

## تأثير إضافة الرصاص والقصدير على سلوك البلى الانزلاقي الجاف لسبيكة البراص الفا (70/30)

د. منى خضير عباس\* مكارم حازم عبدالكريم\* & ذكرى مهدي علي\*

تاريخ التقديم: 2008/4/29

تاريخ القبول: 2009/3/5

### الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة البلى الانزلاقي الجاف لسبيكة البراص الفا (70/30). وقد تم تحضير سبيكتين من البراص باضافة عنصر الرصاص والقصدير بنسبة 3% كل على حدة الى سبيكة البراص الفا (70/30) علاوة على السبيكة الاساس (70/30). وقد تم تحضير هذه السبائك الثلاث بعملية الصهر والصب في قوالب فولاذية. واستخدمت تقنية المسمار على القرص لقياس معدل البلى عند تسليط احمال مختلفة وفترات انزلاق مختلفة مع تثبيت سرعة الانزلاق (2.7 m/sec) وصلادة القرص الفولاذي (35 HRC). وقد اظهرت النتائج ان معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط والفترة الزمنية للانزلاق. وكذلك اظهرت سبيكة البراص الحاوية على عنصر القصدير (3%) افضل مقاومة بلى مقارنة مع السبائك الاخرى.

## Effect of Pb and Sn Adding on Dry Sliding Wear Behavior of $\alpha$ -Brass (70/30)

### Abstract

This work is concerned with a study of dry sliding wear of  $\alpha$ -Brass (70/30) with addition of lead and tin(3%wt) for each one alloy. Three brass alloys were prepared by melting and pouring in steel molds. A Pin -on-Disc technique was used. The effect of applied loads and sliding times on wear rate were examined. The results show that the wear rate increases with increasing applied loads and with increasing sliding time at constant sliding speed (2.7m/s) while hardness of steel disc was 35 HRc .

The results also show that the brass alloy containing 3% tin has more wear resistance than that of other brass alloys.

**Keywords:** wear , Brass alloys, microstructure, alloying elements

## المقدمة

تعد سبائك البراص الفا من السبائك المهمة التي يزداد استخدامها يوم بعد اخر لامكانية اضافة خواص جيدة عليها وكذلك لامتيازها بمقاومة جيدة للتآكل والكلال ومقاومة جيدة للاحتكاك والبلى فضلا عن قابليتها العالية للتشكيل وسهولة تسيبها ولحامها [1، 2]. في هذا البحث تم استخدام سبيكة البراص الفا (70/30) لانها تعتبر من السبائك ذات التطبيقات الواسعة حيث استخدمت في كثير من المحامل والمرتكزات [3] وقد لوحظ من قبل بعض الباحثين ان اضافة عناصر السبك يحسن من الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى. وقام الباحث عبدالله عذيب (1986)[4] بدراسة البلى الالتصاقى لنوعين من البراص (70/30) و (60/40) عند احمال مختلفة وازمان وسرع مختلفة. وقد وجد ان معدل البلى يزداد مع الزمن ثم يصل الى حالة الاستقرار بسبب تسطح نتوءات السطحين المنزلقين نتيجة لاستمرار عملية الانزلاق. قام عدد من الباحثين (1998) [5] بدراسة تأثير عنصر الرصاص على خواص البلى الالتصاقى لسبيكة براص (60/40) (wrought brass) اذ تناولت الدراسة اضافة الرصاص بنسب مختلفة 2-5% على خواص البلى باستخدام جهاز المسمار على القرص وقد وجد ان معدل البلى يقل بازدياد نسبة الرصاص وصلادة العينات نفسها .

وقد قامت الباحثة Muna K.A. (2001) [6] بدراسة تأثير اضافة الالمنيوم على البنية المجهرية والخواص الميكانيكية لسبيكة براص الفا (70/30) ومن اهم الاستنتاجات التي تم التوصل اليها هي تحسين الخواص الميكانيكية لسبيكة البراص الفا عند اضافة نسب مختلفة من الالمنيوم (0.2%، 0.5%، 1.0%) هذا يعزى الى دور الالمنيوم في تنعيم الحبيبات ومن ثم زيادة الصلادة ومقاومة الشد. وقام الباحث Y-Li واخرون (2003) [7] بدراسة البلى الالتصاقى على اداة القطع نوع (H.S.S) خلال عملية الخراطة لسبيكة برونز الالمنيوم وقد وجدوا ان الالتصاق (Adhesion) عند استخدام اداة قطع نوع فولاذ القطع السريع (H.S.S) يكون اكثر شدة وأقل انتظاما مما هو عليه في حالة استعمال اداة القطع نوع اللقم الكاربيدية (Cementated carbides) نوع (YWI). وان سمك طبقة الالتصاق للمعدن على اداة القطع تعتمد على توزيع درجة الحرارة على سطح الاداة .

ويهدف البحث الحالي الى دراسة تاثير كل من عنصر الرصاص (3%) وعنصر القصدير (3%) على سلوك البلى الانزلاقي الجاف لسبيكة براص (70/30) المحضرة بطريقة السباكة.

## الاجراءات العملية

## 1- تحضير السبائك

تم تحضير سبيكة البراص الحاوية على (70% نحاس-30% خارصين) بعملية الصهر باستخدام الفرن الغازي وفي بوقية كرافيتية. وقد تم إضافة 3% رصاص و 3% قصدير الى منصهر السبيكة كلا على حدة. ولغرض التعويض عن نسبة الخارصين المفقود (المتبخرة) اثناء عملية الصهر تم اضافة 1% خارصين الى منصهر البراص قبل عملية الصب بدقائق ثم تم صب المنصهر في قالب فولاذي قطره (15) ملم. والجدول (1) يوضح التركيب الكيماوي للسبائك المستخدمة في البحث بعد عملية السباكة.

## 2- التعامل الحراري/المجانسة

اجريت المجانسة الحرارية للصببات الثلاث الناتجة في فرن كهربائي في درجة حرارة 550 م° لمدة 6 ساعة لغرض تجانس البنية والتخلص من بعض عيوب السباكة كالانعزال وايضا التخلص من الاجهادات والحصول على بنية متجانسة.

## 3 - قياس الصلادة والفحص المجهرى

تم تحضير العينات من السبائك الثلاث المحضرة سابقا لغرض اجراء فحص الصلادة والتركيب المجهرى. اذ اجريت عملية التتعيم الرطب بالماء باستعمال ورق تتعيم بدرجات مختلفة هي (220 , 320 ، 500 ، 1000). ثم اجريت عملية الصقل باستعمال قماش صقل خاص ومعجون الماس (Diamond) ذو

حجم حبيبي (3/2) مايكرون ومن ثم تم تنظيفها بالماء والكحول وتجفيفها بالهواء. وقد اجري فحص الصلادة الفيكرزية ( Vickers Hardness) باستخدام حمل مسلط مقداره (500) غرام ومن ثم اخذ متوسط قطر الاثر لاكثر من ثلاث قراءات وتم حساب قيمة الصلادة (HV). ولغرض فحص التركيب المجهرى للعينات استخدم محلول الاظهار من (95 ml + 8 ml HCl + 5 gm FeCl<sub>3</sub> Alcohol). واجري التصوير باستخدام مجهر ضوئي مزود بكاميرا وحاسوب.

## 4 - اختبار البلى الانزلاقي

استخدم جهاز البلى الانزلاقي نوع ( Pin-Disc ) لغرض اجراء اختبار البلى. ويتكون الجهاز من محرك كهربائي يدور بسرعة دورانية ثابتة (940rpm) ثم يتم نقل الحركة من المحرك الى القرص الفولاذي حيث تكون سرعة دوران القرص (510rpm). وتم استخدام خمسة احمال هي (2.5 . 15 . 10 ) نيوتن عند سرعة انزلاق ثابتة (2.7 m/s). اما قطر دائرة الانزلاق فكانت بمقدار (7cm) وصلادة القرص الفولاذي (35HRC). وحضرت عينات اختبار البلى بواسطة تشغيل المصبوبات بطول 20mm وقطر 10mm. كما تم قياس الخشونة Ra=0.2µm وكانت القيمة ثابتة لجميع العينات.

**5 - حساب معدل البلى**

تم حساب معدل البلى للسبائك المحضرة باستخدام الطريقة الوزنية ، اذ تم حساب وزن العينة قبل وبعد الاختبار بواسطة الميزان الحساس نوع (Denver) ذو دقة (0.1 mg).  
ويحسب معدل البلى من المعادلة الآتية [8] :

$$Wearrate(W.R) = \frac{\Delta W}{2prNt} \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta W = W_0 - W_1 \dots\dots\dots(2)$$

حيث ان: (...)

W.R: معدل البلى (gm/cm)

$\Delta W$ : التغيير في الوزن (gm)

$W_0$ : وزن العينة قبل الاختبار (gm)

$W_1$ : وزن العينة بعد الاختبار (gm)

t: زمن الانزلاق min

r: نصف قطر مركز الدوران r = 7 cm

N: السرعة (510 rpm)

**النتائج والمناقشة****1 - مناقشة البنية المجهرية**

يلاحظ من الشكل (1) البنية المجهرية للسبائك الثلاث المحضرة بطريقة السباكة في القوالب الفولاذية. وتتكون البنية المجهرية في حالة السبيكة البراص الفا (سبيكة A) في الحالة المسبوكة (As cast) والمجانسة حراريا من بلورات طور الفا ( $\alpha$ ) فقط والتي

تتميز بظهور التركيب الشجري والنتاج عن التبريد السريع للمعدن المصبوب في قوالب معدنية. اما في حالة سبيكة البراص الحاوية على (3%) رصاص (سبيكة B) فتتميز بظهور نقاط سوداء او كريات صغيرة منفصلة في البنية المجهرية وذلك لان الرصاص عديم الاذابة في النحاس أي لا يذوب في السبيكة. اما في حالة سبيكة البراص الحاوية على (3%) قصدير (سبيكة C) فتتكون البنية المجهرية من بلورات من طور الفا ( $\alpha$ ) ومذاب فيه القصدير اذابة تامة في المحلول الجامد ( $\alpha$ ) مما يؤدي الى تنعيم حجم الحبيبات وتقوية السبيكة.

**2 - تأثير الحمل المسلط على معدل البلى**

الشكل (2) يوضح العلاقة بين الحمل المسلط ومعدل البلى للسبائك الثلاث. اذ اجريت تجربة البلى عند أحمال مختلفة (5-25) نيوتن وسرعة أنزلاق ثابتة (2.7 m/sec) وصلادة القرص الفولاذي (35HRC). ويلاحظ ان زيادة الحمل تؤدي الى زيادة معدل البلى حيث يتحول البلى من البلى الطري الى البلى الانتقالي ثم الى البلى الشديد وهذا يعود الى التشكيل اللدن الحاصل لقمم النتوات السطحية للعينة مما يؤدي الى زيادة كثافة الانخلاعات وبالتالي حدوث تصليد انفعالي. وعند زيادة الحمل الى (25) نيوتن ينتج عنه تكوين شقوق صغيرة (Microcracks) في سطح العينة ومن ثم

يلاحظ من الشكل (3) ان معدل البلى للسبائك الثلاث يزداد مع زمن الانزلاق عند انزلاقها على قرص فولاذي وعند سرعة انزلاق ثابتة. وتكون الزيادة في معدل البلى في حالة السبيكة براص الفا (A) اكبر مما هي عليه في حالة السبكتين (B) و (C). ومن ناحية اخرى يلاحظ ان السبيكة الحاوية على (3%) قصدير (سبيكة C) هي افضل السبائك لانها تمتلك اقل معدل بلى مقارنة مع السبائك الاخرى. ان الزيادة في معدل البلى تكون قليلة وثابتة تقريبا مع زيادة زمن الانزلاق وهذا يعزى الى دور عنصر القصدير في تقوية السبيكة بسبب ذوبانه في المحلول جامد ( $\alpha$ ) حيث ان قابلية ذوبان القصدير في النحاس تصل الى (14%) مما يؤدي الى زيادة صلادة السبيكة وكذلك حدوث ظاهرة التصليد الانفعالي الناتجة عن عملية البلى وزيادة صلادة الطبقة السطحية بغض النظر عن حجمها البلوري. ومع زيادة زمن الانزلاق يزداد معدل البلى الى ان تصل الى حالة الاستقرار. ويوجد سبب اخر هو تسطح نتوءات السطحين المنزلقين نتيجة لاستمرار عملية الانزلاق وان اختلاف مقدار التسطح في كل من السطحين ومن ثم الحصول على اسطح ذات خشونة اقل حيث يؤدي ذلك الى تسهيل عملية الانزلاق وبالتالي تقليل معدل البلى. وقد لوحظ هذا السلوك لكلا السبكتين A و B وهذه النتائج تتفق مع نتائج الباحثين في المصدر [11].

تلتقي هذه الشقوق مع بعضها البعض او مع خطوط البلى بسبب ازالة طبقات رقيقة من المعدن التي تزال بسهولة باتجاه الانزلاق لتكوين حطام البلى (Debris) [9]. ويلاحظ من الشكل (2) ان معدل البلى للسبيكة المحتوية على (3%) رصاص يكون اقل مما هو في حالة السبيكة الاساس (70/30) (سبيكة A) حيث يؤثر الرصاص على سلوك البلى للسبيكة الاساس. وهذا يعزى الى ان الرصاص يعمل كطبقة مزيتة لسطح المسمار (العينة) والقرص مما يساعد على تقليل درجة الحرارة وبالتالي تقلل من معدل البلى [4، 10]. اما في حالة السبائك الحاوية على (3%) قصدير (سبيكة C) فيكون معدل البلى اقل مما في حالة السبيكة (A) والسبيكة (B) الحاوية على الرصاص. وهذا يعود الى دور القصدير في تقوية السبيكة نتيجة ذوبانه في المحلول الجامد ( $\alpha$ ) وبالتالي زيادة صلادة السبيكة كما موضح في جدول (2). وهذه النتائج اكدتها الدراسة التي قام بها الباحثان منى خضير وفاضل مالك [10] حول سلوك البلى الانزلاقي لبعض سبائك النحاس ومنها سبيكة البرونز القصديري حيث لوحظ ان وجود القصدير بنسبة 10% في النحاس يكون طور ( $\epsilon$ ) ( $Cu_3Sn$ ) وهو طور صلد مقاوم للحك والبلى. والجدول (2) يوضح قيم الصلادة للسبائك الثلاث.

### 3- تأثير زمن الانزلاق على معدل البلى

وصغيرة وحفر (Grooves) وظهور بعض حطام البلى على سطح البلى لسبيكة البراص (70/30) (سبيكة A) كما موضح في الشكل (4-a).

اما في حالة سبيكة البراص الحاوية على (%3) رصاص (سبيكة B) فيلاحظ ان خطوط البلى دقيقة ورفيعة وغير عميقة بسبب وجود دقائق الرصاص التي تعمل كمزيت صلب بين العينة والقرص مما يقلل من معدل البلى وبالتالي يؤدي الى تكوين حطام بلى ناعم وبكميات قليلة كما موضح في الشكل (4-b). اما بالنسبة لسبيكة البراص الحاوية على (%3) قصدير فتكون خطوط البلى دقيقة ورفيعة مما يؤدي الى نعومة سطح البلى . وهذا يعود الى ارتفاع درجة الحرارة ومن ثم تكوين طبقة اوكسيد والتي تعمل كمزيت ذاتي مما يؤدي الى تقليل معدل البلى بالاضافة الى زيادة صلادة الطبقة السطحية والتي بدورها تقلل الاحتكاك والبلى [13] لاحظ الشكل (4-c) .

#### الاستنتاجات

- 1-يزداد معدل البلى مع زيادة الحمل المسلط وزمن الانزلاق عند ثبوت سرعة الانزلاق وصلادة القرص الفولاذي .
- 2-ظهر ان معدل البلى لسبيكة البراص الحاوية على (%3) قصدير اقل مما هو عليه في حالة لسبيكة (70/30) وسبيكة البراص الحاوية على (%3) رصاص .

كما ان احتمالية تكون الاكاسيد اثناء عملية الانزلاق بسبب ارتفاع درجة الحرارة وارد ايضا مما يساعد على عدم زيادة معامل الاحتكاك اذ تعمل هذه الاكاسيد كمادة مزيتة ومن ثم الثبوت على حالة الاستقرار. اما بالنسبة للبراص الحاوي على 3% رصاص (السبيكة B) يكون معدل البلى اقل مما في حالة سبيكة البراص الفا (سبيكة A) وذلك لوجود معدن الرصاص الذي يعمل كمزيت ذاتي والمعروف ان قابلية ذوبان الرصاص في النحاس منخفضة جدا ولذا يتواجد الرصاص في البنية المجهرية على شكل كريات متوزعة (Dispersed globules) مما يعمل على تقليل التلامس بين العينة والقرص الفولاذي وبالتالي يقلل معدل البلى. وعلى الرغم من الصفات الايجابية للرصاص فان اضافته يجب ان لا تزيد عن 3% بسبب تأثيره السلبي على خواص السباكة وعلى وجه الخصوص على خاصية الانكماش والتمزق الساخن وهذه النتائج اكدها الباحث (C. Vilarinho) وجماعته [12] .

#### 4 - دراسة سطح البلى

يوضح الشكل (4) الصور الفوتوغرافية لاسطح البلى للسبائك الثلاث عند تسليط حمل مقداره (20N) وسرعة انزلاق ثابتة ( 2.7 m/sec) بعد مرور (30) دقيقة. ويمكن ملاحظة انسياب المعدن بسهولة من ملاحظة الاثر عند سطح البلى اذ تكون خطوط البلى عريضة وعميقة وحدوث شقوق كبيرة

- Mechanical Engineering Conference, 2001, 8-10, October-2001, pp. 342-351.
- [7] Y. Li, T. Ngai, W. Xia, y. Long and D. Zhand, "A study of Aluminum Bronze Adhesion on Tools during Turning", J. Mater. Process. Technol., Vol. 138, 2003, pp. 479-483.
- [8] T. S. Eyer, British Foundryman, Vol. 70, 1977, p.349.
- [9] ASTM, Metals Test Method and Analytical Procedure", Vol.05.02,1989.
- [10] منى خضير وفاضل مالك "دراسة البلى الانزلاقي الجاف لبعض سبائك النحاس ومجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 24، العدد 1، 2005، pp31-42 .
- [11] د. جعفر طاهر الحيدري ، ايمان صبيح ، رائد كاظم، "علاقة الحجم البلوري على خواص البلى الالتصاق لسبيكتي (70/30 و 60/40) ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، العدد 19 ، ملحق العدد 2، 2000 .
- [12] C. Vilarinho, J. P. Davim, D. Soares, F. Castro and J. Barbosa, "Influence of the Chemical Composition on the Machinability of Brass", Journal of Materials Processing Technology, vol. 170, 2005, pp. 441-447.
- [13] Mikell P. Groover, "Fundamentals of Modern Manufacturing Materials
- 3- اظهرت السبيكة الحاوية على (3%) رصاص معدل بلى اقل مما هو عليه في حالة السبيكة (70/30).
- 4- ادت اضافة (3%) قصدير الى زيادة الصلادة لسبيكة البراص الفا بينما اضافة (3%) رصاص ادت الى انخفاضها .
- المصادر
- [1] W. Bolton, Engineering Metals Technology, Butterworths, 3<sup>rd</sup> ed, 1998
- [2] [http:// WWW. Copper.org / applications / Industrial / low lead htm / Copper. Org CDA](http://WWW.Copper.org/applications/Industrial/lowlead.htm), Copy right 2003 Copper Development Association Envirobrass I and Envirobrass II
- [3] J. Halling, Principle of Tribology, Macmillan press Ltd, 1979.
- [4] عبد الله عذيب " دراسة بلى النحاس الاصفر تحت ظروف الانزلاق الجاف " ، رسالة ماجستير، قسم هندسة الانتاج والمعادن ، الجامعة التكنولوجية ، 1986 .
- [5] جعفر طاهر الحيدوي ، ابتهاج عبدالرزاق ، اسراء عبدالقادر، "تأثير عنصر الرصاص على الخواص الترابيولوجية لسبائك البراص" مجلد 17 ، العدد 11 ، 1998 ص 174-185 .
- [6]- Muna, K. A., "Effect of Aluminum Addition on Some Mechanical Properties of  $\alpha$ -Brass (70/30)", The 4<sup>th</sup> Jordanian International

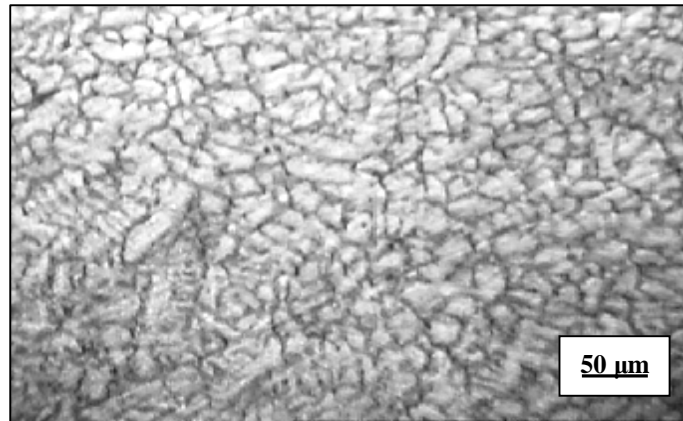
Processes and Systems",  
John Wiley and sons Inc., 1999.

جدول (1) التركيب الكيميائي للسبائك بعد عملية الصب

Alloy wt%	Zn	Sn	Pb	Fe	Cu
Pure Brass	29.2	--	--	0.27	Remainder
Brass+3% Sn	30.2	2.99	--	0.29	Remainder
Brass+3% Pb	30.04	--	2.98	0.31	Remainder

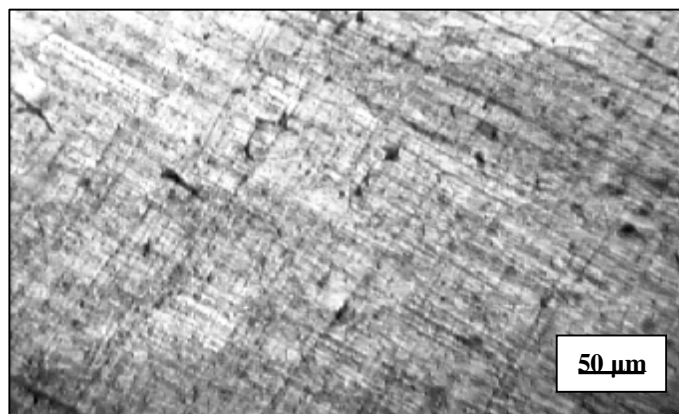
جدول (2) قيم الصلادة للسبائك

Alloy	HV ( Kg/mm <sup>2</sup> )
Brass (70/30) (Alloy A)	71
Brass + 3% Pb (Alloy B)	64
Brass + 3% Sn (Alloy C)	80

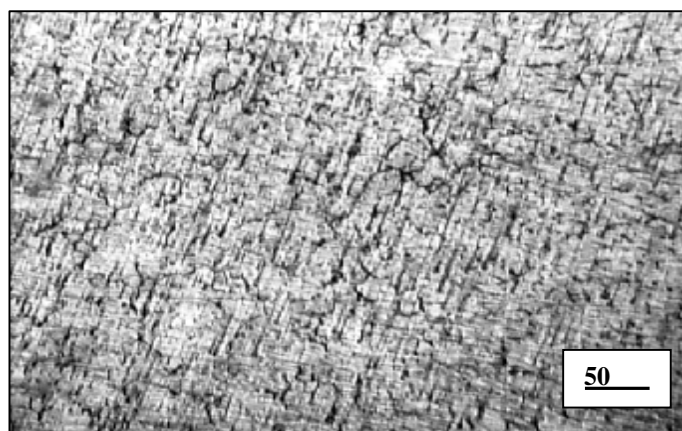


سبيكة (A) براص الفا (70/30)

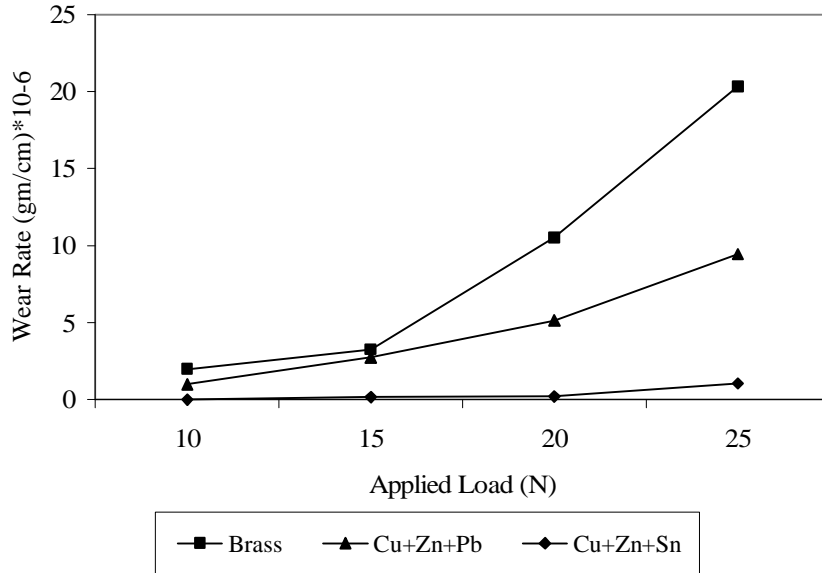




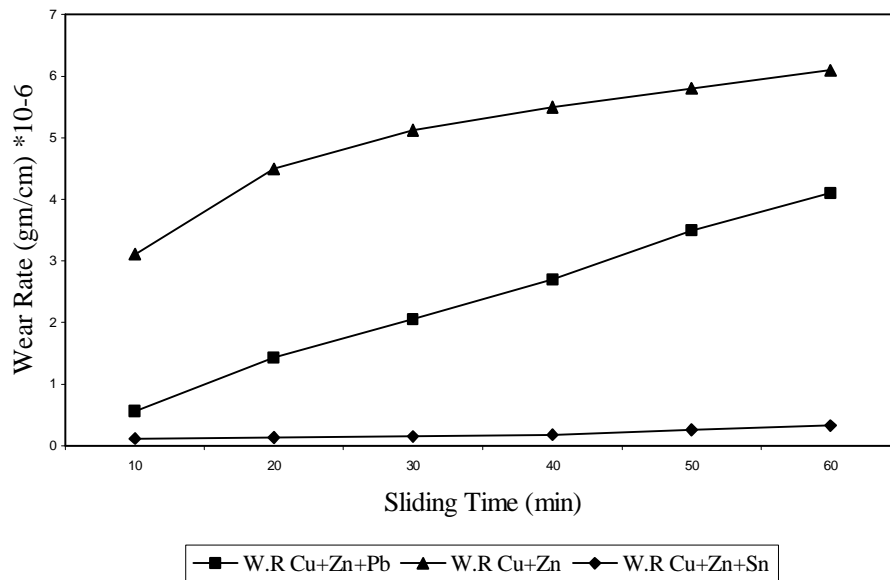
سبيكة (B) براص الفا + 3% رصاص (Cu-Zn-3% Pb)



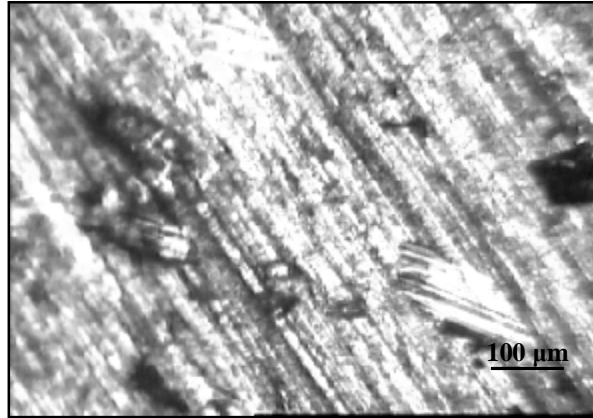
شكل (1) البنية المجهرية للسبائك الثلاث بعد عملية الصب والتجانس الحراري  
سبيكة (C) براص الفا + 3% قصدير (Cu-Zn-3% Sn)



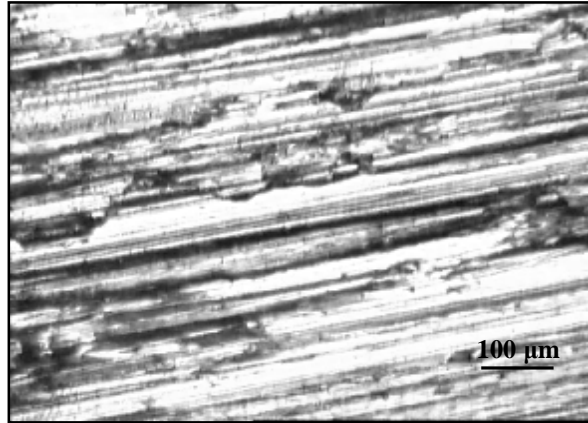
شكل (2) العلاقة بين الحمل المسلط ومعدل البلى عند زمن انزلاق (30 min) وسرعة انزلاق (2.7 m/sec) وصلادة القرص الفولاذي (35 HRC).



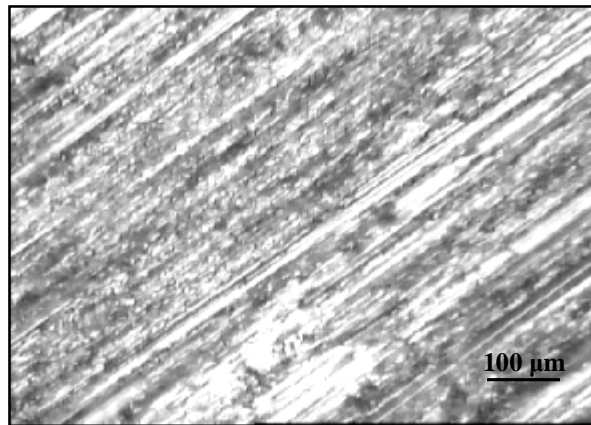
شكل (3) العلاقة بين معدل البلى و زمن الانزلاق عند مسافة انزلاق (3 cm) وحمل مسلط (25 N) وسرعة انزلاق (2.7 m/sec) وصلادة القرص الفولاذي (35 HRC).



سبيكة (A) براص الفا (70/30) (Cu-Zn)



سبيكة (B) براص الفا + 3% رصاص (Cu-Zn-3% Pb)



سبيكة (C) براص الفا + 3% قصدير (Cu-Zn-3% Sn)

شكل (4) سطح البلى للسبائك الثلاث عند حمل مسلط (20 N) وسرعة  
انزلاقي (2.7 m/sec) وزمن انزلاقي (30 min)