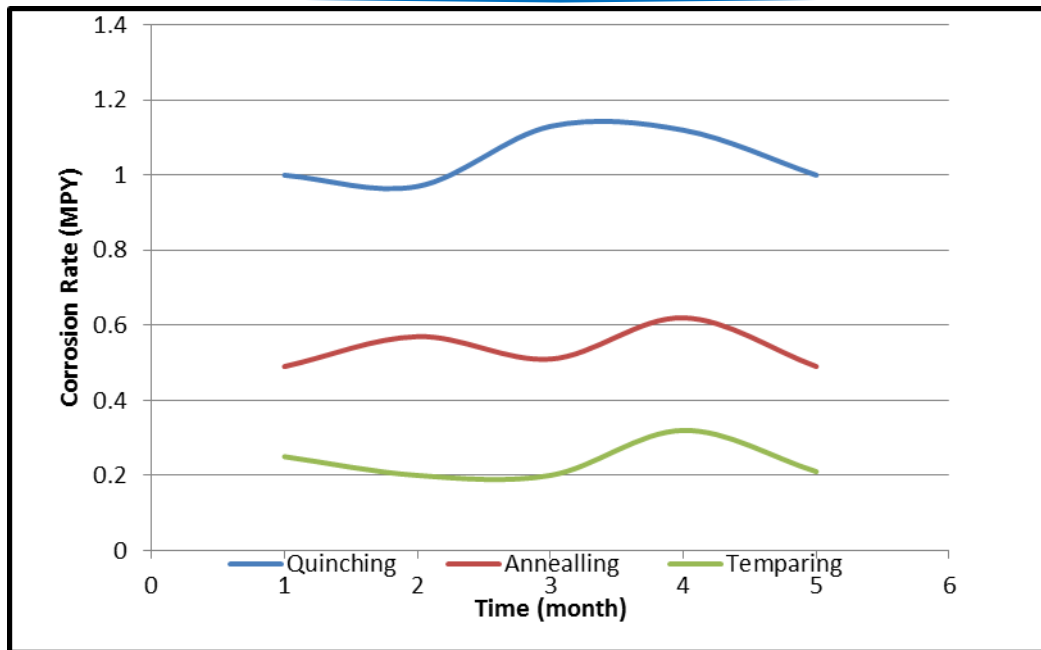
جدول 3: أوزان عينات الصلب المعامل حرارياً قبل وبعد عملية التآكل وسط التآكل (الماء المالح).

المعادلة الحرارية	رمز العينة	الوزن قبل التآكل	الوزن بعد التآكل	Corrosion Rate	$\Delta w$
التنقية	1H	37.4752	37.3332	2.25	0.1420
	2H	36.9873	36.8061	2.9	0.1812
	3H	37.4352	37.6682	3.2	0.2031
	4H	37.4352	37.2452	3.00	0.1900
	5H	36.7320	36.579	2.4	0.1530
Hardening	1A	36.8752	36.7827	1.47	0.0925
	2A	36.3581	36.2479	1.73	0.1102
	3A	37.9567	37.8126	1.65	0.1441
	4A	36.3520	36.2389	1.8	0.1131
	5A	36.9770	36.8783	1.57	0.0987
التلدين	1T	37.3521	37.2808	1.13	0.0713
	2T	36.3812	36.2961	1.35	0.0851
	3T	37.9821	37.8900	1.46	0.0921
	4T	36.8221	36.7399	1.30	0.0822
	5T	37.2502	37.1790	1.13	0.0712
المراجعة	1T	37.3521	37.2808	1.13	0.0713
	2T	36.3812	36.2961	1.35	0.0851
	3T	37.9821	37.8900	1.46	0.0921
	4T	36.8221	36.7399	1.30	0.0822
	5T	37.2502	37.1790	1.13	0.0712
Tempering	1T	37.3521	37.2808	1.13	0.0713
	2T	36.3812	36.2961	1.35	0.0851
	3T	37.9821	37.8900	1.46	0.0921
	4T	36.8221	36.7399	1.30	0.0822
	5T	37.2502	37.1790	1.13	0.0712

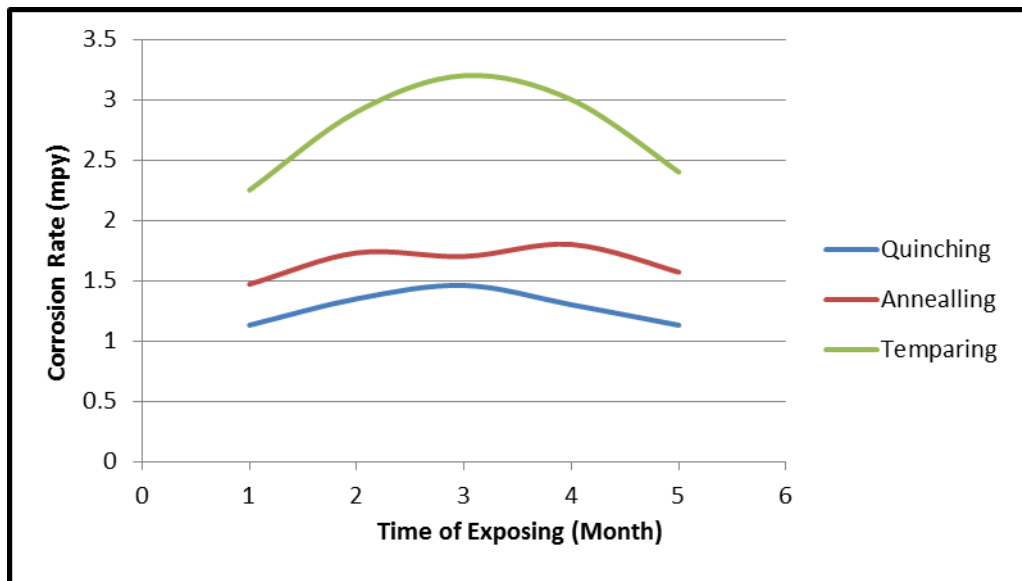
## 6. النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد تعريض عينات الصلب الكربوني الواطئ الى نوعين من أوساط التآكل (ماء الشرب، الماء المالح) وللوقت الزمنية المحددة (1 - 5) أشهر بأن أعلى معدل تآكل تم الحصول عليها في العينات التي تم احمادها في الماء في كلا الوسطين، بينما كان معدل التآكل للعينات التي أجريت عليها عملية التلدين متوسطاً، فيما سجلت أقل معدل تآكل للعينات المعاملة حرارياً بالمراجعة. **والاشكال 1 و 2** يوضح النتائج الدقيقة لمعدل تآكل العينات خلال كل فترة تعريض لكلا الوسطين.





شكل 1 : معدل تآكل العينات خلال فترات التعريض في الماء المالح.



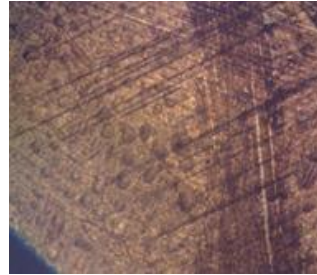
شكل 2: معدل تآكل العينات خلال فترات التعريض في الماء المالح.

وهذا يؤكد ان المعاملات الحرارية تؤثر على معدل التآكل للصلب الكربوني المتوسط حيث تعتمد على التغيرات التي تتم في البنية الداخلية المجهرية نتيجة التسخين الى درجة حرارة التحولات الطورية ومن ثم التبريد بمعدلات تبريد مختلفة والتي تحدد البنية الداخلية التي يكون عليها الصلب بعد اتمام عملية التبريد.

ونتيجة لعملية التقسية يصبح الصلب الكربوني هشاً فيه اجهادات داخلية عالية والتي تنتج من تحول طور الاوستنايت الى مارتنسايت والذي يظهر تحت المجهر كما في شكل 3 ب على شكل بلورات ابرية منتظمة الشكل وان ظهوره بهذا الشكل يدل على ان الكربون مازال مذاباً في الحديد ولم يترسب على هيئة كربيد الحديد وهو ما كان يحدث لو تركنا الصلب يبرد ببطء ، ويتميز طور المارتنسايت بصلادته العالية وان الشبكة البلورية لها هي من نوع (BCC) ويؤدي معدل التبريد السريع الى حدوث تشوه في الشبكة البلورية المكعبية للمارتنسايت ونشوء مناطق مجهددة تؤدي الى زيادة معدل التآكل وان معدل التآكل الكبير الذي تم الحصول عليه لعينات التقسية هو ايضاً بسبب وجود الاجهادات الحرارية الناشئة من التبريد السريع للصلب على الرغم من عدم تكون الخلايا الكلفانية المجهرية لان المارتنسايت أحادي الطور [10]. وكذلك الاوستنايت المتبقي الذي يعتبر هو والمارتنسات أطوار غير مستقرة.



(د) - قبل المعادلة (P+α)



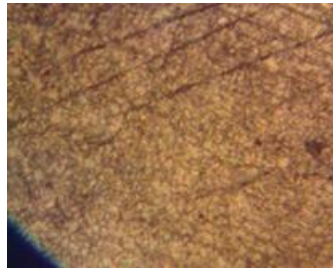
(ت) - قبل التخمير (P+α)



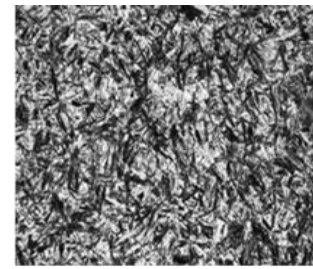
(أ) - قبل التقسية (P+α)



(هـ) - بعد المعادلة (Fe<sub>3</sub>C+α)



(ث) - بعد التخمير (P+α)



(ب) - بعد التقسية (M)

شكل 3 أ، ب، ت، ث، د، هـ: صور البنية المجهرية للعينات قبل وبعد المعاملات الحرارية (X400)

أما بالنسبة للعينات التي تمت معاملتها حرارياً بالتلدين فان التبريد البطيء الذي اعتمد في هذه العملية أدى الى تمكين الاوستنايت من التفكك لتكوين البيرلايت والفرايت، ويؤثر التبريد البطيء على الشكل الذي يترسب فيه الفرايت من الصلب تحت اليونكتويدي، حيث يترسب على شكل حبيبات ناعمة وكذلك يتم ازالة الاجهادات والانفعال الذي يحصل نتيجة للتبريد

السريع في التقسية ، ثم تتحول الاوستنايت المتبقي الى برلايت عندما يستمر التبريد الى ما تحت 723 درجة سليليزية، ولهذا نجد أن مقاومة التآكل للصلب المعامل بالتلدين يكون أفضل من الصلب عند أخماده في الماء وهذا يتفق مع الباحث [11]. **والشكل 3 ب** يوضح البنية المجهرية للعينات المعاملة بالتلدين.

ان نقصان معدل التآكل الى الحد الادنى بالنسبة للصلب المعامل حرارياً بالمراجعة يعزى الى التغيرات التي تحصل في البنية المجهرية للصلب اثناء عملية المراجعة، حيث يترسب الكاربيد في المارتنسايت في الاجزاء التي تكون فيها نسبة الكربون عالياً في بداية عملية المراجعة، ونقل نسبة التحول بسبب نقصان نسبة الكربون في المارتنسايت وفي المراحل الوسطية من العملية يتحلل الاوستنايت المتبقي ليعطي مارتنسايت مربع حيث تتخلص الشبكات البلورية في الاجهادات المرنة، اضافة الى اكمال ترسب الكربون على هيئة كريدات ويحدث انفصال بين شبكتي الفريت والكريدات في المراحل النهائية من المراجعة حيث يتكون طور السنتمايت الاساسي الكاثودي وهذا يؤدي الى زيادة مقاومة التآكل والتي تعزز مع عدم وجود طور البيرلايت الذي ينتج عنه التأثير الكلفاني المجهري، وكذلك يساعد في تحسين مقاومة التآكل في الصلب المراجع التخلص في الاجهادات الحرارية الناتجة من النفسية والمناطق المجهرية في المارتنسايت و **الشكل 3 ب** يوضح البنية المجهرية للصلب المعامل بالمراجعة والذي يتكون من الفريت والسنتمايت، وهذا يتفق مع الباحث [12].

أظهرت النتائج أيضاً ان معدل التآكل لجميع العينات يكون أكبر في الماء المالح منه في ماء الشرب. وهذه تعزى الى وجود أيونات (Cl<sup>-</sup>) في الماء المالح حيث تسبب زيادة معدل التآكل وذلك بسبب زيادة التوصيلية الكهربائية التي تعزز التفاعل الكهروكيميائي مما يؤدي الى زيادة معدل التآكل، وهذا يتفق مع نتائج الباحث (5).

كما بينت النتائج ان معدل التآكل للعينات تبدأ بالانخفاض مع زيادة فترة التعريض الى (4 - 5) اشهر في كلا الوسطين وهذه نتيجة لنواتج عملية التآكل الذي يحصل في بداية فترة التعريض وتعمل كعازل وتحميه من التآكل وتزداد فعالية هذه الطبقة مع زيادة الفترة الزمنية للتعريض.

المصادر

- [1] د. حسين باقر رحمه الله، "هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن"، الجامعة التكنولوجية، 16، العراق (1989).
- [2] د. عويد الراوي ، د. عبدالرزاق خضر، "المعاملات الحرارية للمعادن الحديدية واللاحديدية، الجامعة التكنولوجية، 12 (1989).
- [3] D. William, Jr. Callister, "*Fundamental of Materials Science and Engineering*", John Wiley & Sons, Inc., 234 (2001).
- [4] A. H. Salem, T. M. Saber, "*Inhibition of the Corrosion of Steel Pipes Carrying Portable Water*", Elsevier Science Publisher B. V., 93(12), 461 (1993).
- [5] S. I. Ibrahim, A. J. Abdullah, "*The Influence of Carbon Content on the Corrosion Resistance of Plain Carbon Steels in the Water Environments*", Al-Rafidain Eng. Journal, 18(3), 39 (2010).
- [6] A. E. Basheer, H. G. Alsarraj, "*Influence of Heat Treatments on the Corrosion Resistance of Medium Carbon Steel Using Sulfuric Spring Water*", Tikrit Eng. Science Journal, 19(3), 14 (2012).
- [7] H. M. Wadullah, "*Influence of Heat Treatments on the Corrosion Resistance of Plain Carbon Steel*", MSc. thesis of production & Metallurgy, University of Mosul, Iraq (2006).
- [8] H. Moller, "*The Influence of Mg<sup>+2</sup> on the Formation of Calcareous Deposits on Freely Corroding Low Carbon Steel in Sea Water*", Journal of Corrosion Science, 49(3), 1992 (2007).



- 
- [9] R. A. Raymond Higgins, "*Engineering Metallurgy*", The English University press. LTD, Six<sup>th</sup> Ed., London UK, 506 (1999).
- [10] W. Bolton, "*Engineering Materials Technology*", 3<sup>rd</sup> Ed., Butter worth, Heinemann, London U.K (1998).
- [11] D. A. Bayliss, D. H. Deacon, "*Steel Work Corrosion Control*", 2<sup>nd</sup> Ed., London UK, 60 (2002).
- [12] N. Azzerri, Etal, "*Assessment of Corrosion Rate of Steel in Sea Water Polarization Resistance Technique* ", Journal of corrosion science, 21(11), 781 (1981).