مجلة كلية الهندسة – جامعة النهرين – المجلد ١٧ العدد ٢، ص ٤٣ - ٥٥

تأثير التصليد السطحي على التآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي لفولاذ منخفض الكربون

محمد عبد الصادق عبد الحسن
مدرس مساعد
المعهد التقني /كوفة

ملخص البحث:

تناول البحث تأثير المعالجة السطحية (الكربنه, النتروه, الكربنه + النتروه) على التآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي للصلب منخفض الكربون C10E (0.2% C).

تم أجراء المعالجات السطحية أعلاه لعينات من الصلب المستخدم وملاحظة تأثير الوسط الملحي ووسط ألبلي على مقدار الفقد بالوزن لسطح العينات المغمورة في تلك الأوساط .

أجري اختبار الصلادة المجهرية(Micro-Hardness) بطريقة (فيكرز) لجميع العينات قبل وبعد المعالجة السطحية (الكربنه, النتروه والمعالجة الحرارية المزدوجة الكربنه +النتروه).

تم غمر عينات من الصلب أعلاه في حمام ملحي (3.5%NaCl) كوسط للتآكل الكيميائي مرة وفي (3.5%NaCl +SiO_2) التآكل الكيميائي-الميكانيكي مرة أخرى ولفترات زمنية مختلفة (3,6,9,15) يوم .

أظهرت نتائج اختبارات التآكل الكيميائي-الميكانيكي التي أجريت على العينات (المعدن كما مستلم ،مكربن،منترد ،(مكربن+ منترد) حدوث التآكل الكيميائي-الميكانيكي على سطح العينات المختبرة وذلك بفقدان جزء من المعدن والذي تم قياسه بـ ($mg/cm^2.day$) .

لقد تم مقارنة نتائج اختبار التآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي وذلك باستخدام طريقة فقدان الوزن للعينات لتحليل تلك النتائج.

أظهرت النتائج العملية لهذا البحث أن أفضل مقاومة للتآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي المعالج معالجة سطحية مزدوجة (كرينه + نتروه).

المقدمة :

أن من أهم المشاكل التي تعترض مشاريع ومصانع البتر وكيمياويات هو التآكل الكيمائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي يسبب تلف أجزاء المنشئات الصناعية, لذا يجب ألآخذ بنظر الاعتبار عند التخطيط لإنشاء الوحدات الصناعية كيفية التقليل من تأكل وتلف هذه الأجزاء وذلك بتصنيعها من معادن لها مقاومة عالية للتآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي , ومن أهم هذه المعادن هو الصلب الواطئ الكربون والذي يمكن تحسين خواصه الميكانيكية وزيادة مقاومته للتآكل بأجراء معاملات سطحية له مثل الكربنه , النتروه قبل استخدام هذه ألأجزاء في المنشآت الصناعية[١] .

أظهرت نتائج البحوث التي أجريت على الصلب الواطئ الكربون والذي يبدي مقاومة ضعيفة في وسط شديد الفعالية للتآكل ضرورة توفر الحماية الفعالة لهذه المواد في هكذا وسط وذلك بمعاملته بأجراء معامله سطحية مزدوجة له (كالكربنه +النتروه)[٢] .

أجريت تقنيات مختلفة لحماية هذه الأجزاء من التآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي مثل المعاملات السطحية (الكربنه, النتروه, النتروه +الكربنه وبعض عمليات الطلاء الانتشاري) [٣].

أعطت ألاختبارات في مثل هذه الأوساط المساعدة على التآكل نتائج مقنعة واقتصادية, حيث أمكن مناقشة هذه التقنيات من حيث نوعيتها وسهولة وإمكانية تطبيقها وذلك بطلاء المعادن بمواد غير معدنية تنتشر في الطبقات السطحية [٤] .

أن اغلب الطرق الفعالة للحماية من التآكل بنوعيه هي عمليات الانتشار في الحالة الصلبة (الجامدة) مثل (الكربنه , النتروه, الكربنه+النتروه) والتي أجريت بطرق مختبريه قياسية . لقد ولدت تلك الطرق قبولا من قبل أصحاب المصانع مما أدى إلى مضاعفة الجهود البحثية في مجال الطلاء الثنائي لزيادة مقاومة الأجزاء للتآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي [٥] .

تناول البحث تأثير التآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي-الميكانيكي للصلب الواطئ الكربون C10E والمعالج سطحيا الكربنه والنتروه والمعالجة المزدوجة(الكربنه +النتروه) في محلول شديد الفعالية للتآكل الكيميائي (3.5%Nacl) salt bath ووسط فعال للتآكل الكيميائي-الميكانيكي (3.5%NaCl+SiO_2).

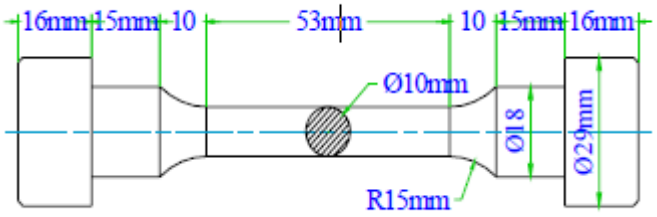
الجانب العملي :

تم استخدام صلب منخفض الكربون التجاري والمبين تركيبة الكيميائي في الجدول (١) حيث تم التحليل باستخدام جهاز (Spectral Analysis) في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية.

جدول (١) التركيب الكيميائي للصلب المستخدم

العنصر	C	Si	Mn	P	S	Fe
التركيز%	0. 2	0.03	0.04	0.0275	0.048	Rem.

تم تحضير عينات شد قياسية من الصلب أعلاه قبل المعالجة وبعدها والموضحة أبعادها في الشكل (١) .



شكل(١) عينة الشد المستخدمة حسب المواصفة (SM100)[٦]

وقد أجريت المعالجات السطحية للعينات المجهزة(الكربنه , النترده , الكربنه +النترده)كما في الشكلين (٢،٣) :

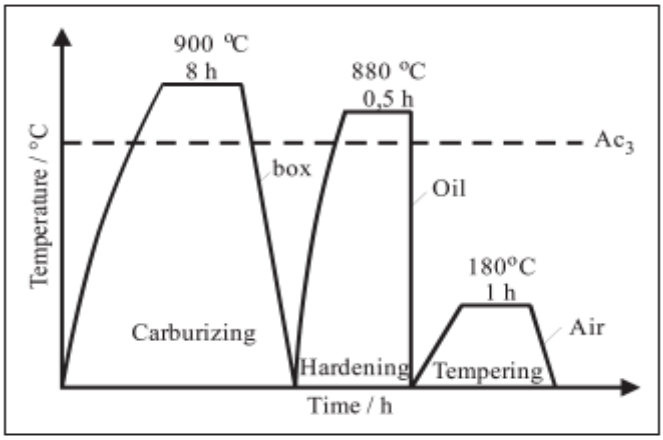
الكربنه: أجريت الكربنه باستخدام فرن كهربائي مسيطر عليه نوع (Carbulate) يابـاني المنشأ أقصى درجة حرارة له (1200^{0}C) حيث وضعت العينات في وسط مكون من الفحم النباتي المطحون مع مادة كيميائية منشطة (كربونات الباريوم $BaCO_3$ داخل قالب معدني تم تصميمه وتصنيعه لهذا الغرض(شكل ١٠), ونتيجة التفاعل الكيميائي يتحرر ثاني أكسيد الكربون الذي يتحد بدوره مع ذرات كربون أخرى فيولد غاز أول اوكسيد الكربون. أول اوكسيد الكربون يتحد مع الكربون عند ارتفاع درجة الحرارة مولدا غاز ثاني اوكسيد الكربون والكربون الذري الذي ينتشر من خلال سطح المعدن بعمق معين في اتجاه قلب المعدن . وعملية الكربنه السطحية تعمل على أغناء السطح بالكربون الذري والذي يتفاعل مع الحديد مكونا كربيد الحديد (Fe_3C) المترسب وهذا السمنتايت الطليق يؤدي إلى كسب الصلب هشاشية عالية والى حدوث خطر التقشر عند الحدود البلورية وذلك عند تبريد الصلب ببطء من درجة حرارة الكربنه لذا يجب أجراء عملية التصليد (التقسية) وذلك للحصول على المارتنسايت ومن ثم تجرى عملية المراجعة الحرارية لتحسين الخواص الميكانيكية[7] .

بالنظر لطول فترة الكربنه عند درجة حرارة الكربنه أدى نمو في حجم الحبيبات في السطح والقلب مما يؤدي إلى إضفاء خواص ميكانيكية رديئة لذا من الضروري أجراء معاملة حرارية للقلب والسطح لتحسين الخواص الميكانيكية للصلب , وبسبب ألاختلاف بالمحتوى الكربوني بين القلب والسطح لذا تم إجراء معاملة حرارية تتناسب مع نسبة الكربون في كليهما كما يلي:

أولا: تم معالجة القلب بتسخين العينات أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة العليا (٨٧٠ ^{0}C) ولفترة(٢٠) دقيقة حتى يتحول تركيب القلب إلى حبيبات دقيقة من الاوستنايت ثم أخمد في الزيت للحصول على تركيب في القلب مكون من جسيمات من الفرايت في وسط من المارتنسايت ولكن هذه العملية تؤدي إلى تكون تركيب صلد وهش في الغلاف وهو حبيبات كبيرة من جسيمات المارتنسايت وسبب ذلك يعود إلى التسخين لدرجة (٨٧٠ ^{0}C) (والتي هي أعلى بكثير من درجة حرارة التصليد الاعتيادي للسطح) يؤدي إلى تكوين أوستينايت غليظ وعند الإخماد تتحول هذه الحبيبات إلى مارتنسايت غليظ لذا من الضروري جدا التخلص من هذا التركيب في القشرة بإجراء معاملة حرارية أخرى للحصول على قشرة مكونة من حبيبات دقيقة من المارتنسايت . [٧]

ثانيا:تم تسخين العينات إلى درجة حرارة أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة العليا للسطح (٧٦٠ ^{0}C) وذلك للحصول على حبيبات دقيقة من الاوستنايت وعند الإخماد في الزيت تتكون حبيبات دقيقة من المارتنسايت التي تكون صلدة ولكنها اقل هشاشة من حبيبات المارتنسايت الغليظة , وعند تسخين العينات إلى درجة حرارة (٧٦٠ ^{0}C) والقلب يحتوي على حبيبات دقيقة من الاوستنايت المغمور في أرضية من الفرايت وعند الإخماد يتحول هذا التركيب إلى دقائق من مارتنسايت في أرضية من الفرايت مع برلايت تروستيتي. ولتحسين متانة القلب أكثر تم تسخين العينات تسخينا سريعا إلى درجة حرارة (٦٥٠^{0}C)

وإخمادها في الزيت دون أبقاء القطعة عند هذه الدرجة لآي فترة زمنية وهذه المعاملة كفيلة بتقليل كمية دقائق المارتنسايت وزيادة متانة القلب أكثر. تم التطبيع عند درجة ($150\ ^0C$) لأزالة الآجهادات الداخلية. [٧]

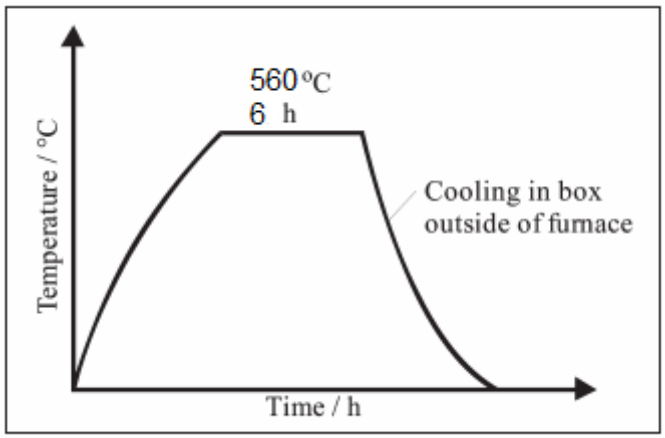


شكل (2) يوضح دورة المعاملة الحرارية (الكربنه)للصلب المستخدم [٨]

النترده:لقد تم وضع عينات من الصلب المستخدم داخل وسط منترد من غاز الامونيا(NH_3)والذي يتحلل بالحرارة إلى نتروجين وهيدروجين كما في المعادلة (١) باستخدام فرن كما في(شكل ١١) وبدرجة حرارة (560^0C) .

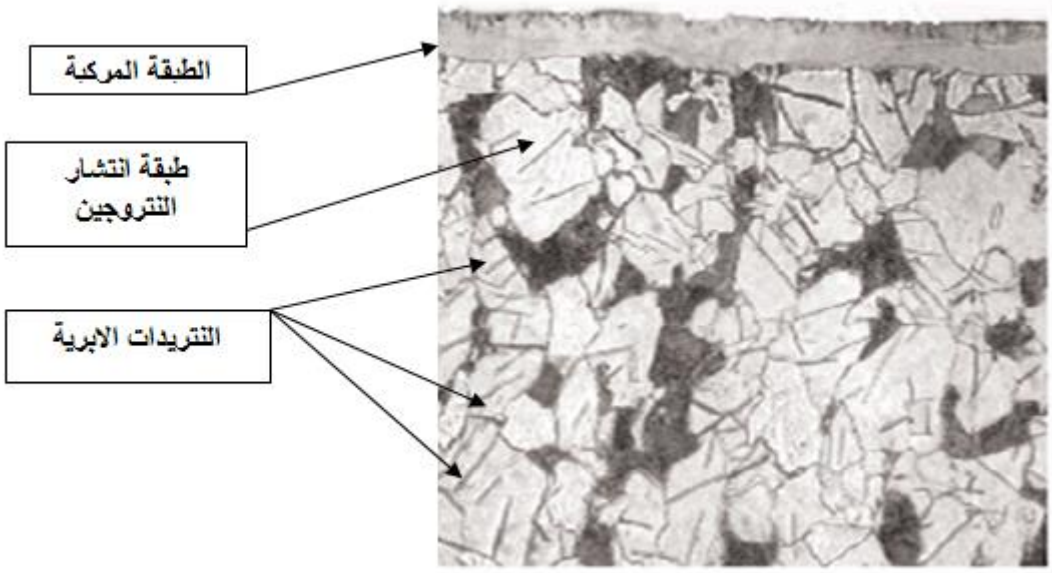
$2NH_3$ ---------- N_2 + $3H_2$ ----------(1)

والشكل (٣) يوضح دورة المعاملة السطحية للنترده



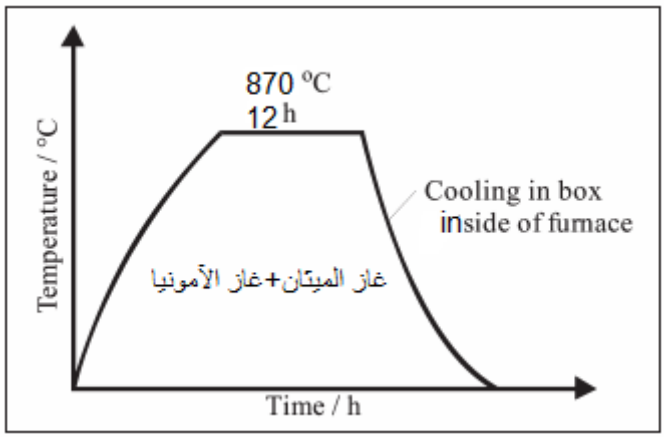
شكل (٣)يوضح دورة المعاملة الحرارية (النترده) للصلب المستخدم [٨]

تم تقطيع عينات من الصلب المستخدم وتسوية أوجهها . أجريت بعد ذلك عمليات التحضير الميتالوغرافي عن طريق التنعيم باستخدام ورق تنعيم (Emery Paper) متدرج الحجم الحبيبي ومن ثم إجراء الصقل باستخدام قماش صقل ومعجون الماس ذو حجم حبيبي متدرج (1µ, 6 µ , 15µ) وثم الإظهار باستخدام محلول الإظهار نوع 98% (Nital Alcohal)بعدها تم قياس سمك الطبقة المنترده بالفحص الميتالورجي باستخدام المجهر الضوئي ذو التدريج نوع (Olympus BX 60 M) وصورت عن طريق الكاميرا (G.K.B.,CCD) الملحقة بالمجهر(مختبر المعادن- المعهد التقني الكوفة) وأعطت النتائج التراكيب المبينة بالشكل (٤) وسمك الطبقة المنترده الذي تراوح بين (0.025-0.05 mm) . كما أستدل على النتروجين في السطح من خلال الصلادة العالية للسطح المنترد (١٣٠٢ Hv) بالقياس مع صلادة السطح المكر بن (٨٥٥ Hv) وصغر سمك الطبقة المنترده (0.025-0.05 mm)



شكل(٤) عملية انتشار النتروجين خلال سطح المعدن.

المعالجة المزدوجة (الكربنه +النتروه): تمت هذه العملية في فرن النتروه (شكل ١١) بدرجة حرارة(870^0C) باستخدام خليط من غازي الميثان(CH_4) والامونيا(NH_3) ، حيث يزود غاز الميثان الكربون وغاز الامونيا النتروجين سطح المعدن .[٨]



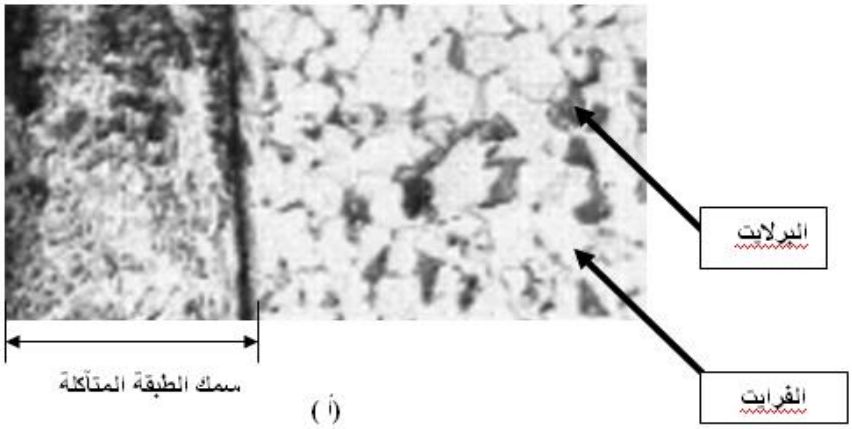
شكل (٥)يوضح دورة المعاملة السطحية (الكربنه +النتروه) للصلب المستخدم [٨]

لقد تم قياس الصلادة المجهرية السطحية للعينات قبل وبعد إجراء المعالجة السطحية وذلك باستخدام جهاز لاختبار الميكانيكي الجامع نوع (Universal Material Test Machine – GUNT-WP300 -HAMBUR) في مختبر المعادن-المعهد التقني كوفة وأعطت النتائج المبينة في الجدول (٢) .

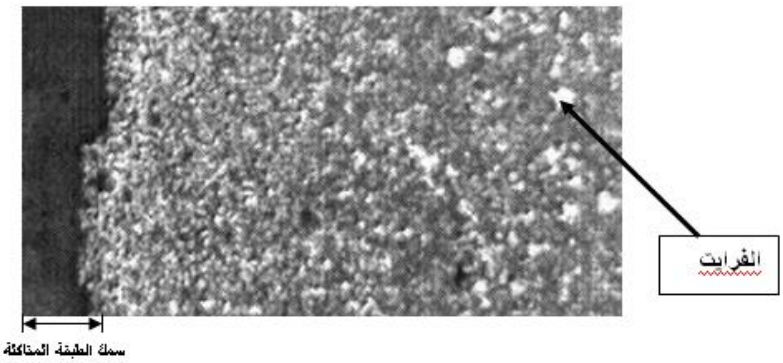
جدول(٢)الصلادة المجهرية السطحية للصلب المستخدم قبل و بعد المعالجة السطحية (الكربنه، النتروه، الكربنه+النتروه)

البعد عن السطح (mm)	الصلادة Hv			
	الصلب كما مستلم	الكربنه	النتروه	المزدوجة
٠,٠٢٥	٣٠١	٨٥٥	١٦٠٥	١٥٩٤
٠,٠٥	٣٠٠	٧٨٨	١٣٠٢	٧٥٣
٠,١	٣٠٠	٧٦٥	٣٠٦	٧٣٥
٠,٢٥	٢٩٧	٦٩٠	٢٩٥	٦٩٠
٠,٥	٢٩٧	٦٩٠	٢٩٧	٦٥٥
٠,٧٥	٣٠٠	٦٧٥	٣٠٠	٦٠٥
١,٠	٣٠٠	٦٢٠	٣٠٥	٤٥٠
١,٢٥	٢٩٥	٦٠٠	٢٩٨	٤٤٨
١,٥	٢٩٨	٣٠٠	٢٩٧	٢٩٥

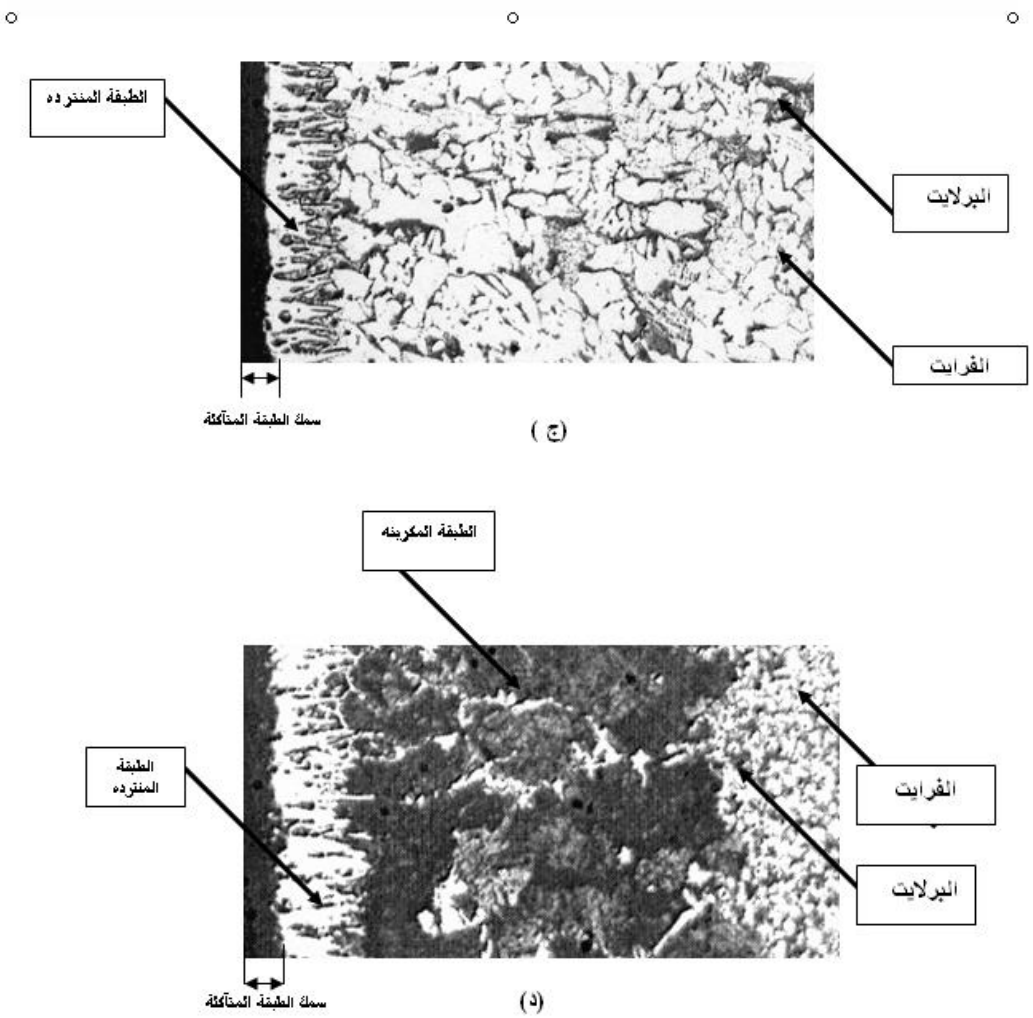
كما اجري الفحص ألمجهري للطبقة السطحية بواسطة مجهر ضوئي عالي الدقة نوع (Olympus BX 60 M) وصورت عن طريق الكاميرا (G.K.B.,CCD) الملحقة بالمجهر(في مختبر المعادن-المعهد التقني كوفة وأعطت) لمعرفة التراكيب المهجرية الناتجة من عمليات الانتشار والموضحة في الشكل(٦) . النقاط البيضاء تمثل طور الفرايت والذي تكون مقاومته عالية للتآكل في حين النقاط السوداء تمثل طور السمنتايت الطليق (Fe_3C) المترسب والذي يمتاز بمقاومته المنخفضة نسبيا للتآكل وكما موضح في الشكل (٦-ب) .



(أ)



(ب) النقاط البيضاء تمثل الفريت في حين النقاط السوداء تمثل السمنتايت الطليق المترسب على حدود الحبيبات البلورية



شكل (٦) يبين التراكيب المجهرية للعينات المختبرة (قوة التكبير 100X)
أ- المعدن كما مستلم / ب-المعدن بعد الكربنه/ ج- المعدن بعد النترده
د – المعدن بعد المعالجة (الكربنه + النترده)

ولدراسة تأثير المعالجة السطحية التي تم إجراؤها على مقاومة التآكل الكيميائي-الميكانيكي فقد تم وزن مجموعة من العينات (المعدن كما مستلم ،مكربن ،منترد ، مكربن + منترد) وبعد ذلك تم تعريضها إلى وسط من محلول (3.5%NaCl) مرة ووسط من محلول (3.5%NaCl +SiO_2) مرة أخرى ,الحجم الحبيبي للرمل (SiO_2) يتراوح بين (٠,١-٠,٨ mm) حيث تم تحديد الحجم الحبيبي للرمل(SiO_2) باستخدام مجموعة المناخل المتدرجة(تمت في مختبر المساحيق –قسم هندسة المواد-الجامعة التكنولوجية) حسب المواصفة الأمريكية– AFS) (American Foundry Society , وهذا يشبه ما تتعرض له هياكل السفن في مناطق الرسو عند السواحل . وتم غمر العينات لفترات زمنية مختلفة (٣,٦,٩, ١٥) يوم، بحيث تم تدوير الخليط باستخدام رشاش ماء لتحريك حبيبات الرمل . بعد ذلك تم غسل العينات بالماء ومسحوق الغسيل لإزالة ما يعلق فيها وجففت وتم وزنها ثم تم حساب مقدار الفقد بالوزن باستخدام المعادلة التالية وتم ثبتت النتائج كما في الجدولين (٣ , ٤). [٩]

$$w = \frac{mg - mi}{A} \quad mg/cm^2$$

حيث أن :
mg = كتلة العينة قبل الغمر في وسط التآكل.
mi = كتلة العينة بعد الغمر.
A = المساحة السطحية للعينة (cm^2)

جدول (٣) يبين مقدار الفقد بالوزن لعينات الصلب المستخدم المغمور في محلول(3.5% NaCl)

زمن الغمر	مقدار الفقد بالوزن (mg/cm².day)			
	كما مستلم	بعد الكربنه	بعد النتروه	بعد النتروه + الكربنه
٣ يوم	0.0005	0.00015	0.00010	0.00006
٦ يوم	0.0014	0.00035	0.00020	0.00011
٩ يوم	0.0025	0.00075	0.00040	0.00021
١٥ يوم	0.0045	0.0008	0.0020	0.00023

جدول (٤) يبين مقدار الفقد بالوزن لعينات الصلب المستخدم المغمور في محلول (3.5% NaCl + SiO_2)

زمن الغمر	مقدار الفقد بالوزن (mg/cm².day)			
	كما مستلم	بعد الكربنه	بعد النتروه	بعد النتروه + الكربنه
٣ يوم	0.0079	0.002	0.0013	0.0009
٦ يوم	0.0135	0.0041	0.0024	0.0016
٩ يوم	0.0431	0.0093	0.0043	0.0024
١٥ يوم	0.055	0.0095	0.0321	0.0025

اجري اختبار الشد البسيط لعينات من الصلب المستخدم(كما مستلم ،مكربن ،منترد ،مكربن+منترد) وذلك باستخدام ماكينة الشد نوع(Instron Machine1195) وبمعدل انفعال = (Strai rate=$6.67x10^{-4}$ Sec^{-1}) أي عند سرعة لرأس الجهاز Cross Head (Speed=2mm/min) وأعطى الاختبار النتائج المبينة في الجدول (٥).

جدول (٥) يبين تأثير المعاملة الحرارية على الخواص الميكانيكية لعينات من الصلب المستخدم.

الخواص الميكانيكية	σy N/mm²	U.T.S N/mm²	El %	Hv
المعدن كما مستلم	284	386	37	292
الكربنه	٣٠٥	٣٩١	25	810
النتروه	٣٤٥	٤٠١	٢٨	1685
النتروه+الكربنه	٣٧٥	٤١٥	٣٣	1598

المناقشة :

من مميزات الصلب المنخفض الكربون المستخدم في هذا البحث قبوله المعالجة السطحية (الكربنه ،النتروه ،الكربنه+النتروه) .

من الجدول (٢) يتضح أن قيم الصلادة للعينات المكربنه تتراوح من Hv (٨٥٠-٦٠٠) وهذه قيم قليلة مقارنة مع قيم الصلادة للعينات المنتروه ولكن عمق الطبقة المكربنه(1.25mm) وهو اكبر من عمق الطبقة المنتروه (0.05mm) وذلك لان قابلية تغلغل الكربون الذري في الطبقات السطحية للصلب والانتشار أعلى مما هي علية للنتروجين [٩] . كما تبين من الدراسة العملية ضعف طبقة الطلاء بالنتروه وذلك بسبب الاختلاف الكبير في قيم الصلادة بين طبقة الطلاء المنتروه (1600Hv) والطبقة الأصلية للمعدنHv(300-295) أي حصول ظاهرة التزجج (Glassing) . إن نتريدات الحديد

الناتجة من عملية النتروه تجعل القشرة هشة مما يسهل تشققها وبالتالي تلفها مما يجعل المعدن الأصلي عرضة للتآكل . إن مثل هكذا اختلاف يسبب أضرار ويقلل من مقاومة التآكل الكيميائي -الميكانيكي للصلب المستخدم, وفي الحقيقة يمكن حل هذه المشكلة وذلك بإجراء المعالجة السطحية المزدوجة (الكربنه+النتروه) حيث أمكن عمليا الحصول على طبقة سطحية ذات صلادة عالية (1594Hv) ولعمق قليل (0.025mm) في البداية ثم تنخفض الصلادة تدريجيا (Hv 448- 753) ولأعماق كبيرة نسبيا(1.25mm) , إن الهدف الأساسي من المعالجة السطحية المزدوجة (الكربنه+النتروه) هو لجعل

الصلادة عند السطح وفي الطبقات القريبة منه متقاربة وبذلك أمكن التخلص من ظاهرة التزجج على السطح [٩،١٠] .

من خلال تحليل نتائج اختبار الفحص ألمجهري للعينات يتضح بأن التآكل الكيميائي -الميكانيكي في الطبقات السطحية (طبقات الطلاء الانتشاري)لبعض العينات أعلى مما كان متوقعا كما يظهر في الجدولين(٣،٤)والشكل (٦) حيث
تشير النتائج العملية إلى أن مقاومة التآكل ا لكيميائي و التآكل الكيميائي -الميكانيكي للصلب المستخدم تزداد عند إجراء المعاملات السطحية (الكربنه ،النتروه ،الكربنه+النتروه) بشكل عام فقد انخفض معدل الفقد بالوزن من(٠,٠٥٥) في حالة المعدن كما مستلم إلى (٠,٠٠٩٢) في حالة الكربنه و(٠,٠٣٢١) في حالة النتروه و(٠,٠٠٢٥) في حالة المزدوجة ولزمن تعريض ١٥ يوم في محلول(3.5%NaCl +SiO_2) وكذلك الحال في حالة التعريض لوسط (3.5%NaCl) فقد انخفض معدل الفقد بالوزن من(٠,٠٠٤٥) للصلب كما مستلم إلى (٠,٠٠٠٨) بعد الكربنه و (٠,٠٠٢) بعد النتروه و (٠,٠٠٠٢٣) بعد المزدوجة ولنفس زمن التعريض (١٥) يوم ويعزى ذلك في حالة الكربنه لتكون حبيبات دقيقة من الاوستنايت والتي تتحول بالإخماد إلى حبيبات دقيقة من المارتنسايت ذو الصلادة والمقاومة العالية للتآكل مقارنة ببنية المعدن الأصلية(الفرايت والبرلايت) ,أما في حالة النتروه فقد تكونت نتريدات الحديد في السطح والتي تمتاز بصلادتها العالية والسمك الرقيق (القشري) وحصول ظاهرة التزجج الغير مرغوب فيها مما أدى ذلك إلى التآكل السريع تحت السطح ,أما السطح ذو المعالجة المزدوجة فقد أظهر مقاومة أعلى من سابقيه بسبب تكون نتريدات الحديد عند السطح ويليه طبقة السمنتايت عند الحدود البلورية مما يشكل طبقة حماية سطحية سميكة وذات صلادة متدرجة .[١١]كما تشير النتائج العملية إلى أن لزمن الغمر تأثير على مقاومة المعدن للتآكل وتتناسب تناسبا عكسيا فكلما زاد زمن الغمر زاد مقدار الفقد بالوزن أي انخفضت مقاومة المعدن للتآكل ولكلا وسطي التعريض كما موضحه في الجدولين (٣،٤) والشكلين (٨،٩) وسبب ذلك يعود لتآكل السطح المعالج كلما زادت فترة الغمر كما تبين أن السطح ذو المعالجة المزدوجة أبدى مقاومة أعلى للتآكل الكيميائي و التآكل الكيميائي -الميكانيكي من العينات الغير معالجة والمكربنه والمنتروه ولنفس فترة الغمر.[١٢]

كما أظهرت النتائج زيادة مقاومة التآكل الكيميائي في المحلول (3.5%NaCl) في حالة المعالجة (الكربنه+النتروه)مقارنة بالكربنه أو المنتروه[١٣].

إن التآكل الكيميائي -الميكانيكي للصلب المستخدم والمعرض لمعلق شديد الفعالية من (3.5%NaCl+SiO_2)هو اقل منه في حالة المعدن كما مستلم أو المعالج بالكربنه أو النتروه وذلك بسبب تكون طبقة خارجية من نتريدات الحديد ذات الصلادة والمقاومة العالية للتآكل وتليها الطبقة المكربنه ذات المقاومة العالية للتآكل وهذا يوضحه الشكل (٦).[١٣،١٤]

الاستنتاجات:

من البحث الحالي نستنتج ما يلي :

١-يمكن الحصول على أعلى صلادة من خلال عملية الانتشار الحراري للكربنه أو النتروه .

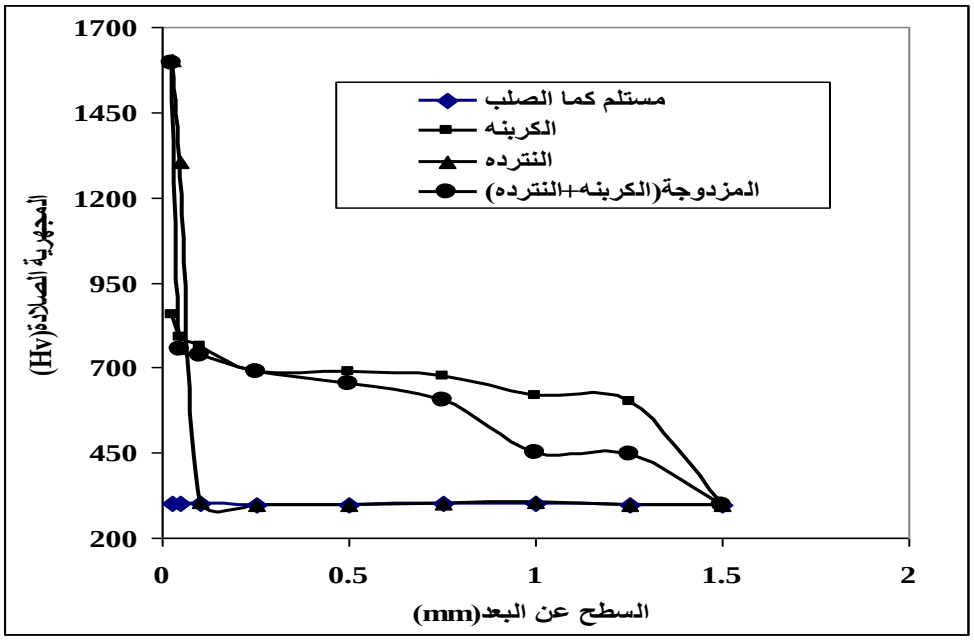
٢-أن أقصى عمق انتشار للنتروه والذي يعطي أعلى مقاومة للتآكل الكيميائي والتآكل الكيميائي -الميكانيكي والذي تم التوصل إليه في هذا البحث يتراوح بين(0.075- 0.01mm) .

٣-أن مقاومة التآكل الكيميائي -الميكانيكي في حالة المعالجة السطحية المزدوجة (الكربنه+النتروه) أفضل منها في حالة الكربنه أو النتروه .

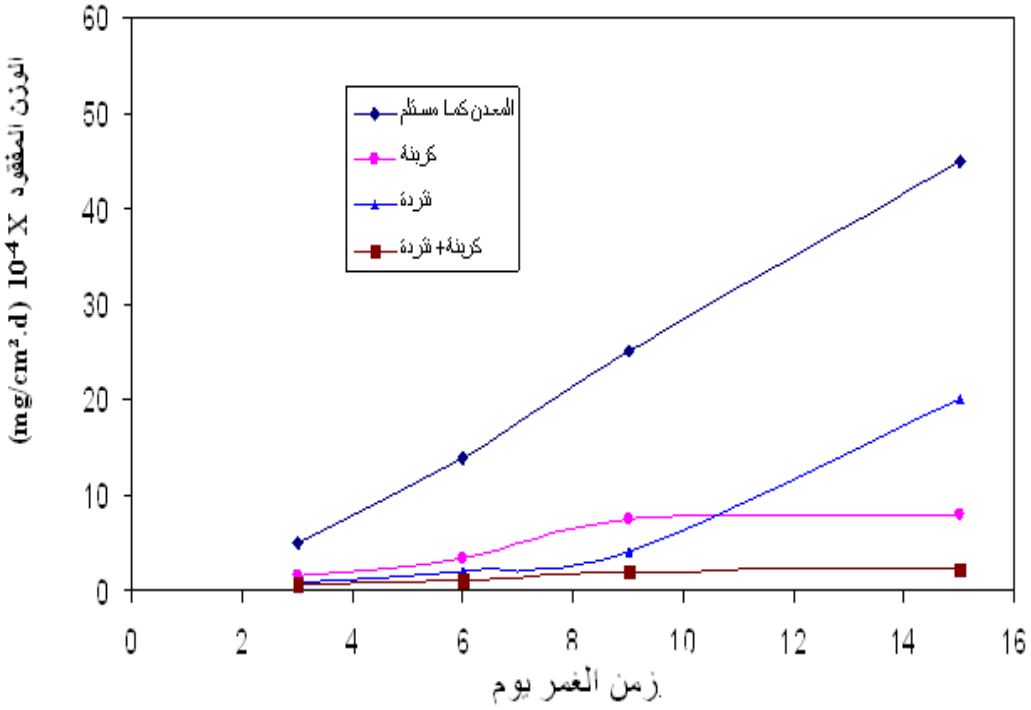
٤-يمكن استخدام الصلب المعالج معالجة سطحية مزدوجة (الكربنه+ النتروه)في أوساط شديدة الفعالية من
(3.5%NaCl+SiO_2) .

٥- ينخفض معدل التآكل الكيميائي و التآكل الكيميائي -الميكانيكي للصلب المعالج سطحيا بصورة عامة مقارنة بالصلب كما مستلم .

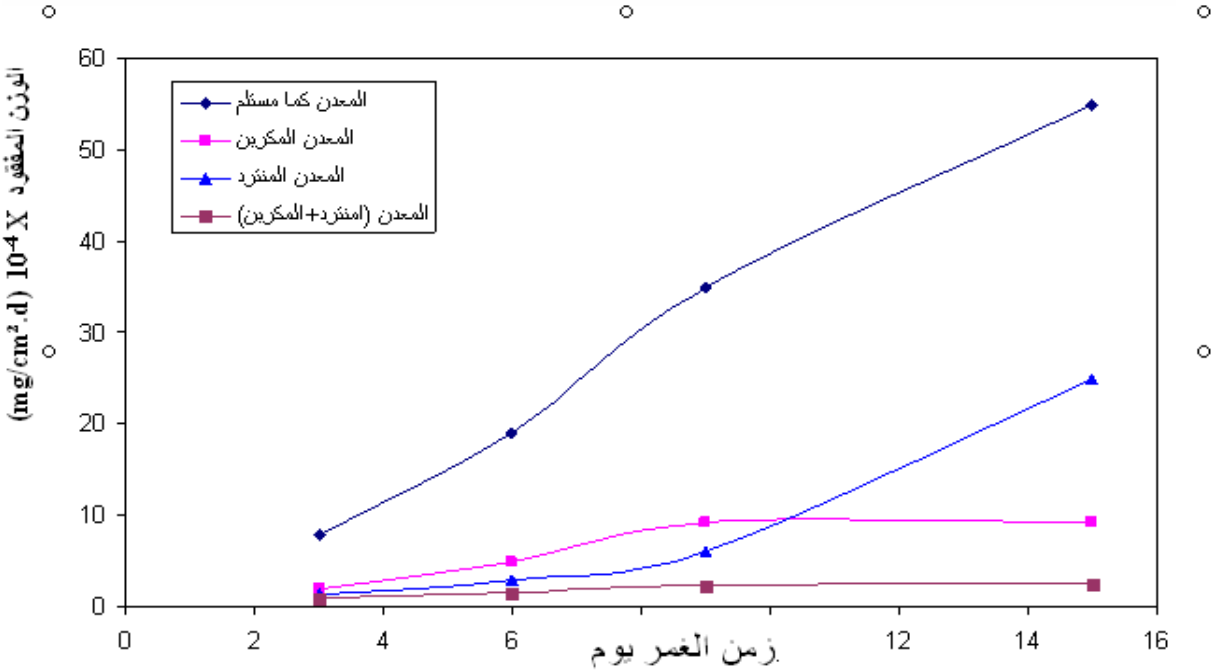
٦- أن أفضل أداء للصلب المستخدم ظهر للعينات التي تمت معالجتها معالجة سطحية مزدوجة (كربنه+نتروه)وكما متوقع .



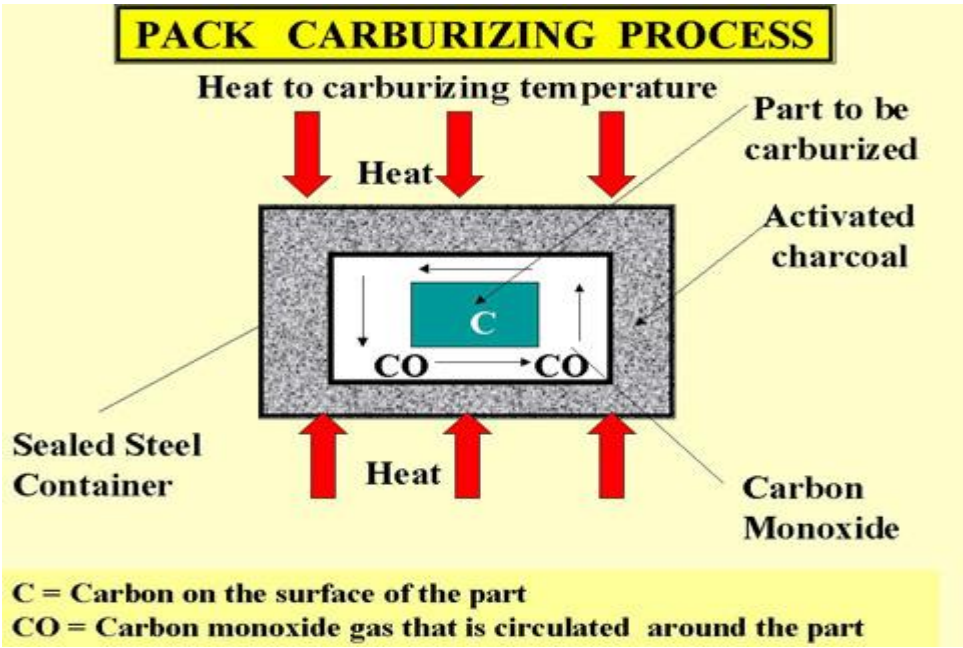
شكل (٧) يمثل العلاقة بين الصلادة المجهرية (Hv) والبعد عن السطح (mm)



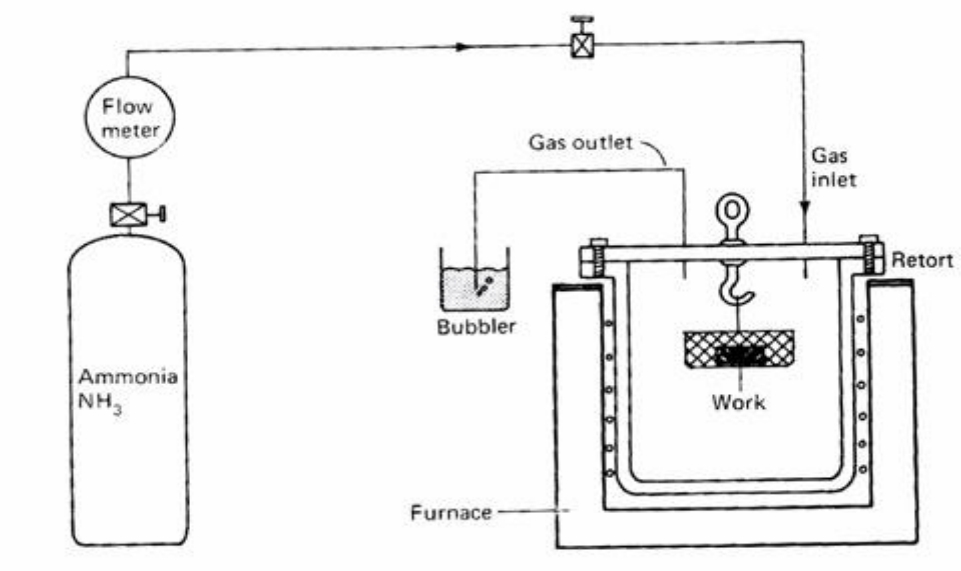
الشكل (٨) العلاقة بين الوزن المفقود مع زمن الغمر بمحلول (3.5% NaCl)



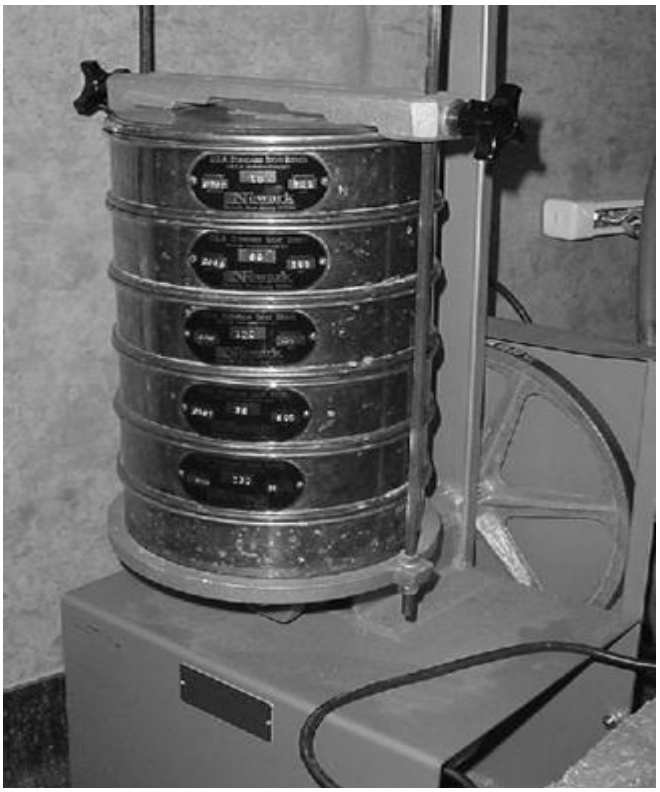
شكل (٩) العلاقة بين الوزن المفقود مع زمن الغمر بمحلول ($3.5\%\ NaCl + SiO_2$)



(شكل ١٠ عملية الكربنه المغلقة)[15]



(شكل ١١ عملية النتروه)[16]



الشكل (١٢) مجموعة مخامل لتحديد حجم الرمل

References

[1] D. Krumes, S. Ara: Wear of Low carbon steel W. No.1.1191 in 5% NaCl; 15th ICC, Granada, Spain, 2002, 522-529.

[2] P. Novak, R. Mala, and L. Joska: Influence of the steel surface condition on corrosion concrete, Proc. 14th ICC, Int. Corr. Congress, Cape Town, 1999, 111, 1.

[3] R. A. Rapp, S. C. King: Corrosion resistant diffusion coatings, Proc. 14th ICC, Int. Corr. Congress, Cape Town, 1999.

[4] Franjo Cajner , Darko Landek and Ewa Stupnisek Lisac: Improvement of properties of steels applying salt bath nitroCarburiting with postoxidation, ISSN 1580-2949, MTAEC9, 37 (6),333, 2003.

[5] Metallagraphic preparation of rided and nitro carburise components"www.Struers.com, 10/10/2006.

[6] G. E. Totten, Steel Heat Treatment: Metallurgy and Technologies. New York: Taylors & Francies Group. 2007.

[7] أف. بيلي, ترجمة د. حسين باقر رحمة الله " مبادئ هندسة المعادن والمواد " الجامعة التكنولوجية –قسم هندسة الإنتاج والمعادن

[8] T. V. Rajan, C.P. Sharma, and A. Sharma, Heat Treatment. New Delhi: Prentice-Hall of India Private.2007, 1102.

[٩]- E. F, Strobel N.A, Mariano K., Strobel M.F., Dionizio "Effect of the Heat Treatment in the Resistance Corrosion of a Martensitic Stainless Steel 2005 CA6NM". 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering. Available online http://www.enpromer2005.eq.ufrj.br/lng/en/index.php

[10] Braziunas, V. Prokka, L, and Herring, D. H, "Automated Measuring System for Gas Nitriding/Nitrocarburizing," Industrial Heating, January 2005.

[11] Oğuzhan Keleştemur, and Servet Yıldız: Effect of various dual-phase heat treatments on the corrosion behavior of reinforcing steel used in the reinforced concrete structures. Construction and building materials (2009). V 23 Issue 1. 78-84. (المكتبة الافتراضية).

[12] Effect of Ferrite-Martensite Microstructural Evolution on Hardness and Impact Toughness Behaviour of High Martensite Dual Phase Steel. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2007 1(4): 407-

[13] Hani Aziz Ameen and Khairia Salman Hassan: Effect of nitro Carburiting on corrosion resistance of carbon steel, AMERICAN JOURNAL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH © 2010, Science Huβ, http://www.scihub.org/AJSIR ISSN: 2153-649X doi: 10.5251/ajsir

[14] Pye, David, "Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing," ASM International, 2003.

[15] Suh, B.S and Lee W.J., Surface Hardening of AISI stainless steels using plasma carburizing, *J. Thin solid films*, Vol. 295, (1997), pp185-192.

[16] Principles of Nitriding and Nitrocarburizing, Atmosphere Heat Treating, Basic Seminar, Ipsen International, 1998.

Effect of the Surface Hardening on the Corrosion and Erosion Corrosion of Low Carbon Steel

Mohammed A. Sadik A. Hassan
Technical Institute of –Kufa .

Abstract:

This research studied the effect of surface hardening (Carbureting, Nitrating and Nitro-Carbureting) on corrosion and corrosion–erosion of low carbon steel C10E (0.2%C).

The surface treatments were carried out to the specimens of the used steel and showed the effect of saline (Bath salt), erosion corrosion suspension on the amount of loss weighted of the surface sample immersed in that mediums.

Micro-hardness(Vicker's) test was carried out for all the samples before and after surface treatment (Carbureting, Nitrating and Nitro-Carbureting)Some samples was immersed in bath saline (3.5%NaCl) and others in (3.5%NaCl +SiO_2) as aggressive suspensions at different periods of time (3,6,9,15) days .

The results of corrosion –erosion tests which were conducted on the samples(the sample upon receipt and after Carbureting, Nitrating and Nitro- Carbureting) showed the occurrence of corrosion –erosion on the surface of tested sample by loss amount of the surface mass which measured in (mg/cm².day) .

The results of testing hade been compared and analyzing the erosion and corrosion by using loss amount of the surface mass which measured in (mg/cm².day).

The best performances have shown samples which have been treated with duplex surface treatment (Nitro-Carbureting) as was predicted.