دراسة تأثير أوساط التقسية البوليمرية على بعض الخواص لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L)

د. وليد عاصم حنا*، د. ليث قيس عباس**و منار عبد الجبار نجم***

تاريخ التسليم:2008/9/14
تاريخ القبول:2009/4/2

الخلاصة

تم في البحث الحالي دراسة تأثير التقسية بالأوساط البوليمرية على بعض الخواص لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)، إذ تضمنت المعاملات الحرارية ثلاث عمليات مختلفة هي التقسية، التقسية ثم المراجعة والتقسية ثم التصقيع، مع مقارنة تأثير أوساط التقسية البوليمرية المستخدمة والمتمثلة بالمحلول المائي للبولي فينول الكحول (PVA) مع تأثير أوساط التقسية التقليدية المستخدمة والمتمثلة بالماء المقطر، زيت المحركات وزيت عباد الشمس، في الحصول على خواص أفضل. حيث تم قياس كل من صلادة برينيل، معدل البلى والموصلية الحرارية للعينات قبل وبعد القيام بالمعاملات الحرارية. لقد أظهرت النتائج أن المعاملات الحرارية في العموم تؤدي إلى تحسن الخواص وعلى وجه الخصوص بعد عمليتي التقسية ثم التصقيع. وفي أغلب الحالات أعطت أوساط التقسية البوليمرية نتائج أفضل من أوساط التقسية التقليدية. وتم القيام بعملية المحاكاة لنتائج الجانب العملي للبحث وبإستخدام لغة البيسك المرئي "Visual Basic" (VB-6)، حيث كانت عملية المحاكاة وسيلة للتنبؤ بسلوك خواص العينات عند تراكيز مختلفة من أوساط التقسية البوليمرية التي تقع بين التراكيز المستخدمة في الجانب العملي، بالإضافة إلى الإستفادة من إمكانيات البرنامج والحاسوب في عرض التجارب بشكل يعمل على تدريب المهندسين بشكل أفضل في مجال المعاملات الحرارية والفحوصات.

Study of Polymer Quenchants Effect on Some Properties of Stainless Steel alloy (316L).

Abstract

This study is concerned with the effect of polymer quenching on some properties of an austenitic stainless steel alloy (316L). Three different operations of heat treatment have been done including quenching, quenching with tempering and quenching with freezing. A comparison has been done between the effect of polymeric quenchant i.e. water solution of poly vinyl alcohol (PVA)and the conventional quenchants represented by distilled water, engine oil and food oil in having better properties. Tests have been done to the original and heat treated specimens which were Brinell hardness test, wear rate test and thermal conductivity test. Results had revealed that the heat treatments generally enhance the properties especially the treatment of quenching with freezing and in most cases the polymeric quenchants gave better results than the conventional quenchants. Also a simulation to the results of the experimental work has been done by using the (Visual Basic language), and the results gave us an indication to the behaviour of specimens' properties at different concentrations of polymeric quenchants over the range used in the experimental work, beside the great possibilities of the program in display the experiments which help in training engineers in heat treatment and testing fields.

*قسم هندسة المواد , الجامعة التكنولوجية / بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.27.10.20
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

1- المقدمة :

تتضمن عملية التقسية تسخين الفولاذ إلى درجة حرارة ملائمة وكافية لتحويل الفولاذ الفرايتي إلى فولاذ أوستنايتي متجانس من حيث التركيب الكيمياوي ودرجة الحرارة، بعدها

يبرد بسرعة تتلائم ومقدار الصلادة المطلوبة. إن درجة الحرارة التي يسخن اليها الفولاذ وزمن المعاملة ومعدل التبريد تعتمد على عدةعوامل منها التركيب الكيمياوي ،حجـــــم الجزء والخواص الميكانيكية المطلوبة [1]. إن إختيار وسط التقسية يتأثر بنوع المادة المراد تهيئتها والخواص النهائية المطلوبة للمنتج، ومن أهم الخواص التي يجب أن تتوفر في وسط التقسية هي [1،2]:-

أ- معدل تبريد عالي في مدى التحولات الإنتشارية أعلى من معدل التبريد الحرج، وذلك لتفادي تحول أي جزء من الأوستنايت إلى برلايت بأشكاله المختلفة.

ب- معدل تبريد واطئ في مدى التحولات المارتنسايتية، وذلك لتفادي حصول الإجهادات والتشققات.

ج- لزوجة منخفضة.

د- سعة حرارية نوعية عالية. *

ومن أوساط التقسية الحديثة نسبياً هي أوساط التقسية البوليمرية ، فقد وجد أن هنالك أنواع معينة من البوليمرات العضوية القابلة للذوبان في الماء تحسن من خواص التبريد الخاصة بالماء. ولكون أوساط التقسية البوليمرية محاليل مائية فإنها توفر معدلات تبريد أسرع بالمقارنة مع الزيوت خلال مدى التحولات المارتنسايتية ولذلك تستخدم هذه الأوساط غالباً في التطبيقات التي تتطلب معدلات تبريد تتوسط الماء والزيوت ذات معدلات التبريد المعتدلة، مما يتيح لنا معالجة مواد معينة مثل الفولاذ العالي الكاربون أو العالي السبائكية، والمنتجات ذات العيوب السطحية والحاوية على رافعات الأجهادات [4].

تم اكتشاف الفولاذ المقاوم للصدأ لأول مرة في العام (1913) من قبل العالم الأنكليزي (هاري بريرلي)[5]، وبالإضافة إلى الحديد والكاربون والكروم يحتوي الفولاذ المقاوم للصدأ على عناصر سبائكية أخرى مثل : النيكل، النيوبيوم، الموليبدنيوم، التيتانيوم وغيرها، حيث إن جميع هذه العناصر تؤدي إلى تحسين خواص الفولاذ المقاوم للصدأ[6]. يقسم الفولاذ المقاوم للصدأ الى خمسة مجاميع رئيسية [6] :-

أ- الفولاذ المقاوم للصدأ المارتنسايتي.

ب- الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي.

ج- الفولاذ المقاوم للصدأ الفرايتي.

د- الفولاذ المقاوم للصدأ المصلد بالترسيب.

هـ- الفولاذ المقاوم للصدأ المزدوج.

تتلخص المعاملة الحرارية لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي (316L) المستخدمة في البحث الحالي بالمعاملة المحلولية "Solution treatment" وهي التلدين والذي يتضمن التسخين ضمن المدى (1010-1120)°م وبعد ذلك يبرد بسرعة لذا غالباً ما تسمى عملية التلدين هذه بتلدين التقسية "Quench annealing" لأنها تتبع بالتبريد السريع [7].

تعرف المحاكاة بأنها وسيلة أو محاولة للتنبؤ بالخواص ذات الصفات غير المستقرة والمتغيرة للتوصل إلى القرار الأمثل بشأنها. كما يمكن تعريفها بأنها إسلوب رياضي يستلزم تنفيذه على الحاسوب الألكتروني لمعالجة المشاكل التي تتداخل فيها أنواعاً معينة من العلاقات الرياضية والمنطقية الضرورية لوصف سلوك أو هيئة نظام لعالم حقيقي واقعي معقد ولفترات زمنية غير محددة [8،9]. وتدخل إستخداماتها في المجالات العسكرية، الطبية، الهندسية، التعليمية، البحرية، إدارة الموارد المالية، بالإضافة إلى المجالات الترفيهية والألعاب [10].

ويهدف البحث الحالي الى:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دراسة أثر وسط التقسية البوليمري والمتمثل بالمحلول المائي للبولي فينول الكحول "Poly vinyl alcohol" (PVA) في كل من الصلادة، مقاومة البلى و الموصلية الحرارية للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)، ومقارنة النتائج مع أوساط التقسية التقليدية الأخرى مثل الماء والزيت.

2- دراسة محاكاة "Simulation" عملية التقسية بالأوساط البوليمرية بإستخدام الحاسوب من خلال تتبع تغير الخواص مع تغير تركيز المحلول البوليمري المستخدم لمحاولة إستخراج معادلات توضح السلوك الهندسي لتقسية السبيكة المذكورة أعلاه وتتبع التغيرات في العلاقات المتضمنة في التجارب وتحليل ورسم أهم العلاقات البيانية وصولاً إلى إستخراج المعادلات الرياضية التي تصف هذه العملية الهندسية.

2- الجزء العملي:

تم في الجانب العملي إستخدام سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) والجدول (1) يبين التركيب الكيمياوي النظري لهذه السبيكة [11]، أما الجدول رقم (2) فيبين التركيب الكيمياوي المقاس لهذه السبيكة. حيث تم تصنيع (31) عينة أجريت المعاملات الحرارية المتمثلة بالتقسية، التقسية ثم المراجعة، والتقسية ثم التصقيع على ثلاثين عينة منها مع بقاء عينة واحدة بدون معاملات حرارية ثم تم قياس كل من صلادة برينيل ومعدل البلى والموصلية الحرارية مع القيام بفحص البنية المجهرية للعينات المعاملة حرارياً والعينة الغير معاملة أيضاً لغرض المقارنة، ويبين الجدول (3) تفاصيل المعاملات الحرارية لهذه السبيكة . أما معدل البلى فتم حسابه بإستخدام الطريقة الوزنية وبدلالة المعادلة التالية [12] :-

$$\text{Wear rate} = ((W_1-W_2)/W_2)*100\%$$

حيث أن :-

W_1 = وزن العينة قبل القيام بفحص معدل البلى، W_2= وزن العينة بعد القيام بفحص معدل البلى.

أما الموصلية الحرارية فتم قياسها بإستخدام جهاز قرص لي لقياس الموصلية الحرارية [13].

إن المحاكاة التي تم إجرائها في البحث الحالي تسمى بمحاكاة العمليات "Operation Simulation" حيث تم بناء برنامج المحاكاة الحالي بعد إجراء التجارب العملية التي تم من خلالها التعرف على المعايير الأساسية التي تتحكم بعملية التقسية البوليمرية لسبيكة الفولاذ المقاوم نوع (316L) والمستخدمة في البحث الحالي فقد تم اللجوء إلى برنامج (Grapher Under Windows V.4) من أجل إستخراج المعادلات الرياضية الواصفة للسلوك الهندسي الخاص بتغير الخواص مع تغير تركيز المحلول البوليمري المستخدم في تقسية السبيكة أي تم بناء نموذج رياضي. ثم تم تدقيق المعادلات المستخرجة بالبرنامجين (MATTLAB V.7) والبرنامج (Excel-XP) وقد أستخدم هذان البرنامجان من أجل التوصل إلى أفضل المعادلات التي تصف تتبع تغير السلوك الهندسي الخاص بخواص السبيكة (316L) حيث أعتمدت المعادلات التي لها أعلى نسبة مئوية للدقة أي أقل نسبة مئوية للخطأ "Standard error%"، أعلى معامل إرتباط للقيم المستخرجة من المعادلة وقيم التجارب الحقيقية "Correlation Factor"، أقل معامل تراجع للمعادلة في تمثيل البيانات المستخرجة بالمقارنة مع النتائج العملية "Regression Factor" وأقل قيمة للخطأ المتراكم " Residual sum. of squares" عند تطبيق القيم بالمعادلة المستخرجة، وبعد هذه العملية تم بناء نموذج برنامج المحاكاة الحالي بالإعتماد على النتائج العملية والمعادلات المستخرجة المستندة على قيم التجارب العملية التي تم تحليل نتائجها.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3- النتائج والمناقشة:

(3-1) فحص الصلادة:

يوضح الشكل (1) العلاقة بين تركيز البولي فينول الكحول وصلادة برينيل لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) وبعد إجراء المعاملات الحرارية الثلاثة والمتمثلة بالتقسية، التقسية ثم المراجعة والتقسية ثم التصقيع. إذ كانت صلادة العينة قبل المعاملة (135HB)، وبعد إجراء التقسية فقط في الوسط البوليمري الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إزدادت صلادة العينة إلى (151HB) حيث يظهر من البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ب) حدوث إنتزاع لذرات الكاربون على الحدود الحبيبية للأوستنايت [14]. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إلى (0.4 غم/لتر) إنخفضت الصلادة إلى (142HB) وتظهر البنيـــة المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ج) زيادة إنتزاع ذرات الكاربون عند الحدود الحبيبية للأوستنايت مما يؤدي إلى إنخفاض الصلادة أكثر. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إزدادت قيم الصلادة ولغاية تركيز (1 غم/لتر) والذي نتج عنه أعلى صلادة، إذ بلغت صلادة العينة المقساة بهذا الوسط (160HB) وتُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-د) تكون بنية شجيرية ناعمة من البانيايت العلوي والأوستنايت المتبقي مما يؤدي إلى زيادة الصلادة. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول أكثر من (1 غم/لتر) إنخفضت قيم الصلادة إذ حدث تخشن في البنية الشجيريـــة المتكونة مما أدى إلى إنخفاض الصلادة وكما هو واضح من البنية المجهريـــة للعينات المقساة بالأوســـاط الحاوية على (1.2 غم/لتر) و (1.4 غم/لتر) من البولي فينول الكحول والمبينة في الشكل (3-هـ) و(3-و) على التوالي. أما عند إجراء التقسية ثم المراجعة فقد إنخفضت الصلادة بعد التقسية بالوسط البوليمري الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول، إذ بلغت الصلادة (127HB) ويلاحظ من البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ز) تكون نسبة عالية من الأوستنايت. أما بزيادة تركيز البولي فينول الكحول إلى (0.4 غم/لتر) فقد إزدادت الصلادة إلى (142HB)، وتُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ح) تكون بنية ريشية من البانيايت العلوي والأوستنايت المتبقي مما يؤدي إلى زيادة الصلادة وقد كانت قيمة الصلادة الناتجة مساوية لصلادة العينة المقساة في الوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول ويلاحظ من البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ط) تكون بنية ريشيـــة من البانيايت العلوي والأوستنايت المتبقي أيضاً. بعد ذلك وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول أكثـــر من (1 غم/لتر) إنخفضت الصلادة، حيث تُظهر البنية المجهرية للعينات المقساة بالأوساط الحاوية على (1.2 غم/لتر) و (1.4 غم/لتر) والمبينة في الشكل (3-ي) و(3-ك) على التوالي تكون بنية من الأوستنايت في الحالة الأولى وتكون بنية شجيرية خشنة في الحالة الثانية. وبإجراء التقسية ثم التصقيع لوحظ إزدياد الصلادة بعد التقسية في الوسط الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إلى (149HB) حيث تُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ل) تكون بنية شجيرية ناعمة مع الأوستنايت المتبقي مما أدى إلى زيادة الصلادة. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إزدادت قيم الصلادة إذ بلغت أعلى قيمها بعد التقسية في الوسط البوليمري الحاوي علـــى (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول وكانت قيمتها (168HB) ويلاحظ من البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-م) تكون بنية شجيرية ناعمة من البانيايت العلوي

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

والأوستنايت المتبقي مما أدى إلى الحصول على صلادة عالية. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إنخفضت قيم الصلادة نتيجة لإنخفاض معدل التبريد لأوساط التقسية البوليمرية. ويوضح الشكل (2) مقارنة بين الوسط البوليمري الذي أعطى أعلى صلادة وأوساط التقسية التقليدية المستخدمة والمتمثلة بالماء المقطر، زيت المحركات، وزيت عباد الشمس بعد إجراء المعاملات الحرارية الثلاثة. فبعد إجراء عملية التقسية كانت الصلادة الناتجة عند إستخدام الوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول أفضل من الصلادة الناتجة عند إستخدام أوساط التقسية التقليدية. أما بعد إجراء التقسية والمراجعة فقد أعطى الماء المقطر صلادة مساوية للصلادة الناتجة بعد إستخدام الأوساط البوليمرية الحاوية على (0.4 غم/لتر) و (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول أي (142HB)، ويلاحظ من البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (3-ذ) تكون بنية ريشية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي مشابهة للبنية المجهرية للعينة المقساة في الوسط الحاوي على (0.4 غم/لتر) من البولي فينول الكحول. وبعد إجراء التقسية ثم التصقيع نتج بإستخدام الماء المقطر كوسط تقسية صلادة مساوية للصلادة الناتجة من إستخدام الوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إذ كانت الصلادة الناتجة للعينات المقساة في كلا الوسطين (168HB)، كما تظهر البنية المجهرية للعينتين والمبينتين في الشكل (3-ر) و(3-م) على التوالي أن البنية المتكونة في كليهما هي بنية شجيرية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي.

(3-2) فحص معدل البلى:

يوضح الشكل (4) العلاقة بين تركيز البولي فينول الكحول والنسبة المئوية للفقدان بالوزن لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) بعد إجراء المعاملات الحرارية والمتمثلة بالتقسية، التقسية ثم المراجعة والتقسية ثم التصقيع. فقد كانت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة الغير معاملة حرارياً (0.38)% وبعد إجراء التقسية فقط لم تتحسن مقاومة البلى للعينة الأساس فبعد التقسية في الوسط البوليمري الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إزدادت النسبة المئوية للفقدان بالوزن إلى (0.72)% وتُظهر البنية المجهرية للعينة المقساة في هذا الوسط والمبينة في الشكـــل (6-ب) حدوث إنتزاع لذرات الكاربون على الحدود البلورية للأوستنايت مما أدى إلى إنخفاض مقاومة البلى. ومع زيادة تركيز البولي فينول الكحول إلى (0.4 غم/لتر) إزدادت مقاومة البلى قليلاً، إذ بلغت النسبة المئوية للفقدان في الوزن للعينة المقساة في هذا الوسط (0.55)% وتُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ج) أيضاً حدوث إنتزاع لذرات الكاربون على حدود الأوستنايت. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إنخفضت مقاومة البلى من جديد وبلغت النسبة المئوية للفقدان بالوزن عند التقسية بالوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول (1.44)% وتُظهر البنية المجهرية للعينة المقساة في هذا الوسط والمبينة في الشكل (6-د) تكون بنية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي، وعلى الرغم من أن هذا الوسط نتج عنه أعلى صلادة ولكن الأطوار الهشة الناتجة بالإضافة إلى نشوء إجهادات حرارية عالية، كلاهما لا يدعم زيادة مقاومة البلى. أما بعد إجراء عمليتي التقسية ثم المراجعة وبإستخدام الوسط الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إنخفضت مقاومة البلى وبلغت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة في هذا الوسط (0.59)% حيث تُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-هـ) تكون بنية غنية بالأوستنايت المتبقي وتطابق ذلك مع

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

إنخفاض الصلادة أيضاً بعد التقسية في هذا الوسط. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول إلى (0.4 غم/لتر) تم الحصول على أفضل مقاومة بلى بعد إجراء عمليتي التقسية ثم المراجعة وبلغت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة بهذا الوسط (0.31)% حيث تُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-و) تكون بنية ريشية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي وقد نتج عن إستخدام هذا الوسط أعلى صلادة أيضاً. ولكن مع زيادة تركيز البولي فينول الكحول إنخفضت مقاومة البلى للعينات المقساة في الأوساط البوليمرية الحاوية على (0.6 غم/لتر) و(0.8 غم/لتر) من البولي فينول الكحول ويعود سبب ذلك إلى إنخفاض معدل التبريد لأوساط التقسية وبالتالي الحصول على صلادة منخفضة ومقاومة بلى منخفضة أيضاً. ومع زيادة تركيز وسط التقسية البوليمري إلى (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول عادت مقاومة البلى للإزدياد مع زيادة الصلادة إذ بلغت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة بهذا الوسط (0.51)% ، حيث تُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ز) تكون بنية شجيرية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي مما يؤدي إلى زيادة قيمتي الصلادة ومقاومة البلى. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول أكثر زادت لزوجة الأوساط البوليمرية المستخدمة مما أدى إلى إنخفاض معدل التبريد لهذه الأوساط وبالتالي إنخفاض الصلادة الناتجة ومقاومة البلى أيضاً. أما بعد إجراء التقسية ثم التصقيع لوحظ إزدياد مقاومة البلى بعد التقسية في الوسط البوليمري الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول وإنخفضت النسبة المئوية للفقدان في الوزن للعينة المقساة في هذا الوسط إلى (0.28)% حيث تُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ح) تكون بنية شجيرية ناعمة من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي مما أدى إلى زيادة مقاومة البلى والحصول على صلادة معتدلة أيضاً. ومع زيادة تركيز البولي فينول الكحول إلى (0.4 غم/لتر) إنخفضت مقاومة البلى، إذ إزدادت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة في هذا الوسط إلى (0.37)% إذ يلاحظ أن البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ط) تتكون من بنية شجيرية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي لكنها أخشن مما أدى إلى إنخفاض الصلادة ومقاومة البلى أيضاً ولكن تبقى القيم أعلى من العينة الأساس. وبزيادة تركيز البولي فينول الكحول زادت قليلاً من جديد مقاومة البلى مع زيادة الصلادة لحين الوصول إلى التركيز (1 غم/لتر) والذي إزدادت عنده النسبة المئوية للفقدان بالوزن إلى (0.37)% بالرغم من الحصول على أقصى صلادة بعد التقسية في هذا الوسط. ويلاحظ من البنية المجهرية للعينة المقساة في هذا الوسط والمبينة في الشكل (6-ي) تكون بنية شجيرية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي وقد تكون هذه البنية ذات إجهادات حرارية عالية وبالتالي لم تدعم الزيادة في مقاومة البلى. وعند بلوغ تراكيز عالية من البولي فينول الكحول إنخفضت مقاومة البلى نتيجة لإنخفاض معدل التبريد لأوساط التقسية البوليمرية الحاوية على (1.2 غم/لتر) و(1.4 غم/لتر) من البولي فينول الكحول. ويوضح الشكل (5) مقارنة بين تأثير الوسط البوليمري وأساط التقسية التقليدية المستخدمة والمتمثلة بالماء المقطر، زيت المحركات وزيت عباد الشمس على مقاومة البلى. حيث بعد إجراء التقسية فقط كانت أوساط التقسية البوليمرية أفضل من أوساط التقسية التقليدية في الحصول على أعلى مقاومة بلى. أما بعد إجراء التقسية ثم المراجعة فقد نتج عن إستخدام الماء المقطر كوسط تقسية أعلى مقاومة بلى وإنخفضت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة بهذا الوسط

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

إلى (0.25)% وتُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ك) تكون بنية ريشية من البايناية العلوي والأوستنايت المتبقي وتطابق ذلك مع إزدياد قيمة الصلادة بعد إجراء التقسية ثم المراجعة. بعد إجراء التقسية ثم التصقيع نتج عن إستخدام زيت المحركات كوسط تقسية أعلى مقاومة بلى إذ إنخفضت النسبة المئوية للفقدان بالوزن للعينة المقساة بهذا الوسط إلى (0.17)% وتُظهر البنية المجهرية لهذه العينة والمبينة في الشكل (6-ل) تكون بنية من الأوستنايت.

(3-3) فحص الموصلية الحرارية:

يوضح الشكل (7) العلاقة بين تأثير تركيز البولي فينول الكحول على الموصلية الحرارية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) بعد إجراء المعاملات الحرارية والمتمثلة بالتقسية، التقسية ثم المراجعة والتقسية ثم التصقيع. بعد إجراء عملية التقسية وكما هو واضح في الشكل (7) إنخفضت الموصلية الحرارية لهذه السبيكة عند التقسية في جميع الأوساط البوليمرية المستخدمة وبلغت أقل قيمة بعد التقسية في الأوساط البوليمرية الحاوية على (1.2غم/لتر) و (1.4غم/لتر) من البولي فينول الكحول حيث بلغت الموصلية الحرارية للعينات المقساة في هذه الأوساط (0.0004) واط /م.م° ، وبالتالي إنخفضت الموصلية الحرارية بنسبة (81.1)% مقارنة بالموصلية الحرارية للعينة الأساس والبالغة (0.002) واط /م.م ° وبمقارنة الأوساط البوليمرية المستخدمة مع أوساط التقسية التقليدية المستخدمة والمتمثلة بالماء المقطر، زيت المحركات وزيت عباد الشمس وكما هو واضح في الشكل (8) فقد حافظت العينة المقساة في الماء المقطر على نفس الموصلية الحرارية للعينة الأساس. أما بعد إجراء التقسية ثم المراجعة وكما يلاحظ في الشكل (7) فقد نتج عن التقسية في الوسط البوليمري الحاوي على (1غم/لتر) من البولي فينول الكحول زيادة قليلة جداً في الموصلية الحرارية، إذ بلغت (0.0018) واط /م.م° وبالتالي زادت الموصلية الحرارية بنسبة (0.16)% مقارنة بالموصلية الحرارية للعينة الأساس. وبمقارنة هذا الوسط مع أوساط التقسية التقليدية المستخدمة كما هو واضح في الشكل (8)، فقد كانت الموصلية الحرارية للعينة المقساة بزيت المحركات مساوية تقريباً للموصلية الحرارية للعينة المقساة في الوسط البوليمري الحاوي على (1غم/لتر) من البولي فينول الكحول. كما يوضح الشكل (7) المعاملة الحرارية المتمثلة بالتقسية ثم التصقيع، فقد تبين إن للوسط البوليمري الحاوي على (1غم/لتر) من البولي فينول الكحول أعلى موصلية حرارية، إذ بلغت (0.001874) واط /م.م° و كانت هذه الزيادة في الموصلية الحرارية قليلة جداً وبحدود (0.16)% مقارنة بالموصلية الحرارية للعينة الأساس. ومقارنة مع أوساط التقسية التقليدية المستخدمة وكما هو موضح في الشكل (8)، فقد نتج عن التقسية في زيت المحركات موصلية حرارية مساوية تقريباً للموصلية الحرارية الناتجة عن التقسية في الوسط البوليمري.

(4-3) نتائج المحاكاة:

أظهرت نتائج برنامج المحاكاة بلغة البيسك المرئي (Visual Basic) لكل من المعاملات الحرارية والمتمثلة بالتقسية، التقسية ثم المراجعة، والتقسية ثم التصقيع والفحوصات لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L)، مدى تقارب غالبية النتائج التي حصلنا عليها من برنامج المحاكاة مع نتائج الجانب العملي. حيث بعد إختيار الفحص المراد إجراءه من بين فحوصات الصلادة ، معدل البلى والموصلية الحرارية نقوم بإختيار المعاملة الحرارية المطلوبة من بين التقسية، التقسية ثم المراجعة أو التقسية ثم التصقيع. بعدها سوف يقوم البرنامج برسم المنحني الخاص بالمعاملة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وإجراء الحسابات كما ستظهر لنا النتائج المطلوبة مع تسقيط نقطة على المنحني تمثل التركيز المدخل للبولي فينول الكحول، حيث يحددنا البرنامج بتركيز يتراوح مابين (0 – 1.4غم/لتر) من البولي فينول الكحول، وبذلك يقوم برنامج المحاكاة أيضاً بالتنبؤ بنتائج الفحوصات في حالة التقسية بإستخدام أوساط بوليمرية بتراكيز تقع بين التراكيز المستخدمة في الجانب العملي. والملحق (A) يوضح بعض شاشات البرنامج.

4- الإستنتاجات :

أ- بعد إجراء فحص الصلادة لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) تم الحصول على أفضل صلادة بعد المعاملة بالتقسية ثم التصقيع إذ تم الحصول على نفس قيمة الصلادة بإستخدام كل من الماء المقطر والوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول كأوساط تقسية. حيث بلغت النسبة المئوية للزيادة في الصلادة في كلتا الحالتين (25)% وكانت بحدود (168HB). بينما أقل صلادة كانت بعد المعاملة بالتقسية ثم المراجعة بإستخدام زيت عباد الشمس كوسط تقسية، حيث بلغت النسبة المئوية للإنخفاض في الصلادة (15)% وكانت بحدود (114HB).

ب- بعد إجراء فحص معدل البلى لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)، لم ينتج عن عملية التقسية لوحدها تحسن في مقاومة البلى عن العينة الأساس. أما بعد إجراء المعاملة بالتقسية ثم التصقيع وبإستخدام الوسط البوليمري الحاوي على (0.2 غم/لتر) من البولي فينول الكحول إزدادت مقاومة البلى بنسبة (26)% وكانت نسبة الفقدان بالوزن بحدود (0.28)%. لكن تم الحصول على أعلى مقاومة بلى بعد المعاملة بالتقسية ثم التصقيع وبإستخدام زيت المحركات كوسط تقسية. حيث بلغت النسبة المئوية للزيادة (55)% وكانت نسبة الفقدان بالوزن بحدود (0.17)%. أما أقل مقاومة بلى فتم الحصول عليها عند إجراء التقسية البوليمرية بتركيز (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول حيث بلغت النسبة المئوية للإنخفاض في مقاومة البلى (280)% وكانت نسبة الفقدان في الوزن (1.44)%.

ج- تبين عن فحص الموصلية الحرارية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) أن التحسن في الموصلية الحرارية يكاد يكون معدوماً، إذ حافظت بعض العينات على نفس الموصلية الحرارية للعينة الأصلية بينما إنخفضت الموصلية الحرارية لعينات أخرى. وكانت أقصى زيادة في الموصلية الحرارية بعد المعاملة بالتقسية ثم المراجعة وبإستخدام الوسط البوليمري الحاوي على (1 غم/لتر) من البولي فينول الكحول كوسط تقسية وبعد المعاملة بالتقسية ثم التصقيع وبإستخدام نفس الوسط البوليمري المذكور أعلاه، حيث بلغت النسبة المئوية للزيادة بالصلادة في كلتا الحالتين (0.16)%.

د- كانت عملية المحاكاة وسيلة للتنبؤ بسلوك خواص العينات عند تراكيز مختلفة من أوساط التقسية البوليمرية التي تقع بين التراكيز المستخدمة في الجانب العملي، بالإضافة إلى الإستفادة من إمكانيات البرنامج والحاسوب في عرض التجارب بشكل يعمل على تدريب المهندسين بشكل أفضل في مجال المعاملات الحرارية والفحوصات.

المصادر :

1- الراوي، د.عويد زهمك، خضر، د. عبد الرزاق إسماعيل ، "المعاملات الحرارية للمعادن الحديدية واللاحديدية"، الجامعة التكنولوجية، 1989.

2- د.ج. ديفيز، ل.ا.ويلمان، "المعادن بنيتها وخواصها ومعاملاتها الحرارية"، ترجمة د.جعفر طاهر الحيدري وعدنان نعمة، الجامعة التكنولوجية، 1989.

3-"Specific heat" Internet site, http://www.wikipediathe free

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

encyclopedia.org/wiki/spesific heat, 17/12/2006.
4- N.A.Hilder, " polymer Quenchanta-a Review", Heat treatment of metals, vol. 13, pp.15-26,1986.
5-"Why is stainless steel stainless?" Anne Marie Helmenstine, Internet site, http://www.chemistryabout.com/cs/metalsandalloys/a/aa07/201a.htm, 17/2/2007.
6- "Technical Hand book of Stainless steels", The Atlas specialty Metals, Internet,site,http://www.atlasmetals.com.au, July 2003.
7- "Stainless steel-Grade 316L", Internet site, http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=2382, 27/1/2007.
8-"Computer Simulation", Internet Site, http://www.Edutechwiki.com ,23/3/2008.
9- الحمداني، د. رفاه شهاب، "المحاكاة الحاسوبية"، جامعة العلوم التطبيقية، عمان ،الأردن،2002.
10- "Simulation", Internet Site, http://www.wikipediathefreeencyclopedia.htm ,12/2/2008.
11- "Stainless Steel 316L" Internet Site, http://www.suppliersonline.com /property pages/316L.asp, 15/4/2007.
12- E.Rabinowicz, "Friction and wear of Materials", J.willey & sons.Inc. (New York), 1965, pp. 14-138.
13- E. Parrot & A.D. Stuckes, "Thermal Conductivity of Solids", J.W. Arrow Smith, 1975.
14- د.حسين باقر رحمة الله، "هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، الجامعة التكنولوجية، اللجنة الجامعية للشؤون العلمية، بغداد، حزيران، 1989.

الجدول (1) يبين التركيب الكيمياوي % للفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) [11]

C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	N
0.03	2	0.045	0.03	0.75	16-18.5	10-14	2-3	0.1

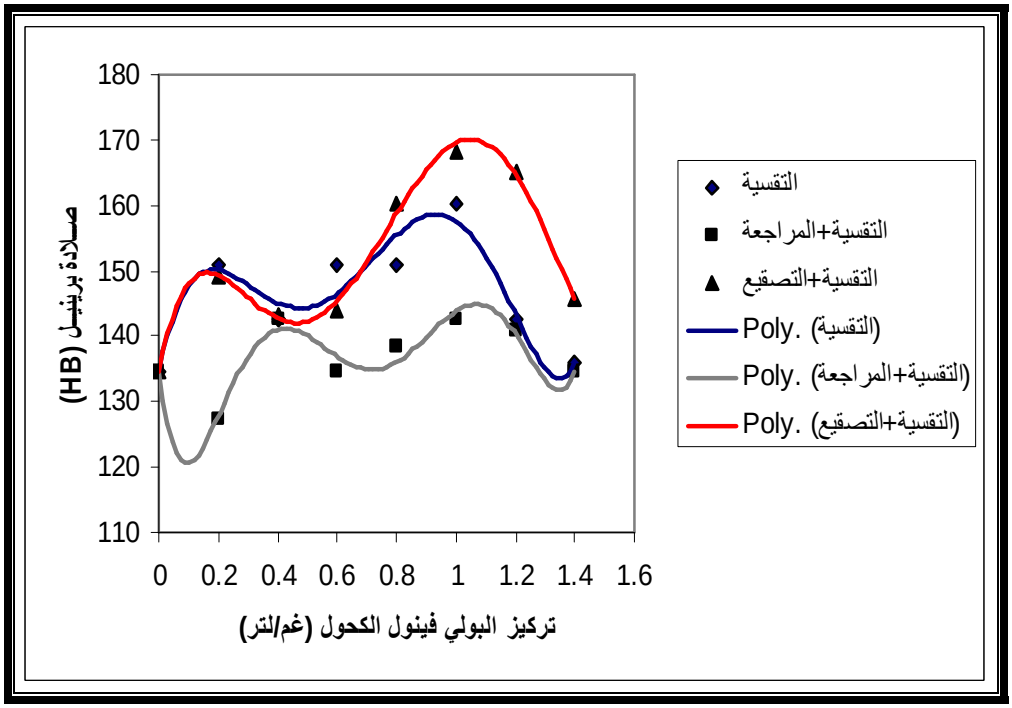
الجدول (2) يبين التركيب الكيمياوي % المحسوب للفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L)

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W
0.03	1.15	0.464	18.5	10.8	1.89	3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

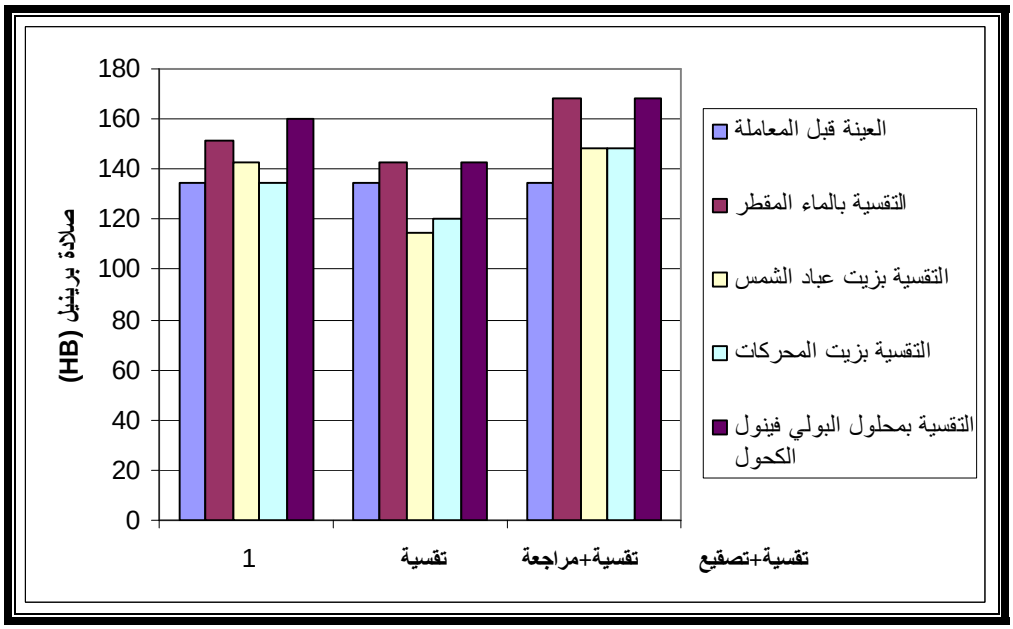
الجدول (3) يبين تفاصيل المعاملات الحرارية لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي(316L)

درجة حرارة التقسية	زمن التثبيت	أوساط التقسية	درجة حرارة المراجعة	زمن التثبيت	وسط التبريد	درجة حرارة التصقيع	زمن التثبيت
(1050) م°	(11.5) دقيقة لعينات البلى. (16.5) دقيقة لعينات الموصلية	ماء مقطر. زيت عباد الشمس. زيت محركات. محلول البولي فينول الكحول.	(600) م°	(11.5) دقيقة لعينات البلى. (16.5) دقيقة لعينات الموصلية	الهواء	17- م°	(48) ساعة



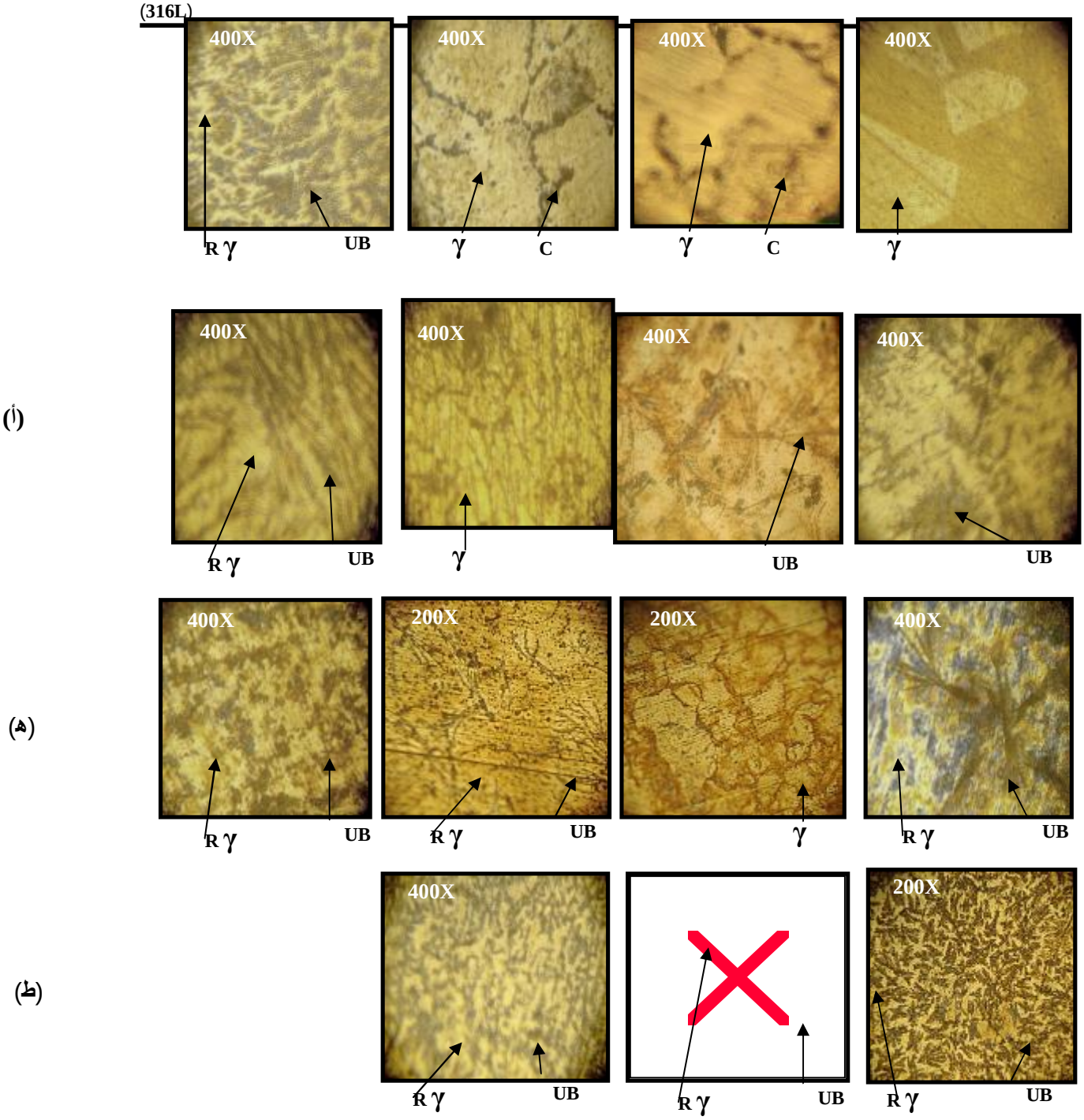
الشكل (1) يوضح العلاقة بين تأثير تركيز البولي فينول الكحول على صلادة برينيل لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (2) مقارنة بين صلادة برينيل لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) المقساة في أوساط التقسية التقليدية ووسط التقسية البوليمري (PVA)

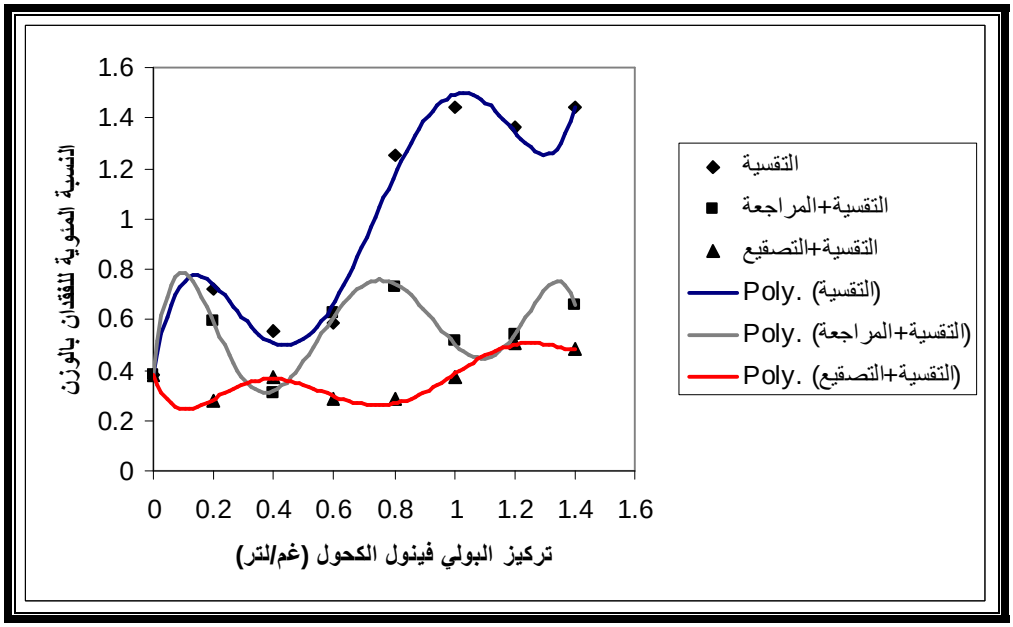
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



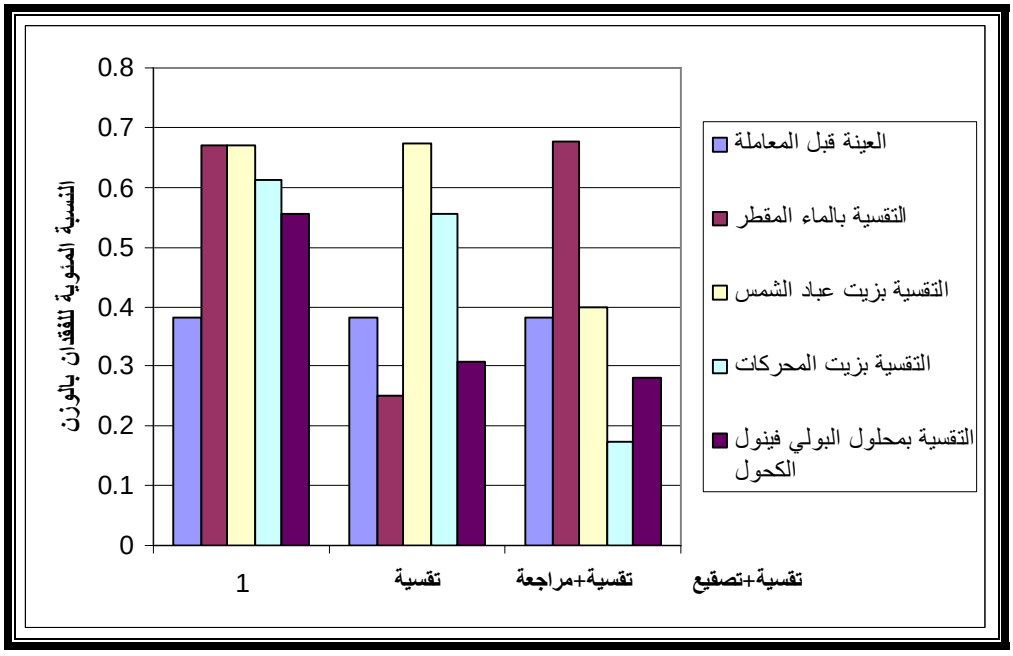
الشكل (3) يوضح بعض صور البنية المجهرية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L).
أ- العينة قبل المعاملة، ب- تقسية ماء مقطر مع PVA%0.2، ج- تقسية ماء مقطر مع PVA%0.4، د- تقسية ماء مقطر مع PVA%1، هـ- تقسية ماء مقطر مع PVA%1.2، و- تقسية ماء مقطر مع PVA%1.4، ز- تقسية ماء مقطر مع PVA%0.2+مراجعة ح- تقسية ماء مقطر مع PVA%0.4+مراجعة، ط- تقسية ماء مقطر مع PVA%1+مراجعة، ي- تقسية ماء مقطر مع PVA%1.2+مراجعة، ك- تقسية ماء مقطرمع PVA%1.4+مراجعة ،ل- تقسية ماء مقطر مع PVA%0.2+تصقيع، م- تقسية ماء مقطر مع PVA%1+تصقيع، ذ- تقسية ماء مقطر +مراجعة، ر- تقسية ماء مقطر +تصقيع.

* γ = أوستنايت، C = كاربيدات، UB = بايناية علوى، R γ = أوستنايت متبقى .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

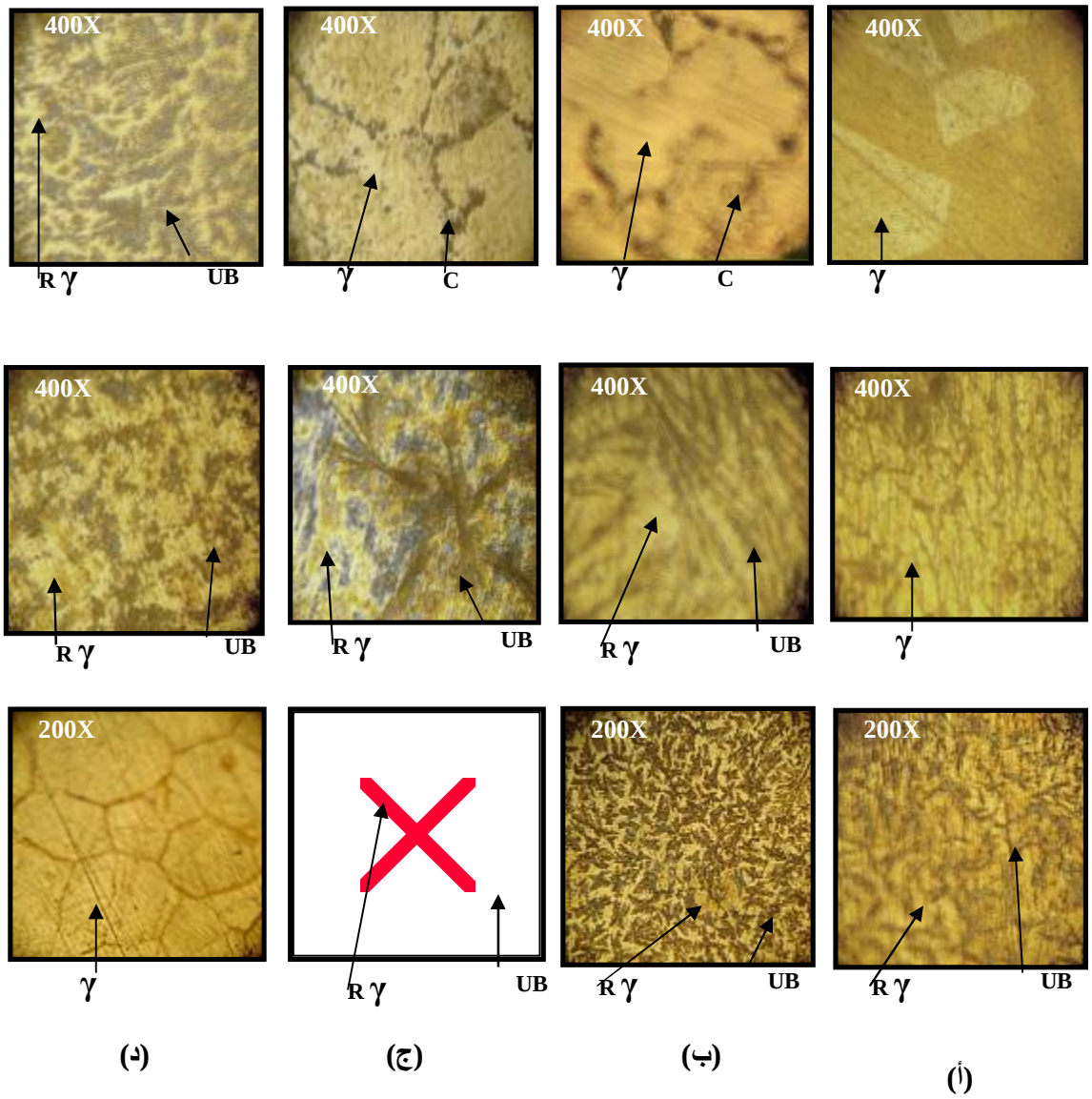


الشكل (4) يبين العلاقة بين تأثير تركيز البولي فينول الكحول على معدل البلى لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)



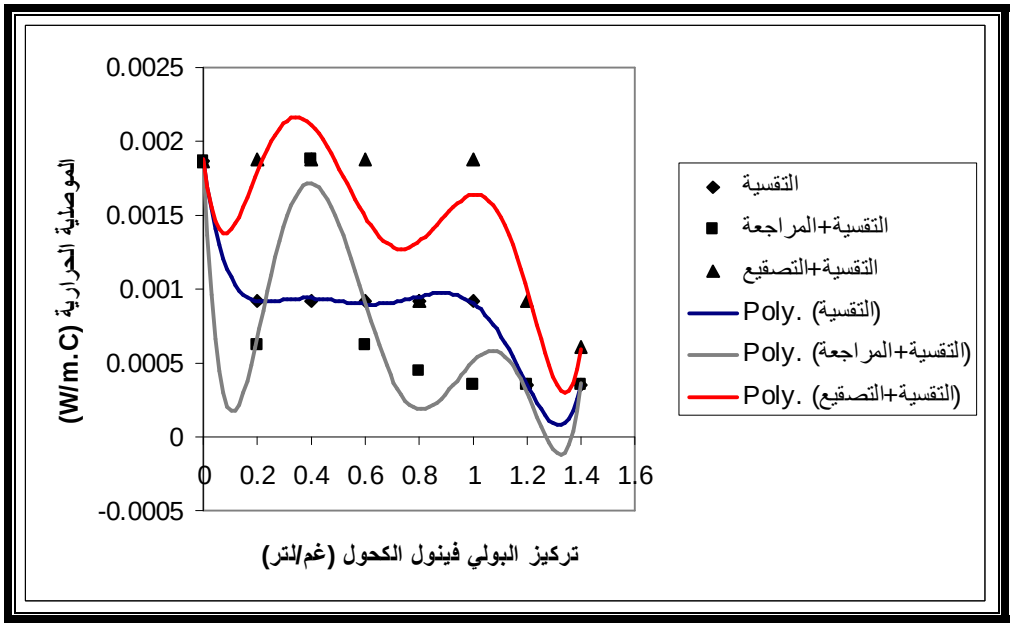
الشكل (5) مقارنة بين معدل البلى لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L) المقساة في أوساط التقسية التقليدية ووسط التقسية البوليمري (PVA)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

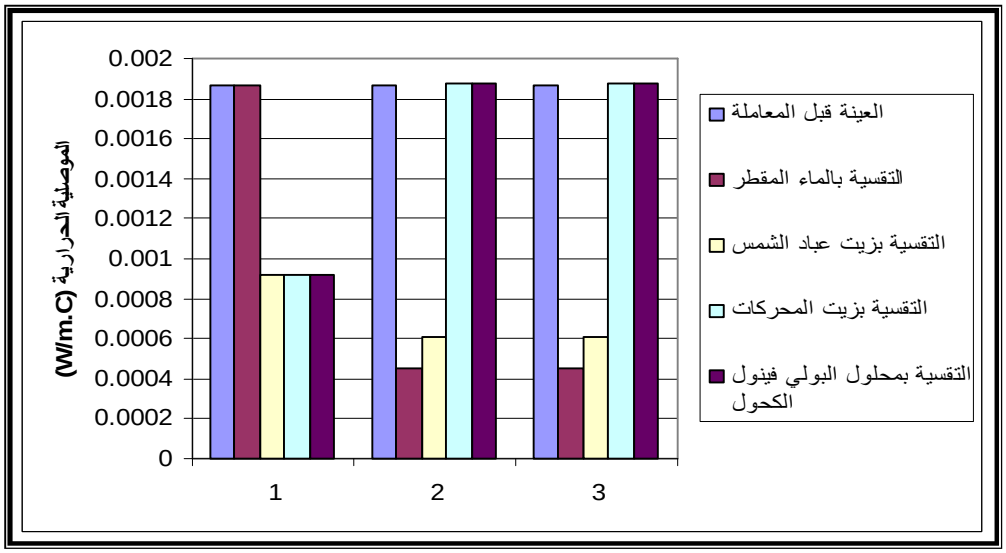


(د) (ج) (ب) (أ)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

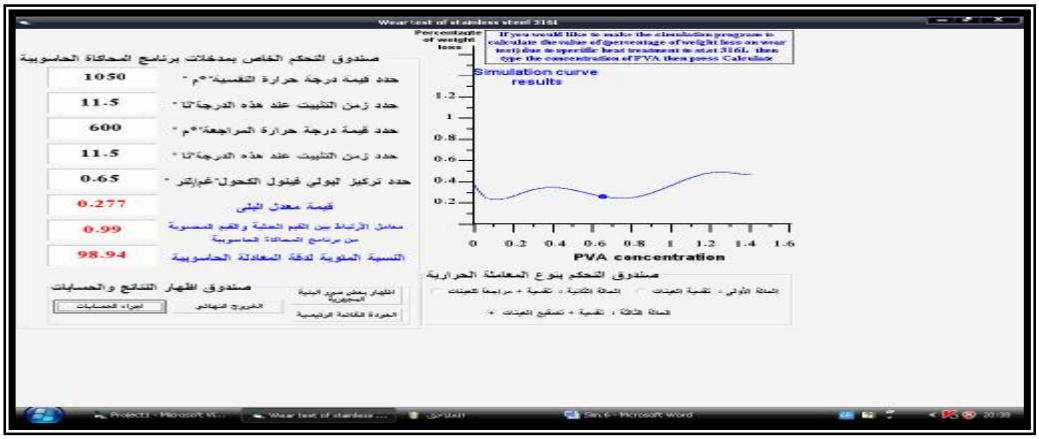


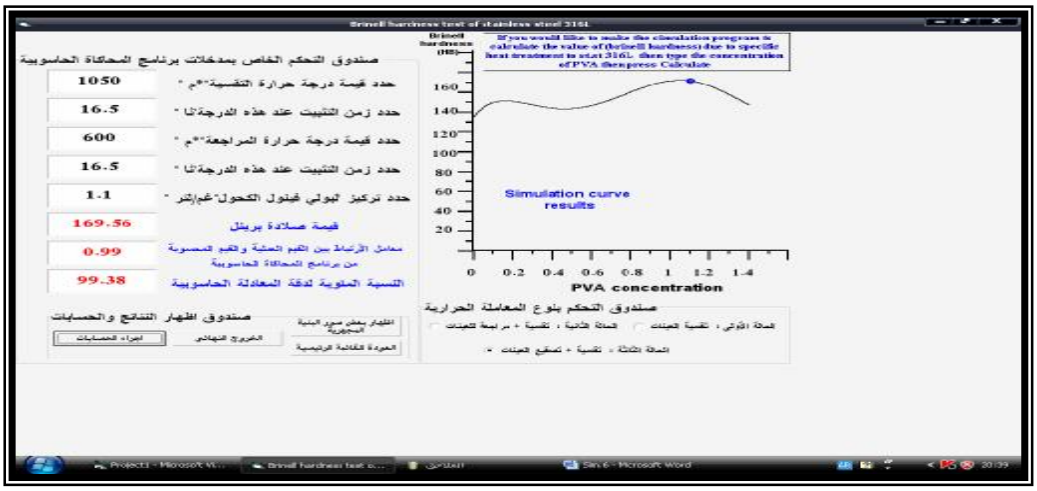
الشكل (7) يبين العلاقة بين تأثير تركيز البولي فينول الكحول على الموصلية الحرارية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ الأوستنايتي نوع (316L)



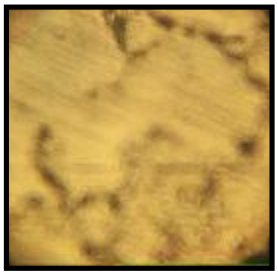
الشكل (8) مقارنة بين الموصلية الحرارية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L) المقساة في أوساط التقسية التقليدية ووسط التقسية البوليمري (PVA)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



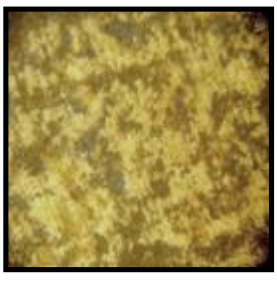


عينة قبل المعاملة



تقسية ماء مقطر مع PVA%1 + مراجعة

تقسية ماء مقطر مع PVA%0.2 + مراجعة



*تقسية ماء مقطر مع PVA %1 + تصقيع

ملحق (A-2)

صور البنية المجهرية لعينات الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com