تاثير الحمل المسلط على سلوك البلى لبعض سبائك النحاس

م.م مكارم حازم عبدالكريم*

الاستلام 2007/7/4
القبول 2007/8/5

الخلاصة

يتضمن البحث دراسة خواص البلى ألانزلاقي الجاف لثلاث مجاميع من سبائك النحاس ، السبيكة الأولى البراص (70/30) والثانية هي سبيكة البرنـز-سـيليكون (Cu-Si) والثالثـة براص السيليكون (Cu-Zn-Si) ، وقد تم استخدام جهاز البلى الانزلاقي الجـاف ذو الترتيـب المسمار على القرص (Pin on disk) لدراسة السلوك الميكانيكي لسبائك النحاس تحت ظروف مختبرية وايجاد تاثير الحمل والتركيب الكيمياوي للعينة على معدل البلى تحت ظروف تثبيـت السرعة وزمن الانزلاق وصلادة القرص الفولاذي (35 HRC) وقد اظهرت النتائج ان معـدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط عند ثبوت التركيب الكيمياوي للعينة . كما تبـين النتـائج ان مقاومة البلى لسبيكة براص السيليكون اعلى من مقاومة البلى للبراص وسبيكة برونز السيليكون عند جميع الاحمال المسلطة (10-25 N) .

Effect Of Applied Load On Wear Behavior Of Some Copper Alloys

Abstract

This research devoted to studying the properties of sliding wear of three groups of copper alloys chosen to this study. They are Brass (70/30), Silicon bronze and Silicon-Brass. These three groups have been examined by using (pin on Disc) apparatus under different wear conditions including applied loads and disc hardness is constant (35HRC). This study was concluded that the wear rate was increased as the applied load and the wear behavior was changed from mild wear into transition wear as the applied load is increased. This research concludes that the alloy of Silicon-brass was the best alloy due to high wear resistance in comparison with the other alloys.

1- المقدمة

من المشاكل المهمـة والكبيـرة التـي تعاني منها الكثير من المكـائن ذات الحركـات الترددية او الانزلاقية او التدحرجية هي مشـكلة الاحتكاك والبلى وذلك لأنها تؤثر بشكل سـلبي ومباشر على دقة عمل واداء تلك المكائن كمـا أنها تؤثر على كفائتها بشـكل ملحـوظ . هـذا بالإضافة الى الخسائر الفادحة من جراء إصلاح وإعادة بناء تلك الأجهزة [1] . وبسـبب جميـع هذه المشاكل فقد اهتم الكثير من الباحثين بدراسة البلى والاحتكاك ومعرفة أسبابهما والعوامل التي تؤثر عليها . مثل درجـة الحـرارة والصـلادة والحمل والتركيب البلوري وهناك عـدة انـواع للبلى وهي : [2]

1- البلى الالتصاقي 2- البلـى الحكـي 3- بلـى التقرح 4- البلى التاكلي 5- بلى التعرية.

يحدث البلى الالتصاقي (Adhesive waer) في حالة انزلاق السطوح على بعضها البعض بحيث يكون الضغط ما بين النتوءات المتلامسـة علـى درجة من الكفاية لاحداث تشكيل مـوقعي لـدن (local plastic deformation) وتلاصق [3] . ويحدث التلاصق بين عدد من النتوءات والتـي

*قسم هندسة الانتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجيا-بغداد

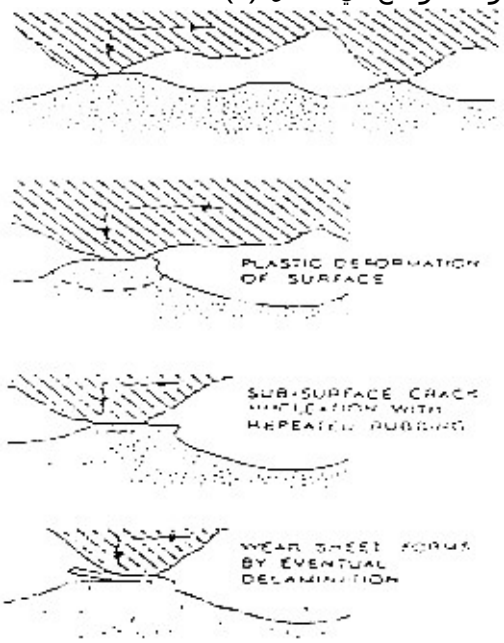
https://doi.org/10.30684/ etj.26.1.10
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758

تزيد 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 .

يحدث البلى بعدة اليات منها الية تشويه النتؤات والية الحرث والية الانفصال . وفي النوع الاخير تتكون دقائق البلى نتيجة التشويه اللدن للمنطقة السطحية وتحت السطحية مما يؤدي الى تكون شقوق في المنطقة تحت السطحية ومن ثم حصول عملية الازالة والتي تكون على شكل دقائق اذ تتولد هذه الدقائق باربعة مراحل هي:[4]

1-تشويه النتؤات وتكسرها .
2-نمو الشقوق .
3-تكاثر او توسع الشق .
4-تشويه صفيحة البلى .

وكما موضح في الشكل (1)



شكل (1) يمثل الية انفصال دقائق البلى .

وتعد سبائك النحاس وخاصة سبائك البراص وسبائك البرونز الاختيار الأمثل للمحامل (Bearing) عند تشغيلها مقابل الفولاذ أو حديد الزهر ، إذ تمتاز هذه السبائك بالمتانة وقابلية التشغيل ومقاومة جيدة للاحتكاك فضلا عن مقاومتها الجيدة للتآكل الكيمياوي [5 و 6] .

واجريت العديد من البحوث والدراسات السابقة في هذا المجال ، اذ لاحظ الباحث (Archard) [7] ان معدل البلى يقل مع الزمن في الحالة المزيتة بينما يزداد في الحالة الجافة . توجد حالتان من البلى هما البلى الشديد (Severe wear) والبلى المتوسط (Mid wear) . ففي حالة سبيكة النحاس الاصفر (70/30) لوحظ ان البلى المتوسط يتحول الى بلى شديد بعد فترة قصيرة من الزمن ثم يتحول الى لبى متوسط بينما بالنسبة الى سبيكة النحاس الاصفر (60/40) المحتوية على 2% رصاص فانه يعطي بلى شديد عند الحمل القليل . اما الدراسة التي قام بها الباحث عبدالله مشاري (1986) [8] إذ تم استخدام سبيكتين وهي نحاس اصفر (70/30) ونحاس اصفر (60/40) وتوصل إلى إن السبيكة الأولى تعطي معدل بلى اقل من السبيكة الثانية ولكن معامل الاحتكاك لسبيكة (60/40) اقل منه في حالة النحاس الاصفر (70/30) . كما لاحظ الباحثان منى خضير و فاضل مالك (2005) [9] ان البلى يتحول من البلى الطري الى البلى الانتقالي عند زيادة الحمل المسلط اذ تم استخدام ثلاث سبائك هي برونز الالمنيوم (Cu-Al) وبرونز السيليكون (Cu-Si) وبرونز القصدير (Cu-Sn) وتوصلت الدراسة ايضا إلى إن السبيكة الحاوية على القصدير اعطت أعلى مقاومة بلى مقارنة بالسبائك الأخرى تحت ظروف الانزلاق الجاف من نوع (Pin-on-Disc) .

ويهدف البحث الحالي الى دراسة تاثير الحمل المسلط على معدل البلى لبعض سبائك النحاس المهمة والتي تستخدم بشكل واسع في الصناعة للاغراض الترايبولوجية كسبائك البراص (70/30) وسبائك براص السيليكون وبرونز السيليكون .

2-الجزء العملي Experimental

2-1 تحضير السبائك Alloys Preparations

تم استعمال ثلاث مجاميع من سبائك النحاس وهي (Cu-Zn و Cu-Si و Cu-Zn-Si) وقد تم تحضير هذه السبائك بعمليتي الصهر والصب في قوالب معدنية ثم اجراء التحليل الكيمياوي للسبائك المحضرة باستخدام جهاز التحليل الطيفي (Atomic Absorption type IL457) وكما موضحة في الجدول (1) والجدول (2) يوضح قيم التحليل الكيمياوي للسبائك القياسية [10].

2-2 المجانسة الحرارية Homogenization

بعد تحضير العينات من السبائك بعمليتي الصهر والصب تم مجانستها حراريا في فرن كهربائي (Carbolite) عند درجة ($550^{o}C$) وزمن (6) ساعات وذلك للتخلص من بعض عيوب السباكة .[11].

3-2 تحضير العينات للفحص

بعد عملية المجانسة الحرارية تم تقطيع العينات بطول (5mm) وقطر (10mm) لغرض إجراء عملية الفحص المجهري كما وتم إسناد العينات على البارد ومن ثم صقلها وتنعيمها . وقد اجري التنعيم الرطب باستخدام الماء وورق التنعيم من (SIC) وبدرجات نعومة مختلفة (220 و320 و500 و1000) اما عملية الصقل فقد تمت باستخدام قطع القماش ومعجون الصقل مع استخدام سائل التزييت ومن ثم تجفيفها في الهواء . اما العملية الأخيرة فكانت عملية الإظهار باستخدام محلول الإظهار وهو كلوريد الحديديك الكحولي لمدة 60 دقيقة . والشكل (2) يبين العينة المجهرية للسبائك المحضرة .

4-2 قياس قيم الصلادة

استخدمت طريقة برينيل (Brinl test) إذ تم تسليط حمل مقداره (60kg) مع استخدام كرة فولاذية ذات قطر (25mm) وتم اخذ ثماني قراءات مع حساب قيمة الصلادة المتوسطة من القانون الآتي :

$$HB = \frac{2P}{\pi D\left[D - \sqrt{D^2 - d^2}\right]} \quad \text{-------(1)}$$

إذ إن :

HB : صلادة برنل بوحدات (Kg/mm^2) .

P : الحمل المسلط ووحداته (Kg) .

d : قطر الأثر ووحداته (mm) .

والجدول (3) يوضح قيم الصلادة السبائك المحضرة

5-2 تحضير عينات اختبار البلى

Preparation of wear specimens

تم تشغيل السبائك المحضرة والمجانسة على المخرطة وذلك لتحضيرها لاختبار البلى إذ تم الحصول على عينات بطول (15mm) وقطر (10mm) وتم تنعيم العينات باستخدام أوراق مختلفة في درجة نعومتها والمصنوعة من كاربيد السيلكون وكانت درجات النعومة كالأتي (230 و 500 و 600 و 800 و 1000 و 1200) على التوالي وتم صقلها باستخدام معجون الماس ذو نعومة (5μ) و باستخدام سائل للتزييت لتقليل عملية الاحتكاك وأخيرا تم غسل العينات وتجفيفها بالهواء .

6-2 الجهاز المستخدم في اختبار البلى

يتكون جهاز البلى ذو ذراع المسمار على القرص (Pin on Disc) من محرك كهربائي يدور بسرعة دورانية ثابتة (940 rpm) كما ويحتوي على ذراع مقطع مستطيل توضع في نهايته الأثقال للموازنة وتثبيت العينة بواسطة ماسك على عمود التثبيت وكما موضح في الشكل (3).

في الدراسة الحالية تم تحديد متغير واحد وهو الحمل المسلط (5, 10, 15, 25 N) على التوالي مع تثبيت سرعة الانزلاق (3m/sec) وتم حساب معدل البلى للسبائك المذكورة باستخدام الطريقة الوزنية إذ تم وزن العينة قبل وبعد الاختبار باستخدام الميزان الحساس نوع Mettler (AE200) وبدرجة حساسية (0.0001gm) وتم حساب معدل البلى كالأتي :[12]

$$Wearrate(W.R) = \frac{\Delta W}{2\pi rNt} \quad \text{----------} \quad (2)$$

$$\Delta W = W_o - W_1$$

اذ ان

W.R : معدل البلى gm/cm

ΔW : التغيير في الوزن (gm)

W_o : وزن العينة قبل الاختبار (gm)

W_1 : وزن العينةبعد الاختبار (gm)

t : زمن الانزلاق t=60 min

r : نصف قطر مركز الدوران (cm)

N : السرعة الدورانية (rpm)

3- النتائج والمناقشة

اظهرت نتائج الاختبارات العملية التي اجريت عند احمال مسلطة مقدارها (5 و 10 و 15 و 25 N) وسرعة انزلاق (3m/sec) وصلادة قرص (35HRC) ان زيادة الحمل المسلط تؤدي الى زيادة معدل البلى اذ يتحول البلى من النوع الطري (mild wear) الى مرحلة البلى الانتقالي (transition wear) بزيادة الحمل وكما موضح في الشكل (3) . ويعود السبب في ذلك الى ان زيادة الحمل المسلط يزداد التشويه اللدن الذي يحصل عند قمم النتؤات [13] مما يؤدي الى زيادة في كثافة الانخلاعات مع زيادة التشويه وبالتالي ينتج تصليد انتقالي وتكون هناك زيادة في صلادة العينة مما يؤدي الى تكوين شقوق صغيرة [14] (microstructure) في سطح العينة وكما

موضح في الشكل (4) . ونتيجة لانزلاق السطوح المعدنية لكل من العينة والقرص الدوار فان البلى الالتصاقي سوف يسبب تشويها لينا واصلادا انفعاليا للسطوح وللطبقات تحت السطحية [15] . كما لوحظ ان البلى المتوسط يتحول الى شديد بعد فترة قليلة من الزمن ثم يتحول الى النوع المتوسط .

وعند المقارنة بين المنحنيات المبينة في الشكل (5) يلاحظ ان معدل البلى للنحاس الاصفر (70/30) اعلى مما في حالة سبيكة (Cu-Si) وسبيكة النحاس (Cu-Zn-Si) وهذا يعود الى نسبة الخارصين عالية في السبيكة (30%) وان الخارصين يزيد من تكون الاوكسيد على السطح وبالتالي فان تكسر الاوكسيد وقذفه الى خارج سطح العينة يزيد من معدل البلى ايضا . ويمكن ملاحظة تناثر الاوكسيد على السطح كما في الشكل (4-b) .

ويلاحظ من الشكل ان هناك فرق كبير بين سلوك السبيكة (70/30) عن سلوك السبيكتين (Cu-Si) و (Cu-Zn-Si) حيث يمكن تقسيم المنحني في حالة السبيكة (70/30) الى ثلاث مناطق تمثل البلى الطري والانتقالي والبلى الشديد. اما في حالة السبيكة (Cu-Si) و (Cu-Zn-Si) فان منطقة البلى الطري والبلى الانتقالي واضحة تماما ضمن مدى الاحمال (N 15-25) اما منطقة البلى الشديد فهي غير موجودة في حالة السبيكتين (Cu-Si) و (Cu-Zn-Si) ويلاحظ ان سعة التحميل فيها اكبر من سعتها في السبيكة (70/30) لذلك يمكن استعمال هاتين السبيكتين في التطبيقات الترايبولوجية من المدى المعين في الاحمال ولفترات زمنية طويلة نسبيا ودون حدوث فقدان كبير في المعدن وهذا يعزى الى دور عنصر السيليكون في تكوين دقائق صلدة تتوزع في ارضية السبيكة مما يؤدي الى زيادة صلادتها وبالتالي تحسن مقاومة البلى ، اذ بلغ مقدار التحسن (90%) .

كما لوحظ ان السبيكة التي تمتلك صلادة اكبر تكون مقاومة البلى فيها اكبر من السبائك الاخرى بسبب وجود دقائق السيلكون الصلدة المنتشرة في المحلول الجامد والتي تقلل من نعدل البلى وتحافظ على بقاء معدل بلى واطئ عند زيادة الحمل المسلط .

4- الاستنتاجات

1- اضافة عنصر السيليكون (1%) الى النحاس يعمل على تحسين مقاومة البلى بنسبة بلغت (90%) .

2- زيادة الحمل المسلط ادى الى تغيير سلوك البلى الطري الى البلى الشديد في حالة سبيكة البراص .

3- زيادة الحمل المسلط ادى الى تغيير بسيط في سلوك البلى الطري الانتقالي في حالة السبيكتين (Cu-Si) و (Cu-Zn-Si) مقارنة مع السبيكة (Cu-Zn)

4- اظهرت السبيكة (Cu-Zn-Si) افضل مقاومة للبلى مقارنة مع السبائك الاخرى وعند جميع الاحمال المسلطة .

المصادر

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

[2] Czicons H. (Tribology), Tribology Series, 1, 1980, p.7.

[3] Eyer T.S. (Wear workshop) Brunel-university, Metallurgy department 7th April, 1982, p. 12.

[4] Suh, N.P. An overview of the delaminating theory of wear, Wear, 44, 1977, p 1-6.

[5] Bolton W., "Engineering Metals Technology", Butterworths, 3ed edition, 1998, p 56.

[6] htt:/www.copper.org/ applications/ industrial/ low lead html copper.org, CDA, Copy right 2003, Copper Development Association Envirobrass I and Envirobrass II.

[7] Archard H.J.P. and Hirst W., The wear of metals under un lubricated conditions, proc. Roy. Soc., A 236, 1956.

[8] عبدالله عذيب، "دراسة بلى النحاس الاصفر تحت ظروف الانزلاق الجاف"، رسالة ماجستير ، قسم هندسة الانتاج والمعادن ، الجامعة التكنولوجية ، 1986.

[9] منى خضير ، فاضل مالك ، "دراسة البلى الانزلاقي الجاف لبعض سبائك النحاس" ، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 24 ، العدد 1 ، 2005، ص 31-42.

[10] [Smith] (ASM) American Society for Metals, 1973.

[11] west, Copper E.G. and it's alloys, 1st pub, Ellis Horwood Ltd, 1982.

[12] U.N.I.D.O., Advances in material tech., Monitor Vienna International Center, Austeria, 1990, p. 9-11.

[13] Halling J., "Principle of Tribology", Published by the Macmillan Press Limited, London, 1979.
[14] Glaeser W.A., "wear properties of heavy copper base bearing alloys", Journal of Metals, No. 3, 1983, p. 50-55.

جدول (1) يبين التركيب الكيمياوي للسبائك المحضرة

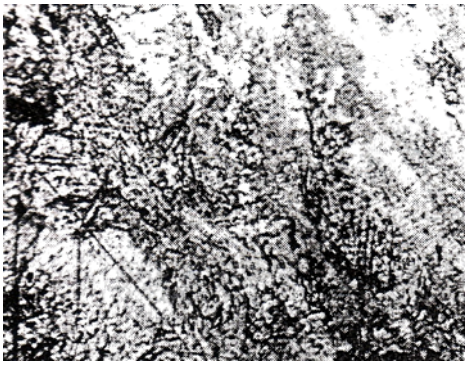
Alloys	**Element wt%**				
	Zn	**Fe**	**Al**	**Sn**	**Si**
Cu-Zn	29.5	0.27	-	-	-
Cu-Si	1.0	0.86	0.001	0.20	1.1
Cu-Zn-Si	21.001	0.026	0.001	0.001	0.621

جدول (2) التركيب الكيمياوي للسبائك القياسية .

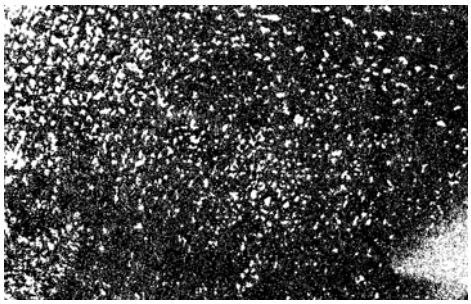
Alloys	**Element wt%**			
	Cu	**Zn**	**Si**	**Sn**
Cu-Zn	70	30	-	-
Cu-Si	97	2	1-1.5	-
Cu-Zn-Si	High Brass (α-Brass+عناصر سبك)			

الجدول (3) قيم الصلادة للسبائك المستخدمة في البحث

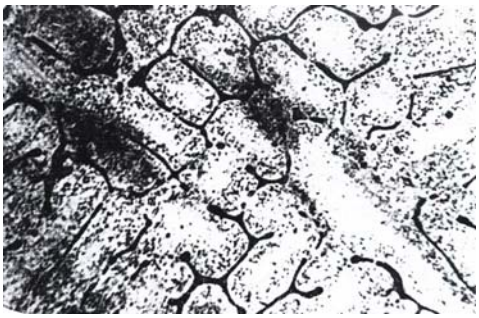
Alloys	**HB Kg/mm^2**
Brass (70/30)	70
Cu-Si	74
Cu-Zn-Si	80



a



b



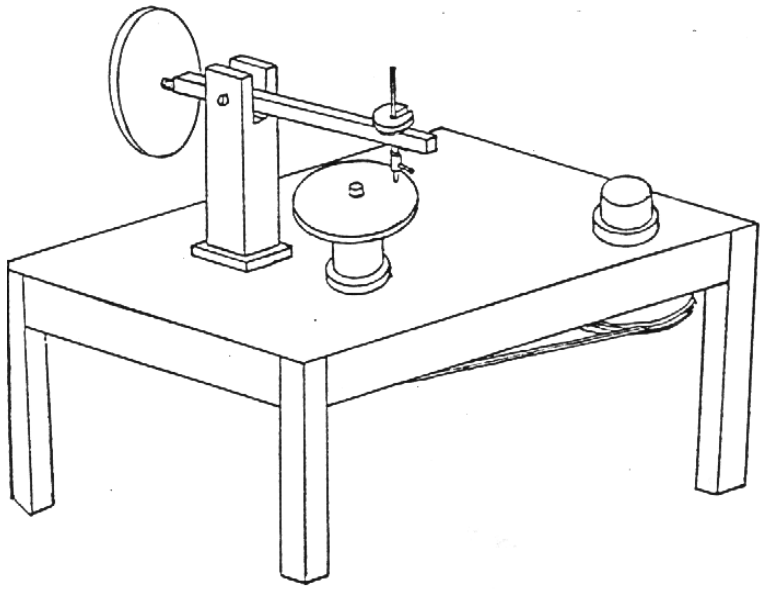
c

شكل (2) البنية المجهرية للسبائك المستخدمة في البحث (قوة تكبير 220X)

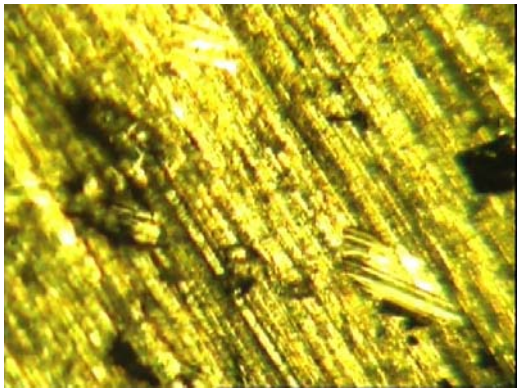
a- براص 70/30 (Cu-zn)

b- برونز السيليكون (Cu-Si)

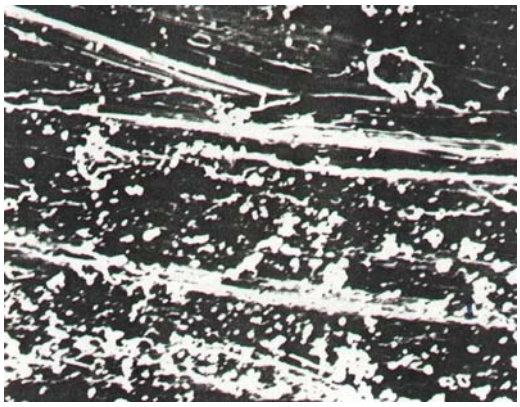
c- براص السيليكون (Cu-Zn-Si)



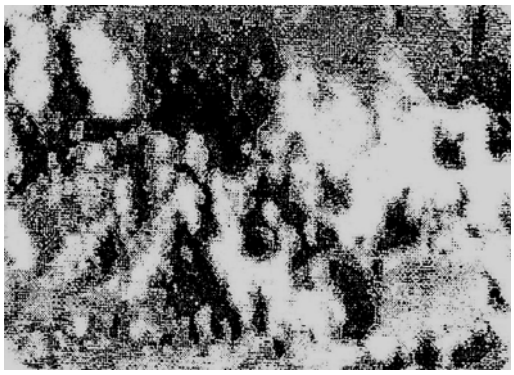
شكل (3) مخطط توضيحي يمثل جهاز البلى



a

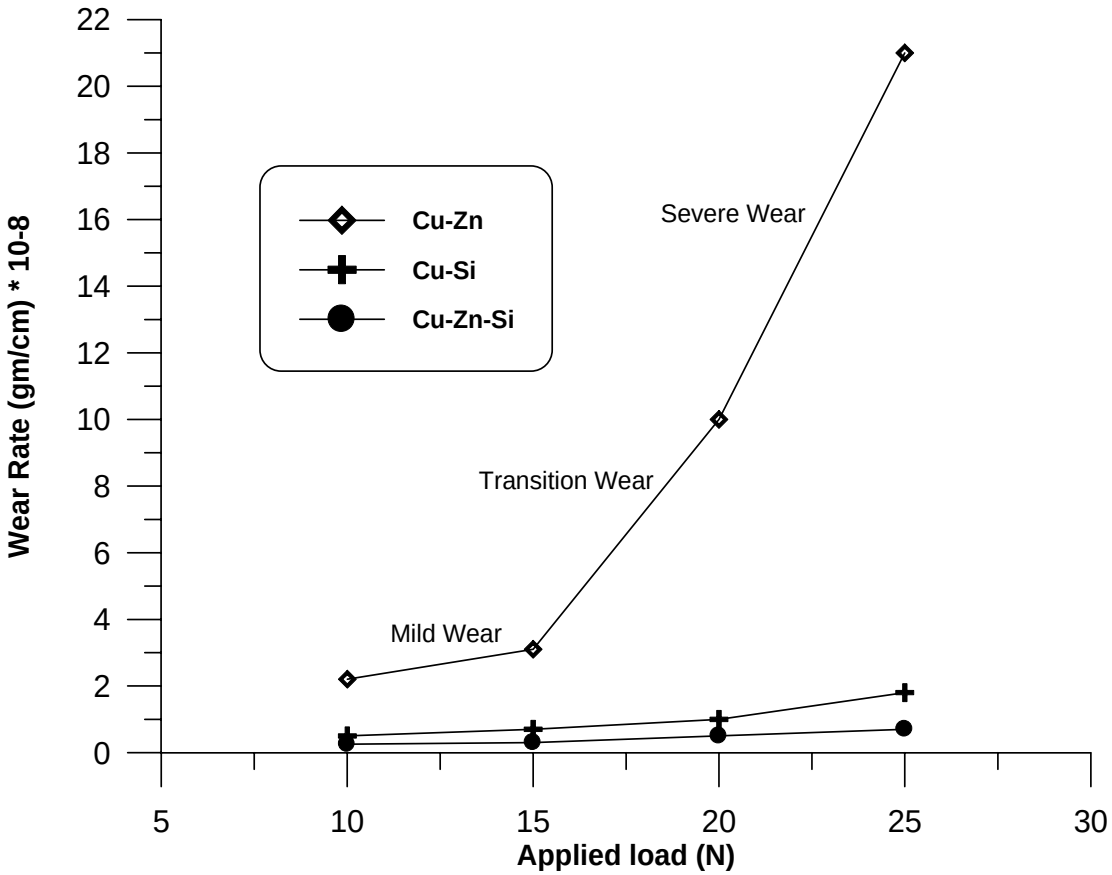


b



c

شكل (4) يمثل السطح المعرض للبلى عند حمل 20 N وسرعة (3 m/sec) وصلادة القـرص (35 HRC)
(قوة تكبير 160X)
a- سبيكة (Cu-Zn)
b- سبيكة (Cu-Si)
c- سبيكة (Cu-Zn-Si)



شكل (5) علاقة معدل البلى مع الحمل المسلط للسبائك الثلاثة عند سـرعة انـزلاق (3 m/sec) وصـلادة القرص (35 HRC) .