تحسين خصائص التآكل الكيميائي باستخدام شعاع ليزر نيو ديوم ياك.

أميرة كنعان عصفور.
ماجستير / مدرس مساعد /كلية علوم ـجامعة ديالى.

الخلاصة :

التقسية بالليزر (باستخدام شعاع ليزر نيوديوم ياك) أظهرت نتائج أفضل من التقسية المضاعفة للصلب والسبب في ذلك هو أن المعاملة بالليزر لا تؤدي إلى حصول منطقة انصهار واسعة ومن ثم إلى إبقاء منطقة التأثير الحراري (HAZ)لفترة طويلة, بينما على العكس فأن معدلات التبريد عند المعاملة بالليزر تكون عالية جدا ولفترة قصيرة. كما أوضحت النتائج عند تقسية الصلب بالليزر الى الوصول الى عمق تصليد فعال مقداره 0.23 ملم) عند مقاومة التآكل الاجهادي للصلب وبطريقة معدل الانفعال الواطئ (عند معدل انفعال $1.66 * 10^{-6}$ ثا$^{-1}$) في وسط حامضي كلوريدي هو ($3N\ H_2SO_4 + 0.5N\ NaCL$).

الغرض من البحث:

بدت هذه المشكلة واضحة في أحواض قسمي الطلاء والصباغة لمعملي المكواة والمحولات التابعة لشركة ديالى ـ للصناعات الكهربائية ، حيث اصابهما التآكل الكيميائي وبشكل واضح للعيان نتيجة محاليل الطلاء الكيميائية المستخدمة لهذا الغرض والاختيار الغير صحيح للمعدن المستخدم في تصنيع الأحواض هو السبب حدوث هذه المشكلة, لذا يعد الاختيار الصحيح لنوع المحاليل وتركيزها ومعدن أحواض الطلاء من أهم وأكثر الطرق فاعلية للوقاية من خطر التآكل .

المقدمة:

أن الانهيار الذي يسببه التآكل الاجهادي هو أما انهيار حبيبي (INTERCRSTALLINE) أو عبر الحبيبات (TRANSCRYSTALLINE)ويعزى سبب هذا النوع من التآكل الى الفعل المشترك للإجهادات الساكنة والعوامل المساعدة على التآكل الالكتروني، والاجهادات الساكنة تكون متمثلة بالاجهادات المتبقية (RASIDUAL STRESSES)التي تتكون في المعدن نتيجة عمليات التقسية أو عمليات التشكيل على البارد. أما الحالات التي يحدث فيها التآكل الاجهادي فهي حالات مميزة وان معدل نمو التصدع أعلى بكثير مما هو عليه في حالة التآكل الكهروكيميائي، ويمكن تجنب حدوث هذا النوع من التآكل بإجراء عملية التخمير لإزالة الاجهادات الداخلية[1].

الانهيارات الناتجة عن تآكل المعادن

ان معدل تأكل معظم المعادن من النوع النشط ـ الخامد في بعض الأوساط لا يتأثر بازدياد تركيز تلك الأوساط وذلك عندما تكون خامدة أصلا حيث يبقى معدل التاكل منخفضا وثابتا (كما هو الحال للفلاوذ المقاوم للصدأ 18Cr : 8Niفي محلول HNO_3 او النيكل في محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وفي احيان اخرى

لايستمر معدل التاكل منخفضا وثابتا بازدياد التركيز بل يبدا بالازدياد عند وصول التركيز لقيمة معينة، (كما هو الحال لمعدن الرصاص عند وجوده في حامض الكبريتيك حيث يزداد معدل التاكل مع ازدياد التركيز، ويعتقد بان سبب ذلك هو سلفات الرصاص المتكونة نتيجة تفاعل الرصاص مع الحامض حيث تذوب عندما يكون الحامض مركز ولاتذوب وانما تترسب على سطح المعدن عندما يكون الحامض مخفف) [2]. في حين أن بعض المعادن يزداد معدل التاكل فيها من البداية مع زيادة تركيز الحامض الى ان تصل الى حد ميعن بعد ذلك ينخفض معدل التاكل مع زيادة تركيز الحامض (كما هو الحال لعنصر الالمنيوم في حامض الخليك والنتريك او الفولاذ المقاوم للصدأ 18Cr : 8Niوالحديد في حامض الكبريتيك وسبب ذلك هو زيادة ايونات الهيدروجين المسبب الرئيس للتاكل مع زيادة التركيز ولكن بعد ذلك فان ازدياد عدد ايونات الهيدروجين يؤدي الى التقليل من درجة التاين وبالتالي الى التقليل من فعل الحامض.لهذا السبب نجد ان بعض الحوامض المالوفة مثل الكبريتيك، الخليك، والهيدروفلوريك تكون اوساط غير قاسية عندما يكون تركيزها عاليا أي في حالتها النقية [3].

التآكل - بيوتات الكيمياء التعليمية

ان التركيب المزدوج لمكونات المارتنزايت – الفرايت يقود الى نوع من الصلب العالي المقاومة المنخفض السبك (HSLA) وفي الوقت الحاضر يعرف بالصلب الثنائي الطور Dual-Phase Steel حيث ظهرت هذه التسمية في منتصف عام 1970 م [4] التركيب الاساس للصلب الثنائي الطور عبارة عن مزيج من ارضية الفرايت تنتشر خلاله جزر او ألياف من المارتنزايت, و أحدى طرق إنتاج هذا الصلب هي طريقة التلدين المستمر, متمثلة بتلدين الصلب المنخفض الكاربون الى درجة حرارية فوق درجة حرارة التحول الطوري لفترة معينة ثم التقسية بالماء أو المحلول الملحي ، وان سلوك منحنى الاجهاد – الانفعال للصلب الثنائي الطور يختلف عن سلوك الصلب الفرايتي – البرلايتي مثلما يختلف الصلب منخفض الكاربون عن الصلب العالي المقاومة المنخفض السبك [5] .. لكن هذه التسمية ليست دقيقة وذلك لان هذا الصلب في الحقيقة يحتوي على اكثر من طورين بالاضافة الى طوري الفرايت والمارتنزايت الاساسين فانه يحتوي على البايناية السفلي و الاوستنايت المتبقي ، وان هذا الصلب يقوى عن طريق الاندماج القوي للمارتنزايت المتأصل في مزيج من الفرايت الذي يزود النظام (الفرايت) بالمطيلية لهذا يتبين من ذلك الوضوح المفرط في معدل التصليد الانفعالي [6] . يمتاز الصلب الثنائي الطور بمطيلية وقابلية تشكيل عاليتين ، وامكانية استخدامه في انتاج اجزاء السيارات ذات الاشكال المعقدة [7] ، بالاضافة الى ذلك فان لهذا الصلب القابلية الجيدة للانحناء ومقاومة التاكل التي تكون مشابهة للصلب المنخفض الكاربون وكذلك ميزة الخضوع المستمر وخصوصا عند صناعة الصفائح [6] . ان مقاومة الشد القصوى (U.T.S) للصلب الثنائي الطور تزداد مع زيادة كل من الكسر الحجمي ومقاومة الشد المارتنزايت وان زيادة مقاومة الشد القصوى مع زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت يمكن تقديرها عن طريق قانون المزج [8]. وقد وجد ايضا ان الزيادة في تركيز الكاربون يزيد من مقاومة الشد ، لان ذرات الكاربون تعمل بشكل عام على اعاقة حركة الانخلاعات الموجودة في بنية الصلب وبذلك تزداد مقاومة الشد [5] . وكذلك قابليته الجيدة للحام بسبب وجود الخبث ونسبة منخفضة من الكاربون ،حيث يعمل الخبث كمساعد صهر ذاتي والذي يقوم بتعويم اوكسيد الحديد حالما يتكون ، لذا يمكن الحصول على لحام جيد وخالي من العيوب ، اما النسبة المنخفضة الكاربون فانها تضمن عدم امكانية تكون المارتنزايت بالقرب من منطقة اللحام لذلك تكون القطع الملحومة خالية من التقصف الذي يصاحب عملية التصليد [9] . ان مكونات الصلب الثنائي الطور لا تمتلك قابلية تصليد كافية لانتاج طور المارتنزايت وخصوصا اذا برد بمعدل تبريد اقل من طور الاوستنايت ،اما اذا تم التسخين مابين الفرايت والاوستنايت فان جزء من كمية الكاربون القليلة في طور الاوستنايت تكون كافية لانتاج المستوى المطلوب من قابلية التصليد [4] . اكدت بعض الدراسات ان الخواص الميكانيكية للصلب الثنائي الطور تعتمد على الكسر الحجمي للمارتنزايت ، وعلى انتزاع الكاربون الكثيف من بقية الفرايت ، وبالتالي فان اعلى مقاومة للصلب تكون على حساب المطيلية ، لان 34% من الحجم عبارة عن مارتنزايت ، لهذا فان تركيز الكاربون يكون له تأثير على كل من المارتنزايت وخواص

الفرايت وبالتالي فان اعلى مقاومة للصلب يمكن الحصول عليها عند زيادة كمية المارتنزايت [10]. بما ان ظاهرة التاكل تعتبر من اهم المشاكل في الصناعة فالحد منها يعتبرموضع بحث واهتمام كثير من الباحثين ، وهذا يكون عن طريق تسليط جهد انودي (حماية انودية) او تسليط جهد كاثودي (حماية كاثودية) ، كلتا الحالتين تعنيان انحراف الجهد عن جهد التاكل ، حيث تؤدي الحماية الانودية الى زيادته في حين تؤدي الحماية الكاثودية الى نقصانه ، فالحماية الانودية المقصود بها زيادة الجهد الحر للمعدن المراد حمايته أي اقترابه ودخوله الى منطقة الخمود وبذلك تتكون طبقة اوكسيد قوية نتيجة لهذا الاجراء على سطح المعدن وتقيه من التاكل اثناء غمره بالمحلول . اما الحماية الكاثودية فمبدأها هو تقليل معدن التاكل المعبر عنه بكثافة التيار بواسطة تسليط الكترونات، وتستخدم كلتا الحالتين على النشأت الفلزية المدفونة في التربة او الخرسانة او في ماء البحر [11،7] . ان كلتا الطريقتين تتم بتسلسط تيار اكثر او اقل من الجهد حسب نوعية الحماية بواسطة منظومة الجهد الثابت (Potentiostat) او من خلال ربط المعدن المراد حمايته بمعدن اخر موقعه يكون اعلى اواسفل في السلسلة الكلفانية (Galvanic Series) بالنسبة للمعدن الاول وحسب نوع الحماية وتسمى هذه الطريقة ب(Galvanostatic) ، والحماية الكاثودية بهذه الطريقة تسمى الحماية بالتضحية (Sacrifical Protection) حيث يضحى بمعدن ما لحماية معدن اخر [10،12] . نظرا للتطورات الحاصلة في السنين الاخيرة فقد استعمل شعاع الليزر كأداة للتصليد بتوليد طاقة شديدة تتحول الى حرارة تسخن المنطقة المقصوفة ، ويعمل المعدن المحيط بالمنطقة المتاثرة كحوض تبريد يؤدي الى التقسية ، ولماكان شعاع الليزر عبارة عن حزمة ضوء يمكن السيطرة عليها ، وليميزتها اصبحت مناسبة لتصليد سطوح المعادن [13] . هناك العديد من التطبيقات في عمليات التصليد السطحي بالليزر باستخدام انواع عديدة من الليزرات طبقا لنوع جهاز الليزر المستخدم والمادة المراد تصليدها ، ويمكن استخدام الليزر على شكل حزمة متحركة خلال مساحات مختلفة على السطح المعامل ، تنتقل الحرارة الناتجة بعد التسخين المنطقة المطلوبة الى المساحات المجاورة مؤدية بذلك الى تبريد سريع للمنطقة المقصوفة بأشعة الليزر وينتج عن التبريد السريع زيادة في صلادة السطح من خلال التحولات الطورية الحاصلة في المنطقة السطحية للمعدن [14]. ان التغير في قيم الصلادة و التركيب المجهري له دور في تحسين مقاومة السطح للتاكل الحاصل اثناء العمل ، وكذلك لتحسين الخواص الميكانيكية لاجزاء المكائن المعرضة للاجهادات الترددية العالية كما في التروس [15].ويمكن تصليد سطح المعدن بعمل ضربات ليزر متداخلة لتغطية المساحة المطلوبة وقد يحصل مراجعة نتيجة للتداخل (Over Lap) مما يسبب انخفاض عام في الصلادة المايكروية للمناطق المتداخلة ، لكنه تم التغلب على هذه المشكلة بتغير ظروف منظومة الليزر مثل استخدام حزمة غير بؤرية (Defocused) لشعاع الليزر او استخدام حزمة ذات تبئير دقيق [16].

الجانب العملي :

ظهرت المشكلة في أحواض الطلاء والصباغة التابعة لشركة ديالى ،حيث أصابهما التآكل الكيميائي وبشكل واضح للعيان نتيجة محاليل الطلاء الكيميائية المستخدمة لهذا الغرض والاختيار غير الصحيح للمعدن المستخدم في تصنيع الأحواض هو سبب حدوث هذه المشكلة, لذا يعد الاختيار الصحيح لنوع المحاليل وتركيزها ومعدن أحواض الطلاء من أهم وأكثر الطرق فاعلية للوقاية من خطر التآكل .

التآكل في أحواض الطلاء.

مكونات حوض إزالة الدهون	النسب حسب المواصفة (Kg)	النسب المستخدمة حاليا (Kg)
هيدروكسيد الصوديوم (NaoH)	10	7.5
فوسفات الصوديوم (Na3Po4)	25	18.75
كاربونات الصوديوم (Na2Co3)	60	45
نترات الصوديوم (NaNo3)	10	7.5
سليكات الصوديوم (Na2Sio2)	15	10
نونايل فينول	لتر	لتر

جدول 1 يوضح النسب المئوية لمكونات أحواض إزالة الدهون .

يمكن أن تعزى التآكلات الحاصلة الى:
الاختلاف في تراكيز المواد المضافة للمحاليل.
تقشر طبقة الطلاء للأحواض.
عدم الاهتمام بنظافة الأحواض خلال استبدال المحاليل.
تجاهل استخدام الحماية الكاثودية.
درجة حرارة المحلول.
سوء التهوية .

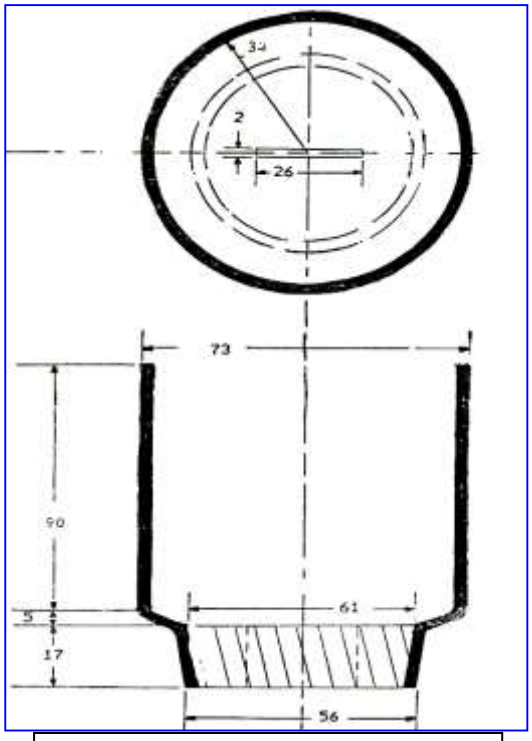
التآكل في أنابيب أحواض الطلاء.

تم دراسة تأثير التقسية المضاعفة والمعاملة بشعاع الليزر على مقاومة التاكل الاجهادي للصلب الثنائي الطور الذي تم تحضيره من الصلب المنخفض الكاربون 0.2% C بطريقة التلدين المستمر والجدول (2) يبين التركيب الكيماوي للصلب المستلم الذي تم تحليله في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية .

الجدول (2) التركيب الكيماوي للصلب المستلم الذي تم تحليله في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية.

العنصر	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
النسبة%	0.15	0.11	0.4	0.03	0.03	0.005	0.38	0.36	0.002

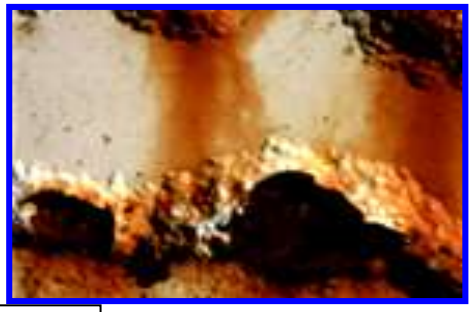
تضمنت التقسية المضاعفة ، التقسية اولا بالماء من درجة 1100 مْ لمدة 30 دقيقة ثم التقسية ثانية بالماء أيضا من درجة 770 مْ لمدة 16 دقيقة للصلب المنخفض الكربون 0.2%C التجاري الموضح تركيبه اعلاه ، ولقد تمت المعاملة الحرارية في فرن كهربائي متوسط الحجم من نوع ESFI-PID من شركة Carbolite ، وان اعلى درجة حرارية يصل اليها الفرن هي 1200 مْ ، حيث يتم ضبط الفرن على الدرجة الحرارية المطلوبة وعندما يصل الى هذه الدرجة ينتظر نصف ساعة (والفرن مغلق) لغرض استقرار القراءة ومن ثم توضع العينات داخل الفرن . اما المعاملة بشعاع الليزر فقد استخدمت منظومة ليزر نيوديميوم - ياك وبطاقة مقدارها 12.1 جول ، وقد تم معايرة منظومة الليزر المستخدمة لمعرفة طاقة شعاع الليزر الخارجة مقاسه بالجول ، حيث ان المنظومة مجهزة بمقياس يعطي جهد شحن المنظومة بالكيلو فولت وان طاقة اشعة الليزر الخارجة دالة لجهد الشحن وتزداد بزيادته وتقل بنقصانه وقد عوملت العينات بضربات ليزر منفردة (Single Pulses) وبطاقات مختلفة ولمسافات عديدة لاختيار الظروف المناسبة والتي تحقق زيادة في الصلادة المايكروية بأقل تشتت وانصهار، حيث ان المسافة بين العدسة والعينة عند معاملة العينات كانت على بعد 15.8 سم . تعد خلية اختبار التآكل الاجهادي من المتطلبات الاساسية عند دراسة تشققات التاكل الاجهاد لاي معدن سواء بطريقة معدل الانفعال الواطئ او محاليل مختلفة وكذلك السيطرة على ظروف هذا الوسط حيث تم استخدام خلية الاختبار الموضحة في الشكل (1) المصنوعة من زجاج نوع البايركس (Pyrex) الذي يتحمل درجات حرارية عالية تصل الى 650 مْ ، وهي مفتوحة من طرفين بسمك 2.5 سم وسعة 300 مليلتر ، كانت الفوهة العليا بقطر خارجي (61) ملم والفوهة السفلى بقطر (56) ملم مائلة بزاوية 8° لكي يتم تسهيل احكام غلقها بواسطة سدادة مطاطية لغرض منع تسرب المحلول الى الخارج اثناء شد العينة الى الاسفل ، علاوة على سهولة اخراج السداد بعد الانتهاء من الاختبار وتحتوي السدادة على شق 26 ملم وعرض 2 ملم اضافة الى وضع مادة



شكل (1) خلية الاختبار للتآكل الاجهادي بطريقة معدل الانفعال الواطئ

صمغية حول منطقة تماس العينة مع السداد
السفلي لنفس الغرض اعلاه . تم اختبار محلول
(3N H2So4+0.5 N NaCl) ذات قيمة PH = 0.5
وتم تحضير لتر واحد من هذا المحلول باذابة 30.5 غم من كلوريد الصوديوم مع 69,5 مليلتر من حامض الكبريتيك ذو تركيز 97 % في الماء المقطر . وقد تم قياس الرقم الهيدروجيني لمحلول الاختبار باستخدام جهاز الرقم الهيدروجيني وبدقة +_ 0.1 وقد تم السيطرة على الرقم الهيدروجيني باستخدام حامض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الصوديوم، تم القيام بدراسة قابلية تشققات التاكل الاجهادي وذلك بواسطة اختبار الشد على العينات في هواء المختبر الجاف واعادة نفس الاختبار بجميع ظروفها لكن في داخل المحلول والمقارنة بينهما ، وقد تمت الاختبارات على جهاز الشد نوع (Instron) موديل (1195) . وقد تم استخدام هواء المختبر الجاف كوسط اختبار مقارنة بالمحلول ، الغاية من ذلك هو معرفة تأثير المحلول المستخدم وشدته على حصول تشققات التاكل الاجهادي للصلب الثنائي الطور عند معدل انفعال 6.67 * 10-4 ثا-1 وذلك كون هواء المختبر يعتبر من الاوساط الخامدة .

التآكل في معدات الطلاء.



التآكل في أحواض الطلاء.

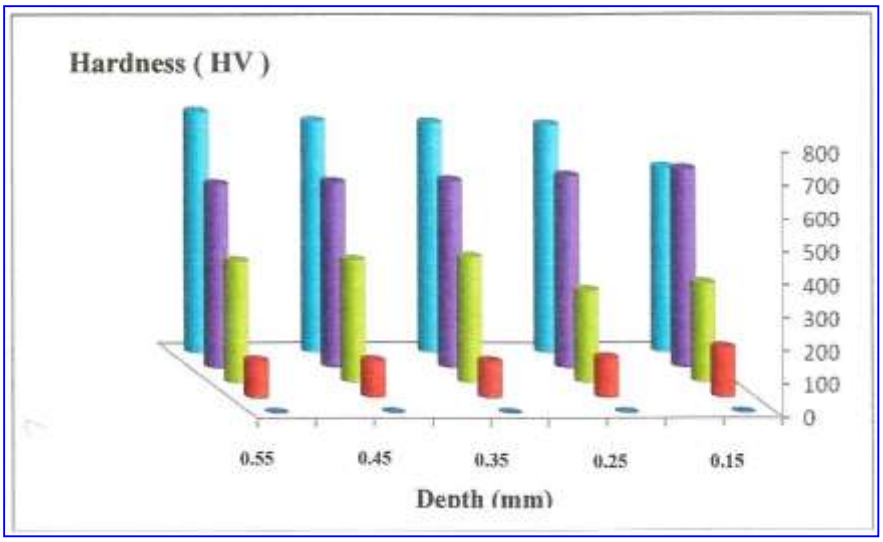
جدول 3 يوضح نسب الكسر ألحجمي للمارتنزايت والخصائص الميكانيكية للصلب باختلاف التعامل الحراري. .

نوع الصلب	الكسر الحجمي للمارتنزايت%	مقاومة الخضوع N/mm^2	مقاومة الشد N/mm^2	النسبة المئوية للاستطالة%air	النسبة المئوية للاستطالة % sol.	EL% Sol. EL% Air
الصلب المستلم	------	192	377	30.9	16.2	0.524
صلب مقسى تقسية اعتيادية	11.2	339	645	24.2	13.7	0.566
صلب مقسى تقسية مضاعفة	17.3	441	722	21.8	12.8	0.587
صلب مقسى بالليزر	21.7	510	773	17	10.2	0.6

النتائج و المناقشة: Results and Discussion

1- الصلادة المايكروية :

أوضحت النتائج أن معاملة الصلب بالليزر وبالاستناد الى توزيع الصلادة في الطبقة السطحية نجد ان عمق التصليد بالليزر قليل جدا مقارنة بما ينتج عن التقسية المضاعفة ،ومن ناحية اخرى بينت دراسة اخرى [5] ارتفاع الصلادة نتيجة معاملة الصلب بالليزر علما ان هذه الدراسة تمت باستخدام منظومة ليزر النيوديوم – ياك . ان تقسية الصلب بالليزر مباشرة ادت الى تصليد الصلب بعمق فعال مقداره (0.22) ملم وعمق تصليد كلي مقداره (0.47) ملم يقلل من احتمالية تحوله الى مارتنزايت من خلال المعاملة بالليزر . كما اوضحت نتائج الصلادة المايكروية ارتفاع قيم الصلادة عند السطح بشكل عام لعينات الصلب المعامل (الذي تم تسخين الصلب المنخفض الكاربون الى درجة 780 مْ لمدة 15 دقيقة ثم التقسية بالماء) عند مقارنته بالصلب المستلم ، حيث قاربت الصلادة عند السطح للصلب الثنائي الطور (410) صلادة فيكرية بسبب وجود طور المارتنزايت الصلد الذي يشكل احد المكونات الاساسية لهذا الصلب . اما في عينات الصلب المقسى تقسية مضاعفة قاربت الصلادة عند السطح (605) صلادة فيكرية حيث ان وجود الشبكة الكاربيدية في ارضية مارتنزايتية كفيلة برفع الصلادة المايكروية في هذه الحالة والحالة السابقة نتيجة توزيع الغير متجانس لطور المارتنزايت في ارضية الفرايت . كما موضح بالشكل (2).



شكل (2) توزيع الصلادة الدقيقة لمقطع عرضي لعينات الصلب المستلم والصلب الملدن باختلاف المعاملات الحرارية.

2- التأكل الاجهادي :

تشير نتائج منحني الاجهاد- الانفعال لكل من الصلب المنخفض الكاربون والصلب المنتج بالتلدين المستمر والصلب المقسى تقسية مضاعفة ، والصلب المعامل بالليزر ، بالهواء او في وسط الاختبار (3N H_2SO_4+0.5N NaCl)الذي تم اختباره عند معدل انفعال مقداره $1.32*10^{-6}$ ثا$^{-1}$ ، الى ان السلوك الميكانيكي عند معدل الانفعال هذا يختلف عند اجراء الاختبار في الهواء كما هو عليه خلال المحلول ، وذلك لكون الهواء هو وسط خامد لا يساعد في حصول التأكل الاجهادي وهذا ما اثبتته ايضا الدراسات الاخرى السابقة ، وبناء على ذلك يعتبر الانخفاض عن قيمة الخواص الميكانيكية (وهي النسبة المئوية للاستطالة في هذه الحالة) الحاصلة عند اجراء الاختبار في وسط محلول بالنسبة لقيمتها في الهواء معيارا كميا لقياس مقاومة المعدن لتشققات التأكل الاجهادي في هذا الوسط أي قيمته (EL%Slo./EL%Air) والتي تسمى عادة بمؤشر تشققات التاكل الاجهادي .أي ان الاختبار في المحلول يؤدي الى حصول انخفاض مميز في النسبة المئوية للاستطالة حيث كانت قيمة مؤشر تشققات التاكل الاجهادي (EL%Sol./EL%Air) بالنسبة للصلب المعامل بالليزر هي (0.6) وللصلب المقسى تقسية مضاعفة هي (0.587) والصلب المنتج بطريقة التلدين المستمر هي(0.566) في حين كان للصلب مخفض الكاربون المستلم هي(0.524) وهذه القيم تؤكد المقاومة

العالية للتاكل الاجهادي للصلب المعامل بالليزر ثم يليه الصلب المقسى تقسية مضاعفة ، اما اقل قيمة لمقاومة تشققات التاكل الاجهادي من بين انواع الصلب المستخدمة ، كانت للصلب المستلم أي الصلب المنخفض الكاربون (0.15%C) الذي تم تحضير الصلب المعامل منه . من خلال النتائج التي تم الحصول عليها نجد ان الصلب المعامل له مقاومة لتشققات التاكل الاجهادي اعلى من الصلب المستلم وهذا يرجع الى وجود طور المارتنزايت الصلد الذي يقاوم تشققات التاكل الاجهادي نتيجة التقوية الليفية التي يحدثها الفرايت مع طور المارتنزايت لان الصلب المعامل يقوى عن طريق الاندماج القوي للمارتنزايت المتأصل في مزيج من الفرايت الذي يزود النظام بالمقاومة العالية [5] ويتبين من خلال نتائج البحث بان التقسية المضاعفة لها التأثير الكبير على مقاومة تشققات التاكل الاجهادي للصلب والسبب في ذلك يرجع الى زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت وصغر حجم جسيمات هذا الطور الصلد وتوزيعها بشكل اكثر في ارضية الفرايت مما يضمن تقوية ليفية اكثر ما بين طوري الفرايت والمارتنزايت وبالتالي مقاومة اكثر لتشققات التاكل الاجهادي عند المقارنة بالصلب المنتج بطريقة التلدين المستمر (أي المنتج بالتقسية الاعتيادية) ، اما نتائج البحث حول معاملة الصلب بالليزر فقد اظهرت اعلى مقاومة لتشققات التاكل الاجهادي عند المقارنة مع كل انواع الصلب السابقة وهذا يرجع اولا الى زيادة الكسر الحجمي للمارتنزايت وصغر حجم جسيمات هذا الطور ، لان شعاع الليزر يقوم بتوليد طاقة شديدة تتحول الى حرارة ، تسخن المنطقة المقصوفة ويعمل المعدن المحيط بالمنطقة المتأثرة كحوض تبريد سريع جدا يؤدي الى التقسية وبالتالي الى زيادة في الكسر الحجمي للمارتنزايت وصغر جسيمات هذا الطور نتيجة لمعدل التبريد السريع جدا وثانيا يرجع الى تقسية الصلب بالليزر مباشرة ادت الى تصليد الصلب بعمق (0.23) ملم وعمق تصليد كلي بمقدار (0.49) ملم ، ان وجود الاوستنايت المتبقي على عمق (0.49) ملم يقلل من احتمالية تحوله الى المارتنزايت من خلال المعاملة بالليزر وبالتالي زيادة مقاومة الصلب لتشققات التاكل الاجهادي من خلال التقوية الليفية التي يحدثها الفرايت مع الاوستنايت او من خلال علمه كانود بالنسبة للاوستنايت . وثالثا يرجع الى دور المعاملة بالليزر في تجزئة وتوسيع الشبكة الكاربيدية ضمن التركيب المارتنزايتي وبشكل متجانس ، والذي يكون كفيل بتحسين مقاومة الصلب المعامل بالليزر لتشققات التأكل الاجهادي عند المقارنة بأنواع الصلب السابقة. وجد ايضا من خلال البحث ان المنطقة التي يحصل عندها الكسر الميكانيكي عند اجراء الاختبار في الهواء يكون تقريبا في الوسط ، اما عند الاختبار في المحلول فان الكسر يحصل في منطقة المعدن القريبة من سطح المحلول حيث تركيز الاوكسجين العالي ، وذلك لان عملية التاكل في هذه الحالة (أي عند التعريض لوسط الاختبار)، تساعد في تسريع الفشل في الجزء الذي يكون معرضا الى وسط قاسي نتيجة التأثير الكيميائي المساعد على التاكل بشكل كبير والمتمثل بسطح المحلول هذا فيما يخص عينات الصلب المستلم والصلب الثنائي الطور المنتج بالتقسية الاعتيادية والتقسية المضاعفة ، اما عينات الصلب المعامل بالليزر فأن الكسر الميكانيكي حصل بعيدا عن المنطقة المعاملة بالليزر سواء كان الاختبار في الهواء او وسط المحلول ، والسبب في ذلك يرجع الى ان المعاملة بالليزر لا تؤدي الى ابقاء منطقة التأثير الحراري (HAZ) عند مدى درجات الحرارة التي تساعد على تغير نسبة الفرايت والاوستنايت لأن معدلات التبريد عن المعاملة بالليزر كون عالية جدا ، وبالنتيجة تكون هذه المنطقة اعلى من منطقة المعدن الاساس الغير معاملة بالليزر ، حيث ان تركيب المنطقة المتأثرة بالليزر يكون متزجج بسبب حصول عملية التزجيج بالليزر (Laser Glassing) الذي يسبب زيادة ملحوظة في الصلادة وستخدم لمعاملة المعدن [5] . ان التزجيج يتمثل بتكون مناطق رقيقة غير بلورية في المنطقة المتأثرة بالليزر وان تكون المنطقة المتزججة تحسن من مقاومة التأكل كما وان استخدام حزمة الليزر قد تسبب انصهار سريع يتبعه تصلب سريع .

الاستنتاجات Conclusions :

1-وجود الشبكة الكاربيدية في ارضية مارتنزايتية كفيلة برفع الصلادة المايكروية للصلب المعامل بالليزر الذي يعطي صلادة مايكروية اعلى وبشكل متجانس .

2-مقاومة التشققات للتآكل الاجهادي تزداد بشكل اكبر عند المعاملة بالليزر نتيجة التوزيع المتجانس للشبكة الكاربيدية ضمن التركيب المارتنزايتي الكثيف بالإضافة الى التقوية الليفية التي يحدثها الفرايت مع الاوستنايت المتبقي .

3-الكسر الميكانيكي لعينات الصلب المعامل بالليزر يحدث بعيدا عن المنطقة المعاملة بالليزر سواء كان الاختبار بالهواء او في وسط لعينات الصلب الاخرى عند اجراء الاختبار في الهواء ، وقريبا من سطح المحلول حيث تركيز الاوكسجين العالي عند الاختبار في وسط المحلول .

References :

1- J.Ruzzante. C.Carfi. J .Torp, and A. M. Hey, (1982), Strength of Metals and alloys , 16-20 August, Volume 1.
2-Yayoung Koo, Bangaru V., (1979), Metal Progress, September, pp. 66-71
3-J.D. Embuey , and J.J. , (1982) Duncan Journal of Metals , March, pp. 24-28.
4-M. Y. Demmeri. ,(1981) Met. Trans., Vol. 12A, July, pp.1187 – 1196.
5-Luis. F. Ramos, David , K. Matlock , (1979), Met. Trans. Vol. 10A , February, pp. 259-263.
6-W. S. Owen, (1980), Metal Technology, January ,pp. 1-13.
7-Takashi Furukawa , (1979), Metal Progress, December,pp.36-39.
8-Wa. Chuan Chen and Cow-Hwa Cheng, (1989), Journal of Materials Science.
9-Scully. J. C. ,(1966), Fundamentals of Corrosion.
10-Frank. E., Rizzo, (1988), Flexible Cathode Protection Criteria Ref. 34,No.234,March.
11- د. صالح امين كركجي ، د. طالب حسين ،د.وليد محمد صالح ، (1985), خواص المواد الهندسية ، جامعة الموصل.
12-A. Shworth .V. and Booker, C. J. L., (1986), Cathode Protection Criteria Ref. 34, Vol. 26, No. 11.
13-J. L., Eckersley, (1984), Laser Application in Matel Surface Hardening , Pergamum Russ, Vol. l , pp213-225.
14-J. F. Ready, (1978), (Industrial Application of Laser), Academic Press , New York , Sanfrancisco, London,.
15-C. M. Banas ,(1997) , Co_2 Laser Material Processing Physical Processes in Laser Materials Interactions , M. Bertolotti.
16- سمير خضر, (1990) (تأثير الليزر في السلوك الميكانيكي للفولاذ الكربوني) رسالة ماجستير / الجامعة التكنولوجية.