دراسة عملية النتردة لعينات مطلية بالكروم بطريقة الترسيب

د.امين دواي ثامر* م.م ايمان عدنان عنون * مهدي مطر حنون*

الاستلام 2007/3/29
القبول 2007/7/5

الخلاصة

اجريت في هذا البحث عملية النتردة على عينات من الفولاذ السبائكي نوع(Nitralloy135) التي تم طلائها قبل المعاملة بالكروم بطريقة الترسيب,فقد تم في هذه المعاملة اجراء الفحوصات و الاختبارات اللازمة و المتمثلة باختبار عمق الطبقة و الصلادة و التركيب المجهري وكانت نتائج الاختبارات اننا قد حصلنا على عمق طبقة منتردة مناسب وهو (0.45) ملم عند زمن نتردة (90) دقيقة. فقد تم استخدام ازمان نتردة مختلفة تزايد مع زيادتهاعمق الطبقة المنتردة . كذلك كان لعنصر السبك (الكروم) تاثيره, اذامكن من خلال استخدامه زيادة عمق الطبقة المنتردة و تقليل الزمن .كما اظهرت عملية النتردة التغير الذي حصل في التركيب المجهري ,فقد تم الحصول على عينة منتردة ذات سطح ناعم و متجانس وكذلك اطوار الفولاذ المتكونة ثابتة .

اما بالنسبة للخواص الميكانيكية فقد تحسنت الصلادة عند درجة حرارة النتردة (550° م)اذ علاوة على كانت اعلى صلادة حصلنا عليها عند تلك الدرجة وهي(1000HV) بالاضافة إلى ذلك تحسنت الخواص الميكانيكية الاخرى التي هي (Tensile Stress, Yield Point, Elongation) كما موضح في جدول الخواص. وبذلك نكون قد حصلنا على عينة مصلدة وبخواص جيدة وهذا ماكان الهدف منه في هذا البحث .

Abstract

In this paper nitriding is performed on (Nitralloy135) alloyed steel which is coated with chromium before heat treatment. Tests and inspections were preformed like coated layer depth and hardness .The result show that nitriding layer depth increases with nitriding time. Max. Layer depth is (0.45) mm with nitriding time (90) min. , when chromium is added to the alloy the nitriding depth layer increased with time decrease, and also in micro structure test shows fine and uniform structure and stable steel phases.

As for mechanical properties hardness was (1000HV) at (550°C), Also other mechanical properties (Tensile Stress, Yield Point, Elongation) as shown in properties table ,So we have a hard tough sample with good properties as the objective of this paper.

الجامعة التكنولوجية/قسم هندسة الانتاج والمعادن

https://doi.org/10.30684/ etj.26.2.14
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

مقدمة:-

مع تقدم العلم والتكنولوجيا, وبـالرغم مـن التطور والازدهار الذي دخل عالم الصـناعة لاتزال مشكلة تاكل(بليان) الاجزاء الميكانيكية قائمة.لذلك لا بد من ايجاد الطرائق الفعالة

لمعالجة هذه المشكلة. وواحدة من هذه الطرق هي عملية النتردة والتي تعرف بانها عمليـة اشباع سطح الفولاذ بعنصرالنيتروجين الذري الذي يتم الحصول عليه مـن خـلال تحلـل بعض المركبات كالامونيا و سيانيد الامونيوم او الصوديوم عند تفاعله مع مركبات اخرى , وهي نـوع مـن المعـاملات الحراريـة الكيميائية السطحية و التي تعتمد في اساسـها على العمليات الانتشارية [4, 3, 2, 1].

وتعرف ايضا بانها عمليـة تقسـية الطبقـة السطحية للفولاذ عن طريق إنتشارالنيتروجين في هذه الطبقة , وان سمك الطبقـة المقسـاة بالنترده يكون قليلا جدا وهو يعتمد على زمن النترده و درجة الحرارة و تركيز النيتروجين بالحالة الذرية حول الجزء المراد نتردته من الفولاذ [8,7,6,5].

تجرى النترده في درجات حرارة منخفضـة نسبيا بحدود (480-650)°م لذلك فان النتردة تكون عادة هي العملية الاخيرة فـي سلسـلة العمليات التي تجري للاجزاء المصنعة ,فكل عمليات التشـكيل و المعـاملات الحراريـة للمركز تجري قبل عملية النترده .

تجرى عملية النترده عـادة علـى الفـولاذ السبائكي ومن عناصر السبك التي تساهم في الحصول على خواص جيدة من النتردة هي الالمنيوم , الكروم , المولبـدينوم, الفنـاديوم حيث يتحد النيتروجين مع هذه العناصر فـي الطبقة السطحية من الفولاذ مكونا نتريـدات [9,8,7].

وتتحسن مقاومة البلى و التاكل عند الطـلاء لعينات الفولاذ ,اذ يقل معدل البلى للعينـات المطلية مقارنة مع العينات الغيـر مطليـة . والاختيار المناسب لمتغيرات عملية الطـلاء يساعد على تقليل العيوب و تماسـك طبقـة الطلاء وبالتالي تحسـين مقاومـة البلـى و التاكل[10,9] .

الجزء العملي :-

1- المعدن المستخدم

في هذا البحث تم اختيار معدن الفولاذ السبائكي نوع (Nitralloy 135) وذلك لاستخداماته الواسعة في مختلف التطبيقات علاوة على استخدامه في تصنيع اجزاء المكائن و الجدول رقم (1) يبين نتائج التحليل الكيميائي للمعدن المستخدم في هذا البحث .

2-عملية الطلاء بالكروم بطريقة الترسيب

تمت عملية الطلاء باستخدام محلول مكون من المكونات الاتية :-

1. 300 غم من اوكسيد الكروميـد (CrO_3) على شكل قشور ولونه اصفر ذهبي .
2. 3 غم من حـامض الكبريتيـك المركـز كثافته (1.84) وشكله شفاف عديم اللون .

ضمن الظروف الاتية.

1- التيار المستخدم هو (25) امبير/ دسم .

2- الفولتية المستخدمة هي 6 فولت .

3- زمن الطلاء 2.5 دقيقة .

3-المعاملات الحرارية

3-1 المعاملات الحرارية قبل النتردة

ان عملية النتردة تكون عـادة هـي العمليـة الاخيرة في سلسلة العمليـات التـي تجـرى للاجزاء المصنعة، فجميع عمليـات التشـكيل والمعاملات الحراريـة تجـرى قبـل عمليـة النتردة.

تتضمن المعـاملات الحراريـة الضـرورية الخطوات الاتية :-

1. تم اجراء عمليةتقسية عند درجـة حـرارة (920-940)°م ثم عملية مراجعة عند المدى (600-650) °م حيث يتحول المارتنزايـت عند المراجعة الى السوربايت.
2. تبريد العينات في الزيت.

والشكل رقم (1) يوضح المخطط الانسيابي للمعاملة الحرارية التي تم اجرائها قبل النتردة .

2-3 النتردة السائلة

اجريت عملية النتردة على عينات من (Steel-Nitralloy 135) فقد تم وضع العينات بعـد تنظيفها من الاكاسيد في فرن كهربائي وبدرجة حرارة 350°م بعد تعليقها باسلاك للـتخلص من الرطوبة وازالة الزيوت و الاوساخ علمـا بانه قد تم طلاء العينات بمادة الكروم بطريقـة الترسيب قبل ادخالها الفرن .تركـت العينـات عند درجة الحرارة المذكورة لمدة (30) دقيقة , نقلت بعدها العينات إلى فرن يحتـوي علـى مصهور النتردة السائلة و المسخن إلى درجـة حرارة (550)°م ,

ان الاملاح المستخدمة هي سيانيد الصـوديوم وكلوريد الصوديوم وكاربونـات البوتاسـيوم وبمساعدة عامل منشـط (REG1) [NH_4Cl] الذي يعجل من عملية تحرير النيتروجين الذري .

كررت هذه العملية على نفس العينات وبفترات زمنية مختلفة (90,60,30) حيث بقيت مغمورة في حوض النتردة ثم سحبت من الحوض و من ثم التبريد بالهواء .

4-الفحوصات الاختبارية

4-1 اختبار الصلادة Hardness Test

تم اجراء اختبار الصلادة بطريقة فيكرز واستخدم في هذا الاختبار اداة غرز موشورية ماسية مربعة القاعدة واستخدم حمل (2 كغم) وتم اخذ ثلاث قراءات لقطر الاثر واعتمد المعدل, وتم استخدام القانون الاتي لحساب قيمة الصلادة .

$$H_v = 1.8544 \frac{P}{d_{av}^2}$$

حيث ان :ـ

P = مقدار الحمل المسلط بلكيلوغرام

d_{av} = معدل قطر الاثر (ملم) .

Hv = صلادة فيكرز .

4-2 اختبار البلى Wear Test :

اجرى اختبار البلى الانزلاقي بطريقة التغير الوزني للعينات على جهاز البلى من نوع (pin on disk) وفق الخطواتالاتية :

1- توزن العينة قبل الاختبار باستخدام ميزان رقمي حساس ذو حساسية (0.0001g) من نوع XB220A-Precisa .
2- تحديد المتغير المراد معرفة تأثيره على معدل البلى وليكن الزمن حيث تم اختيار ثلاثة ازمان هي:Sec (30,20,10), مع تثبيت المتغيرات الاخرى (الحمل ,المسافة).
3. تثبيت صلادة القرص الفولاذي وقد وجد انها تساوي HRC=68 RC
4. تثبيت العينة المراد اختبارها بواسطة الحامل بوضع عمودي على القرص.
5. ضبط زمن التشغيل .
6. التأكد من نظافة القرص قبل البدأ بالاختبار.
7. تشغيل الجهاز لفترات زمنية مختارة مع ثبوت بقية المتغيرات .
8- ايقاف الجهاز ومن ثم وزن العينة بعد الاختبار تكرر عملية التشغيل بعد تثبيت عامل الزمن كمتغير وهو(10min) وتغيير الحمل Kg (2.5,1.5,1) مع تثبيت المسافة من مركز العينة الى مركز القرص وهي (7.1cm)، تعاد العملية مع تثبيت كل من الحمل (2Kg)والزمن (10min) وتغيير المسافة وهي cm (7.1,5.3,2.6) وقد تم حساب معدل البلى من المعادلة الاتية:

Wear-rate

$$= \frac{\Delta W}{2 \pi rnt} \quad \text{.....}$$

[11]

حيث أن:-

ΔW = الفرق في الوزن للعينة قبل و بعد الاختبار = $w_1 - w_2$

ΔW

W_1= وزن العينة قبل الاختبار gm

W_2= وزن العينة بعد الاختبار gm

$2\pi rnt$ = مسافة الانزلاق cm

r=نصف القطر من مركز العينة الى مركز القرص cm

n=عدد دورات القرص دورة/ دقيقة

t=زمن الاختبار min

4-3اختبار الاشعه السينيه X-Ray diffraction

من اجل التعرف على الاطوار التي تم الحصول عليها بعد عملية الطلاء والمتبوعة بعملية النتردة السائلة, اجريت الفحص باستخدام اشعة (X-Ray) باستخدام جهاز الفحص بحيود الاشعة السينية نوع (Philips pw1840) بواسطة هدف من النحاس بطول موجي (1.84αCuK) الذي يمر من خلال مرشح النيكل.

ونتائج الفحص موضحه في الجدول رقم(2).

4-4 فحص التركيب المجهري Microstructure Examination

اجريت عمليات التحضير لغرض فحص البنية المجهرية و كما موضح في الخطوات التاليه :ـاجراء عملية التنعيم الرطب باستخدام ورق تنعيم من كاربيد السيليكون بـــــــــــدرجات نعومـــــــــــة (1000,500,320,220,180,120) حبيبة / سم ^{2} على التوالي .

1- اجراء عملية صقل باستخدام قماش صقل مع محلول الامونيا ذي حجم دقائقي (7) مايكرون ثم قماش صقل مع معجون الماس بحجم حبيبي (3/2) مايكرون مع سائل تبريد خاص وتم غسل العينات بالماء و الكحول وجففت بعد كل مرحلة من مراحل الصقل والتنعيم .
2- تم اجراء عملية الاظهار باستخدام محلول النايتل المكون من (2% حامض النتريك المركز و 98% كحول مثيل)

3- تم استخدام المجهر الضوئي لمعرفة التركيب المجهري للعينات المفحوصة .
4- تم استخدام العينات لاغراض التصوير المجهري باستخدام مجهر الابحاث العام(Universal cameraMicroscope Research Mef$_2$, nr 360974).

النتائج و المناقشة :

1- تاثير الزمن في عمق الطبقة المنتردة

يوضح الشكل رقم (2) العلاقة بين عمق الطبقة المنتردة و زمن النتردة لعينات من الفولاذ السبائكي من نوع (Steel- Nitralloy 135) حيث تبين ان عمق الطبقة المنتردة يزداد مع ازدياد الفترة الزمنية بثبوت درجة الحرارة (550) °م ويمكن تقليل زمن النتردة من خلال اضافة عنصر سبك مثل الكروم و الموليبدينوم اللذان يساعدان على انتشار النيتروجين الذري على السطح مما يودي إلى زيادة عمق الطبقة المنتردة حيث ان عمق الطبقة المنتردة يتناسب مع كمية العناصر المضافة .

2- تاثير درجة حرارة النتردة في عمق طبقة النتردة

يوضح الشكل رقم(3) تاثير درجة حرارة النتردة في عمق الطبقة المنتردة عند زمن نتردة ثابت مقداره (30) دقيقه, حيث نلاحظ ان عمق الطبقة قد ازداد مع ارتفاع درجة الحرارة, ويعود السبب الى زيادة السرعة التي تنتشر فيها ذرات النتروجين وبذلك يكون معدل التغلغل داخل المعدن اكثر.

3-تاثير عملية النتردة على التركيب المجهري الدقيق

يوضح الشكل رقم (4) نتائج فحص البنية المجهرية للفولاذ المستخدم قبل عملية النتردة, حيث نلاحظ ان التركيب يتكون من طورين هما الفرايت و البيرلايت .

اما الشكل رقم(5)فيوضح البنية المجهرية بعد اجراء النتردة وبدرجات حرارية مختلفة (550-600 حيث لوحظ ان البنية تتكون من نتريدات الكروم (Cr_2N) وكاربيدات الكروم الصادة على السطح مع نتريدات الحديد.

اما الفلاب فيكون من البيرلايت و الفرايت قبل اجراء أي معاملة حرارية وكما موضح في الشكل رقم(6) وهو مشابه لعينة الفولاذ قبل النتردة .ويظهر تأثير درجة الحرارة من خلال التحسن الظاهر في نعومة السطح وتجانسه مع زيادة درجة الحرارة , كذلك من خلال ثبوت اطوار الفولاذ المتكونة .

4-نتائج قياس الصلادة المجهرية بطريقة فيكرز

الشكل رقم (7) يوضح تغيرقيم الصلادة مع درجة حرارة النتردة ونلاحظ ان الصلادة قبل اجراء المعاملة (النتردة) كانت واطئة قيمتها (350HV) عند عمق (0.45) ملم , وعند اجراء النتردة بدرجة (550) °م اظهرت النتائج ان قيمة الصلادة تبلغ (1000HV) عند العمق نفسه اما عند درجة حرارة (600) °م نجد ان قيمة الصلادة تقل إلى (900HV). وبرفع درجة الحرارة إلى قيمة اعلى بحدود (650) °م تظهر النتائج انخفاض اخر في قيمة الصلادة إلى قيمة (800HV) , يحدث هذا لانخفاض في قيم الصلادة عند ارتفاع درجة الحرارة لان الترسيب سوف يكون اقل مع ارتفاع درجة الحرارة .

من خلال هذه العملية حصلنا على اعلى صلادة بلغت (1000HV) عند (550) °م وكذلك تحسنت الخواص الميكانيكية الاخرى و المتمثلة ب(Y.P,T.S,Elong) و الموضحة في جدول رقم (3)

5- نتائج اختبار البلى

الشكل رقم (8) يوضح تاثيرزمن الاختبار على معدل البلى للمعدن الاساس والمعدن بعد عمليتي الطلاء و النتردة, حيث نلاحظ من الشكل نقصان معدل البلى مع زيادة الفترة الزمنية بعد عمليتي الطلاء و النتردة وكان التحسن بمعدل5 مرات

اما في الشكل رقم (9) يوضح تاثير السرعة على معدل البلى للمعدن الاساس والمعدن بعد عمليتي الطلاء و النتردة, حيث نلاحظ من الشكل نقصان معدل البلى مع زيادة السرعة بعد عمليتي الطلاء و النتردة وكان التحسن بمعدل 3 مرات .

ويعزى سبب التحسن إلىاطوار طبقة الطلاء التي تتكون من نتريدات وكاربيدات الكروم مع نتريدات الحديد الصادة التي تودي إلى زيادة صلادة طبقة الطلاء و بالتالي إلى تحسين الخواص الميكانيكية وبالتالي مقاومة البلى

الاستنتاجات

1. اظهرت نتائج الفحص بحيود الاشعة السينية(X-Ray diffraction) الى تكوين كاربيدات ونتريدات الكروم بعد عمليتي الطلاء والنتردة السائلة .
2. يزداد عمق الطبقة المنتردة مع زيادة الفترة الزمنية للنتردة و يمكن زيادة عمق الطبقة من خلال اضافة عنصر

سبك مثل الكروم والتي تتناسب كميتها مع عمق الطبقة المنتردة تقلل زمن النتردة .

3. ان اجراء التقسية والمراجعة بدرجات عالية جدا يكون افضل لتهيئة المعدن لعملية النتردة
4. يتكون قلب العينة المنتردة من (فرايت+برلايت)وهو مشابه لبنية الفولاذ بدون تعامل حيث لايحدث تغيير في قلب العينة الا باستخدام درجة حرارة عالية جدا وهذا قد يودي احيانا إلى تلف او انصهار العينة .
5. يتحسن التركيب المجهري من حيث النعومة وتجانس وثبوت للاطوار (اطوار الفولاذ) المتكونة مع زيادة درجة الحرارة .
6. تزداد الصلادة عند درجة حرارة النتردة(550)م^{o} لتصل اعلى مستوياتها عند تلك الدرجة ولكنه عند زيادة درجة الحرارة اكثر من ذلك يؤدي إلى تقليل الصلادة
7. ظهور تحسن في الخواص الميكانيكية والمتمثلة ب (Hardness Y.P, T.S, Elong) عند اجراء عملية النتردة .
8. ابدت العينات المطلية بالكروم والمتبوعة بنتردة سائلة مقاومة بلى انزلاقي افضل من خلال الحصول على معدل بلى قليل مقارنة مع المعدن الاساس عند دراسة ازمان وسرع انزلاق متغيرة كعامل مؤثر على معدل البلى .

المصادر

1- ديفنز , د.ج , 69 , اوليمات , ل.ا . , " المعادن بنيتها و خواصها و معاملاتها الحرارية" ترجمة د. جعفر طاهر الحيدري و عدنان نعمة , الجامعة التكنولوجية , بغداد , 1989

2- د. عبد الرزاق اسماعيل خضر , د. عويد الراوي , " المعاملات الحرارية للمعادن الحديدية و اللاحديدية", مطبعة التعليم العالي 1989 .

3- Handbook ASM , Vol.(4)9rd edtion 1988 “Heat Treatment”

4-, Dr. Hans-Jaocaim, Technology in the heat treatment.

5-Bolton,W., ”Engineering Materials Technology”,3rd edtion 1998.

6-د. امين دواي " دراسة التصليد السطحي للعدد و الادوات و المسننات باستخدام المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية " مجلة الهندسة و التكنولوجيا , 1999 .

7- د. امين دواي " مقارنة بين نتردة و كربنة فولاذ سبائكي" مجلة التقني , العدد (12) , 1998

8 Galvane -E- Ho, Borgioli F.* , F.P. Galliano , Bacci T. “Improvement of wear and corrosion resistance of RPS Ti-TiN Coating by means of thermal oxidation” Surface and coating technology , 2006.

9- Jisen wang*, Guosong Zhang, Jinquan Sun, Ying Bao, Lichen Zhaung ,Hong Wen .”Low temperature nitriding of medium carbon steel “ Vacuum 80(2006) 855-859.

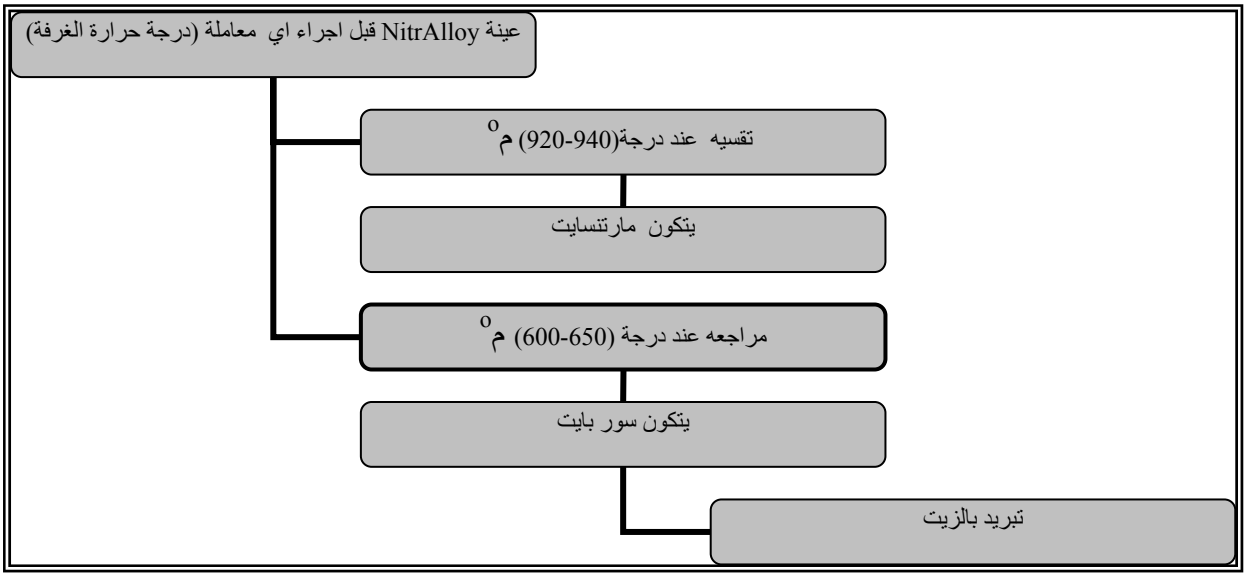
10- Kazuhiro Nakata a* , Wataru Yamauchi b , Katsuya Akam-atsu b , Masao Ushio a “ Plasma nitriding behavior of low carbon binary alloy steel “ Surface and Coating Technology p.(174-175) (2003)1206-1210.

11. د.نوال عزت , د. منى خضير" دراسة تاثير اضافة الالومينا على قابلية التصليد بالتشتيت لسبائك الالمنيوم – نحاس " مجلة الهندسة والتكنولوجيا , مجلة 23 , عدد 6 .(2004)

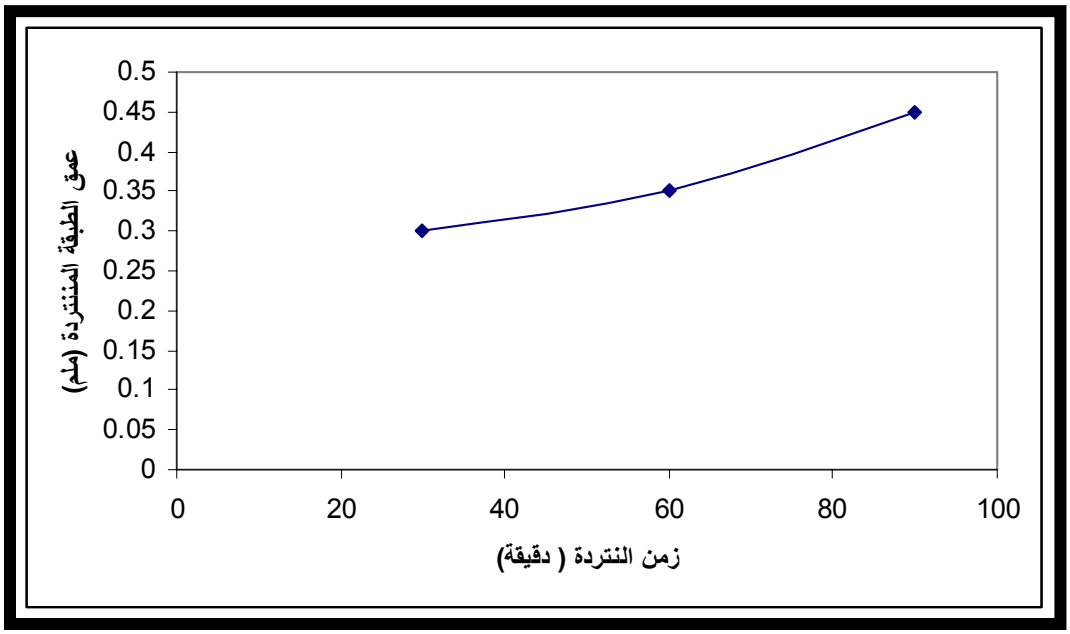
جدول رقم (1) يوضح نتائج التحليل الكيميائي للفولاذ السبائكي

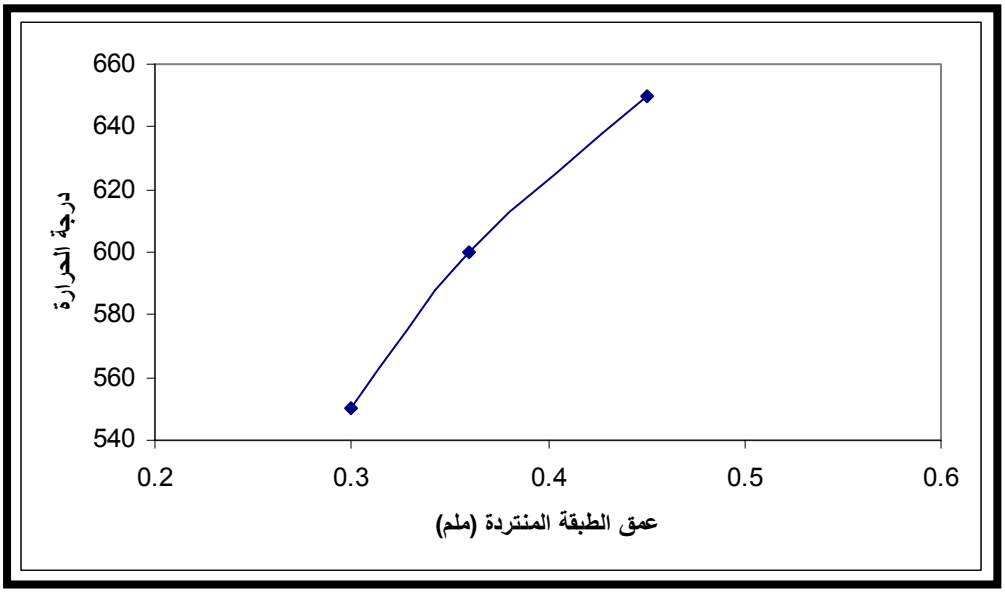
C	Mn	Si	Cr	Mo	Al
0.42	0.55	0.30	1.6	0.38	1.0

(Steel-Nitralloy 135)



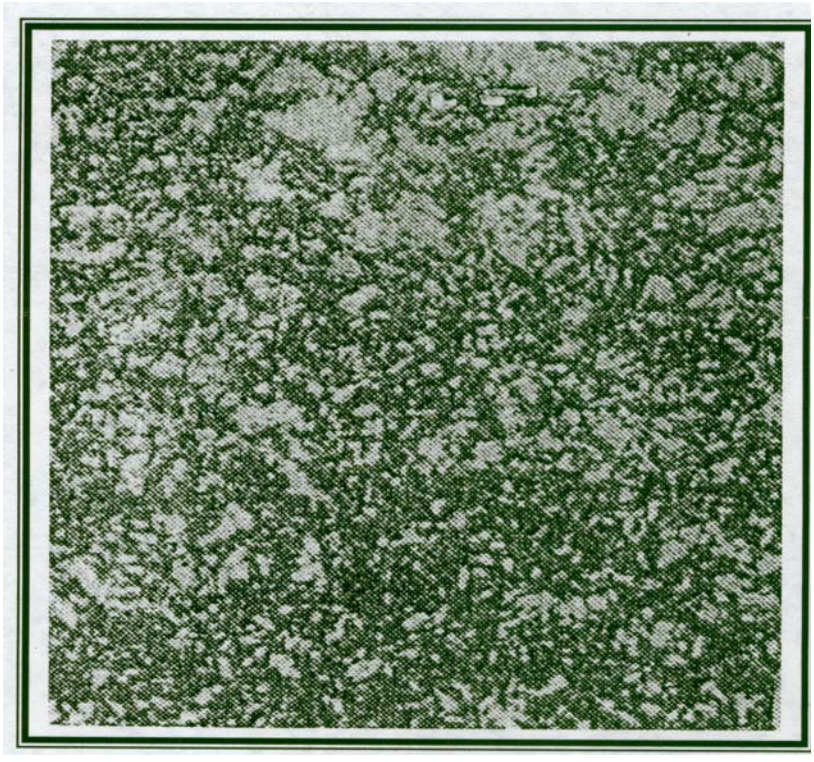
شكل (1) يوضح المعاملة الحرارية قبل اجراء النتردة

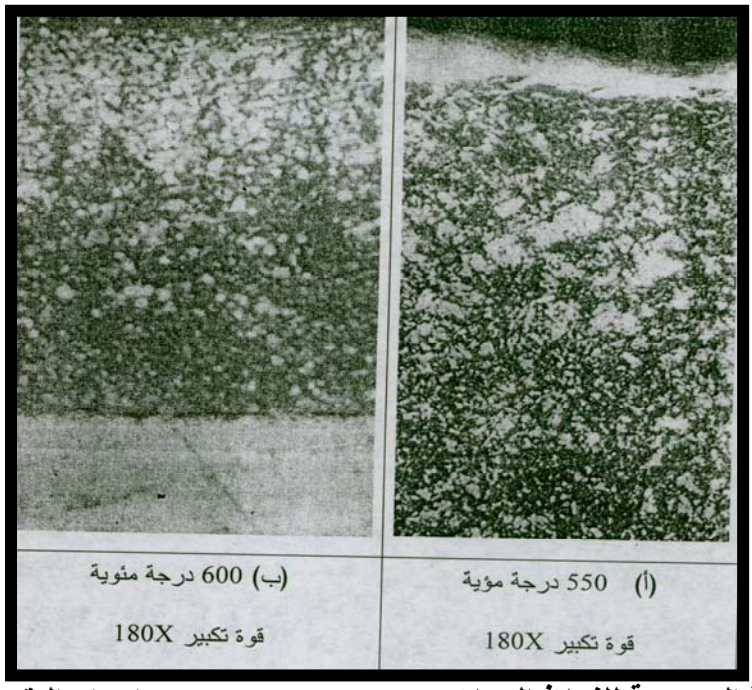




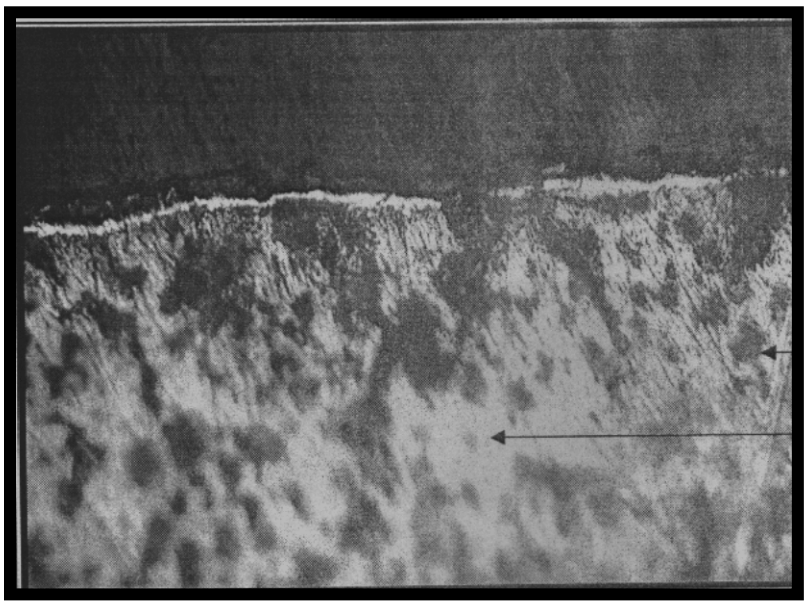
شكل (2) يوضح العلاقة بين عمق الطبقة المنتردة و زمن النتردة عند درجة حرارة نتردة 550 م^{o}

شكل(3) يوضح العلاقة بين عمق الطبقة المنتردة ودرجة الحرارة.

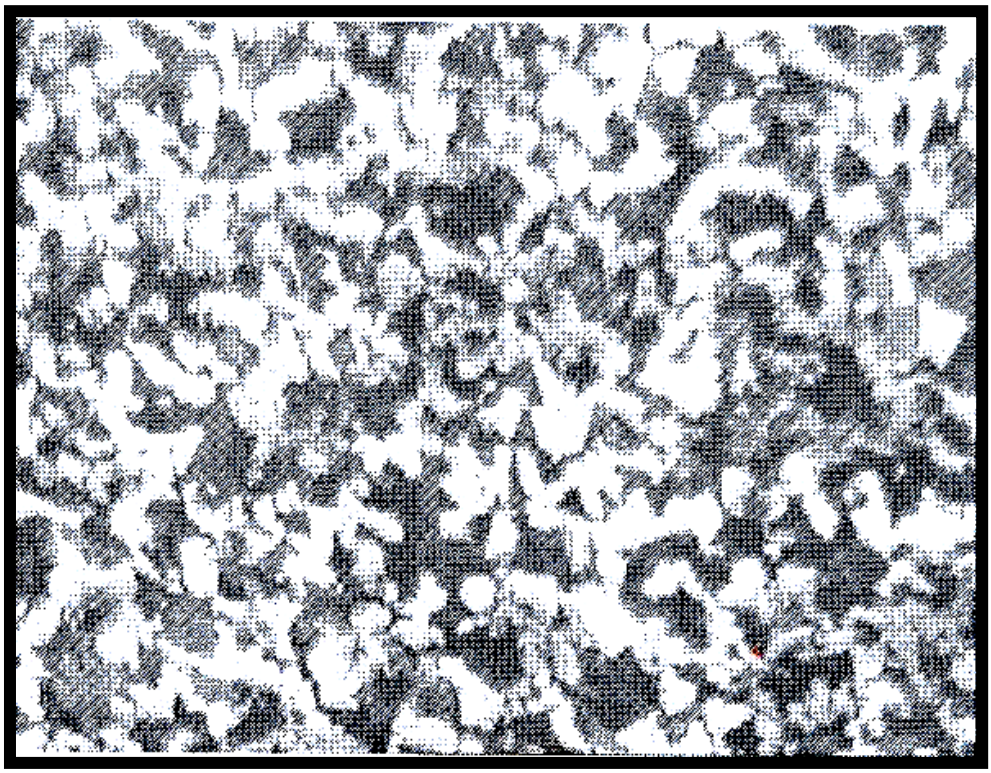




شكل (4) البنية المجهرية للفولاذ السبائكي (135Nitralloy)بعد اجراء التقسية والمراجعة وبقوة تكبير 180X

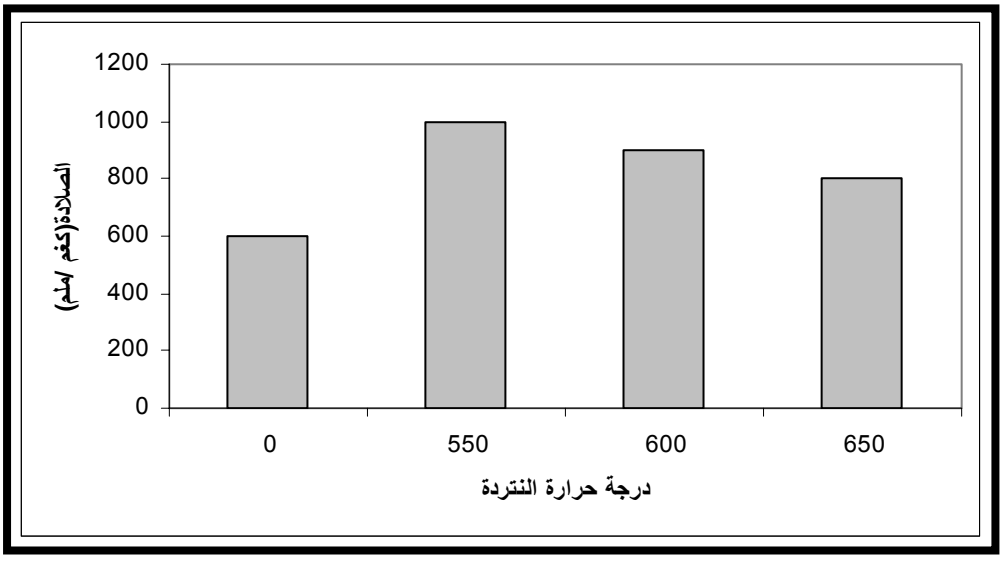


(ج) 550 ◦م
قوة التكبير 12.5 ×
شكل (5) البنية المجهرية للفولاذ السبائكي عند درجات حرارية مختلفة



شكل رقم (6) يوضح البنيه المجهرية قبل اجراء اي معامله حرارية

قوة التكبير X12.5

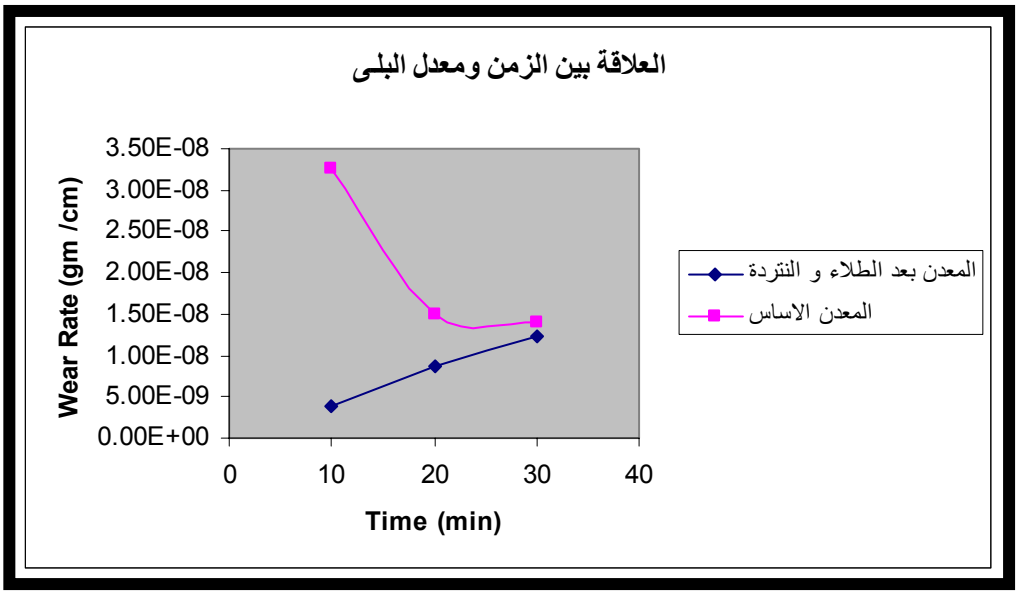


شكل رقم (7)مقارنة بين قيم الصلادة ودرجة حرارة النتردة

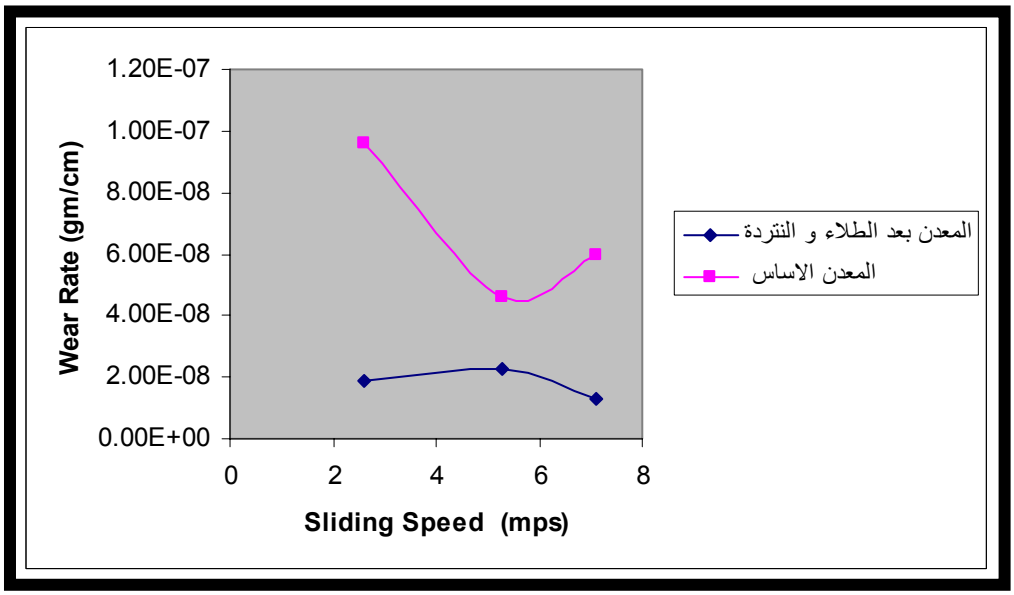
جدول رقم (2) يوضح نتائج فحص الاشعه السينيه بعد عمليتي الطلاء و النتريده

2θ(degree)	dm(nm)	ds(nm)	Phase
44.3	2.040	2.05	$Cr_{23}C_6$
75.6	1.255	1.256	$Cr_{23}C_6$
82.0	1.173	1.170	$Cr_{23}C_6$
51.2	1.779	1.68	$Cr_{23}C_6$
70.5	1.332	1.333	$Cr_{23}C_6$
62.6	1.481	1.48	$Cr_{23}C_6$
44.3	2.040	2.04	Cr_7C_3
70.5	1.332	1.33	Cr_7C_3
53.3	1.715	1.71	Cr_7C_3
64.3	1.445	1.44	Cr_7C_3
42.2	2.136	2.10	B-Cr_2N
37.6	2.386	2.38	B-Cr_2N
68.1	1.373	1.38	B-Cr_2N
44.1	2.048	2.04	Fe_3N
44.3	2.040	2.03	α-Fe
82.0	1.173	1.17	α-Fe
85.9	1.129	1.1293	Fe_3N
64.3	1.445	1.43	α-Fe

.



شكل رقم(8) يوضح تاثير الزمن في معدل البلى .



شكل رقم (9) يوضح تاثير السرعة الانزلاقية في معدل البلى.

Steel	Nitriding . Temp (C◦)	Y.P MPa	T.S MPa	Elong% (cm)
Nitralloy 135 قبل عملية النتردة عينة مقساة ومراجعة	-	840	1000	304.8
بعد عملية النتردة	550	966.735	1581.93	381
بعد عملية النتردة	600	843.696	1406.16	508
بعد عملية النتردة	650	724.1724	1617.084	584.2

جدول رقم (3)يوضح تأثير عملية النتردة في الخواص الميكانيكية