دراسة البلى الانزلاقي الجاف لبعض سبائك النحاس

أ.م.د. منى خضير عباس & فاضل مالك رشيد

تاريخ التسلم: ٢٠٠٤/٢/٢٩
تاريخ القبول: ٢٠٠٤/٨/١٤

الخلاصة

يتضمن البحث دراسة البلى الانزلاقي الجاف لثلاث مجاميع من سبائك النحاس وهي وبرونز الألمنيوم وبرونز السليكون وبرونز المدافع المقوى (Admiralty gun bronze). وتم تحضير هذه السبائك بعمليتي الصهر والصب في قوالب معدنية.

تم اختبار عينات البلى باستخدام جهاز قياس البلى ذي ترتيبة المسمار على القرص (Pin-On-Disc) تحت ظروف مختبريه مختلفة من حيث الاحمال المسلطة وسرع الانزلاق مع ثبوت صلادة القرص الفولاذي (35HRC).

توصل البحث إلى إن معدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط حيث يتحول البلى من البلى الطري (Mild wear) إلى مرحلة البلى الانتقالي (Transition wear) عند زيادة الحمل المسلط وينخفض معدل البلى بزيادة سرعة الانزلاق ولجميع السبائك المستخدمة.

أثبتت النتائج إن سبيكة برونز المدافع المقوى هي افضل السبائك المستخدمة لأنها أظهرت مقاومة بلى عالية.

Study of Dry Sliding Wear of Some Copper Alloys

Abstract:

This research has studied the properties of dry sliding wear of three groups of copper alloys, Aluminum bronze, Silicon bronze and Admiralty gun bronze.These three groups were prepared by melting and casting in a metallic molds .These wear samples have been examined by using (Pin-On-Disc) apparatus under different wear conditions including applied loads and sliding speeds and disc hardness is constant (35HRC).

It was found that the wear rate increased as the applied load increases and the wear behavior was changed from mild wear into transition wear as the applied load is increased.

It was found the wear rate decreased as sliding speed increases for all used alloys. The Admiralty gun bronze alloy is considered as the best alloy because of its high resistance to wear.

1- المقدمة :- Introduction

تعد مشكلة الاحتكاك والبلى من المشاكل المهمة والكبيرة التي تعاني منها جميع المكائن ذات الحركات الترددية أو الانزلاقية أو التدحرجية وذلك بسبب تأثيرها السلبي على دقة أداء وعمل تلك المكائن حيث يمكن أن تقلل من قدرتها العملية أو كفائتها الإنتاجية علاوة على الخسائر الجسمية المترتبة من جراء إصلاح واعادة بناء الأجهزة التالفة[1].

ونظراً إلى المشاكل التي تسببها ظاهرتي الاحتكاك والبلى فقد اهتم الباحثون بدراسة الاحتكاك والبلى ومعرفة أسبابهما والعوامل المؤثرة عليهما، وقد عملوا على تقليل هذه الظاهرة باستخدام وسائل ذات تقنيات حديثة ومتعددة منها تحسين الصلادة السطحية[2]، أو استخدام الكربنة والبورة وكذلك استخدام أشعة الليزر واستغلال خاصية التحولات الطورية لبعض المواد عند سطوحها المحنكة أثناء الخدمة [3,4] وعرف Sarker [5] البلى الالتصاقي العملية التي تعطي فقدان متزايد للمعدن عند السطوح المتشابكة(interaction surface) نتيجة تلاصق النتوءات المتقابلة لكلا السطحين.

تعد سبائك النحاس وخاصة مسبوكات سبائك البرونز الاختيار الأمثل للمحامل (bearings) عند تشغيلها مقابل الفولاذ أو حديد الزهر حيث تمتاز سبائك البرونز بالمتانة وقابلية التشغيل، مقاومة جيدة

https://doi.org/10.30684/etj.24.1A.10
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

للاحتكاك والبلى إضافة إلى مقاومتها للتآكل الكيمياوي [7,6] .

ويساهم البحث الحالي في تحديد الأسلوب الأفضل لاختيار السبيكة ذات المقاومة الأكثر للبلى من سبائك النحاس المختلفة واستخدامها في التطبيقات الترابيولوجية والهندسية المختلفة وحسب ظروف التشغيل المناسبة وكذلك معرفة تأثير عناصر السبك المختلفة كالألمنيوم والسليكون والقصدير على معدل البلى لسبائك النحاس .

2 – الجزء العملي Experimental Work

2 – 1 تحضير السبائك Alloys preparation

تم تحضير السبائك المستخدمة في البحث وهي برونز الألمنيوم وبرونز السليكون وبرونز المدافع المقوى بعمليتي الصهر والصب في قوالب معدنية وذلك بصهر كمية محدودة من النحاس النقي أي بنسبة 88 % من وزن السبيكة و10% من القصدير و 2% خارصين من وزن السبيكة الكلي عن طريق التحريك المستمر للمزيج وصبه في قالب معدني للحصول على السبيكة المطلوبة برونز القصدير أو المدافع المقوى . تعاد نفس الخطوات السابقة للحصول على السبائك الأخرى. تم أجراء التحليل الكيمياوي للسبائك المحضرة باستخدام جهاز التحليل الطيفي Atomic Absorption Type IL457 Inc. الجدول(1) يبين نتائج التركيب الكيمياوي للسبائك المحضرة.

2-2 المجانسة الحرارية:- Homogenzation

تم أجراء المجانسة الحرارية للسبائك المصبوبة باستخدام فرن كهربائي نوع (Carbolite) عند درجة حرارة 550°C وزمن 6hr حيث تؤدي المجانسة الى التخلص من بعض عيوب السباكة والتخلص من الاجهادات الداخلية .

2-3 تحضير العينات للفحص المجهري Specimens preparation

تم تحضير العينات من السبائك المصبوبة بعد المجانسة الحرارية حيث تم قطع عينة بقطر(10)ملم وطول(5)ملم لكل صبه لغرض الفحص المجهري لها حيث تم إسناد العينات على البارد وذلك لتسهيل العمليات اللاحقة من تنعيم وصقل . وقد تم أجراء عملية التنعيم الرطب بالماء باستخدام ورق تنعيم من (SIC) وبدرجات نعومة مختلفة (1000,500,320) ثم أجريت عملية صقل باستعمال قماش صقل ومادة معجون الماس ذا حجم حبيبي (5µm) مع سائل تزييت، ثم غسلت العينات بالماء والكحول وجففت بالهواء. . واخيراً تمت عملية إظهار العينات باستعمال محلول الإظهار كلوريد الحديديك الكحولي .

والشكل (1) يوضح البنية المجهرية للسبائك المحضرة.

2- 4 قياس صلادة العينات

تم استخدام طريقة بريبيل (Brinell Test) في قياس الصلادة ألعيانية Macrohardness للعينات باستخدام كرة فولاذية قطرها 2.5 mm وسلط حمل مقداره 60 kg حيث تم حساب متوسط قيم الصلادة (عشر قراءات للأثر المتروك). والجدول (2) يبين نتائج اختبار الصلادة للسبائك المستخدمة.

2 –5 تحضير عينات اختبار البلي preparation of wear specimens

تم تشغيل السبائك المصبوبة والمجانسة حراريا على المخرطة والحصول على عينات أسطوانية بقطر (10mm) وطول (15mm) بعد ذلك أجريت عمليات تحضير سطح البلي بأجراء عمليات التنعيم الرطب باستخدام ورق تنعيم بدرجات مختلفة بعد ذلك أجريت عملية صقل للعينات باستخدام قماش صقل ومادة معجون الماس بدرجة (5µm) وسائل تزيت ثم غسلت العينات بالماء والكحول وجففت.

2 – 6 تحديد متغيرات الاختبار المؤثر على معدل البلى

تم استخدام جهاز البلى من نوع السمار على القرص (Pin-On-Disc) ، حيث يتكون الجهاز من محرك كهربائي يدور بسرعة دورانية ثابتة (940rpm) ، ثم يتم نقل الحركة من المحرك إلى القرص الفولاذي حيث تكون سرعة دوران القرص (510rpm) كما يحتوي الجهاز على ذراع مقطع مستطيل توضع في نهايته أثقال الموازنة فضلا عن وجود عمود تثبت فيه العينة بواسطة ماسك .وتم تحديد ثلاث متغيرات مؤثرة على معدل البلى هي الحمل المسلط N(5-25) وسرعة الانزلاق (3.7,2.6,1.6)m/sec مع تغير مادة العينة للسبائك المحضرة برونز الألمنيوم ، برونز السليكون وبرونز المدافع المقوى . وكانت صلادة

القرص الفولاذي ثابتة (35HRC) (تعادل 333HB) .

2 -7 حساب معدل البلى

تم حساب معدل البلى للسبائك المحضرة باستخدام الطريقة الوزنية حيث تم حساب وزن العينة قبل وبعد الاختبار بواسطة الميزان الحساس من نوع (AE200) Mettler وبدرجة حساسية مقدارها(0.0001gm) وبحسب معدل البلى من القانون الآتي:-

$$Wear\ rate\ (W.R)=\frac{\Delta W}{S.D}=\frac{\Delta W}{\pi DNt}$$

$D=S.S*t$, $\Delta W=W_0-W_1$

ΔW = الوزن المفقود (weight loss) ، gm

W_0 = وزن العينة قبل الاختبار.

W_1 = وزن العينة بعد الاختبار .

S.D = مسافة الانزلاق ، D = 10cm

t = زمن الانزلاق (زمن أجراء الاختبار)، t=60 min

S.S = سرعة الانزلاق ، m/sec

W.R = معدل البلى الوزني ، gm/cm

2 -8 قياس الخشونة

تم قياس خشونة السطح للقرص الفولاذي وللعينات المستخدمة في اختبارات البلى في الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية وباستخدام جهاز perthometer S6p وكانت 0.35µm تجليخ ناعم ، 0.25µm صقل للقرص والعينات على التوالي .

3 – النتائج والمناقشة

3 -1 تأثير تغير زمن الانزلاق

أظهرت نتائج الاختبار العملية التي أجريت عند حمل مسلط مقداره (25N) وسرعة انزلاق مقدارها (2.6)m/sec وصلادة قرص مقدارها (35HRC) أن معدل البلى وللسبائك المستخدمة جميعها يزداد زيادة طفيفة جداً بزيادة زمن الانزلاق ضمن الدقائق الأولى من زمن الاختبار وبعدها يثبت ويصل إلى الحالة المستقرة (Steady State) كما موضح في الشكل رقم (2) . إن سبيكة برونز الألمنيوم (Cu-Al) أظهرت معدل بلى عالي نسبياً مقارنة مع السبائك المستخدمة الأخرى وهذا يعود إلى طبيعة التركيب المجهري وتكوين طور أحادي (طور α) فقط وهو طور لين يتآكل ميكانيكياً بمقدار اكبر من الأطوار الأخرى. أما سبيكة برونز المواقع المقوى (Cu-Sn-Zn) فقد أعطت اقل معدل بلى مقارنة مع السبائك الأخرى وهذا يعزى إلى وجود طورين في التركيب المجهري وهما طور(α)(محلول جامد) وهو طور لين يتعرض إلى البلى بمقدار اكبر من الطور الأخر طور(ε) (Cu_3Sn) طور هش وصلد مقاوم للبلى والحك [9,8] .

3 -2 تأثير الحمل المسلط

أظهرت نتائج الاختبار العملية التي أجريت عند أحمال مسلطة مقدارها (25,15,10)N وسرع انزلاق مقدارها (3.7,2.6,1.6)m/sec وصلادة القرص (35HRC) أن زيادة الحمل المسلط تؤدي إلى زيادة معدل البلى حيث يتحول البلى من مرحلة البلى الطري أو المتوسط (Mild wear) إلى مرحلة البلى الانتقالي (Transition wear) عند زيادة الحمل المسلط كما موضح في الشكل (3). ويعزى سبب ذلك إلى إن بزيادة الحمل المسلط يزداد التشويه اللدن الحاصل لقمم النتوءات السطحية للعينة مما يؤدي إلى زيادة كثافة الانخلاعات (dislocations) وبالتالي ينتج عن ذلك تصليد انفعالي كذلك زيادة صلادة العينة(السبيكة) تدريجياً مما تؤدي إلى تكوين شقوق صغيرة (Microcracks) في سطح العينة [9] كما موضح في الشكل (4).

أن البلى الالتصاقي الناتج عن عملية انزلاق السطوح المعدنية لكل من العينة والقرص الدوار على بعضها البعض يسبب تشويهاً لدناً واصلاداً وانفعالياً لسطوح العينات والطبقات التحت السطحية (Subsurface layers) أيضاً وقد إشارة إلى ذلك المصدر [11,10].

3 -3 تأثير تغير سرعة الانزلاق

أظهرت نتائج الاختبارات العملية التي أجريت عند حمل مسلط مقداره (25N) وصلادة قرص مقدارها (35 HRC) وسرع انزلاق مقدارها (3.7, 2.6, 1.6) m/sec إن العلاقة بين سرعة الانزلاق ومعدل البلى هي علاقة عكسية ولجميع السبائك المستخدمة كما موضح في الشكل (5) . ويعزى سبب ذلك إلى زيادة درجة الحرارة اللحظية (Flash Temperature) المتولدة نتيجة الانزلاق واحتكاك السطوح المتلامسة بعضها على البعض تزداد مع زيادة سرعة الانزلاق [10] ويكون تسرب الحرارة خلال معدن

العينة عند السرع الانزلاقية العالية اقل مما هو عليه عند السرع الواطئة وبالتالي حصول التحام جزئي بين نتوءات السطحين المنزلقين عند نقاط الاتصال (Asperities) مما ينتج عنه انفصال جسيمات من سطح العينة وتكون حطام البلى (dedris) والذي يؤدي إلى زيادة معدل البلى كما موضح في الشكل (6) . كما إشارت إلى ذلك الباحثة فادية محمد [12] إلى سبيكة البرونز (80/10/10) (Cu/Sn/Zn) .

ونتيجة لارتفاع درجة الحرارة السطحية للعينة بسبب زيادة سرعة الانزلاق سوف تتكون طبقة أوكسيدية على سطح البلى وتزداد هذه الطبقة مع زيادة سرعة الانزلاق مما تؤدي إلى تكوين حطام بلى اوكسيدي كما موضح في الصورة المجهرية (شكل 6). وهذه النتائج أكدتها الدراسة التي قام بها الباحث فاضل مالك [13] .

ويلاحظ في الشكل (7) تأثير سرعة الانزلاق على سطح عينة برونز الألمنيوم إن خطوط البلى تكون ناعمة ومتقاربة عند السرع الانزلاقية العالية وذلك نتيجة طبقة ألا وكسيد التي تعمل كحد فاصل ومزيت ما بين سطح العينة وسطح القرص الدوار مما يؤدي ذلك بالنتيجة إلى سطح مستو ومسطح مما ينتج عن ذلك قلة وانخفاض معدل البلى وهذه النتائج تتوافق مع الدراسة التي قام الباحث Jafar وجماعته [14].

4 – الاستنتاجات

1- زيادة الحمل المسلط أدى إلى تغيير سلوك البلى الطري إلى البلى الانتقالي ولجميع السبائك المستخدمة.

2- يقل معدل البلى بزيادة سرعة الانزلاق ولجميع السبائك المستخدمة .

3- يعتبر وجود دقائق السليكون كمادة مصلدة في سبيكة برونز السليكون عامل مساعد في خفض معدل البلى .

4- إن معدل البلى ومعامل الاحتكاك يعتمدان على طبيعة وتركيب السبيكة حيث يقل معدل البلى بوجود عنصر القصدير في برونز المدافع المقوى الذي يعمل على تكوين طور صلد.

5- تعتبر سبيكة البرونز المدافع المقوى هي اكثر السبائك ملائمة في التطبيقات الترايبولوجية وبحدود الاحمال المستخدمة .

6- سبيكة البرونز المدافع المقوى هي افضل السبائك لأنها أظهرت أعلى مقاومة بلى مقارنة بالسبائك الأخرى.

5- References

[1] V. H. Davies and L. A. Bolton, "The mechanism of Wear " The Welding Institute Abington-Hall Abington Cambridge, 1980, p 4-10.

[2] C. S. Yust, " Tribology and Wear", International Metals Reviews, Vol. 30, No. 3, 1985, p141-153.

[3] D. Dowson, "wear oh Where", International Conference on Wear of Materials, Wear, Vol.103, 1985, p 189-203.

[4] R.L. Timings, "Engineering Materials", Vol.1, 3rd edition, British Library Catologuing in Publication Data, printed in Mataysia by Chee Leong press Sdn, London,1991.

[5] A. D.Sarkar, "Wear of Metals", Pergamon press, Vol.18, 1976, p2-24.

[6] W. Bolton , "Engineering Metals Technology", Butter worths, 3rd edition, 1998, p 56.

[7] htt:// www. copper. org/ applications / industrial/ low lead html copper.org CDA, Copyright 2003 copper Development Association Envirobrass I and Envirobrass II.

[8] htt://www. Brushwell man.com/ alloy/ tech-lit/AT0028, pdf Galling Resistance of mold MAX XL and other copper Alloy for plate Application , by John Ratka Brush Wellman Inc.

[9] W. A. Glaeser , "Wear Properties of Heavy Copper Base Bearing Alloys", Journal of Metals, No.3, 1983, p 50-55.

[10] عبد الله عذيب ، " دراسة بلى النحاس الأصفر تحت ظروف الانزلاق الجاف " ، رسالة ماجستير، قسم هندسة الانتاج والمعادن ، الجامعة التكنولوجية، 1986 .

[11] htt://www copper.org/ applications /industrial/pdf-files/sebiloy, pdf Alloy DATA Sheet, Non-leaded Red brass and yellow brass Casting Alloys.

[12] فادية محمد الجنابي ، " بناء برنامج تعليمي لدراسة ظاهر البلى في المعادن "، رسالة ماجستير ، قسم التعليم التكنولوجي ،الجامعة التكنولوجية، 1999 .

[13] فاضل مالك رشيد ،"دراسة الانزلاقي الجاف لبعض سبائك النحاس "، رسالة ماجستير، قسم التعليم التكنولوجي ، الجامعة التكنولوجية، 2001 .

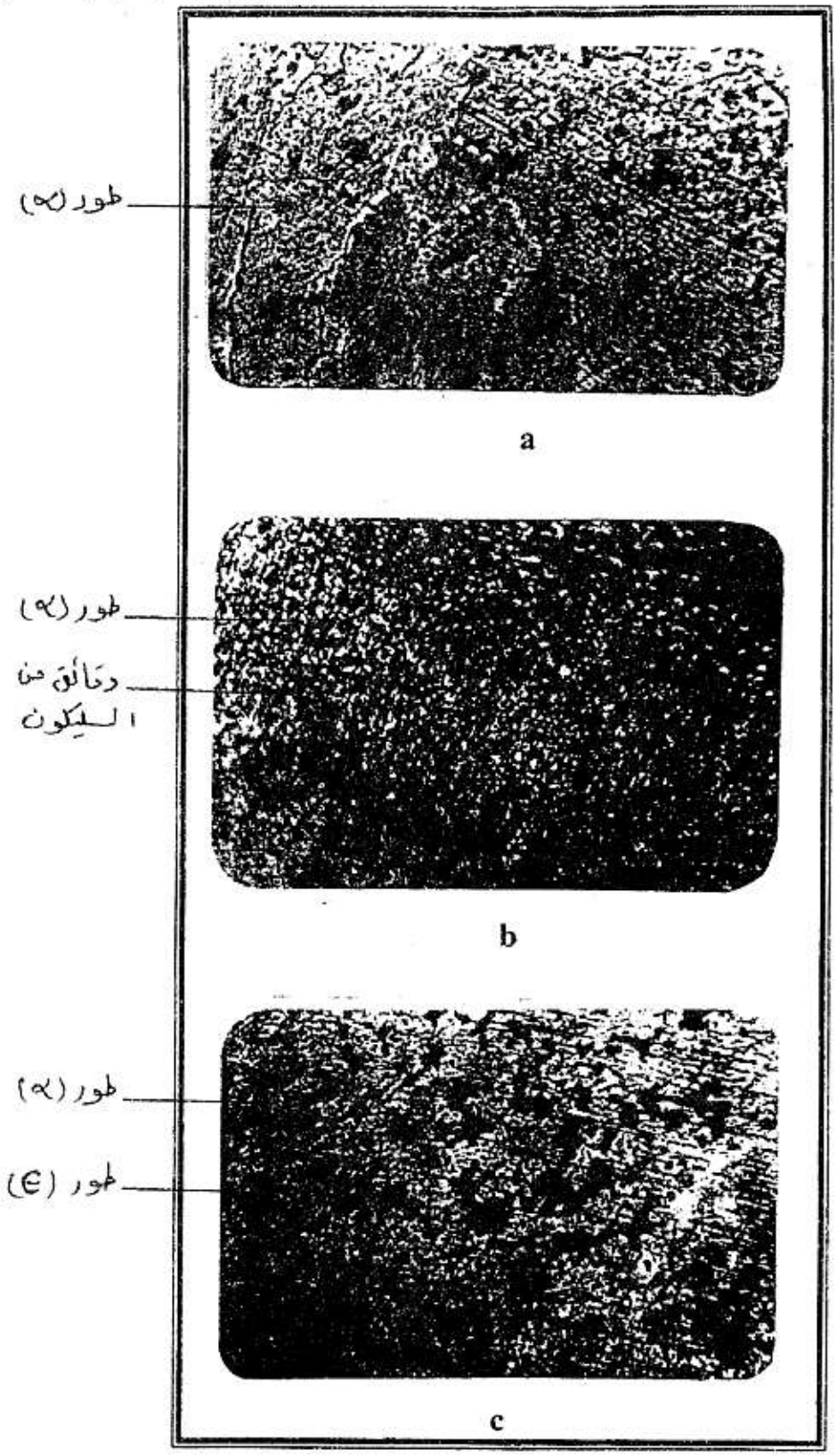
[14] د. جعفر طاهر الحيدري ،" تأثير عناصر الرصاص على الخواص التريبولوجية لسبائك البراص" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 17 ، العدد 11 ، ص 174-185 ، 1998 .

الجدول (1) يبين نتائج التركيب الكيمياوي للسبائك المحضرة

	Element w t %									
Alloy	Al	Fe	Sn	Si	Zn	Mn	Ni	Pd	Cd	Cu
Al bronze	7.1	.073	0.5	.001	.123	0.01	.001	.006	.001	Rem
Silicon bronze	.001	.086	0.20	1.103	1.0	.301	.001	.008	.001	=
Admiralty Gun bronze	.001	.008	10	.001	1.0	.002	.001	.001	.001	=

الجدول (2) يبين نتائج اختبار الصلادة للسبائك المستخدمة

Alloys	HB kg/mm^2
Al-bronze	70
Si-bronze	75
Admiralty Gun bronze	132

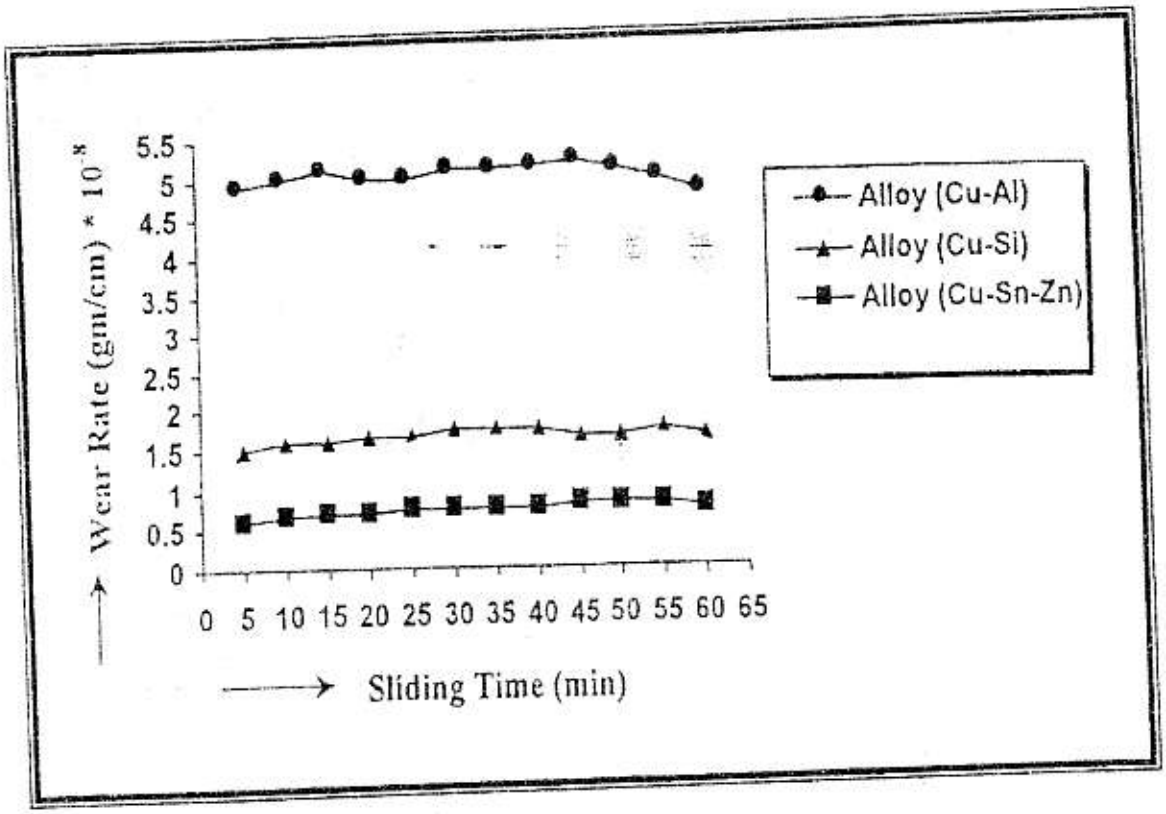


شكل (1) يوضح التركيب المجهري للسبائك المستخدمة في البحث
قوة التكبير x160

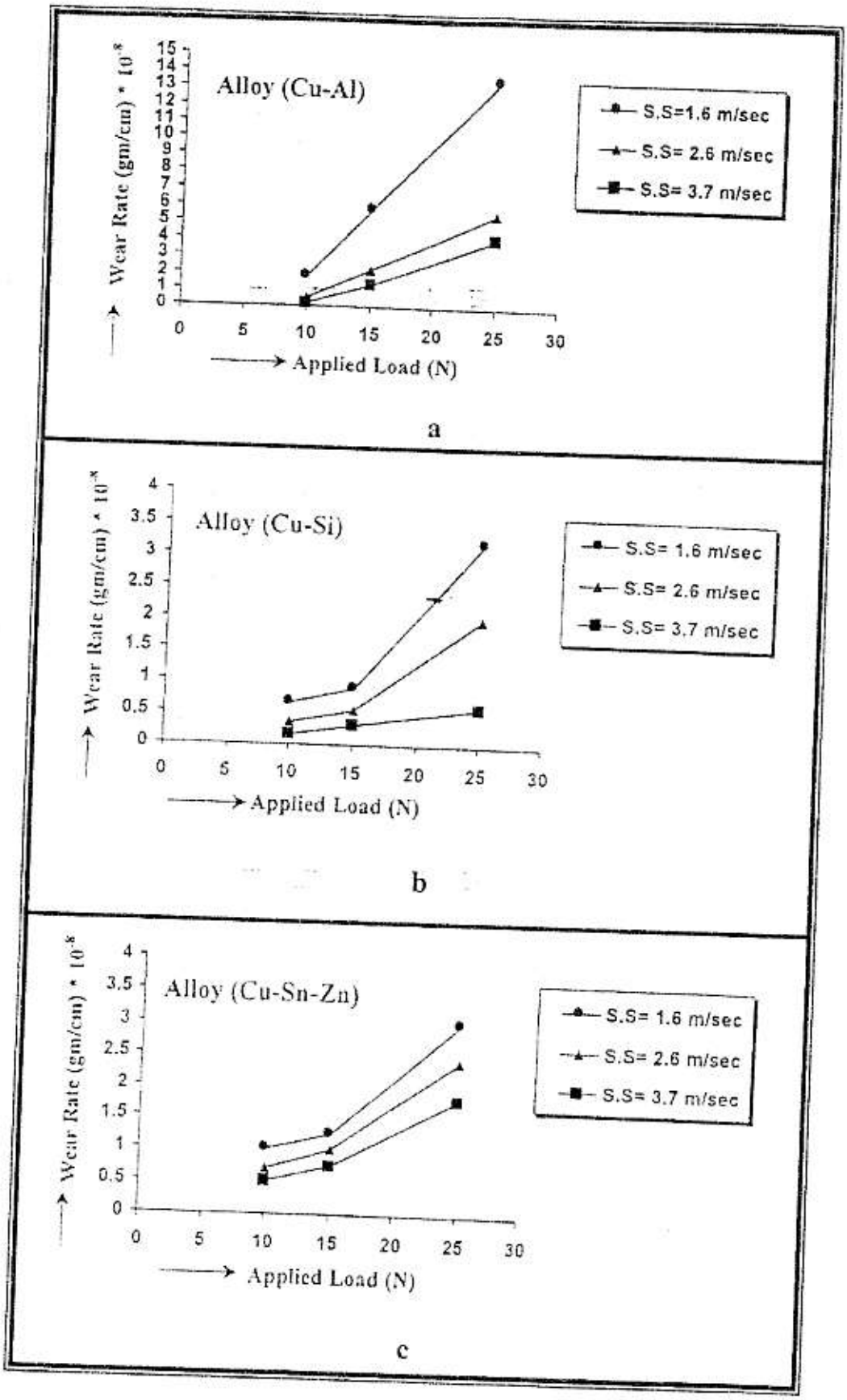
(a) سبيكة برونز الالمنيوم (Al bronze)

(b) سبيكة برونز السليكون (Si bronze)

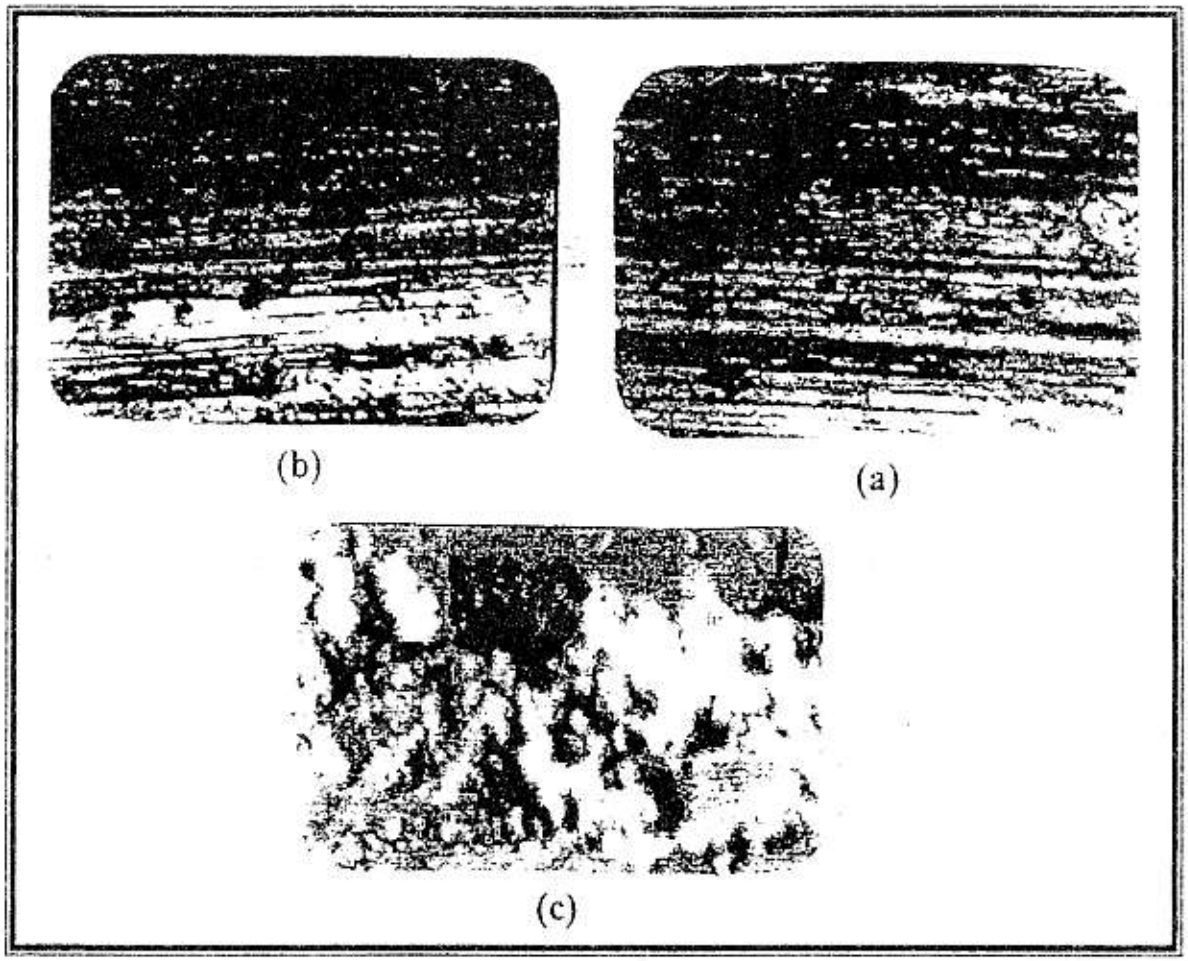
(c) سبيكة برونز المدافع المقوى (Admiralty gun bronze)



شكل (2) يوضح علاقة معدل البلى مع زمن الانزلاق للسبائك المستخدمة
عند صلادة قرص (35HRc) وسرعة انزلاق ($2.6 \frac{m}{Sec}$)



شكل (3) يمثل العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط للسبائك المستخدمة عند سرع انزلاقية مختلفة وصلادة قرص HRC(35)



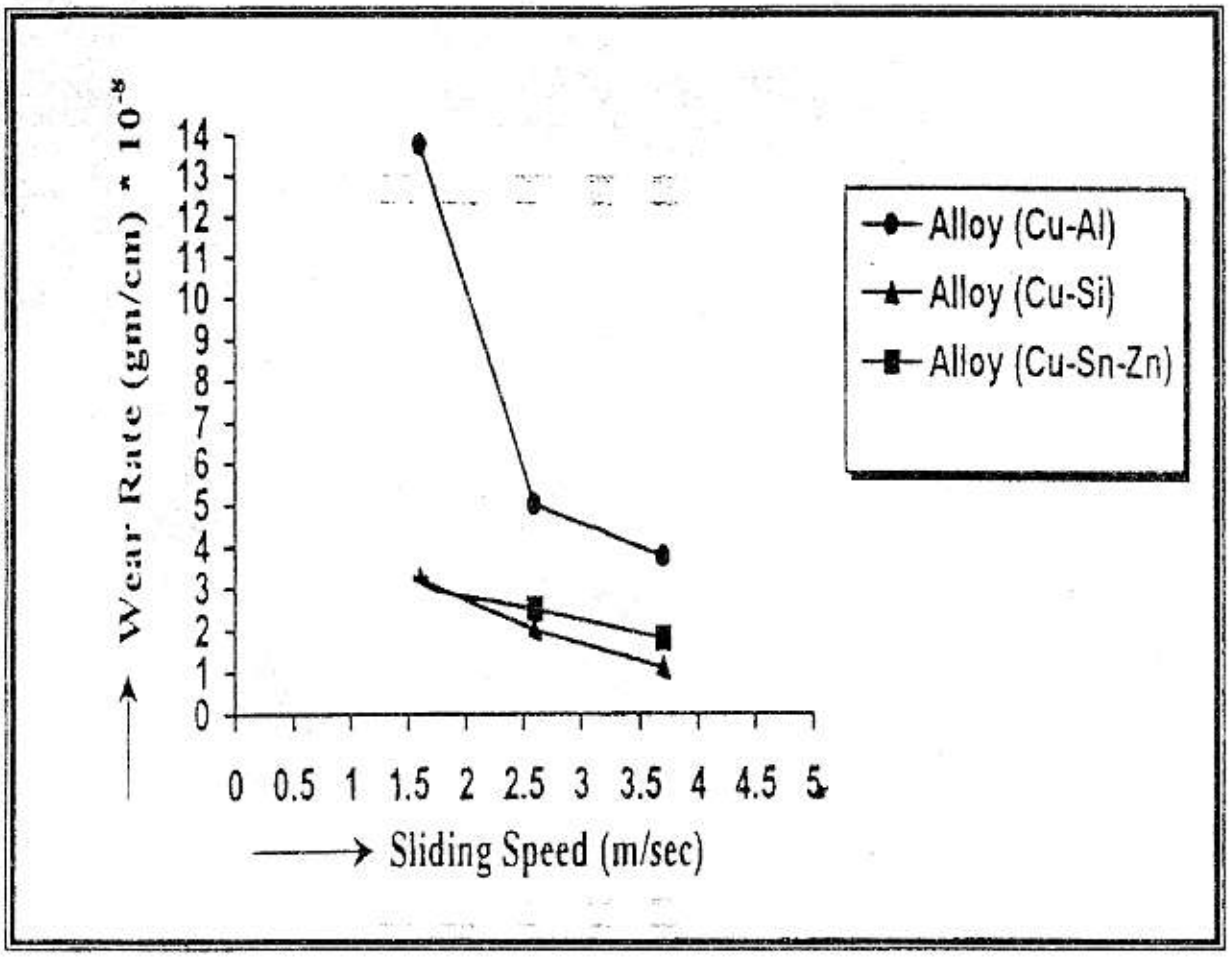
شكل رقم (4) صور المجهر الضوئي توضح تأثير زيادة الحمل على سطح عينة برونز السليكون المشغلة عند سرعة انزلاق m/sec (2.6) وصلادة قرص HRC (35)

قوة التكبير (160x)

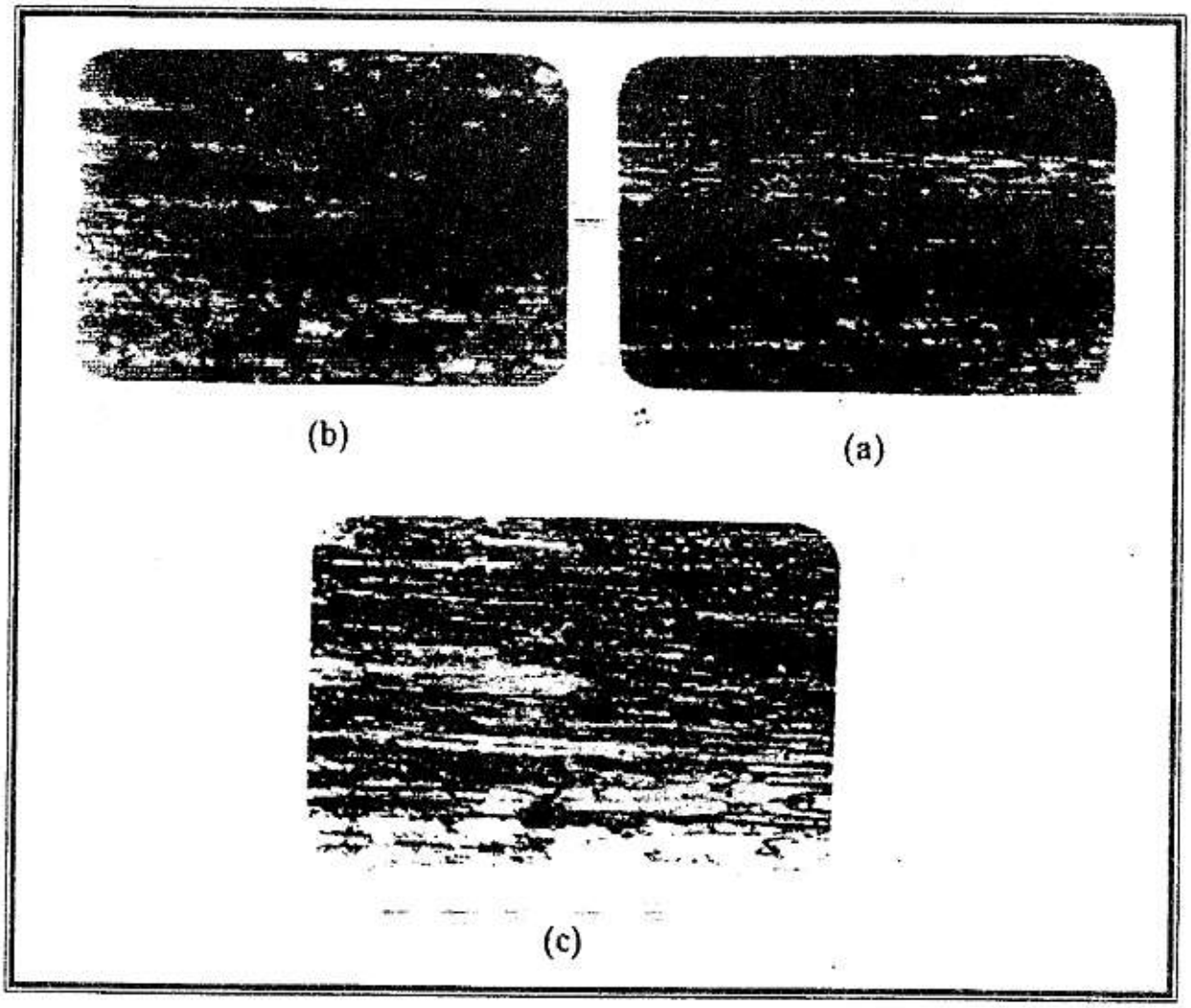
(a) عند حمل N (10)

(b) عند حمل N (15)

(c) عند حمل N (25)



شكل رقم (5) يوضح علاقة معدل البلى مع سرعة الانزلاق للسبائك المستخدمة عند حمل N (25) وصلادة قرص HRC (35)

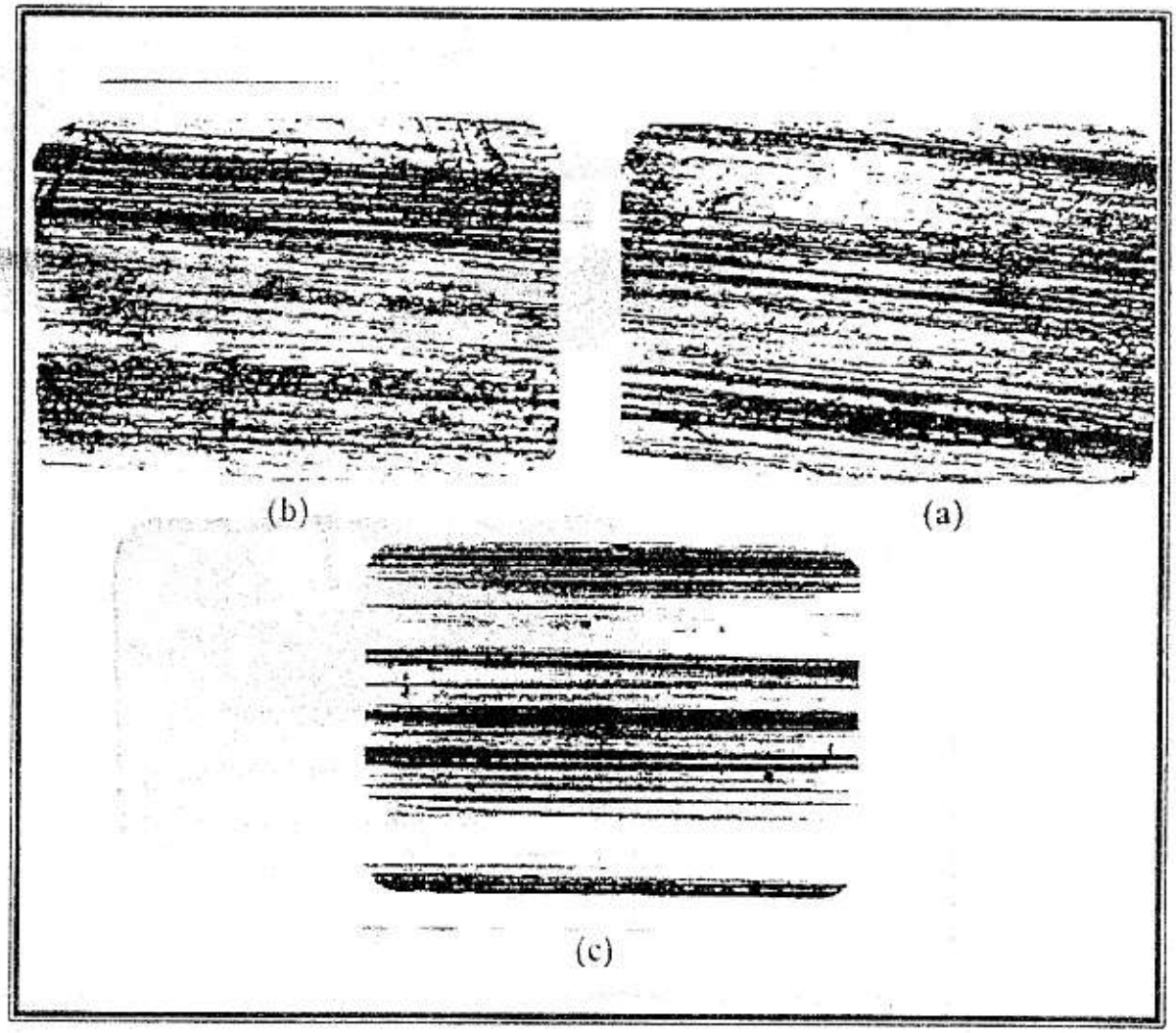


شكل رقم (6) صور المجهر الضوئي توضح تأثير زيادة سرعة الانزلاق على سطح عينة برونز المدافع المقوى المشغلة عند حمل N (10) وصلادة قرص HRC (35) وتكوين هلام بلمر أكسيدي ، قوة التكبير x 100

(a) عند سرعة ازلاق m/sec (1.6)

(b) عند سرعة انزلاق m/sec (2.6)

(c) عند سرعة انزلاق m/sec (3.7)



شكل رقم (7) صور المجهر الضوئي توضح تأثير سرعة الانزلاق على سطح عينة برونز الالمنيوم المشغلة عند حمل N (15) وصلادة قرص HRC (35) وقد ظهرت خطوط البلى ، قوة التكبير (100X)

(a) عند سرعة ازلاق m/sec (1.6)

(b) عند سرعة انزلاق m/sec (2.6)

(c) عند سرعة انزلاق m/sec (3.7)