The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.11, No.3, 2011

تأثير درجه حرارة المراجعة على معدل البلى لفولاذ $100Cr_6$

د.خنساء داوود الشمري – د.اسيل باسم الزبيدي- خالد عبد الحسن

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير التقسية بالزيت ثم إجراء المراجعة عند درجات حرارية180°C و 400°C على معدل البلى لفولاذ $100\ Cr_6$.

وقد استخدمت تقنيه المسمار على القرص لقياس معدل البلى عند تسليط أحمال مختلفة وفترات انزلاق مختلفة مع تثبيت سرعه الانزلاق (2.199m\sec) وصلادة القرص الفولاذي 45HRC.

وقد أظهرت النتائج ان معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط والفترة الزمنية للانزلاق.وكذلك اظهرت النتائج ان العينه المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة400°C ذات مقاومه بلى أعلى بالمقارنة مع العينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجة حرارة 180°C.

Effect of Tempering Temperature on Wear Rate of Steel $100Cr_6$

Dr.khansaa D.Al-shamari -Dr.Aseel Bassim Al-zubaydi-Khalid Abdul Al-hassan

Abstract

This research aims to study the effect of quenching by oil with tempering at 180°C and 400°C on wear rate of $100Cr_6$ steel. A pin-on-disc technique was used to measure wear rate at different loads and different sliding times with constant sliding speed(2.199m\sec)and the hardness of steel dise was 45HRC.

The results show that the wear resistance of the specimen quenched by oil and tempered at 400°C was more than the specimen quenched by oil and tempered at 180°C.

المقدمه

إن التطور الرئيسي للتقسية جاء في النصف الأول من القرن العشرين.وتعد التقسية الصحيحة الجزء المهم جدا" في المعاملات الحرارية[1]. وكذلك تعد واحده من أهم المنجزات في تاريخ المجتمع الإنساني وواحدة من أساليب التقنية ألحديثه للمعاملات الحرارية لغرض تغير خصائص المعدن وتحسين مقاومه البلى والتآكل [2] .أما المراجعة فهي المعاملة الحرارية التي تهدف الى تحسين خواص الصلب المقسى وذلك بالتسخين الى درجه حرارية اقل من AC1 والتثبيت عند تلك الدرجة لفترة مناسبة ثم التبريد بالهواء لغرض تقليل الاجهادات الداخلية الناتجة عن التقسيه والحصول على مرونة ومتانة عاليتين[3,4] .

في هذا البحث تم استخدام سبيكة الفولاذ $100Cr_6$ لأنها تعتبر من السبائك ذات التطبيقات الواسعة في صناعة العدد والأجزاء الفعالة للقوالب [5].

هناك العديد من الدراسات والبحوث المنشورة في مجال استخدام أوساط التقسية ثم المراجعة من تحسين الخواص الميكانيكية ومقاومه التآكل والبلى. فقد قام الباحث الجبوري وآخرون (1990)[6] بدراسة تأثير المعاملات الحرارية كالمعادلة والتصليد والمراجعة على الخواص الميكانيكية لصلب العدة للقطع السريع نوع(R18) بأستخدام اوساط تبريد مختلفه (هواء ساكن ،ماء،زيت)وقد توصل الباحث الى ازدياد مقاومه الشد ونقصان الاستطالة النسبية عند التصليد في درجة حرارة 900°C ثم المراجعة عند درجة حرارة 650°C . كذلك عدم وجود فرق في صلادة النماذج المبردة بالزيت ومراجعتها بسبب احتواء السبيكه على نسبه عالية من عناصر (V,Cr,W) والتي تسبب في انخفاض في معدل التبريد.

اما الباحث رجب(1995) [7] فقد قام بدراسة" تأثير التقسية المضاعفة على السلوك الميكانيكي للصلب الثنائي الطور المنخفض الكاربون من قبل المراجعه وبعدها "وقد تمت دراسة تأثير التقسية المضاعفة بواسطه الماء على صلب ثنائي الطور منخفض الكاربون بدرجه حرارة1000°C ثم التسخين بدرجة حرارة 760°C والمراجعة بدرجات حرارية °C (480,460,440,420,400) على الخواص الميكانيكية ،حيث اوضحت نتائج البحث ان التقسية المضاعفة تزيد من مقاومه الخضوع والشد والصلادة على حساب النقصان في قابلية التشكيل والمتانة.كذلك لوحظ ان المتانة وقابلية التشكيل تزداد مع زيادة درجة حرارة المراجعة بينما تنخفض مقاومة الخضوع والشد والصلادة.

بينما قام الباحث عدنان وآخرون(2004)[8]بدراسة" تأثير معايرة محلول الكليسرول كوسط تقسية " ثم تم استخدام محلول الكليسرول كوسط تقسية لفولاذ CK_{45} ولوحظ ان سلوك هذا المحلول عند تركيز 0.05-0.5%مشابه لسلوك البوليمرات.وان المواصفات الميكانيكية للاجزاء المقساة في المحلول الذي لايزيد تركيزه عن1%تضاهي المواصفات الناتجة عن الأوساط التقليدية الاخرى.

يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير التقسية بالزيت ثم المراجعة عند درجات حرارية180°Cو400°C على معدل البلى لفولاذ $100Cr_6$.

الإجراءات العملية

1- **اختيار المعدن**

ان الفولاذ المستخدم في هذا البحث هو فولاذ سبائكي نوع $100Cr_6$ حسب المواصفات الالمانية (DIN) ذات الرقم القياسي 1.2067[4] .الجدول رقم (1) يوضح التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم.

جدول رقم (1):التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم

العنصر%	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
القيمة القياسية	1.05	0.40	0.23	0.016	0.009	1.7	0.07	0.03	0.17
القيمة الفعلية	0.95-1.1	0.25-0.45	0.15-0.35	0.03	0.03	1.35-1.65	---	----	-----

اجري التحليل الكيميائي بأستخدام جهاز المطياف نوع THERMO ARL3460-0E SPECTROMETER.

2- المعاملة الحرارية

تم تسخين العينات لدرجة حرارية850°C والتثبيت ثم التبريد في الزيت مع التحريك للحصول على معدل تبريد ابطأ وكذلك المجانسة وتقليل التشوهات في العينات المقساة.بعد ذلك اجريت عملية المراجعة وقد تمت عند درجات حرارية180°Cو400°C لمدة ساعة ثم التبريد في الهواء .أجريت المعاملات الحرارية (التقسية والمراجعة) باستخدام فرن كهربائي.

3- قياس الصلادة

تم تحضير العينات التي تم تقسيتها ومراجعتها فيما بعد لغرض اجراء فحص الصلادة .اذ اجريت عملية التنعيم الرطب بالماء وذلك بأستخدام ورق تنعيم بدرجات مختلفة 1000,500,320,220.ثم اجريت عملية الصقل باستخدام قماش صقل خاص مع محلول الالومينا ومن ثم غسلها بالماء والكحول وتجفيفها. بعد ذلك تم اختبار الصلادة الماكروية باستخدام جهاز قياس الصلاده المحمول Portable من انتاج شركة Equotip السويسرية الذي يعطي قيمة الصلادة مباشرة ثم تحويلها الى صلادة برينل باستخدام جداول خاصة.

4- الفحص المجهري

تم الفحص المجهري باستخدام محلول الاظهار النايتل (Nital) والذي يتكون من (98%كحول+2%حامض النتريك المركز) وذلك بغمر العينة لفترة 4sec – 3 ثم غسلها بالماء والكحول .وقد اجري التصوير باستخدام مجهر ضوئي مزود بكاميرا وحاسوب.

5- اختبار البلى ألانزلاقي

استخدم جهاز البلى الانزلاقي الجاف نوع Pin-on-disc لغرض إجراء اختبار البلى. ويتكون الجهاز من محرك كهربائي يدور بسرعة دورا نية ثابتة 420r.p.m .وقد تم الاختبار على مرحلتين :المرحلة الأولى يتم فيها تغيير الأحمال 5N ,10, 15 ,25,20 عند سرعة انزلاق ثابتة m\sec 2.199 وزمن انزلاق 30 min . بينما المرحلة الثانية فتتم بتغير زمن الانزلاق 10,5 min, 15

30, 25, 20, عند سرعه انزلاق ثابتة 2.199 m\sec وحمل ثابت20 N ، وصلادة القرص الفولاذي 45 HRC .عينات البلى المستخدمة في البحث بطول20mm وقطر 10mm.

تم حساب معدل البلى للعينات المستخدمة في البحث بعد المعاملة الحرارية بالمراجعة باستخدام الطريقة الوزنية.اذ تم حساب وزن العينة قبل وبعد الاختبار باستخدام ميزان رقمي حساس 0.0001 gm من نوع(Mettler AE 60) .وقد تم حساب معدل البلى بتطبيق المعادلة التالية[9] .

$$\text{Wear Rate}(W.R)=\Delta W\backslash S_D \ (gm\backslash cm) \quad (1)$$

$$\Delta W=W_1-W_2(gm) \quad (2)$$

$$S_D = 2\pi.r.n.t(cm) \quad (3)$$

حيث ان:

W.R= معدل البلى(gm\cm)

ΔW= التغير في وزن العينة(gm)

W_1= وزن العينة قبل الاختبار (gm)

W_2= وزن العينة بعد الاختبار(gm)

S_D = مسافة الانزلاق (cm)

r = نصف قطر مركز الدوران (5cm)

n = السرعة الدورانية للقرص (420 r.p.m)

t = زمن الانزلاق (min)

النتائج والمناقشة

1- مناقشة البنية المجهرية

بما ان نسبة الكاربون اكثر من 0.8% فالفولاذ $100Cr_6$ فولاذ فوق اليوتكتويدي. ويبين الشكل (1) البنية المجهرية للعينات قبل وبعد المعاملة الحرارية، الشكل(A-1) البنية المجهرية للعينة قبل المعاملة الحرارية. الشكل(B-1) يبين البنية المجهرية للعينة بعد اجراء التقسية بالزيت ، حيث ادى التسخين الى الحصول على طور الاوستنايت بينما البنية الناتجة عن التبريد بالزيت فهي عبارة عن ماتنزايت وكربات سوداء من كاربيد الكروم واوستنايت متبقي. بينما الشكل (C-1)فيبين البنيه الناتجة عن التقسية بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة°C 180ثم التبريد في الهواء حيث يكون التركيب الناتج عبارة عن مارتنزايت مع وجود شبكة من الاوستنايت المتبقي وجسيمات من الكاربيدات المترسبة وهذا النوع غير مرغوب فيه لظهور الهشاشية التي تقلل من مقاومة البلى.اما الشكل(D-1) فيوضح البنية المجهرية الناتجة عن التقسية بالزيت ثم المراجعة عند درجة حرارة°C400 حيث يكون التركيب عبارة عن مارتنزايت وانفصال الكاربيدات عن

المارتنزايت حيث تتحلل الكاربيدات عند التسخين في أرضية المارتنزايت وكلما ارتفعت درجه الحرارة تذوب الكاربيدات عند التسخين في الاوستنايت مما ينتج عن ذلك زيادة في مقاومة البلى.

2- مناقشة تأثير الحمل المسلط على معدل البلى

يوضح الشكل (2)العلاقة مابين الحمل المسلط ومعدل البلى للعينة الاساس بدون أي معاملة حرارية والعينات المقساة بالزيت ثم المراجعة عند درجات حرارة180°Cو 400C° ثم التبريد بالهواء.اذ تم إجراء الاختبار عند أحمال مختلفة هي 5 N, 10, 15, 20 , 25وسرعة انزلاق ثابتة 2.199 m\sec، ويلاحظ من الشكل ان زيادة الحمل يؤدي الى زيادة معدل البلى حيث يتحول البلى من الطري الى البلى الانتقالي ثم البلى الشديد وهذا يعود الى التشكيل اللدن الذي يحدث عند قمم النتوءات السطحية للعينة مما يؤدي الى زيادة كثافة الانخلاعات وبالتالي حدوث تصليد انفعالي . وعند زيادة الحمل الى25N ينتج عنه تكوين شقوق صغيرة في سطح العينة ومن ثم تلتقي هذه الشقوق مع بعضها البعض او مع خطوط البلى بسبب أزاله طبقات رقيقة من المعدن التي تزال بسهولة باتجاه الانزلاق لتكوين حطام البلى (Debries) [10] .ونلاحظ من هذا الشكل ان معدل البلى للعينه المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة180°C اقل مما هو عليه للعينات الاخرى وهذا يعزى الى ان كميه الاوستنايت المتبقي ادت الى تقليل درجه الحرارة الناتجة عن الاحتكاك مابين العينة والقرص وبالتالي تقليل معدل البلى[11] ،كذلك وجود طور كاربيد الكروم وهو طور صلد مقاوم للحك والبلى.

الجدول رقم(2)يوضح قيم الصلادة الماكروية للعينة الاساس والعينات المقساة بالزيت والمراجعة عند درجات حرارة 180°C و 400C°.

جدول رقم (2):يبين نتائج اختبار الصلادة

No.	Specimen	HB(Kg\mm^2)
1	العينة الأساس	198
2	العينة المقساة بالزيت	501
3	العينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة 180 °C لمدة ساعة	370
4	العينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة 400°C لمدة ساعة	242

من الجدول رقم(2) نلاحظ زيادة قيمة الصلادة للعينة المقساة بالزيت بسبب تكون المارتنزايت وتكوين الكاربيدات المترسبة،يتبعها انخفاض في قيم صلادة العينات المقساة بالزيت والمراجعة

حيث تكون قيمة الصلادة للعينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة400°C اقل مما هو عليه للعينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجة حرارة180°C بسبب تحلل الكاربيدات عند التسخين وبالتالي زيادة الصلادة.

3- مناقشة تأثير زمن الانزلاق على معدل البلى

يوضح الشكل رقم(3) العلاقة مابين معدل البلى وزمن الانزلاق 5min ,10 ,15 ,20, 25 ,30للعينة الاساس والعينات المقساة بالزيت والمراجعة عند درجات حرارة180°Cو 400°C .

نلاحظ من الشكل ان زيادة في معدل البلى تكون قليلة وثابته تقريبا مع زيادة زمن الانزلاق وهذا يعزى الى دور التقسية بالزيت الذي يؤدي الى زيادة صلادة السبيكة وكذلك حدوث ظاهرة الاصلاد الانفعالي الناتجة عن عمليه البلى .ومع زيادة زمن الانزلاق يزداد معدل البلى لان زيادة زمن الانزلاق ينتج عنه ارتفاع درجه حرارة السطح وهذا مايو ضح حصول عملية التحول في البلى الالتصاقي مثل الذي يحدث عند زيادة الحمل.ويوجد سبب اخر هو تسطح نتوءات السطحين ومن ثم الحصول على اسطح ذات خشونة اقل حيث يؤدي ذلك الى تسهيل عمليه الانزلاق وبالتالي تقليل معدل البلى[12] .كما ان احتمالية تكون الاكاسيد اثناء عمليه الانزلاق بسبب ارتفاع درجه الحرارة وارد ايضا"مما يساعد على عدم زيادة معامل الاحتكاك اذ تعمل هذه الاكاسيد كمادة مزيته ومن ثم الثبوت على حاله الاستقرار[13].

نلاحظ من الشكل ان معدل البلى للعينه المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة 180°C اقل مما هو عليه للعينه الأساس بدون معاملة حرارية والعينة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارية400°C،وهذا يرجع الى ان صلادة العينه المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة 180°C اكبر مما هو عليه للعينه المراجعة عند400°C لان زيادة الصلادة تؤدي الى تقليل معدل البلى ولكن لاتوجد علاقة عامة تربط مابين الاثنين على الرغم من وجود بحوث عديدة لتحديد تلك العلاقة[11].

4- مناقشة طبوغرافية أسطح البلى

يوضح الشكل (4) طوبوغرافية اسطح البلى للعينات المستخدمة في البحث عند تسليط حمل مقداره 20N وسرعة انزلاق ثابتة 2.199m\sec بعد مرور 30min .ونلاحظ خطوط بلى واضحة وتكون عريضه وعميقه مع وجود شقوق كبيرة وصغيرة وكذلك حفر وظهور بعض حطام البلى على سطح العينه الاساس بدون أي معاملة حرارية وذلك بسبب التشوه اللدن كما موضح في الشكل(4-A) .

بينما السبيكة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة180°C فنلاحظ أن خطوط البلى تكون رفيعه ورقيقة بسبب تسخين العينه وتبريدها بالهواء الذي ادى الى ترسيب كاربيدات بالاضافه الى طور الماتنزايت وشبكه من الاوستنايت المتبقي مما ينتج عن ذلك تقليل معدل البلى كما في الشكل(4-B). اما السبيكة المقساة بالزيت والمراجعة عند درجة حرارة400°C فتكون خطوط البلى ناعمه جدا"مما يؤدي الى نعومه سطح البلى بسبب ارتفاع درجه الحرارة عند المراجعة ومن ثم تكوين طبقة اوكسيدية تعمل كمزيت ذاتي مما يؤدي الى تقليل معدل البلى بالاضافه الى زياده صلاده الطبقة السطحية والتي بدورها تقلل من الاحتكاك والبلى في المرحلة الاولى من مراحل البلى وعندما تمس العينة القرص الدوار[15,14]كما في الشكل(4-C).

الاستنتاجات

1- يزداد معدل البلى مع زيادة الحمل المسلط وزمن الانزلاق عند ثبوت سرعه الانزلاق وصلادة القرص الفولاذي.

2- معدل البلى للسبيكة المقساة بالزيت والمراجعه عند درجه حرارة 180°C اقل مما هو عليه في حاله السبيكه الاساس والسبيكه المقساة بالزيت والمراجعه عند درجه حرارة 400° C.

3- ادت المراجعه عند درجه حرارة 180° C الى زيادة الصلادة مقارنه مع السبيكة المراجعة عند درجه حرارة 400° C.

References

1-David Haisman, "Quenching media "Internet. Sit.http :\\www. Sweethaven .com, academic\ Lessons quench media,2006.

2- ترجمه د.رأفت القوصي، نوفيكوف و.م زاخاروف"المعاملة الحرارية للمعادلة والسبائك"،دار مير للطباعه والنشر ،موسكو،الاتحاد السوفيتي،1972.

3-American Society of Metals ,Hand Book,Vol.4,Heat treatment,1985.

4-STALSCHLüSSEL,"Key to steel" .MARBACH, West Germany,2001.

5-K.E.Telining,"Steel and its Heat Treatment "second edition ,Sweden , 1992.

6-الجبوري ،خضير جاسم،هاشم كاظم الجواهري ،معن يحيى الحمداني ،"تأثير المعاملات الحرارية على خواص صلب العدة للقطع السريع نوعR18 "، مجله التقني،السنه الثالثة،العدد السابع،صفحة (15- 36) ، بغداد1990 .

7- رجب مصطفى احمد"تأثير التقسية المضاعفة على السلوك الميكانيكي للصلب الثنائي الطور المنخفض الكاربون قبل المراجعة وبعدها"،مجله التقني والتكنولوجيا،المجلد الرابع عشر، العدد السابع،1995.

8- عدنان نعمه عبود،رائد كاظم،احمد قاسم، "معايرة محلول الكليسرول المستخدم كوسط تقسية"، مجلة التقني،المجلد السابع عشر، العدد الأول ، صفحه (9 - 22)،2004.

9-T.S.Eyer ,British Foundaryman, Vol.70,p.349,1977.

10-ASTM,"Metals Test Method and Analytical Procedure ",Vol.05.02 , 1989.

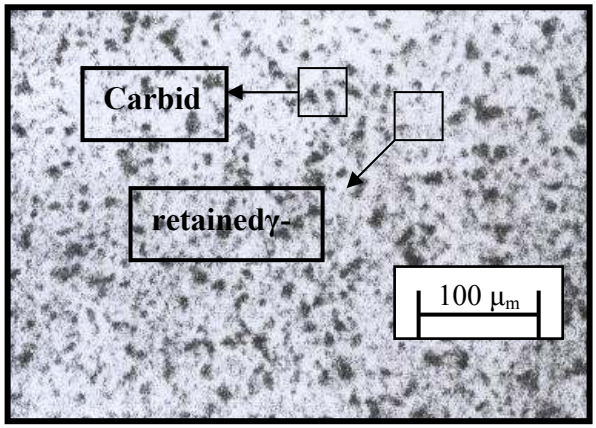
11-A.R.Lansdown and A .L.Price, "Materal to Resist Wear,(A guide to their selection and uses)" ,Pregamon Press Ltd,1986,p(5-10).

12-D.A.Rigney,"Fundamentals of Friction and Wear of Materials" ,American Socity For Metals ,Metals Park,Ohio,1981, p(374-377).

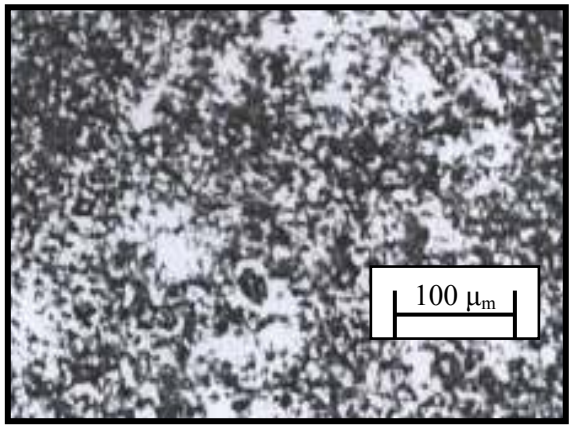
13-E.Rabinowicz,Wear,100(1984) ,533- 541

14-Mikell P.Groover,"Fundamentals of Modern Manufacturing Materials Processes and System" ,JohnWiley and sons Inc. 1999.

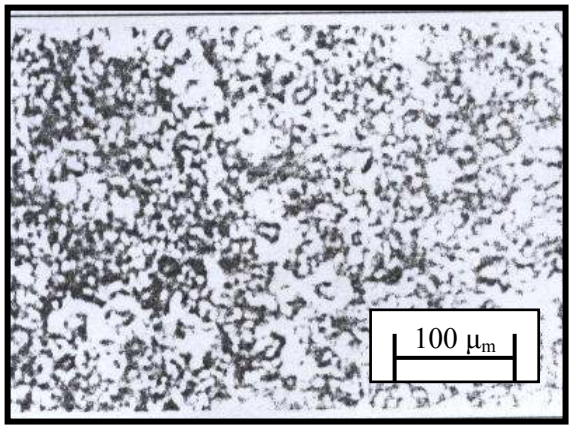
15.S.wilson,A.TAlpas,"Wear Mechanism Maps for MMc", wear 212,p(41-49),1997.



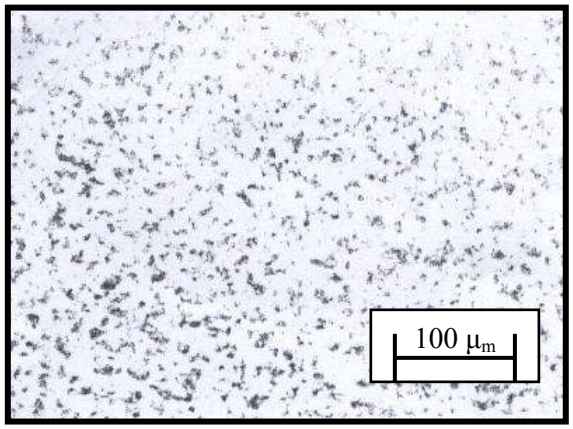
الشكل(1-B) العينة بعد التقسية بالزيت



الشكل(1-A) العينة قبل المعاملة الحرارية

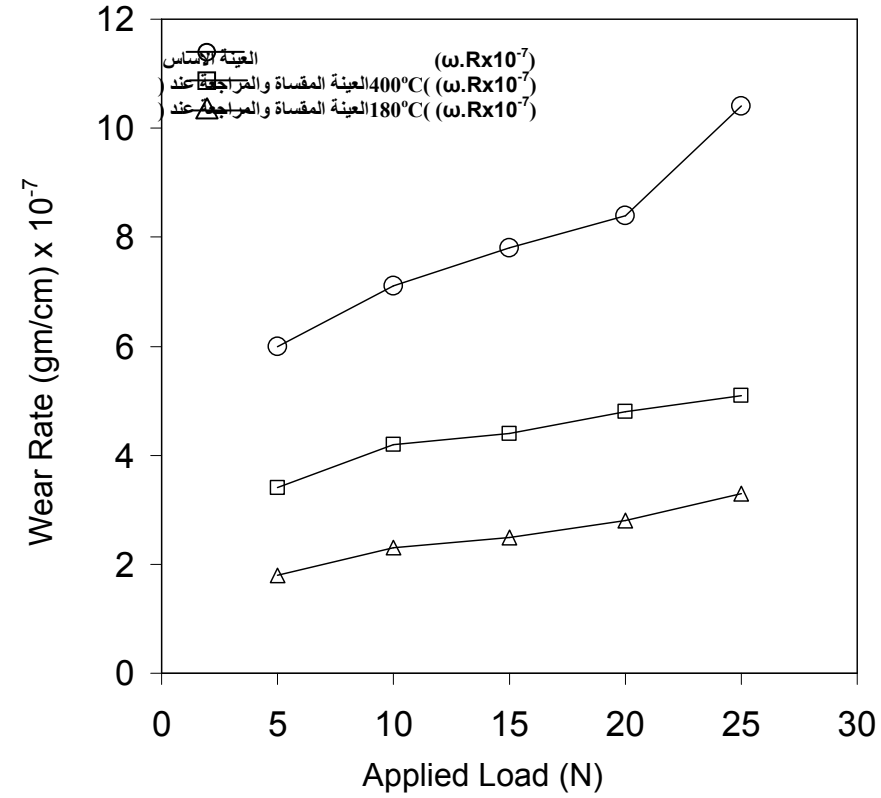


الشكل(1-D) العينه بعد التقسية بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة400°C

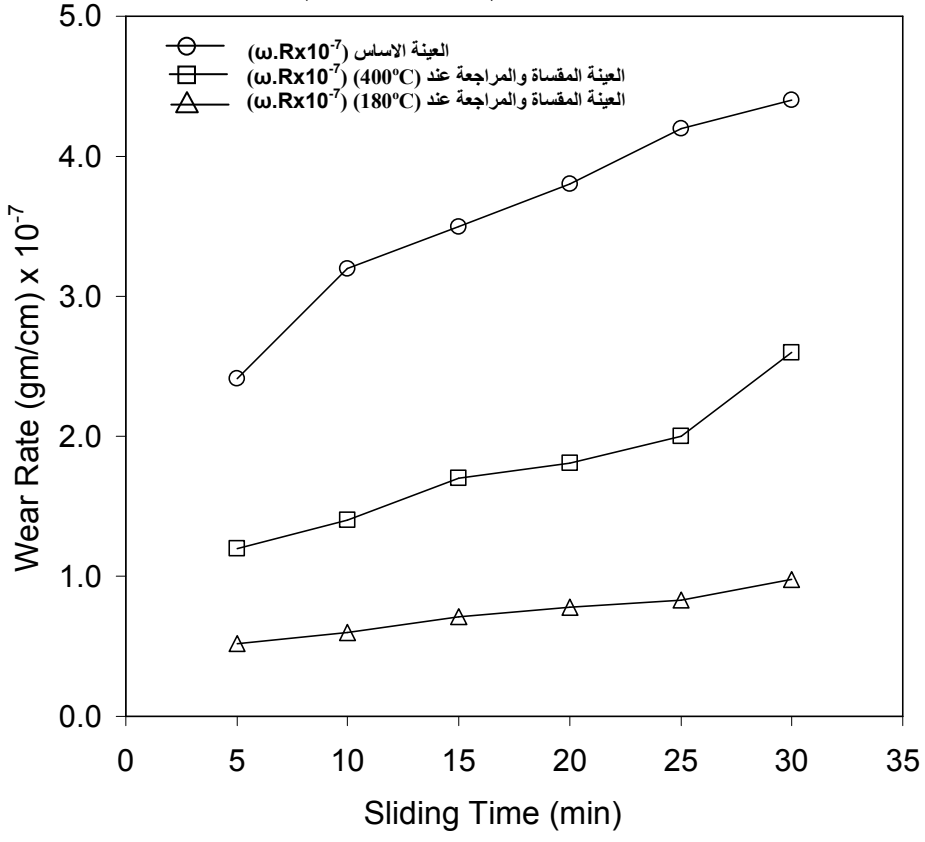


الشكل(1-C) العينه بعد التقسية بالزيت والمراجعة عند درجه حرارة 180 °C

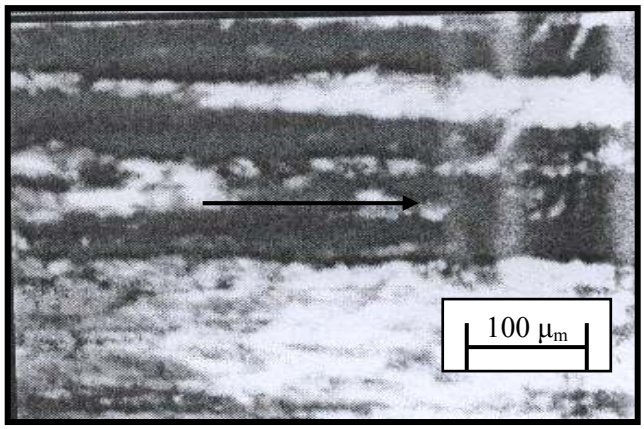
الشكل رقم (1): البنية المجهرية للعينات قبل وبعد المعاملة الحرارية.



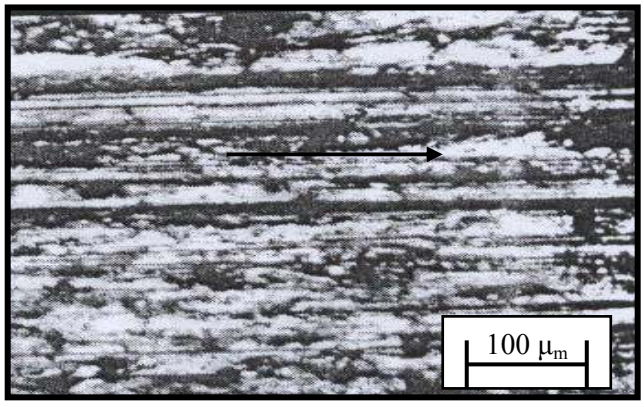
شكل رقم (2): العلاقة بين الحمل المسلط ومعدل البلى عند سرعة انزلاق ثابتة (2.199 m/sec).



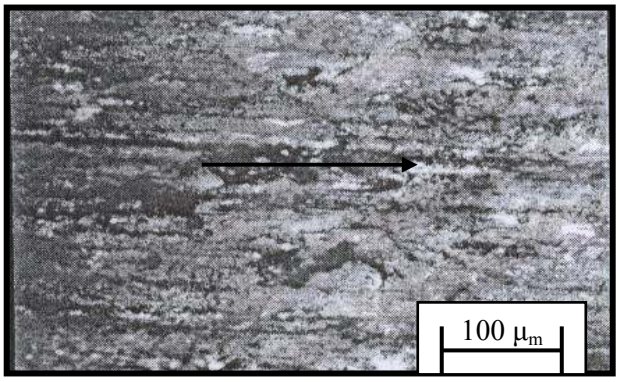
شكل رقم (3): العلاقة بين زمن الانزلاق ومعدل البلى عند سرعة انزلاق ثابتة (2.199 m/sec).



شكل(4-A): طوبوغرافية سطح العينة الاساس



شكل(4-B): طوبوغرافية سطح العينة المقساة بالزيت والمراجعه عند C180°



شكل(4-C): طوبوغرافية سطح العينة المقساة بالزيت والمراجعه عند C°400

اتجاه الانزلاق

الشكل رقم(4): طوبوغرافية اسطح البلى للعينات قبل وبعد المعاملة الحرارية