

Effect of Heat Treatments on Sliding Wear Behavior of Medium Carbon Steel

Ahlam Abdalaminir Mohamed

Electromechanical Engineering Department, University of Technology/Baghdad

Email: Ahlamabdaminir@yahoo.com

Received on: 27/2/2011 & Accepted on: 3/5/2012

ABSTRACT

The aim of this work is to study the effect of heat treatments on the wear rate of the medium carbon steel which included normalizing and different quenching media (air, oil, salt solution at concentration %25). Quenching Include heating to a temperature of 870C° and then rapid cooling. A Pin -on-Disc technique was used to measure the wear rate under dry sliding conditions with applied and different sliding times with constant sliding speed of disc (641 r.p.m) and hardness of the steel disc (48 HRC).

The results show that the wear rate increases with applied loads, and with increasing sliding time for all heat treated specimens it was found that the hardness values of the quench specimens at salt solution is higher than that of normalized specimens and quenched specimens in the oil.

Keywords: Sliding wear, heat treatments

تأثير المعاملات الحرارية على سلوك البلى الانزلاقي لفولاذ متوسط الكربون

الخلاصة

تضمن هذا البحث دراسة تأثير المعاملات الحرارية على معدل البلى الانزلاقي لفولاذ متوسط الكربون وهي المعادلة والتقسية باوساط تقسية مختلفة (الزيت، محلول ملحي بتركيز 25%). وتضمنت التقسية التسخين عند درجة حرارة (870) م° ثم التبريد السريع لكل العينات المقساء، وقد استخدمت تقنية المسمار على القرص (Pin – on Disc) لقياس معدل البلى تحت ظروف الانزلاق الجاف وعند تسليط احمال مختلفة وتنبيت زمن الانزلاق، وفترات انزلاق مختلفة مع تنبيت سرعة الدورانية للقرص (641) دورة/دقيقة وصلادة القرص الفولاذي (HRC 48). وقد اظهرت النتائج ان معدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط والفترة الزمنية للانزلاق لجميع العينات المعاملة حراريا واطهرت النتائج ان قيم الصلادة للعينات المقساء بالمحلول الملحي اعلى من العينات المقساء بالزيت والعينات المعاملة بالمعادلة.

الكلمات المرشدة: البلى الانزلاقي ، المعاملات الحرارية

المقدمة

تعاني الكثير من المكائن ذات الحركات الترددية او الانزلاقية من مشكلة البلى والاحتكاك وذلك لانها تؤثر بشكل سلبي ومباشر على دقة العمل والاداء لتلك المكائن كما انها تؤثر على كفاءتها بشكل ملحوظ اضافة الى الخسائر الفادحة من جراء اصلاح واعادة بنائها لذا يعد البلى احد اهم ثلاثة مشاكل صناعية تؤدي الى تلف الاجزاء الهندسية اضافة الى الكلال والتاكل لذلك اهتم الباحثون بدراسة سلوك البلى والاحتكاك ومعرفة الاسباب والعوامل التي تؤثر عليها مثل الحمل المسلط والصلادة والزمن والتركييب البلوري وغير ذلك [1,2].

يحدث البلى الالتصاقي (Adhesive wear) في حالات انزلاق السطوح على بعضها البعض بحيث يكون الضغط ما بين النتوءات المتلامسة على درجة من الكفاية لاحداث تشكيل موقعي لدن (Local plastic deformation) وتلاصق. ويحدث التلاصق بين عدد من النتوءات والتي تزيد من مساحة تلامسها اثناء الحركة واخيرا يحدث تمزق في النقاط الضعيفة من النقاط الملحومة ونتيجة لهذا التمزق ينتقل المعدن من سطح الى اخر، والذي اعتمدته الدراسة الحالية [3, 4].

لقد تم اجراء العديد من البحوث في هذا المجال فقد قام الباحث (عامر جرجيس) (1993) [5] باختبار نوعين من الفولاذ منخفض الكربون المقسى نوع (AISI 1015) المكرين والفولاذ السبائكي نوع (42CrMo4) عند مختلف درجات حرارة مراجعة (300,200) م°. وجد ان تخفيض درجة حرارة المراجعة يعطي مقاومة بلى اكبر وكما اظهر الفولاذ منخفض الكربون مقاومة للبلى اكثر من الفولاذ السبائكي.

وتناول الباحثان (محمد جاسم وسعاد حمزة) (2004) [6] دراسة البنية المجهرية الناتجة من التقسية والمراجعة في درجات حرارية مختلفة (500-700) م° على معدل البلى الالتصاقي لصلب متوسط الكربون (0.4C%). وتوصل الباحثان الى ان معدل البلى الالتصاقي يزداد مع زيادة درجة حرارة المراجعة وزمن المراجعة وتكون الية البلى السائد هي ازالة الطبقات الرقيقة لسطح الصلب.

تناول الباحث (S.Tekeli) (2006) [7] دراسة سلوك البلى الانزلاقي الجاف لعينات من صلب ثنائي الطور (Dual phase steel) تحت ظروف ثابتة من الحمل المسلط وسرعة الانزلاق. وتمت التقسية في درجة حرارة (1200) م° ولمدة (30) دقيقة في جو من غاز الاركون، وتم اجراء تلمين لقسم من العينات في درجات حرارة (760-728) م° ثم التبريد بالماء. وقد اظهرت النتائج ان العينات المدنة اعطت اقل معدل للبلى مقارنة مع العينات الغير مدنة وان اقل معدل للبلى كان عند درجة حرارة (728) م°.

وتناول الباحث (Hani) وجماعته (2011) [8] دراسة معدل البلى لثلاثة معادن مختلفة (فولاذ منخفض الكربون، الالمنيوم، براص) عند سرع انزلاق ثابتة وزمن انزلاق وحمل مسلط متغيرين

باستخدام جهاز البلى الانزلاقي ذو الترتيب المسمار على قرص (Pin-on-Disc). وتوصل الباحثون الى ان معدل البلى الانزلاقي يزداد مع زيادة زمن وسرعة الانزلاق والحمل المسلط وان اقل معدل للبلى كان لعينات الفولاذ المنخفض الكربون فهو اقل من البلى للالمنيوم والبراص.

يهدف البحث الحالي الى دراسة تأثير المعاملات الحرارية وهي المعادلة والتقسية في اوساط مختلفة (محلول ملحي و زيت) على سلوك البلى الانزلاقي الجاف لفولاذ متوسط الكربون نوع (Steel 33).

الاجراءات العملية

المعدن المستخدم:

تم اختيار فولاذ متوسط الكربون (Medium Carbon Steel) نوع (Steel33) على شكل اعمدة اسطوانية قطرها (15) ملم وطول (200)ملم. ولما يمتاز به بمرونة ومتانة معتدلتين ومقاومه للبلى جيدة لذا فانه يستخدم في تصنيع الاجزاء التي تتطلب متانة عالية نسبيا مثل الأعمدة والمحاور والتروس وغيرها من الأجزاء التي تتعرض لحمل أو اصطدام مفاجيء والقطع الكبيرة، والمطروقات، وأجزاء المكائن [9][10]. وقد أجري التحليل الكيماوي للمعدن في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية والجدول (1) يوضح التركيب الكيماوي للفولاذ المستخدم.

جدول (1) يوضح التركيب الكيماوي لفولاذ متوسط الكربون نوع (steel 33) [10].

| Element wt% | %C | %Mn | %p | %S | %Si | %Cr | %Mo |
|----------------|-----------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|
| Standard Value | 0.28-0.34 | 0.6-0.9 | 0.04 | 0.05 | — | — | — |
| Actual Value | 0.33 | 0.624 | 0.0214 | 0.0233 | 0.240 | 0.901 | 0.0126 |

تحضير العينات

تم تشغيل الاعمدة المستلمة من الفولاذ بعملية الخراطة وتم تقطيع العينات الاسطوانية بالابعاد المطلوبة بقطر (10)ملم وطول (20) ملم. اجريت عملية التحضير لسطح واحد منها اجريت عملية التنعيم الرطب بالماء باستخدام ورق التنعيم بدرجات نعومة مختلفة (200,400,800,1000). ثم اجريت عملية الصقل باستخدام قماش صقل خاص ومحلول الالومينا وبحجم حبيبي (0.5µm) ثم تم غسلها بالماء والكحول وتم تحفيها في الهواء. اما العملية الاخيرة فكانت عملية الاظهار باستخدام محلول اظهر ينكون من (2% HNO₃+98% Alcohol)

المعاملات الحرارية:

تم اجراء المعاملات الحرارية المختلفة وهي المعادلة والتقسية على العينات برفع درجة حرارة العينات الى (870) م° وبزمن تثبيت (10) دقيقة ثم التبريد السريع في اوساط تقسية هي (محلول ملحي 25%، زيت) .

قياس الصلادة والفحص المجهرى

استخدمت طريقة فيكر لقياس الصلادة باستعمال اداة غرز موشورية ماسية مربعة القاعدة وبحمل مقداره (900)غم وتم حساب الصلادة وبمعدل (3-4) قراءات لكل عينة وقد تم قياس الصلادة لجميع العينات المعاملة حراريا وغير المعاملة . وكذلك اجري الفحص المجهرية باستخدام مجهر ضوئي نوع (JSM-6400) ومزود بحاسبة وكامرة رقمية.

قياس معدل البلى:

بعد الانتهاء من تنعيم وصقل العينات للحصول على سطح صقيل وخالي من الخدوش تم اجراء اختبار البلى الانزلاقي الجاف باستخدام جهاز البلى ومن نوع (Pin-on - Disc) والشكل (1)جهاز البلى الانزلاقي الجاف. وقد أجري الاختبار عند سرعة دورانية ثابتة للقرص (641)دورة/دقيقة وبعد العينة عن مركز الدوران (7.8) سم وصلادة القرص الفولاذي HRC 48 وقد تم الاختبار على مرحلتين : الاولى تم فيها تغيير الاحمال المسلطة (5 20) ،10،15 نيوتن عند سرعة دورانية ثابتة (641) دورة/دقيقة وزمن الانزلاق (20) دقيقة بينما المرحلة الثانية: فتم بتغيير زمن الانزلاق (5-30) دقيقة عند سرعة انزلاق ثابتة (641) دورة /دقيقة وعند حمل ثابت (20) نيوتن .



الشكل (1) يوضح جهاز البلى الانزلاقي الجاف

تم حساب معدل البلى باستخدام الطريقة الوزنية اذ تم حساب وزن العينة قبل وبعد الاختبار بواسطة ميزان حساس نوع (Denver Instrument TD Series) وبدرجة حساسية (0.0001) غرام كما تم قياس خشونة السطح ($Ra=0.25 \mu m$) وكانت القيمة ثابتة لجميع العينات، وتم حساب معدل البلى كالآتي:

$$(W.R) \text{ Wear Rate} = \frac{\Delta w}{2\pi r n t} \quad \text{Cm}^3/\text{cm}$$

حيث ان :

W.R = معدل البلى

ΔW = التغير في وزن العينة (غم)

t = زمن الانزلاق (دقيقة)

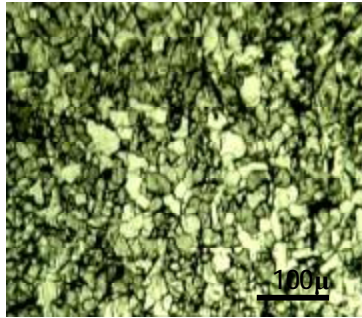
r = نصف قطر مركز الدوران (7.8) سم

n = السرعة الدورانية للقرص (641) دورة/دقيقة

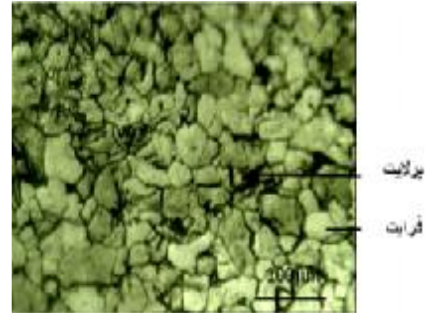
النتائج والمناقشة:

تأثير المعاملة الحرارية والبنية المجهرية على الصلادة

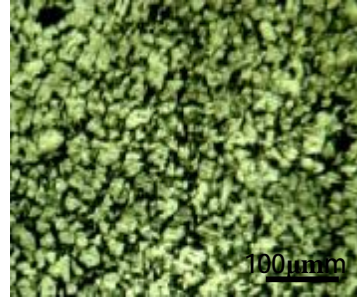
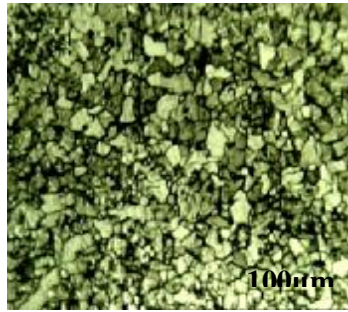
توضح الاشكال (2) (3) (4) و (5) البنية المجهرية للعينة الاساس والعينات المعاملة حراريا وقد وجد ان الطور السائد هو الفرايت والبرلايت على شكل حبيبات ذات حجوم كبيرة نسبيا للعينة الغير معاملة حراريا. اما العينات المعاملة حراريا (المعادلة) وكذلك العينات التي تم تقسيتهها بالمحلول الملحي والزيت فكانت حجوم الحبيبات اكثر نعومة مقارنة بالعينة الاساس . وقد لوحظ ان العينات المقساء بالمحلول الملحي ذات حجوم حبيبية اصغر من العينات المقسات بالزيت وكذلك ظهور طور المارتزاييت [11] .



شكل (3) التركيب المجهرى لعينة معادلة بالهواء



شكل (2) التركيب المجهرى للعينة الاساس



شكل (4) التركيب المجهرى لعينة مقساة
شكل (5) التركيب المجهرى لعينة مقساة بالزيت
(25% محلول ملحي)

يوضح الجدول (2) قيم الصلادة للعينة الاساس والعينات المعاملة حراريا , وتبين ان قيم الصلادة للعينة الاساس بدون معاملة حراريا اقل من العينات المعاملة بالهواء او التي تم تقسيته بالمحلول الملحي او بالزيت ، وكما اوضحت النتائج وان اعلى قيمة للصلادة كانت للعينات التي تم تقسيته بالمحلول الملحي حيث ان اضافة الملح الى الماء يعطي معدل تبريد اعلى.

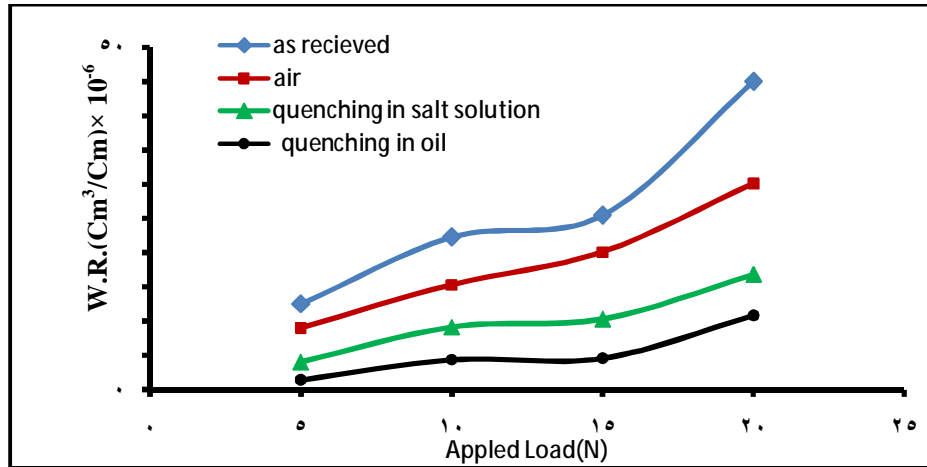
جدول رقم (2) يبين نتائج اختبار الصلادة لفولاذ متوسط الكربون (steel 33)

| No. Specimen | Heat tretmenet | HV (Kg/mm ²) |
|--------------|------------------------------------|--------------------------|
| 1 | العينة الاساس دون معاملة حرارية | 125 |
| 2 | العينة مبردة بالهواء (المعادلة) | 210 |
| 3 | العينة المقساة بالمحلول الملحي 25% | 320 |
| 4 | العينة المقساة بالزيت | 256 |

تأثير الحمل على معدل البلى :

اظهرت نتائج البلى التي اجريت عند احمال مسلطة مقدارها (5,110,15,20) نيوتن وسرعة دورانية للقرص مقدارها (641) دورة/ دقيقة وصلادة القرص (HRC 48) وان زيادة الحمل المسلط يؤدي الى زيادة معدل البلى نتيجة لزيادة القوة الضاغطة. حيث يتحول البلى من مرحلة البلى الطري او المتوسط (Mild wear) الى مرحلة البلى الانتقالي (Transition wear) كما موضح في الشكل (6). ويعزى سبب ذلك الى ان زيادة الحمل المسلط يزداد التشوه اللدن الحاصل لقمم النتوءات السطحية للعينة مما يؤدي الى زيادة كثافة الانخلاعات وبالتالي ينتج زيادة صلادة العينة تدريجيا [3]. ان البلى الالتصاقى ينتج عن عملية انزلاق السطوح المعدنية لكل من

القرص الدوار والعينة على بعضها البعض يسبب تشوها لدنا واصلادا انفعاليا لسطوح العينات والطبقات تحت السطحية وهذه النتائج تتوافق مع نتائج باحثين اخرين [6, 12]. حيث لوحظوا بان تأثير زيادة الحمل المسلط على العينة يؤدي الى زيادة معدل البلى عند ظروف الانزلاق الجاف . ان البلى للعينات المعاملة حراريا اعلى مما هو عليه للمعدن الاساس وكذلك فان العينة المقساء بالزيت تمتلك اقل معدل بلى اي اعلى مقاومة للبلى مقارنة بالعينات المقساء بالماء الملحي والعينات المبردة بالهواء. لان التقسية بالزيت يعطي معدل تبريد اقل والشقوق المتكونة نتيجة التقسية تكون اقل ايضا، اضافة الى ذلك فانه يعطي بنية بيناتية مقاومة للتشققات والاجهادات.

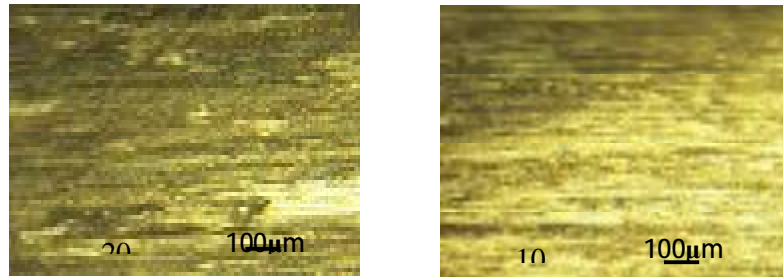


شكل (6) يوضح العلاقة بين الحمل المسلط ومعدل البلى الانزلاقي
عند زمن انزلاق (20) دقيقة وصلادة القرص (HRC 48)
وسرعة دوران القرص (641) دورة/دقيقة

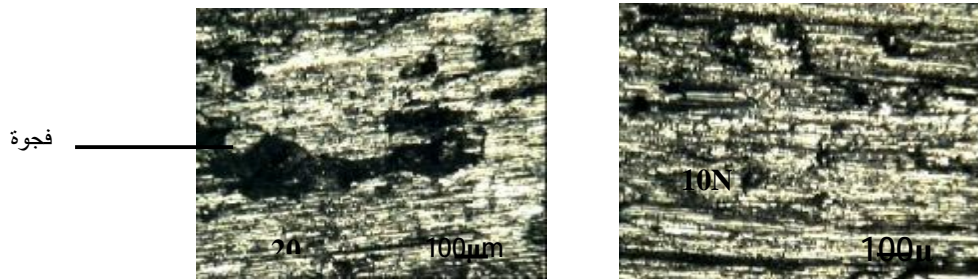
الاشكال (7,8,9,10) تبين الصور الفوتوغرافية لآثار البلى الحاصل على سطح العينات عند تسليط حمل (10 و 20) نيوتن عند زمن انزلاق (20) دقيقة لعينات المعدن الاساس والعينات التي تم معادلتها بالهواء والعينات التي تم تقسيته بالمحلول الملحي والعينات التي تم تقسيته بالزيت . يلاحظ ان الشكل (7) مراحل سلوك البلى لعينة المعدن الاساس ويعزى السبب الى حدوث البلى الشديد حدوث الاتصال المباشر ما بين المعدن الاساس والقرص وحدث التشويه اللدن ومن ثم حدوث التصليد الانفعالي فعند زيادة الحمل تتكون شقوق صغيرة وتتوسع هذه الشقوق وتلتقي بعضها مع بعض مكونة الكسر ان التقاء هذه الشقوق بعضها مع بعض او مع خطوط البلى

سيؤدي الى ازالة طبقات رقيقة من المعدن باتجاه الانزلاق لتكون حطام البلى. ويلاحظ خطوط البلى عريضة وعميقة وحدوث حفر وشقوق كبيرة وصغيرة عند سطح البلى بزيادة الحمل المسلط للعينات المعادلة بالهواء وكما موضح في الشكل (8).

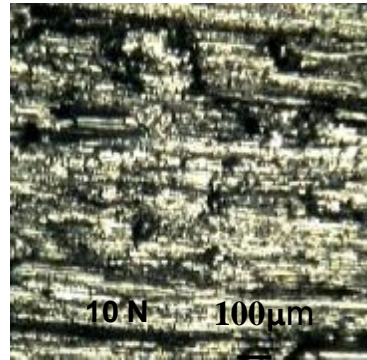
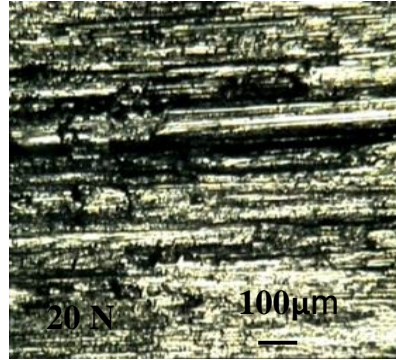
اما فيما يخص العينات التي تم تقسيبها بالمحلول الملحي فيلاحظ خطوط البلى ناعمة ورفيعة وغير عميقة وهذا يعزى الى الصلادة العالية والاجهادات المتولدة نتيجة التقسية بالمحلول الملحي وكما يتضح من الشكل (9). اما العينات التي تم تقسيبها بالزيت فيلاحظ تأثير زيادة الحمل فان خطوط البلى تكون ناعمة ورقيقة وحفر سطحية غير عميقة وهذا يعود الى الصلادة العالية مما يؤدي الى معدل بلى اقل مقارنة بالعينات الاخرى والمعدن الاساس كما موضح في الشكل (11).



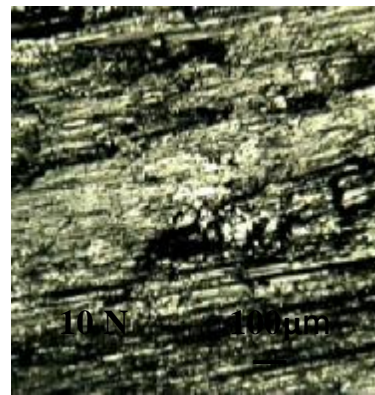
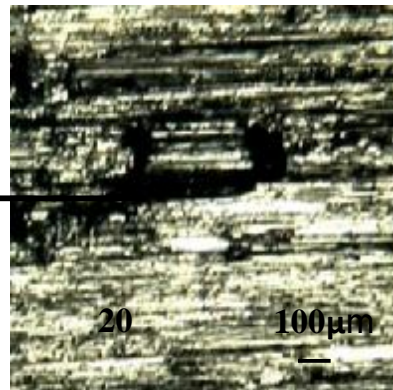
شكل (7) المنطقة المتأثرة بالبلى للعيينة المعدن الاساس



شكل (8) المنطقة المتأثرة بالبلى لعيينات مقساة بالهواء



شكل (9) المنطقة المتأثرة بالبلى لعينات مقساة بمحلول ملحي (25%)



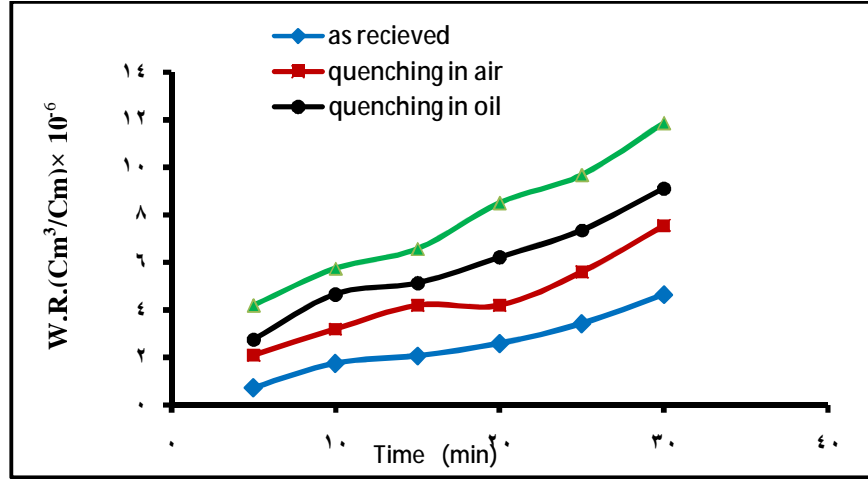
حفرة

شكل (10) المنطقة المتأثرة بالبلى لعينات مقسات بالزيت

تأثير زمن الانزلاق على معدل البلى :

اظهرت نتائج الاختبارات العملية التي اجريت عند حمل مسلط (20) نيوتن وصلادة قرص الفولاذ وصلادة القرص (HRC 48) وسرعة دوران القرص (641) دورة/دقيقة عند ازمان انزلاق (5,10,15,25,30) دقيقة للعينات المعدن الاساس والمعادلة بالهواء والعينات المقساة بالمحلول الملحي والزيت ان معدل البلى يزداد مع زيادة زمن الانزلاق لجميع العينات التي تم تبريدها بالهواء والعينات التي تم تقسيته بالمحلول الملحي وكذلك المعدن الاساس وكما موضح في الشكل (11)، ويلاحظ ان سلوك البلى متشابه لجميع العينات يتحول البلى من البلى طري الى البلى الانتقالي ثم البلى الشديد وهذا يعزى الى التشكيل اللدن الذي يحدث عند قمم النتوءات السطحية للعينة مما يؤدي الى زيادة كثافة الانخلاعات وبلتالي حدوث تصليد انفعالي حيث تزداد صلادة الطبقة السطحية للعينة من جهة ، ومن جهة اخرى فان زيادة فترة الانزلاق تؤدي الى

تقليل مقدار التسطح والنتوءات للسطحين المنزلقين مما يسهل عملية الانزلاق وبالتالي زيادة معدل البلى وتتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه الباحثون [12,8].



شكل (11) يوضح العلاقة البيانية بين معدل البلى وزمن الانزلاق
عند حمل (20) نيوتن وصلادة القرص (HRC 48)
وسرعة دوران القرص (641) دورة/دقيقة

الاستنتاجات:

- 1- يزداد معدل البلى مع زيادة زمن الانزلاق والحمل المسلط لجميع العينات المعاملة حرارية.
- 2- ادت المعاملات الحرارية (المعادلة والتقسية) الى تحسين مقاومة لبلى مقارنة بالمعدن الاساس.
- 3- اعطت العينات المقساء بالزيت افضل مقاومة للبلى مقارنة مع العينات الاخرى.

REFRAINS

[1]- Davies V.H. and Bolton L.A. "The Mechanism of Wear "The Welding Institute Abington-Hall Abington Cambridge, 1980, p4-10

[2]- T.S.Eyre "Wear mechanisms" Powder Metallurgy, No.2, PP57-63,1981.

[3]-R.L.Norton,"Machine-Design" Prentice Hall-Inc.Newjersey, 1998.

[4]- Basic of wear Resources STLE (2).mht ©2008 STLE All rights reserve.

[5]- الجرجيس، عامر يحيى ، "الاستقصاء التجريبي للبلى الالتصاقي لنوعين من الفولاذ المقسى عند درجات التطبيق" رسالة ماجستير، كلية الهندسة ، جامعة الموصل 1993 .

[6]- د. محمد جاسم وسعاد حمزة "تأثير لمعاملات الحرارية على مقاومة البلى الالتصاقي للصلب المتوسط الكربون"مجلة تالهندسة والتكنولوجيا، م، 23 العدد 11، 02004

[7]-S.Tekeil,A.GURNAL,D. Ozyurek" Dry Sliding Wear behavior of Steel" Materials & Design ,2006,www.Elsevier.com/Locate/ Metals.

[8] -H.A.,K.S.,E.M."Effect of Loads Sliding Speeds and Times on the Wear rate for different Materials" American Journal of Different Scientific and Industrial Research. (99-106) ,2-2011.

[9] -KeyTO Metals Classification of carbon and low alloy steel.

[10]- Properties of Carbon Steel Copyright @ 2010, Efundu, Inc.

" [11]-الخرزجي، قحطان خلف "المعاملات الحرارية للفولاذ الكربوني والسبائك" الطبعة الاولى دار دجلة للتوزيع و النشر 2009 .

[12]- الاعرجي، د. نوفل د عبد الرزاق اسماعيل "خواص البلى لحديد الزهر ذي الكرافيت الكروي تحت ظروف الانزلاق الجاف " الجامعة التكنولوجية ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد 10 ، العدد 2 ، 1991 .