مجلة جامعة بابل / العلوم / العدد (3) / المجلد (14) : 2007

تأثير المعاملة الحرارية على صلادة صفائح الصلب المطلي بالألمنيوم وكفاءته التشغيلية

صباح حاتم عبيد **محسن جاسم ناصر**

المعهد التقني –المسيب

علاوي حمادة علوان **ربيع سامي جودي**

المعهد التقني –المسيب

الخلاصة

تم في هذا البحث اجراء دراسة عمليه لبيان تأثير المعاملة الحرارية على صلادة الصلب المنخفض الكاربون **(1.2% C)** المطلي بالألمنيوم ، اذ استعملت عملية الطلاء الانتشاري بالألمنيوم في تهيئة العينات لفحص الصلادة . تالفت كل مجموعة فحص من ستة عينات وتم تعريض هذه النماذج الى المعامله الحراريه لفترات زمنيه مختلفه ثم بعد ذلك تم قياس صلادة تلك النماذج .

بينت النتائج ان قيم الصلادة السطحيه المتحققه للنماذج المطلية تزداد بزيادة الفترات الزمنيه للمعاملات الحرارية والطلاء . كذلك أظهرت نتائج الفحص أن صلادة النماذج المعامله حراريا لفترات زمنيه 1،2،3 ساعة تتراوح بين(**107 BHN – 118**) ، (**115 BHN– 122**) و (**122 BHN– 127**) على التوالي. أوضحت نتائج القطع بالتخريم الاستجابة الجيدة لنماذج الفحص لتغلغل المخرم وتقليل اجهاد الصدم على جذر المخرم لحد معين من انتشار الألمنيوم.

1. المقدمة

يتأكسد سطح المعدن بواسطة الغازات المؤكسدة وبدرجات حرارية عالية مثل صمامات الاحتراق الداخلي، انابيب تصفية النفط ، التوربينات الغازية وبعض الوصلات الداخلية في افران التسخين والمعاملات الحرارية ، ويسمى هذا التأكسد بالتآكل الجاف ولمقاومة هذا النوع من التاكسد يجب اجراء عملية الطلاء وتعتبر طريقة الالمنة احدى طرق الطلاء المتبعة ويقصد بها تغطية سطح المعدن بالالمنيوم عن طريق انتشار ذرات الالمنيوم الى داخل سطح المعدن بواسطة تفاعلات كيميائية وفي درجات حرارية مرتفعة للحصول على طبقة غنية بالالمنيوم.**(الخزرجي ،1984)**

ان ظاهرة الانتشار في المواد الصلبة درست لأول مرة من قبل العالم **(Frankle)** حيث وجد بأنه نتيجة التذبذب الحراري وحركة الذرات تتكون مواقع فارغة(فراغات) في شبكة المعدن وهذه الفراغات قد تشغل من قبل ذرات من نفس المعدن او معدن اخر وفي الحالة الاخيرة يتكون محلول جامد وتدعى هذه العملية بالانتشار. **Evans, (1960)**

ان تكوين الطلاء الانتشاري يرتبط بتكوين محاليل جامدة وهذا يكون مصحوبا ببعض التشوه لشبكة المعدن المذيب ، وبذلك فان عملية الانتشار يمكن دراستها عن طريق التغيرات التي تطرأ على بعض الخواص الفيزياوية للمعدن مثل الصلادة .**(Hauf, 1965)**

ان العامل الاكثر اهمية هو عامل القطر الذري لمعدن الطلاء حيث يجب ان لايزيد عن القطر الذري للمعدن الاساس باكثر من**(15%)** لان محاولة ادخال ذرة ذات حجم اكبر من هذا المقدار سوف لايؤثر في عدم انتظام واسع لشبكة المعدن المذيب فحسب، ولكنها ايضا سوف تتطلب مقدار اكبر من الطاقة .**(Gabe,1978)**

ان نجاح استخدام الطلاء بالالمنيوم يعود الى تكوين طبقة واقية من اوكسيد الالمنيوم على السطح تحمية من الاجواء المؤكسدة مع الاحتفاظ بالخواص الميكانيكية للمعدن المغطى . هذا ويتميز اوكسيد الالمنيوم بأنه وقائي ويزداد سمكه بصورة بطيئة وهو كيمياوي من النوع المستقر وان استمرارية تكوينه تتطلب سطح غني بالالمنيوم. الا انه عندما يزداد تركيز الالمنيوم تتكون اطوار قصيفة مما يؤدي الى جعل الطبقة المغلفة قصيفة وللتقليل من تركيز الالمنيوم وزيادة الانتشار وبالتالي القصافة تخضع المنتوجات الميكانيكية الى عملية معاملة حرارية . ان اجزاء الصلب المطاوع المحمية بهذه الطريقة تكون دائما بدائل ملائمة للصلب السبائكي الواسعة الاستخدام والتي تفوقها بميزة هي مقاومتها العالية لمركبات الكبريت الناتجة عن الاحتراق مثل كبريتيدالهيدروجين **(Free,1980)**

استخدمت طريقة الالمنة لصفائح الصلب منخفض الكاربون والصلب المقاوم للتاكسد **(Stainless steel)** لاول مرة من قبل الباحثان(**Allison , Hawkins**) واستطاعت شركة **(Colorising Corporation)** ان تطور هذه الطريقة ولهذا سميت باسمها وقد اشتغل عدد من الباحثين بهذه الطريقة وبدرجات حرارية مختلفة وبنسب كاربون مختلفة ولسبائك مختلفة ايضا . كما وجد ان الصلب المغطى بالالمنيوم يقاوم التاكل الى درجة حرارة 500 م ، اما اذا اريد استخدامه في درجات حرارة اعلى فيجب اجراء المعاملة الحرارية لزيادة سمك طبقة الانتشا ر وقوة ترابط الطلاء .**(Free,1980)** .

تناول الباحث **(Drewett)** التغيرات الحاصلة في الخواص الفيزياوية لمعادن الطلاء حيث استنتج بأن الطلاء بواسطة الغطس المستمر يحسن مقاومة الصلب للزحف **(Creep Resistance)** بينما طريقة الرش **(Spring Process)** تقللها .**(Gabe,1978)** .

يتضمن البحث الحالي دراسة تأثير المعاملة الحرارية على صلادة صفائح الصلب الطري منخفض الكاربون بعد اجراء عملية الالمنة الانتشارية . واجراء فحص تشغيلي بعملية التخريم لفحص كفاءة القطع بعد طلاء الصفائح بالالمنة.

2. الجانب العملي

يتضمن الجانب العملي في الدراسة الحالية مايلي :

2-1 الأجهزة والمواد الأولية

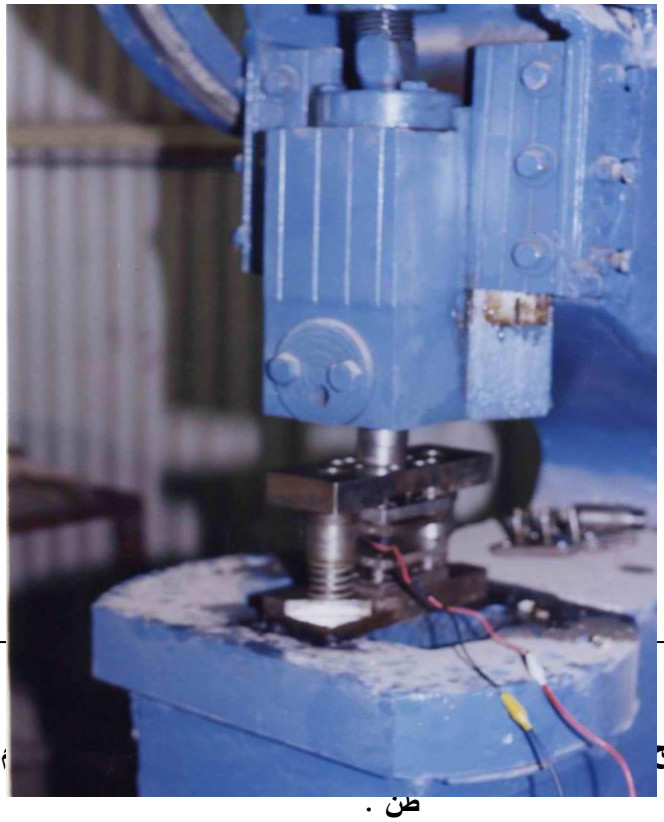
تم استخدام عينات من صفائح الصلب منخفض الكاربون (**1.2%C**) ذات ابعاد (20* 40* 80) ملمتركما واستخدم المنيوم نقي(**90%**) ذات درجة انصهار (660) م وكثافة (2.7) كغم /م3 لاغراض الطلاء . كما تم استخدام جهاز تنعيم للعينات وفرن صهر ذات **(1200)** م لصهر الالمنيوم وفرن تجفيف ذات (1000) م كحد اقصى.وكذلك قالب تخريم للعينات وبماكنة كبس ذات (10) طن ، وحاسوب لقياس قيمة الأنفعال الديناميكي.

2-2 تهيئة وفحص المواد الأولية :

تم تنظيف وتنعيم العينات لأغراض الطلاء ثم اجريت عملية تجفيف العينات بعد عملية الطلاء واستخدم جهاز فحص الصلادة **نوع برينل** لقياس صلادة العينات . **(حسن،1989)**

3-2 طريقة العمل

1. قطعت صفيحة من الصلب منخفض الكاربون **(1.2%C)** الى قطع مستطيلة الشكل مثبتة ابعادها في الفقرة **(1-2)**.ثم ثقبت العينات من احد جوانبها وذلك لتثبيتها بالاسلاك لتسهيل غمرها بمنصهر الالمنيوم اثناء اجراء عملية الطلاء وبعد التثقيب تم تنظيف العينات بواسطة (اوراق التنعيم) لغرض ازالة طبقة الاوكسيد المانعة للانتشار. بعد ذلك تم ربط العينات بواسطة اسلاك تسليح من الثقوب الموجودة فيها لتصبح العينات جاهزة للطلاء الانتشاري بالالمنة.
2. اجريت عملية الطلاء في مختبر للصهر باستخدام فرن كهربائي ذات (1200) م لصهر الالمنيوم النقي حيث ثبتت حرارة الفرن عند درجة (660) م، ثم قسمت العينات الى ثلاث مجاميع كل مجموعة تظم ستة عينات .تم طلاء العينة الاولى من المجموعة الاولى الموضحة في الجدول رقم (1) عن طريق غمرها في المعدن المنصهر بواسطة السلك المربوط فيها وابقائها لمدة دقيقة واحدة والعينة الثانية من نفس المجموعة لمدة دقيقتين والعينة الثالثة لمدة ثلاث دقائق وهكذا لبقية العينات من المجموعة الاولى واعيدت نفس العملية لعينات المجموعة الثانية والثالثة .
3. اجريت المعاملات الحرارية بدرجة (500) م (اي اقل من درجة أنصهار الألمنيوم) لعينات المجموعة الاولى ، وابقيت في الفرن الكهربائي عند هذه الدرجة لمدة ساعة واحدة واخرجت من الفرن لتبرد في الهواء وذلك لضمان ان يكون الاجهاد المتبقي اقل ما يمكن ، ثم اعيدت العملية بالنسبة لعينات المجموعة الثانية ولكن بقيت في الفرن لمدة ساعتين وهكذا بالنسبه لعينات المجموعة الثالثة ولمدة ثلاث ساعات في الفرن وبعدها عملية التبريد في الهواء كذلك . وبعد الانتهاء من العمليات انفة الذكر تم قياس الصلادة لجميع العينات قيد العمل بواسطة **جهاز برينل(حسن،1989)**.
4. تم ثقب احدى الصفائح قبل عملية الالمنة بواسطة قالب تخريم بتثبيت مقياس انفعال على المخرم **[strain gage]** لتوخي دقة القياس وربطه بجهاز قياس الانفعال الديناميكي كما في شكل رقم (1)**(عبيد،2005)** . ثم ربط النظام بجهاز حاسوب لخزن قراءات الانفعال الديناميكي على جذر المخرم كما في شكل رقم (2) حيث ان نسبة الانفعال الحركي الى الانفعال السكوني لمعدن ما يساوي تقريبا نسبة الاجهاد الحركي الى الاجهاد السكوني وبالتالي فان قيمة نسبة الانفعال تقابل نسبة الاجهاد المؤثرة على عدة القطع **.(Pust,2000)**.
5. تم ثقب ثلاث صفائح ذات صلادات مختلفة وهي : (عينة رقم 1ذات **107**BHN) و (عينة رقم 7 ذات **115BHN**) وكذلك (عينة رقم 18 ذات **124 BHN**) بواسطة قالب تخريم وقياس الانفعال الحركي لعدة القطع خلال دورة القطع ورسم جميع البيانات ببرنامج حا سوبي كما في النتائج المبينة في الاشكال (4) ، (5) ،(6) ، (7) .



شكل رقم(1) يوضح **م وباستخدام ماكنة كبس(10) طن .**

شكل رقم (2) : يوضح برنامج حاسوبي لجهاز قياس الانفعال الدبناميكى

3. النتائج

من خلال التجارب العملية وجد بأن النتائج كانت كالآتي :

جدول رقم(1) : يبين قيم الصلادة لجميع العينات بازمان مختلفة وبمعامله حرارية بدرجة 500 م

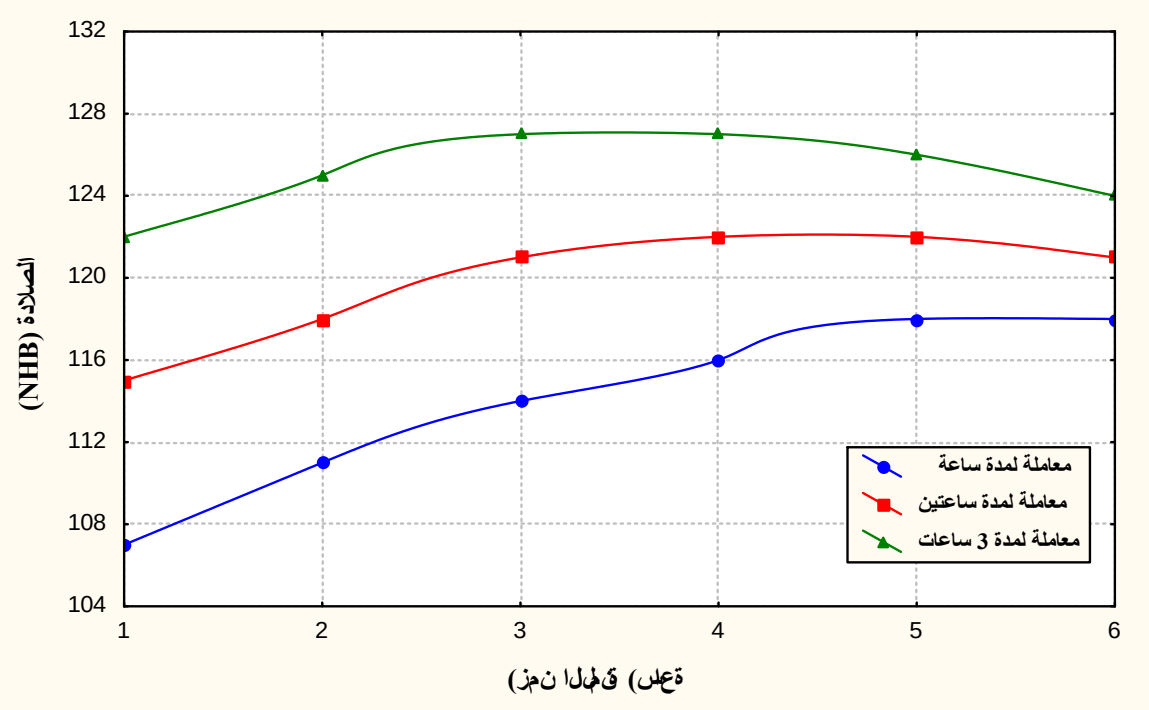
زمن الالمنة ساعة	رقم العينة	معاملة حرارية لمدة ساعة واحدة صلادة برينل BHN	رقم العينة	معاملة حرارية لمدة ساعتين صلادة برينل BHN	رقم العينة	معاملة حرارية لمدة ثلاث ساعات صلادة برينل BHN
1	1	107	7	115	13	122
2	2	111	8	118	14	125
3	3	114	9	121	15	127
4	4	116	10	122	16	127
5	5	118	11	122	17	126
6	6	118	12	121	18	124

4. المناقشة

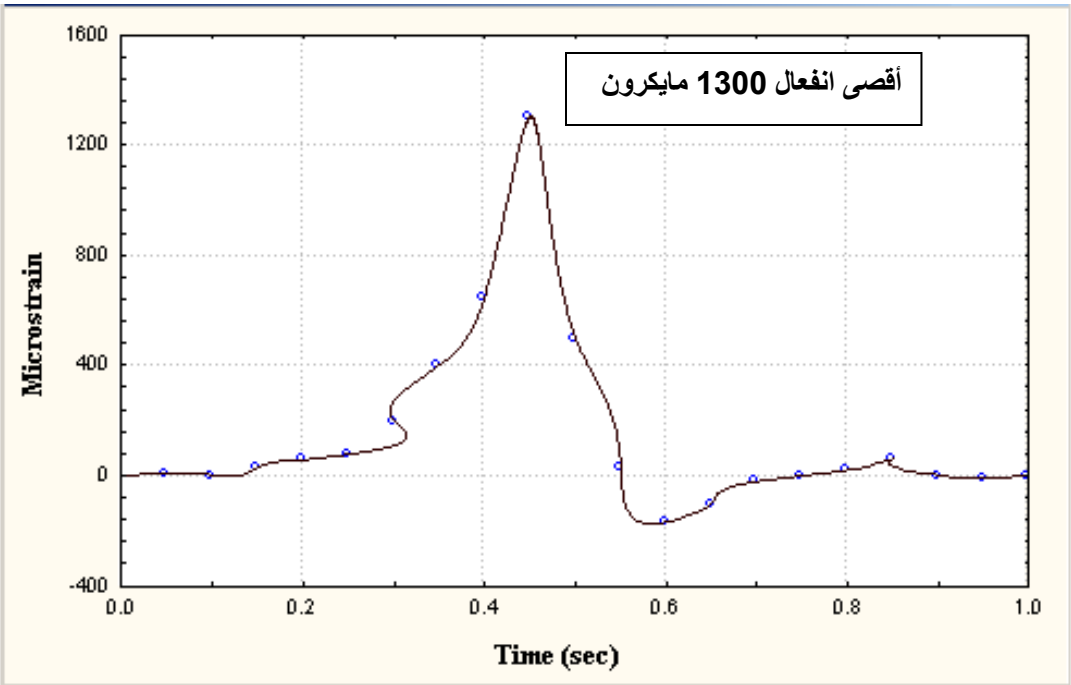
1. من ملاحظة شكل رقم **(3)** الذي يبين منحنيات (الصلادة – زمن الالمنة) ولمعاملات حرارية بازمان مختلفة نلاحظ ان صلادة الصلب تزداد بازدياد زمن المعاملة الحرارية ويعزى سبب زيادة الصلادة هذه الى الانتشار الجيد للالمنيوم على السطح بصورة متجانسة حيث ان الحرارة ترفع الطاقة الحركية للذرات داخل الشبكة البلورية لكل من الالمنيوم والحديد وبالتالي يحدث تداخل بين الذرات المختلفة في شبكتي المعدنين المستخدمين، وعند تبريد العينات تتم المحافظة على عدد من التداخلات بين الشبكات البلورية ممايؤدي الى زيادة الترابط بين الالمنيوم والحديد مسببا زيادة الصلادة . وعلى الرغم من ذلك فقد تم تسجيل بعض القراءات التي تشير الى تناقص الصلادة خلافا لما ذكر اعلاه ويعزى سبب ذلك الى ان الألمنيوم المستخدم غير نقي كما هو مطلوب لأحتوائه على بعض الشوائب بالاضافة الى تعذر السيطرة على درجات الحرارة بشكل جيد .
2. كذلك نلاحظ من الشكل اعلاه ازدياد الصلادة كلما يزداد زمن الطلاء وتفسير ذلك ، بأنه سوف يكون هناك طلاء انتشاري نتيجة المعاملة الحرارية حيث ان هذا الطلاء يوفر قوة حماية عالية لسطح المعدن المطلي بطريقة الانتشار بحيث لاينكسر نتيجة التأثيرات الحرارية والميكانيكية وتم اجراء هذا النوع من المعاملة الحرارية وذلك لجعل الالمنيوم ينتشر بصورة جيدة على سطح الصلب وكذلك لاختزال الهشاشية التي قد تحصل نتيجة زيادة تركيز الالمنيوم على السطح .
3. نلاحظ من الجدول رقم (1) اكتساب سطح الصلب خواص ميكانيكية جيدة من حيث زيادة الصلادة وذلك نتيجة الطلاء الانتشاري الذي يعود الى تشبع سطح الصلب بالالمنيوم لتحويل منطقة التماس بين المعدنين الى سبيكة (حديد – المنيوم) حيث ان النسبة الكيمياوية لمركبات المعدنين في هذه المنطقة تتغير بتغير درجة الحرارة والزمن المستخدم كما يتبين في شكل رقم **(3)**.
4. ازدياد زمن المراجعة الحرارية للعينات المختلفة يؤدي الى انخفاض ميل المنحني للصلادة كما موضح بالشكل رقم(3) مما يدل على ان قيم الصلادة وان كانت تزداد لجميع المنحنيات ولكنها بمعدل اقل من معدلات

الصلادة للمجاميع ذات زمن المراجعة الحرارية الاقل ويعود سبب ذلك الى تباين (سبيكةالصلب والالمنيوم) من حيث تأثرهما بدرجة الحرارة حيث تؤدي زيادة فترة المراجعة الحرارية الى حدوث فصل بين المعدنين بنسبة اكبر لتوفر الزمن الكافي لذلك في حين ان المجاميع ذات زمن المراجعة الاقل لا تتوفر لها القدرة الكافية للفصل بين المعدنين في منطقة الطلاء .

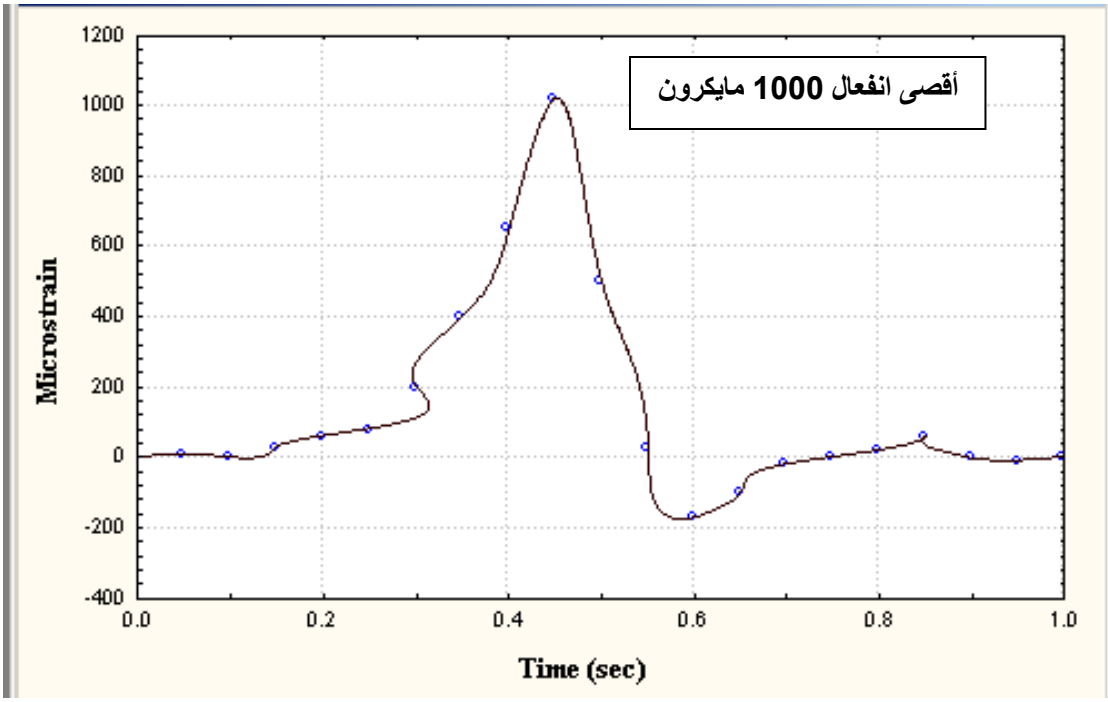
5. نلاحظ من الاشكال (5،6)ان القيمة العظمى للانفعال الديناميكي لعدة القطع تقل كلما ازدادت قيمة الصلادة الناتجة من الألمنة لصفائح الصلب منخفض الكاربون عن قيمتها في الشكل رقم (4) ، كما وتعطي تلك العملية قطعاً نظيفاً وخالياً من الزوائد في حافاته ولحد معين من أنتشار الألمنيوم وبالتالي يعطي كفاءة تشغيلية جيدة لصفائح الصلب المطلي بالالمنيوم وتاثير اجهاد اقل على جذر عدة القطع . ولكن ارتفاع قيم الصلادة مع زيادة زمن المعاملة الحرارية يؤدي الى زيادة الانفعال الديناميكي لعدة القطع وبالتالي الاجهاد المؤثر على جذر المخرم كما موضح في الشكل رقم (7).



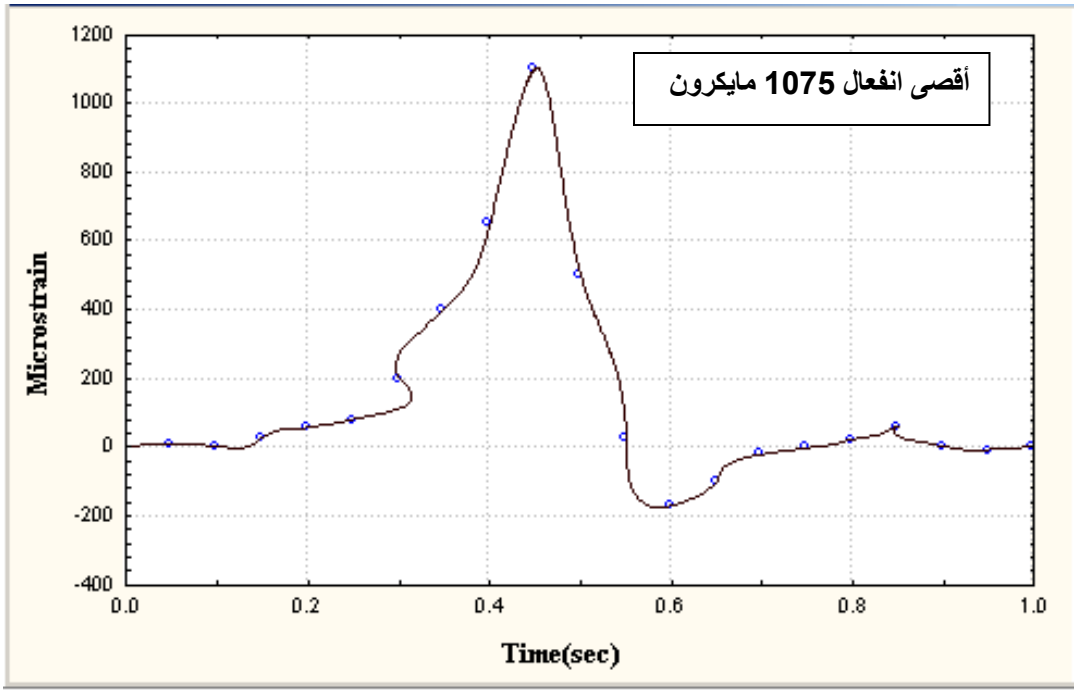
شكل رقم (3) : يبين منحنيات (الصلاده – زمن الالمنه) للعينات وبازمان معاملة مختلفة



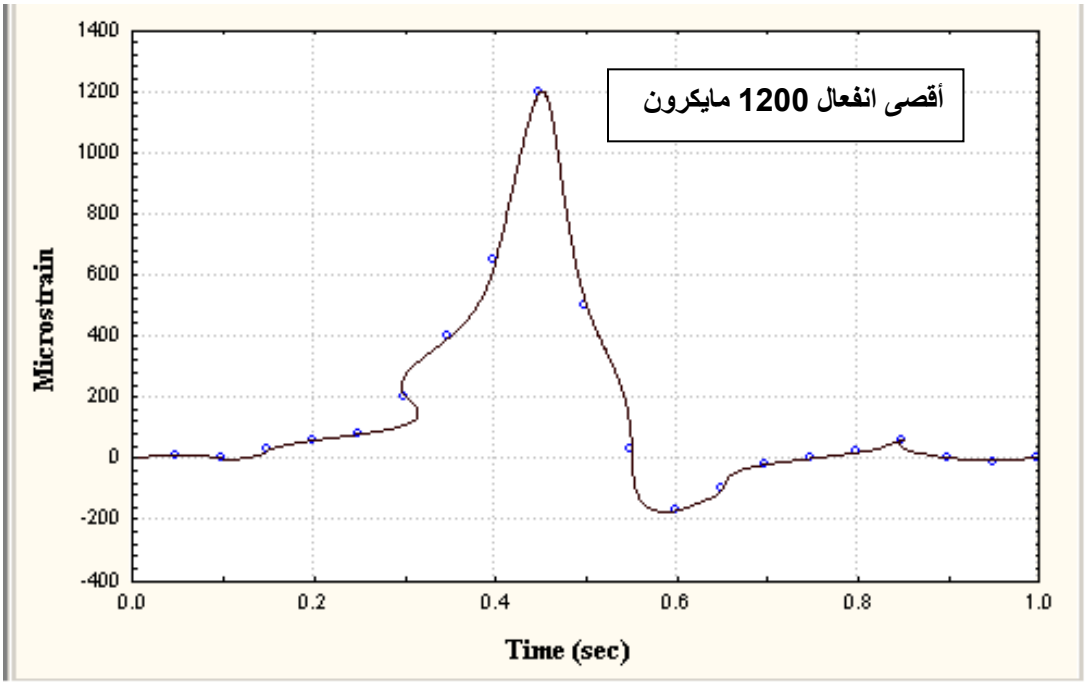
شكل رقم (4) : القيم العمليه للانفعال الديناميكي مع زمن دورة القطع للعينات قبل الالمنة



شكل رقم (5): القيم العمليه للانفعال الديناميكي مع زمن دورة القطع بعد الالمنة لعينه رقم (1) ذات صلادة (107)



شكل رقم (6) : يوضح القيم العملية للانفعال الديناميكي مع زمن دورة القطع بعد الالمنة لعينة رقم (7) ذات صلادة (115BHN)



شكل رقم (7) :القيم العمليه للانفعال الديناميكي مع زمن دورة القطع بعد الالمنة لعينه رقم (18) ذات صلاده 124

5. الاستنتاجات

من ملاحظة النتائج نستنتج مايلي :

1. ان المراجعة الحرارية لصفائح الصلب المطلي بالالمنيوم تزيد من قابلية انتشار ذرات الالمنيوم على سطح الصلب.
2. الطلاء الانتشاري يزيد من الصلادة لمعدن الاساس لانه يوفر قوة حماية عالية لسطح المعدن المراد تغطيته بحيث لاينكسر .
3. نلاحظ ان سطح المعدن الذي يطلى بطريقة الطلاء الانتشاري (تشبع سطح الصلب بالالمنيوم) يكتسب خاصية مقاومة الحرارة العالية وبالتالي مقاومة التآكل نتيجة لزيادة الصلادة وهذا يعني ازدياد عمر المعدن .
5. ان عملية الطلاء الانتشاري ذات فائدة اقتصادية لتوفير حماية لصفائح الصلب المطلي بالالمنيوم
6. ان المراجعة الحرارية لصفائح الصلب المطل بالالمنيوم تجعله ذو كفاءة تشغيلية جيدة ويصاحبه تقليل الاجهاد على العدة القاطعة .

6. المصادر

الخزرجي ، د.قحطان،د.شاكر السامرائي (1984)، "اسس هندسة المعادن"، جامعة الموصل ، العراق .

حسن، د.عادل محمود ، عبد الجواد شريف (1989) ، "المواد الهندسيه واختباراتها"، جامعة بغداد، العراق .

عبيد، صباح حاتم (2005)، " التقييم العددي والعملي لاجهاد الصدم المؤثر على عدة التثقيب"، رسالة ماجستير مقدمه الى الكليه التقنيه – بغداد ،العراق .

Evans, U.R. (1960), "The corrosion and Oxidation of metal ", Edward Arrold Ltd., London, England .

Free, R. (1980),"Self diffusion and impurity diffusion in oxide", Journal of material science, Vol:15,p:789.

Gabe, D.R.(1968)," Principles of metal surface treatment and production ", pergamon Press, Oxford .

Hauf, K.(1965)," Oxidation of metal ", Plenum press.,N.Y, Ltd . London , England .

Pust, L.D , (2003), " Dynamic of Impact Machine " For cutting & piercing in proc. Colloquium "Dynamic of machine " , http// www. ITSASCR,P.P.179-180, Prague.(Internet) .