

## تأثير النتردة والكربنة السائلتين على مقاومة البلى الالتصاقى لفولاذ كربوني 1020

خيرية سلمان حسن\* رحاب حسين خنجر\* و شذى محمد رجاء عبد الجبار\*

تاريخ التقديم : 2010/6/17

تاريخ القبول: 2011/3/3

### الخلاصة

هدف البحث دراسة تأثير عملية النتردة السائلة ثم الكربنة السائلة في مقاومة البلى الالتصاقى لفولاذ كاربون AISI 1020 أذ تم تصنيع أربعة مجاميع من عينات البلى الالتصاقى (A,B,C,D) بالأبعاد (D20\*H10 mm) وحسب المواصفات القياسية (ASTM) وتم إجراء عملية نتردة سائلة عند درجة حرارة (550°C) لمدة ساعة واحدة للمجموعة (B) , كربنة سائلة عند درجة حرارة (950°C) لمدة ساعه واحدة في اوساط ملحية للمجموعة (C) كما تم اجراء معاملة مزدوجة نتردة تتبعها كربنة وبنفس الظروف المذكورة سابقا لعينات المجموعة (D) بعدها تم فحص الصلادة العيانية والمجهريه للطبقة المصلدة لعينات المجموعات الاربعة بواسطة مجهر ضوئي ذو كاميرا اما الاطوار فتم فحصها بواسطة جهاز حيود الاشعة السينية بعد كل معاملة حرارية واطهرت النتائج ان مقاومة البلى الالتصاقى تزداد بعد المعاملات الحرارية وقد وجد ان النتروكربنة اعطت افضل النتائج .

الكلمات المرشدة : النتردة السائلة ، الكربنة السائلة ، البلى الالتصاقى ، فولاذ كربوني

## The Effect of Liquid Nitriding and Carborizing on Adhesive Wear Resistance of Carbon Steel 1020

### Abstract

The aim of this paper is to study the effect of Nitro carburizing on adhesive wear resistance of carbon steel (1020 AISI). Four groups of specimens were manufactured (A, B, C, D) with dimensions (D20\*10 mm) according to ASTM standard . Liquid nitriding at 550 °C for one hour was applied for group B, liquid carburizing at 950°C for one hour was applied for group C, and double process of nitriding the carburizing in the same conditions as mentioned before was applied for group D. The hardness test, the adhesive wear resistance at different conditions (time, sliding velocity and load) and photo microstructure was checked by optical microscope, then phases was examined by the X-ray diffraction technique for all the specimens. It is found that the adhesive wear resistance was improved by all surface heat treatment. Nitriding and carburizing but Nitro carburizing it found that best improvement.

الصحيحة عالية الكفاءة لتحقيق الهدف المطلوب من بناء صناعة ذات ثقة عالية وبكلفه مناسبة , ومن الضروري أن يكون لأجزاء المكائن المصنوعة من الفولاذ خواص ميكانيكية معينه [1] وهي أن يكون سطحها صلباً مقاوماً للبلى

### المقدمة

تشهد الصناعة في عالمنا المعاصر تطورا سريعا في كافة المجالات , وتعد الصناعات الهندسية والميكانيكية القاعدة الأساسية في عملية التصنيع وتحقيق التصاميم الهندسية

عملية الناتروكرينة ومنهم الباحث Frango Canjner وبين دورها في تحسين الخواص الميكانيكية من مقاومه بلى سواء كان التصافي او احتكاكي وكذلك مقاومتها للتاكل, اما الباحث James R.Eaterday فليده العديد من البحوث بهذا الصدد ومنها النترودكرينة السائله وعملية تكوين الاطوار [3,4,5].

اما عملية انتشار الكربون والنترودجين وعمق الطبقة المتكونه بعد النترودكرينة السائله فقد تناوله الباحث Mariann,Kurz [6].

وتحتوي هذه الطبقة على أطوار غير معدنية وتسمى نتريدات وان نسبة هذه الاطوار تعتمد على التركيب الكيميائي للفولاذ , حيث في حالة كون الفولاذ عالي الكربون فالطور ايسلون (  $\epsilon$  ) هو الذي يتكون أما إذا كان الفولاذ واطى الكاربون فان الطور (  $\gamma$  ) هو الذي يتكون وهذا ماكداه الباحث وجماعته Calliari, I. [5].  
تمتاز الطبقة السطحية المتكونة بصلاقتها وبوجود العناصر السبائكية التي تتحد مع النايتروجين او الكربون لتكوين نتريدات وكاربيدات حيث تصل الصلادة للفولاذ المنخفض الكاربون بين (HV 300-400) وللفولاذ السبائكي (HV 700-1000) ان النترودكرينة تجرى عند درجة حرارة (°C 530-600) وان عمق الطبقة المتكونة يتراوح بين (0.2-1 mm) اعتماداً على التركيب الكيميائي للمعدن الأساس وزمن المعاملة .

#### مواد وطرق العمل

#### 1- اختيار المعدن metal selection:

تم اختيار فولاذ منخفض الكربون 1020 وفق ( AISI ) على شكل قضيب بقطر (12mm) وان تحليله الكيميائي مبين في الجدول (1) حيث تم إجراء التحليل الكيميائي في

وفي نفس الوقت يجب أن يكون ذا مقاومه عالية للكلال , وقد سعى العديد من الباحثين وأجريت الكثير من الدراسات لغرض تحسين البنية المجهرية لزيادة الصلادة وخاصة في السطح مع الاحتفاظ بمتانة القلب وتم اختيار طرق التصليد السطحي ( النتردة ، الكرينة والكاربونترده) لمحاولة الحصول على خواص أفضل للمعدن عما هو عليه وتعد هذه العمليات من الطرق الشائعة وذلك لتوفر متطلباتها وكفاءتها . و تعتبر الناتروكرينة من المعاملات الحرارية التي يتم فيها اشباع سطح الفولاذ بالعناصر الانتشارية (كاربون، نترودجين) في الحالة الذرية والتي يتم الحصول عليها من تكون بعض المركبات وملاستها سطح الفولاذ لتكوين روابط كيميائية بعملية الامتصاص ثم تغلغلها داخل الفولاذ بعملية الانتشار .

ان عملية الناتروكرينة تجرى على الأجزاء الفولاذية مثل الصمامات (valves) واذرع التوصيل لمكبس عمود المرفق connecting rods, الحدافات في محركات السيارات , أدوات القطع وقوالب التشكيل. و تطبق الأسس الميتالورجية لعملية الناتروكرينة لغرض السيطرة على العملية وتحديد الطبقة المتكونة (الطبقة الانتشارية البيضاء) من انتشار النترودجين في الفولاذ . ان الأطوار التي نحصل عليها من انتشار النترودجين في سطح الفولاذ هي نتريد الحديد ( $Fe_4N$ ) في حديد ( $\gamma$ ) بنسبة تصل إلى 6% وكذلك ( $Fe_3N$ ) في حديد ( $\epsilon$ ) بنسبة تصل إلى 11% حيث تكون هذه الأطوار الطبقة السطحية البيضاء وسميت بالبيضاء لمحافظةها على لونها بعد المعاملة المحلولية للاظهار باستخدام النييتال شكل (1) [2]. لقد تناولت العديد من البحوث العلمي

عملية التسخين لمدة ساعة واحدة بعدها سحبت من الفرن ووضعت العينات في الماء .

## 2- الكرينة السائلة : Salt Bath Carburizing

ان الية الكرينة السائلة تضمنت وضع الاملاح بالنسب المئوية المبينة ادناه في بودقه من الفولاذ المقاوم للصدأ وتم تسخينها الى درجة حرارة (500°C) لصهر الاملاح بعدها سخنت العينات في فرن اخر عند درجة حرارة (150°C) للتخلص من الرطوبة ، ثم سحبت البودقه ووضعت عينات المجموعه C من الجدول رقم 2 وهى داخل سله سلكيه اعدت لهذا الغرض وتم رفع درجة حرارة البودقه الى 950°C لمدة ساعه سحبت بعدها العينات وغمرت بالماء مباشرة لغرض التقسيه وبعدها اجريت عمليه مراجعه عند درجة حرارة 150°C لمدة ساعه للتخلص من الاوستنايت المتبقى .

24% سيانيد الصوديوم

5% سيانيد البوتاسيوم

10% كاربونات الصوديوم

## 3- عمليه نترده سائله تتبعها عمليه كرينه nitrocarburizing

أجريت على مجاميع العينات بالرمز D المبينة في الجدول (2) حيث تضمنت نترده سائلة مشابهة للعملية التي أجريت على مجاميع العينات بالرمز B من نفس الجدول بعدها اتبعتها كرينة سائلة مشابهة لعملية الكرينة التي أجريت على مجاميع العينات بالرمز C .

وقد تمت العمليه وفق الخطوات التاليه:

1-تسخين المعدن الى درجة حرارة 350°C لمدة نصف ساعه للتأكد من نظافة العينات وجفافها والتبريد البطيئ لمدة ساعه .

شركة نصر العامة للصناعات الميكانيكية وبجهاز (ARL Spectrometer).

## 2- تصنيع العينات:

تم تصنيع عينات اختبار البلى الالتصاقى اسطوانية الشكل بأبعاد (20\*10 mm) لغرض اختبارها على جهاز البلى الالتصاقى Pin on disk .

## 3- تصنيف العينات:

بعد الانتهاء من عملية التصنيع تم تصنيف العينات إلى مجاميع وكما مبين في الجدول (2).

## 4- المعاملات الحرارية السطحية

### 1- النترده السائلة: Salt Bath Nitriding

تمت عملية النترده السائلة على مجموعة العينات ( B ) المبينة في الجدول (2) حيث تضمنت عملية النترده ما يأتي :

1- تهيئة وسط النترده من الأملاح المبينة أدناه وبالنسب الوزنية إزائها

- 61% سيانيد الصوديوم

- 24 % كلوريد الصوديوم

- 15 % كربونات البوتاسيوم

تم وضع الأملاح أعلاه في بودقة مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ , ثم وضعت في فرن عند درجة حرارة (550°C) بهدف صهر المكونات قبل إدخال العينات, رافقت عملية صهر المكونات عملية تسخين العينات في فرن آخر درجة حرارته (150°C) للتخلص من الرطوبة العالقة وتجنب الفرقعة التي تسببها الرطوبة في حالة وضعها داخل المنصهر حيث علقت في أسلاك فولاذية شعيرية , ثم سحبت البودقة الحاوية على الاملاح المنصهرة من الفرن و تم وضع العينات المسخنة داخلها (معلقة في المنصهر) وتم إعادتها إلى الفرن حيث استمرت

4- تصوير البنية المجهرية بواسطة  
المجهر المبرمج نوع  
Advanced Polarizing Dark –  
field  
Metallurgical Microscope MTj  
Corporation

وان صور البنية المجهرية للعينات (A-B-  
(C-D) مبينة في الشكل (2)  
اختبار الصلادة: تم اجراء فحص الصلادة العيانية  
على مجموعة العينات في الجدول رقم  
(2) بواسطة جهاز فحص الصلادة بطريقة ريكول  
Recwelc (Frank 147/N Cm) بواسطة  
مخروط من الماس زاويه رأسه 120 ° وحمل  
150Kg وأخذت ثلاث قراءات واعتمد المعدل  
وان نتائج الفحص مبينه في الجدول رقم (4)  
الصلاده الدقيقه:

تم قياس الصلاده المايكرويه على مجاميع  
العينات (B-C-D) في الجدول رقم (2) من  
خلال تسليط حمل 100gm. ولفتره زمنييه 20  
sec. ويتحرك الحمل مسافات عرضيه (0.1  
mm) وذلك باستخدام جهاز الصلاده نوع  
(Micrometer USA) ، حيث تم حساب  
الصلاده من القانون التالي:

$$Hv = 1.854 \frac{p}{d^2(av)}$$

حيث ان

Hv-صلاده فيكرز Kg/mm<sup>2</sup>

d<sub>av</sub> – معدل قطر الاثر (mm)

p- القوه المسلطه (Kg)

وان نتائج الاختبار موضحه با الشكل (3)

ثالثا-اختبارات البلى: اجري اختبار البلى  
الالتصاقى على جهاز اختبار البلى من نوع Pin  
on Disk لكل من الظروف التاليه:

2- تسخين العينات في منصهر المحلول الملحي  
لمدة ساعة الى درجة حرارة 580 °C والتبريد  
السريع بالماء.  
3- اعاده تسخين العينات الى درجة حرارة  
150°C لمدة ساعة والتبريد البطئ بالهواء  
للسماح للاطوار بالتحول .

المحلول

38% سيانيد الصوديوم

30% كاربونات الصوديوم

10% سيانيد البوتاسيوم

10% كاربونات البوتاسيوم

الاختبارات والفحوصات

أولاً - فحص حيود الأشعة السينية X – ray  
diffraction

تم إجراء فحص الأشعة السينية بواسطة  
جهاز حيود الأشعة السينية X – ray  
diffraction على مجموعة العينات ( B , C ,  
D ) من الجدول (2) وان نتائج الفحص مبينة  
في الجدول (3) بهدف الحصول على الأطوار  
التي حصلنا عليها بعد المعاملات الحرارية  
السطحية ومذكورة بالتسلسل حسب نسبة كل طور  
تنازليا .

ثانيا-اختبار البنية المجهرية

تم إجراء فحص البنية المجهرية على  
مجاميع العينات في الجدول (2) حيث تم إجراء  
عملية تحضير للعينات وفق الخطوات التالية :-

1- تنعم العينات بورق تنعيم ذي الأرقام )

(220 – 320 – 600 – 800 – 1000).

2- صقل بواسطة قماش صقل مع مساعد

صقل الومينا Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

3- محلول إظهار للبنية بواسطة النيتال

(2% حامض HNO<sub>3</sub> مع 98% كحول

مثيلي) .

بينما أظهرت نتائج فحص الصلادة المايكروية إلى ارتفاع قيم الصلادة لمجاميع العينات (B, C, D) بعد اجراء عملية نترده، كرينه، ناتروكرينه اذ بلغت صلادة العينات المنترده (HV500) وكان عمق الطبقة السطحية المصلده 0.5 mm والعينات المكرينه C كانت صلاقتها (HV600) وعمق الطبقة المصلد 0.85 mm أما مجموعة العينات بعد نترودكرينه D قد بلغت صلاقتها (HV800) وعمق الطبقة السطحية المصلده بلغ (1.2 mm) بسبب وجود شبكة كاربيدية  $Fe_3C$  في أرضية من الفولاذ مع شبكة نتريدات كما مبين في الشكل (2) وهنا جاء دور التصليد السطحي في زيادة عمق الطبقة السطحية المصلده وما يتفق مع رأي الباحثين [4,5].

وقد اظهرت نتائج معدل البلى لعينات المجموعة (A) زيادة في المعدل بزيادة الحمل المسلط بسبب زيادة التشوه اللدن Plastic deformation والحاصل عند قمة النتوءات السطحية مما يؤدي إلى زيادة مساحة التلامس الحقيقية بين السطحين المنزلقين اذ ان عملية التصاق النتوءات لسطحيه (التلامس) تعتمد اعتماداً كبيراً على مقدار الحمل المسلط فعندما يكون الحمل قليلاً فإن الاتصال يحصل فقط عند اعلى قمم من النتوءات السطحية لذلك سوف يكون ضعيفاً لأنه اثناء الانزلاق تتكون طبقة رقيقة من الاوكسيد تعمل بمثابة غشاء سطحي واق (Protective Surface Film) يغطي أسطح الانزلاق مما يؤدي الى قلة حصول التلامس ما بين السطحين المنزلقين ومنع حصول الاتصال المعدني المباشر ما بين نتوءات السطحين وبهذا سوف تكون القوة المطلوبة لقص وفصل الترابط الحاصل ما بين نتوءات السطحين

1- حمل ثابت مقداره Kg 1.5 وسرعه ثابتته (7.1 M/Sec) وزمن متغير (30,20,10) دقيقة وان النتائج مبينة في الشكل (4)  
2- حمل متغير (1, 1.5, 2.5) Kg وسرعة ثابتة (7.1) M/Sec وزمن اختبار ثابت (10) Sec و النتائج مبينة في الشكل (5)

3- اختبار البلى الالتصاقى عند حمل ثابت 1.5 kg سرعه متغيره (7.1,5.6,2.5) (m/min) وزمن ثابت 10 Seconds والنتائج مبينة في الشكل (6).

#### النتائج والمناقشة

من نتائج الفحص المجهرى الشكل (2) تبين ان البنية المجهرية للفولاذ المنخفض الكربون والممثل بعينات المجموعة A مكونة من حبيبات طوري الفرايت والبرلايت وأوضح الفحص المجهرى وفحص الاشعة السينيه لعينات المجموعة B (المنتد نترده سائلة) ان السطح عبارة عن نتريدات الحديد  $Fe_3N$  ولعمق معين ، أما القلب فكان عبارة عن الفرايت والبرلايت ، بينما اظهر الفحص المجهرى للعينات C المكرينه كرينه سائلة انه عبارة عن شبكة من السمنتايت تختفي عند التوغل الى داخل العينة مما يدل على ان الطبقة السطحية قد تشبعت بالكربون ولعمق معين ، اما القلب فيكون من طوري الفرايت والبرلايت حيث يكون مماثل لعينات المجموعة A (المعدن الاساس). اما عينات المجموعة D فكانت البنية المجهرية متكونه من كاربيدات الحديد ونتريدات الحديد وهذا ما أظهرته نتائج الفحص بحيود الاشعة (x - ray) والجدول (3) وصور البنية المجهرية في الشكل.

- Terntev M. S. Michugina ISSN 1392 – 1207 Mechanika 2007
- [3] I. Calliari, M, Dabala, E, Ramous, M, Zanesco, E, Glanotti "the behavior of decarburized layers in steel nitriding".2005
- [4] James R. Easterday, P.E. " Liquid Ferritic Nitro carburizing " NITROMET email [Bradford@kolene.com](mailto:Bradford@kolene.com) (2005)
- [5] Franjo Cajnor, Darko Landek " Improvement of properties of steels applying Salt Bath Nitro carburizing with Post Oxidation" Zag reb croutia – 2003 .
- [6] Marianne Kurz, Edith tinger" Forming of Nitride Layers in the Nitro carburizing of Engine Values" magazine Praktische Metallographic practical Metallography 36 (1999)
- [7] James R.Esterday P.E.(Liquid ferritic Nitrocaburizing) NIROMET email :Bradford kolene 2005.
- [8] Peter Jurevi, Frantisek Hnilica, Jan Suchanck, Pavel Stolar, "Microstructural Features of Cr-V Ledeburitic Steel Substrate with Nitrogen" (2004).
- [9] D.M. Fabijanic, GL, Kelly, J, Long, P, D, Hodgson, Anitocarburing and low-Temperature thromising duplex surface Deakin University School Of Engineering and Technology 2005,.
- [10] Technical report 1/1999 properties of nitrated components A result of the material and nitriding process. Rainer Leppanen.
- [11] Wear resistance for steel parts and wear resistant coatings Burlington info @ burling toneng. Com 1/2/2008
- [12] Electroplating from wikipedia , the free encyclopedia 06/01/2008 .

أقل من قوة ترابط ذرات المعدن نفسه وبالتالي ينتج عن ذلك انخفاض معدل البلى كما مبين في الأشكال (4) و (5) و (6) أما عند زيادة الحمل المسلط فيحدث تكسر لغشاء الأوكسيد وذلك بسبب هشاشيتها إذ يحدث تفتيت خارج السطوح الانزلاقية المحتكة لكل من العينة والقرص أثناء عملية الانزلاق مما يؤدي إلى حصول اتصال معدني (Metallic Junction) قوي فيما بينها يجعل القوة المطلوبة لقص نتوءاتها المتصلة أعلى من قوة ترابط ذرات معدن العينة نفسها مما يؤدي إلى خلع وفصل دقائق معدنية من سطح العينة مؤدية بالنتيجة إلى زيادة معدل البلى ويتضح من الشكل (11) حصول البلى الأوكسيدي عند الأحمال القليلة والتحول من آلية البلى الطري Mild wear إلى البلى الشديد Severe wear [12,11].

#### الاستنتاجات

- 1- ساهمت المعاملة السطحية المزدوجة التردد السائل ثم الكرينة السائله في زيادة الطبقة السطحية المصلدة بسبب تكوين أطوار مزدوجة من نتريدات وكاربيدات الحديد ذات الصلادة العالية مما حسن من مقاومة البلى الالتصاقى.
- 2- جميع المعاملات الحرارية السطحية (كرينة، نتردة، ناتروكرينة ) ساهمت في زيادة عمق الطبقة السطحية المصلدة وبأعماق مختلفة.
- 3- معدل البلى الالتصاقى يتناسب طردياً مع الحمل المسلط وعكسياً مع الصلادة السطحية.

#### References

- [1] Metallographic preparation of rided and nitrocarbured components www. Struers . com 10/10/2006 .
- [2] The effect of nitriding on Fatigue strength of structural alloys V.F.

جدول رقم (1) التحليل الكيميائي للمعدن المستخدم 1020

العنصر	V%	Cu%	Mo%	Cr%	Ni%	Si%	S%	P%	Mn%	C%
القيمة الفعلية	0.002	0.022	0.054	0.024	0.004	0.019	0.014	-	0.65	0.169
القيمة القياسية	-	-	-	0.05	-	-	-	-	0.4 – 0.65	0.14-0.22

جدول (2) تصنيف عينات الاختبار

رمز العينة	حالة العينة
A	معدن أساس بدون تعامل
B	نتردة سائلة
C	كرينة سائلة
D	نتردة سائلة + كرينة سائلة

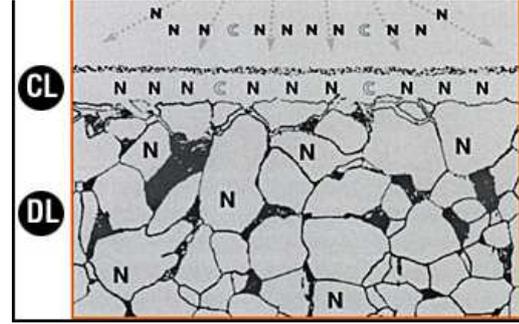
جدول (3) نتائج الفحص بالأشعة السنوية

رمز العينة	الطور Phas.
B	FeN + Fe <sub>3</sub> N + Fe <sub>4</sub> N
C	Fe + FeC + Fe <sub>3</sub> C
D	Fe <sub>2</sub> N + Fe <sub>3</sub> C + Fe <sub>2</sub> C

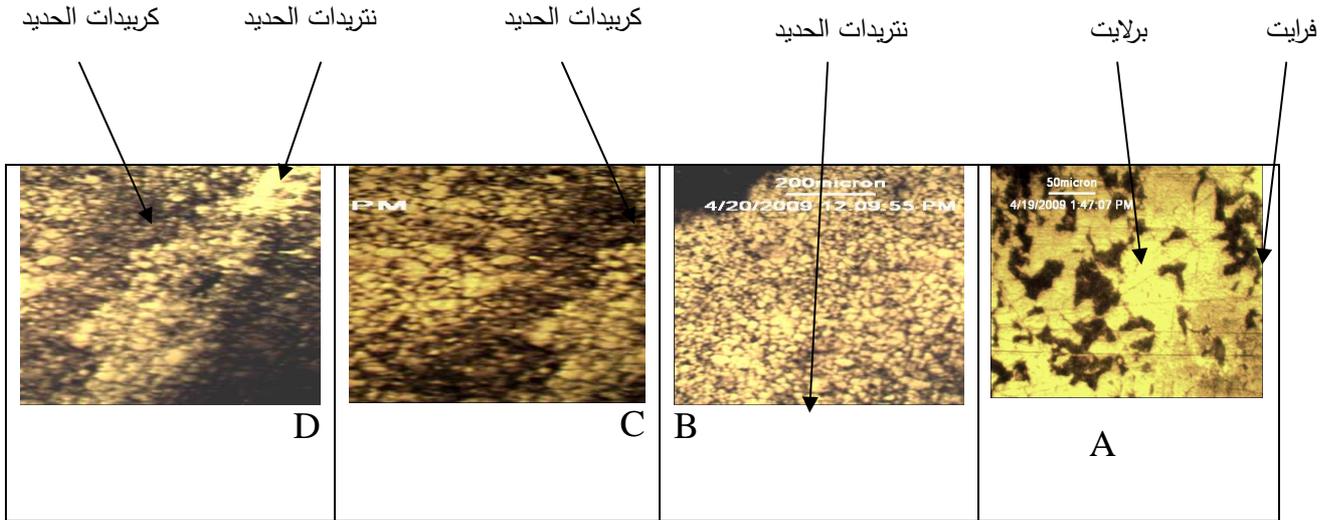
جدول (4) نتائج الصلادة العيانية Macrohardness

رمز المجموعة	HRC
A	18
B	51
C	54
D	56

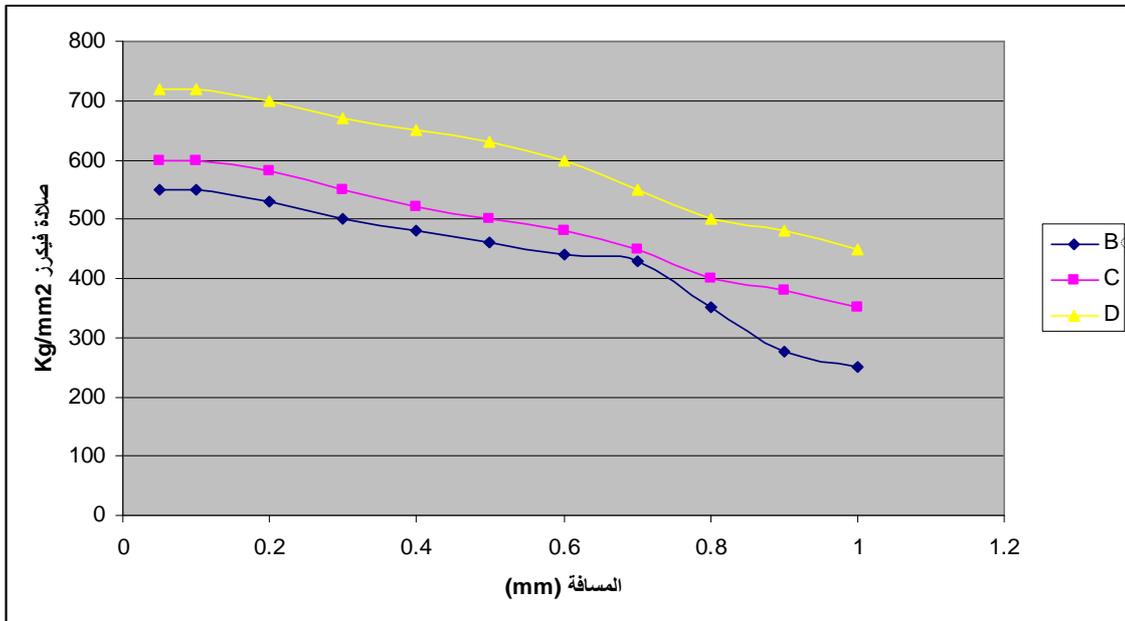
تكوين طبقة نتريدات  
انتشار النيتروجين مع الفولاذ



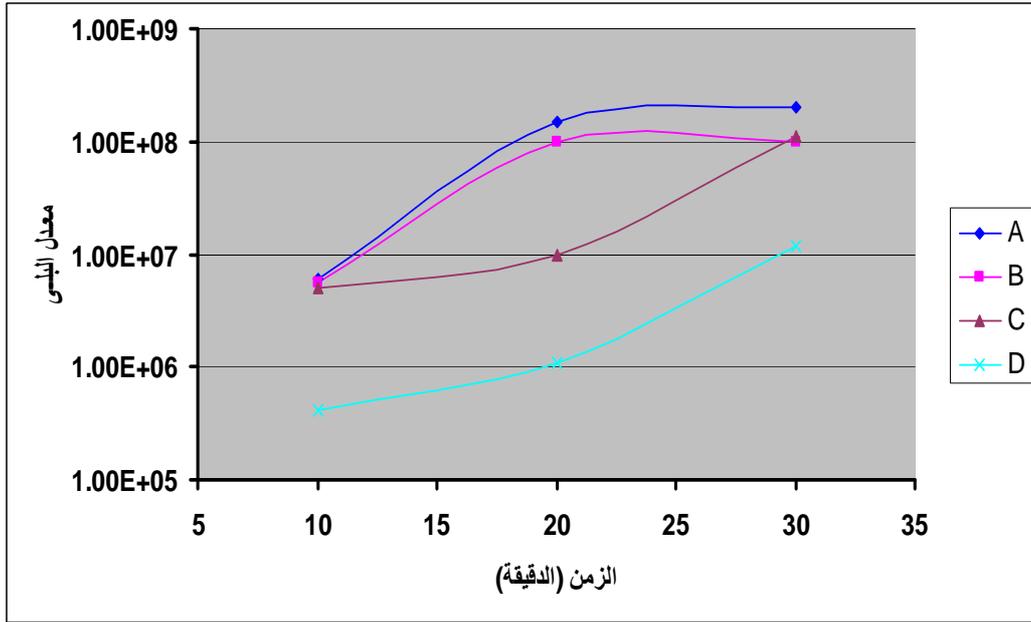
شكل (1) يبين انتشار النيتروجين في الفولاذ [2]



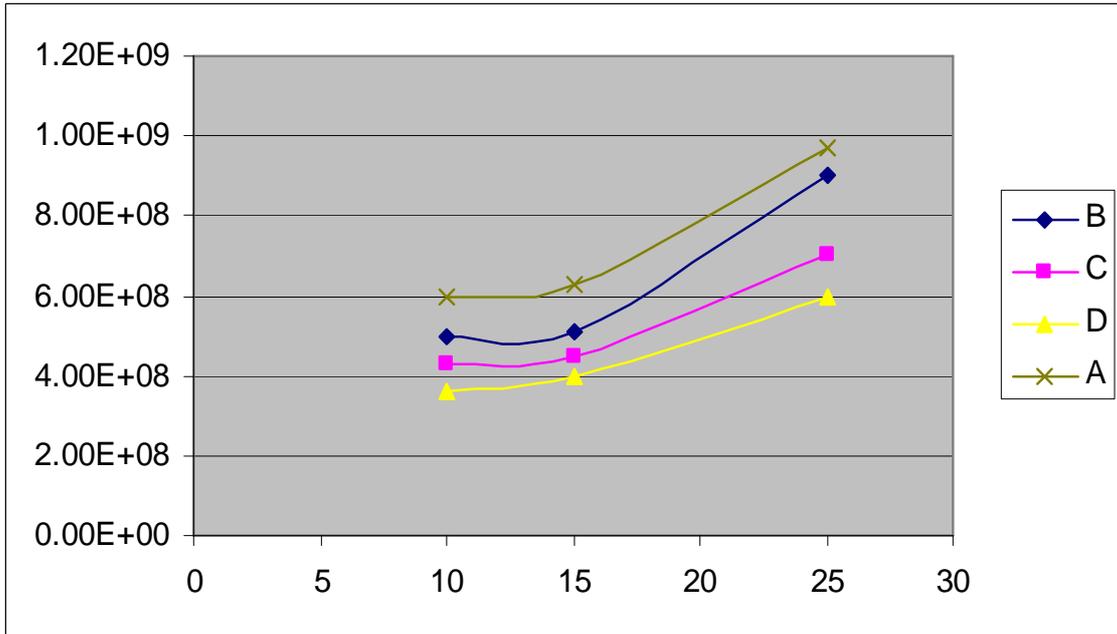
شكل (2) صور البنية المجهرية للعينات (A-B-C-D) بقوة تكبير 40X



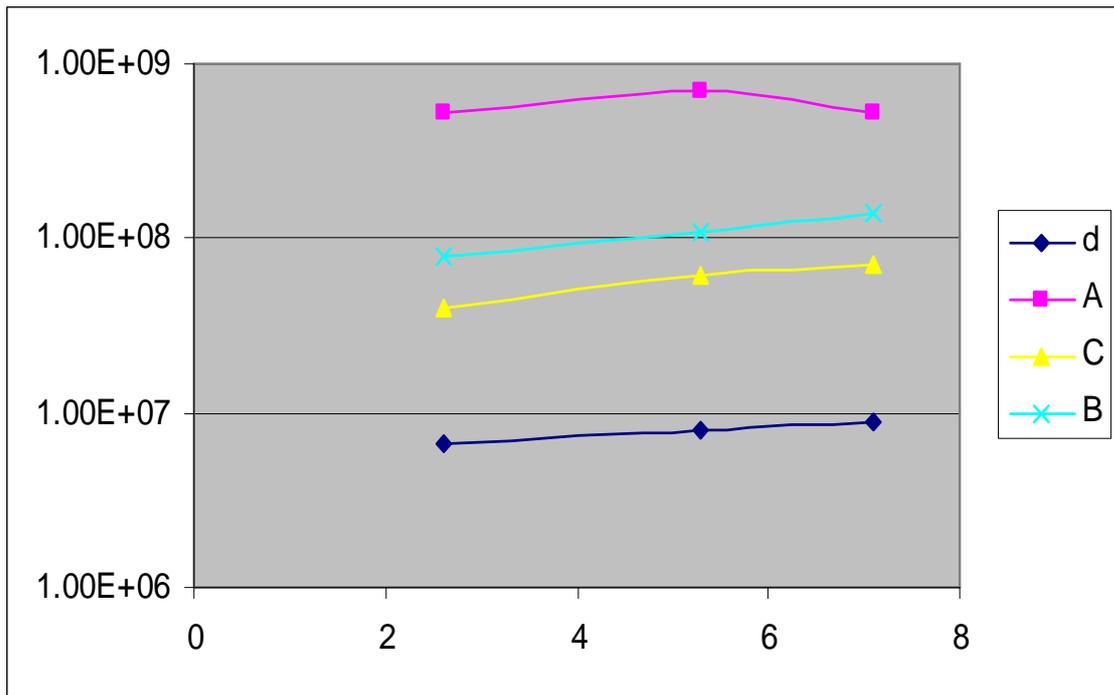
شكل (3) يبين نتائج فحص الصلادة المايكروية Microhardness



شكل (4) يبين نتائج اختبار البلى الالتصاقى عند زمن متغير وسرعة وحمل ثابت



شكل (5) نتائج اختبار البلى الالتصاقى عند حمل متغير



شكل (6) نتائج اختبار البلى الالتصاقى عند سرع متغيرة