تأثير إضافة عنصر الرصاص على مقاومة البلى لسبيكة الالمنيوم – 16% سليكون تحت ظروف الانزلاق الجاف

د. اسراء عبد القادر الخالدي*

تاريخ التسلم: ٢٠٠٤/٨/٤
تاريخ القبول: ٢٠٠٤/١٢/١٣

الخلاصة

يهدف البحث الى دراسة تأثير الحمل المسلط وصلادة الاقراص ودرجة الحرارة اللحظية على مقاومة البلى الانزلاقي لسبيكة الالمنيوم – 16% سليكون تحت ظروف البلى الانزلاقي الجاف، وعند درجة حرارة الغرفة وباستخدام جهاز القرص الدوار والمسمار (Pin- on – Disc)، لقد تم حساب معدل البلى كدالة للمتغيرات التالية: التركيب الكيمياوي وبالاخص نسبة الرصاص ، الحمل المسلط ، مسافة الانزلاق ، وصلادة الاقراص المستخدمة، وتم كذلك قياس درجة الحرارة اللحظية.

لقد أستخدام المجهر الضوئي لدراسة التركيب السطحي وتوضيح التغييرات الحاصلة أثناء الاختبار، وبصورة عامة تبين ان مقدار معدل البلى ومعامل الاحتكاك يقل مع زيادة نسبة الرصاص ، وكما تبين ان درجة الحرارة السطحية للعينات تقل ايضا وبشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الرصاص.

The Effect Of Lead Addition On The Wear Resistance Of Al –16 % Si Alloy Under Dry Sliding Conditions

Abstract

This research is devoted to study the wear characteristics of aluminum-16% silicon under dry sliding conditions at room temperature, using (Pin-on-Disc) technique. The wear rate has been measured as a function of alloy composition, i.e. various percentage of Pb, normal load, sliding distance, and disc hardness. The flash temperature was also measured.

The surface structure of the alloy was examined after wear test using optical microscope. It has generally been observed that the wear rate and coefficient of friction decrease noticeably with increasing lead content. The temperature of the contact surfaces also decreases with increasing wt% of lead.

المقدمة

اخذت دراسة الخصائص التريبولوجية لسبائك الالمنيوم ولاسيما سبائك الالمنيوم – سليكون الحيز الاكبر بين جميع السبائك الحديدية واللاحديدية الاخرى [1]. تتضمن الية حصول البلى لسبائك الالمنيوم– سليكون تشويه الطبقة السطحية وتحت السطحية وتؤدي الية تشويه الطبقة تحت السطحية الى تكسر الطور الثاني الاكثر صلادة والمتمثل بالسليكون الى حبيبات صغيرة موزعة بانتظام في المنطقة تحت السطحية، ان هذا التشويه يختلف في السبائك ذات الطور المفرد اذ يكون باتجاه الانزلاق [2].

ان ظاهرتي البلى (التاكل الميكانيكي) والاحتكاك من الظواهر التي عاصرت الانسان منذ الازل ويمكن ملاحظتها في جميع المكائن ذات الحركات الانزلاقية او التدحرجية او الترددية او بين أي سطحين متماسين بينهما حركة نسبية ، وكنتيجة لذلك تقل ابعاد الاجزاء الميكانيكية مما يضطر العاملين الى ابدالها وهذا بسبب خسارة مادية كبيرة [3].

لقد استخدمت سبائك الالمنيوم – سليكون بشكل واسع في كثير من التطبيقات العملية ، وخاصة الحالات التي تتطلب الخفة في الوزن والمقاومة العالية للبلى، مثل تصنيع اجزاء مكائن السيارات أي الاجزاء المتعرضة للاحتكاك كالمحامل (Bearings) والمكابس (Pistons) والبطانات (Liners) ورؤس الاسطوانات (Cylinder heads) [3].

لقد بين Pathak ومساعدوه[4] عند دراستهم لخصائص البلى في سبائك الالمنيوم المحتوية على نسب مختلفة من الرصاص ان معدل البلى ينخفض مع زيادة نسبة الرصاص حيث عزوا ذلك الى ان

* قسم هندسة الانتاج والمعادن / الجامعة التكنولوجية

https://doi.org/10.30684/etj.24.1A.12
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

الرصاص ينتقل من المسمار (Pin) الى القرص الفولاذي فيلوثه ومن ثم تكون العملية عملية انزلاق المسمار على مادة الرصاص او المادة اللينة المشابهة لسبيكته، كما ان معدل البلى يقل مع زيادة سرعة الانزلاق.

وقد لاحظ R. P . Gibson ومساعدوه[5] ان اضافة الكرافيت الى سبيكة الالمنيوم – سليكون يعمل على تقليل معامل الاحتكاك وخفض الارتفاع في درجة الحرارة عند الحد الفاصل بين المسمار والقرص.

لقد اوضح E.S.Dwarakadasa ومساعدوه[6] ان تضرر الطبقة تحت السطحية (Subsurface Damage) في سبائك الالمنيوم– سليكون يقل كلما ازدادت سرعة الانزلاق وان للسرعة نفس التاثير على خشونة سطح العينة بينما يزداد تضرر الطبقة تحت السطحية عند زيادة الحمل المسلط.

الجزء العملي

استخدمت سبيكة (Al- 16 % Si) كسبيكة اساس ثم اجريت عملية الصهر داخل بودقة من الالومنيا واضيف الرصاص الى منصهر السبيكة بشكل مسحوق وبنسبة (0.5, 1%) بعد وضعه في رقائق من الالمنيوم وادخاله في المنصهر مع المزج الجيد للمنصهر لغرض الحصول على توزيع متجانس للرصاص فيه والتركيب الكيميائي للسبيكة موضح في الجدول التالي كنسب وزنية Wt % :–

Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Zn %	Ti %	Cr %	Ni %	Al %
16	1	1.823	0.261	0.0105	0.475	0.0203	0.047	0.033	Rem

لقد تم الحصول على مصبوبات بعد عملية الصهر والصب في القالب المعدني والذي قطره 15ملم وبطول 100ملم. اجريت عملية تشغيل المصبوبات ومن ثم تقطيعها بطول 15ملم وقطر 10ملم. بعد ذلك تم تنعيم العينات باستخدام ورق كاربيد السليكون، ومن ثم اجراء عملية الصقل باستخدام معجون الماس وبحجم حبيبات (1.2.5)µ على التوالي.

لقد تم اجراء اختبار البلى الانزلاقي الجاف باستخدام تقنية المسمار والقرص (Pin-on- Disc) يتكون الجهاز من محرك ذو سرعة دورانية ثابتة ومجموعة بكرات واحزمة لتغيير السرعة. يحتوي الجهاز على ذراع تثبت به العينة بعد وضعها داخل الحامل وجعلها بحالة افقية عند التلامس مع سطح القرص بواسطة ميزان (ذو قناعة)، حيث تكون العينة في حالة تلامس مع القرص اثناء دورانه تحت تأثير الحمل العمودي.

لقد تم استخدام اربعة احمال (5، 10، 15، 20) نيوتن ، كما تم استخدام اقراص من الفولاذ وبصلادات مختلفة(264, 393, 515, 675) كغم /ملم^2 على التوالي وحسب مقياس صلادة فيكرز ، كما تم تثبيت السرعة الخطية لانزلاق القرص عند نقطة الاتصال بقيمة ثابتة مقدارها (3.1) م / ثا، وزمن الانزلاق 60 دقيقة . وكذلك تم تغيير مسافة انزلاق المسمار على القرص لدراسة تأثيره على معدل البلى.

وقد تم حساب مسافة الانزلاق S بالمتر من المعادلة الاتية :–

Sliding distance (S) = (Π DN / 1000) * T (1)

حيث:–

D : القطر الذي تدور فيه العينة 64 ملم و40،1ملم.

N : عدد الدورات في الدقيقة (420 rpm).

T : زمن الانزلاق (min).

وقد تم حساب معدل البلي بالطريقة الوزنية التراكمية ، حيث وزنت العينات قبل وبعد التشغيل بواسطة ميزان رقمي حساس بدقة (0.0001) غم، ومن ثم تم حساب معدل البلى من المعادلة الاتية [7] :–

Wear rate (Wr) = Δ W/ S (2)

حيث :–

Wr : معدل البلى (gm/m).

Δ W : الوزن المفقود بعد الاختبار (gm).

S : مسافة الانزلاق (m).

قياس درجة الحرارة

تم استخدام مزدوج حراري لقياس درجة الحرارة حيث وضع داخل الثقب الذي قطره 1ملم وعلى بعد 2 ملم من حافة سطح العينة بعد ان تم لف النقطة النهائية بورق الالمنيوم الرقيق لضمان التماس الجيد مع العينة.

وقد تم حساب درجة الحرارة اللحظية لسطح العينات اثناء عملية الانزلاق لبيان تأثير درجة الحرارة اللحظية في سلوك البلى عند تغيير نسب الرصاص كما هو موضح بالمعادلات الاتية [8] :–

$Q = \mu . F . V / A_n$ (3)

$$T_b = T_o + \alpha \cdot \mu \cdot V \cdot F \cdot L_n \quad (4)$$

$$T_b = T_o + Q\,(L_n / K_m) \quad (5)$$

حيث :-

Q: كمية الحرارة المتسربة من سطح العينة ($J/m^2.sec$).

F: الثقل المسلط N.

V: السرعة (m/sec).

A_n: مساحة سطح العينة (m^2).

T_b: درجة حرارة سطح العينة ^oC .

T_o: درجة حرارة سطح العينة المتصلة بالقرص ^oC.

α: ثابت يعتمد على نوع المعدن .

μ: معامل الاحتكاك.

K_m: معامل التوصيل الحراري ($J/m^2.sec.\ ^oC$).

L_n: بعد الثقب عن حافة سطح العينة الموضوع فيه المزدوج الحراري (mm) .

النتائج والمناقشة

يتأثر معدل البلى ومعامل الاحتكاك بشكل كبير بالتركيب الكيمياوي للسبيكة المستخدمة اضافة الى المؤثرات الاخرى كالحمل المسلط ومسافة الانزلاق وصلادة الاقراص وغيرها .

ان السبيكة المستخدمة في هذا البحث هي سبيكة (Al- 16 % Si) مضافا اليها نسب من الرصاص تتراوح بين (1,0.5%Pb) ان قابلية ذوبان الرصاص في السبيكةو في الحالة الصلبة معدومة تماما [9] .الا انه قليل الذوبان في منصهرالسبيكة . ان عدم ذوبانه في هذه الحالة يجعله مفروزا حيث يترسب على شكل دقائق قد يصل قطرها الى اكثر من (10 µm) وان توزيع دقائق الرصاص يساعد على تقليل معدل البلى . لان الرصاص في هذه الحالة سيكون بمثابة مزيت ذاتي يساعد على تقليل معدل البلى.

يوضح الشكل (1) تأثير الاحمال المسلطة على معدل البلى ، حيث ان معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط وان ذلك يؤدي الى زيادة التشويه اللدن الحاصل عند قمم النتوءات وبالتالي تزداد كثافة الانخلاعات (dislocations) [10، 11] وبزيادة هذا التشوه تصبح المادة هشة تدريجيا ، وبسبب تجمع الانخلاعات تتكون الفراغات الصغيرة والتي تتجمع لتكون شقوقا صغيرة في سطح المعدن حيث تتوسع هذه الشقوق باتجاه المناطق الضعيفة متلاقية مع بعضها لتكوين شق كبير ، ان التقاء هذه الشقوق مع بعضها البعض او مع خطوط البلى يسبب ازالة لطبقات رقيقة من المعدن تزال بسهولة باتجاه الانزلاق لتكون حطام البلى. حيث يظهرالحطام نتيجة لحصول كلال في طبقات السطح هذه حيث ان وجود الحزوز (striations) كعلامات مميزة للفشل بالكلال. وكذلك يحصل تكسر للاوكسيد في حالة الحمل الواطى ليقذف خارج سطح العينة وعند الحمل الاعلى من (15) نيوتن يزال مع الاوكسيد بعض الدقائق المعدنية مما يؤدي الى زيادة معدل البلى ، والشكل (2) يبين اثر البلى الحاصل على سطح العينات عند تسليط حمل مقداره 15 نيوتن. وكما يتضح من الشكل (1) ايضا ان قيمة معدل البلى للسبائك المحتوية على نسب عالية من الرصاص تكون قليلة ويزداد معدل البلى كلما قلت نسبة الرصاص حيث يكون معدل البلى اعلى مايمكن في السبيكة الخالية من الرصاص وهو مشابه لما توصل اليه الباحث Pathak وجماعته[4] مع اختلاف في نسب الرصاص المضافة للسبيكة.

ان الأشكال (6, 5, 4, 3) توضح العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى عند تسليط احمال مختلفة.حيث يتبين ان مقدار البلى الحاصل يزداد مع زيادة مسافة الانزلاق وتكون هذه الزيادة واضحة في المراحل الأولى ثم ما يلبث ان يصل الى حالة الاتزان التي يكون فيها ازدياد معدل البلى اقل من السابق ويعزى السبب في ذلك إلى تسطح نتوءات السطحين المنزلقين نتيجة لاستمرار عملية الانزلاق و حدوث الاصلاد الانفعالي في سطح العينة حيث يؤدي الى تقليل معدل البلى ، إضافة إلى ارتفاع درجة الحرارة بشكل موضعي يؤدي الى تليين الرصاص في هذه المواقع حيث يعمل كمادة مزيتة ، وتتشتت هذه المادة على سطح القرص والعينةفي أثناء دوران القرص والعينة لذلك سوف تكون هناك طبقة عازلة من الرصاص بين سطح العينة والقرص[11, 10].

إن معامل الاحتكاك إلى حد ما يتغير مع سرعة الانزلاق كما يتضح من الشكلين (8,7) نلاحظ إن معامل الاحتكاك يقل مع زيادة السرعة لكل السبائك حيث يكون معامل الاحتكاك اقل ما يمكن عند نسبة الرصاص 1% ويعود السبب في ذلك لارتفاع درجة الحرارة عند زيادة سرعة الانزلاق. إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى ليونة النتوءات الموجودة على سطوح المعادن المنزلقة والعمل على تقليل قوة القص المطلوبة لفصل الترابط إضافة الى ذوبان عنصر الرصاص موضعيا. حيث ان الرصاص يعمل كعنصر تزييت لذلك نلاحظ ان معامل الاحتكاك يكون اقل ما يمكن عند نسبة الرصاص 1%. اما بالنسبة لتأثير صلادة الأقراص على معدل البلى فان الشكل (9) يبين أن معدل البلى يزداد مع

زيادة صلادة الأقراص المستخدمة، حيث نلاحظ عندما تكون صلادة القرص 675 كغم / ملم^2 ، يكون معدل البلى أعلى مما هو عليه عند صلادة الأقراص 515 , 393 , 264 كغم/ملم^2 ويعود السبب في ذلك إلى أن المناطق المزالة عند الصلادة العالية تكون اكبر بسبب ارتفاع درجة الحرارة التي تعمل على إزالة طبقة الاوكسيد بكميات كبيرة بشكل حطام البلى والتي تكون خشنة ومحتوية على اكاسيد أكثر عند صلادة قرص 264 و515 كغم / ملم^2 والتي تكون عندها قيمة معدل البلى اقل وحطام البلى يكون ناعم وبكميات اقل [12].

يؤثر عنصر الرصاص وبشكل كبير على سلوك السبيكة ويمكن ملاحظة هذا بوضوح عند قياس درجة الحرارة اللحظية [8] للسبائك المختلفة حيث تبين وجود اختلاف في قيم درجات الحرارة عند اختلاف نسب الرصاص كما في الشكل (10) ، ويعود السبب في ذلك الى ان الرصاص يعمل كطبقة مزيتة تخفض من درجة الحرارة عند التصاقها بسطح المسمار والقرص بمرور الزمن أي بمثابة طبقة موصلة تقلل من درجة الحرارة حتى لو طالت مدة الاختبار [12].

الإستنتاجات

١- ان معدل البلى ومعامل الاحتكاك يعتمدان على طبيعة وتركيب معدن السبيكة حيث يقل معامل الاحتكاك ومعدل البلى مع زيادة نسبة الرصاص الذي يعمل كمادة مزيتة .

٢- يزداد معدل البلى بشكل عام مع زيادة الحمل المسلط ولكن نسبة الزيادة تكون اقل عند نسبة الرصاص العالية .

٣- يزداد معدل البلى مع زيادة صلادة القرص المستخدم .

٤- يزداد الارتفاع بدرجة الحرارة مع الزمن الى مدى معين ثم يصل الى حالة الاستقرار .

٥- يقل معامل الاحتكاك عند زيادة سرعة الانزلاق وثبوت بقية المتغيرات .

٦- ان معدل البلى يزداد مع زيادة مسافة الانزلاق.

References

1- Kanth V. K, Pramila B.N, and Biswas S.K ,1992, Wear mechanisms in a hypereutectic Al-Si alloy sliding against steel, Scripta Metall, Vol.24, No.5, P.267.

2- Sarkar A.D, and Clarke J,1980, Friction and wear of Al- Si alloys, Wear, Vol. 61, No.1, P157.

3- Rabinowicz E,1984, The least wear, Wear, Vol.100, No.1, P.533.

4- Pathak J.P, Tiwarl S. N, and Mthotra S. L., 1986, On the wear characteristics of Leaded Aluminium bearing alloys, Wear, Vol.112, No.4, P.341.

5- Gibson P.R, Clegg A. J,1984, Wear of cast Al-Si alloys containing graphite, Wear ,Vol.95, No.2, P.193.

6-Kadhim M.J, Dwarakadasa E.S,1982, Nature of subsurface damage in an Al- 22% Si during dry sliding wear, J. Mat. Scie. letters,Vol.1, No.3, P.503.

7-Eyer T.S,1977, Wear characteristics of metals, British Foundaryman, Vol.70, No.2, P.349.

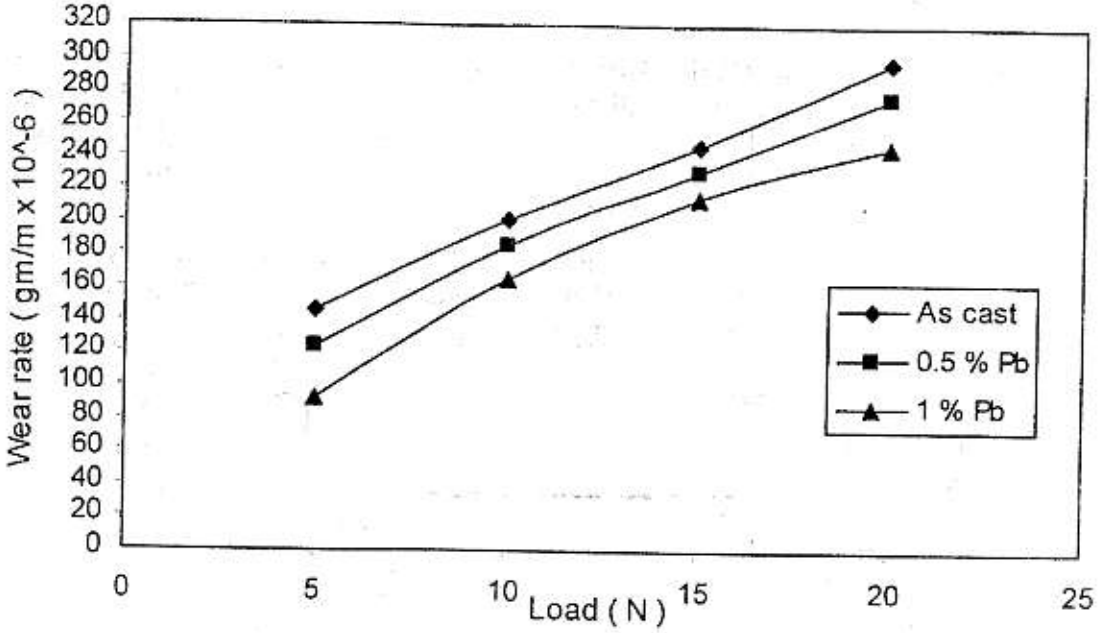
8-Clim I.S, and Asby N . F,1987, The temperature of sliding surfaces, Overview, Vol.35, No.55, P.6.

9-Naga S.A, Selmy A. I, and Hassan M. A, 1990, Mechanical wear behavior of Al–base alloys, Tribo. Inter, Vol.23, No.1, P.35.

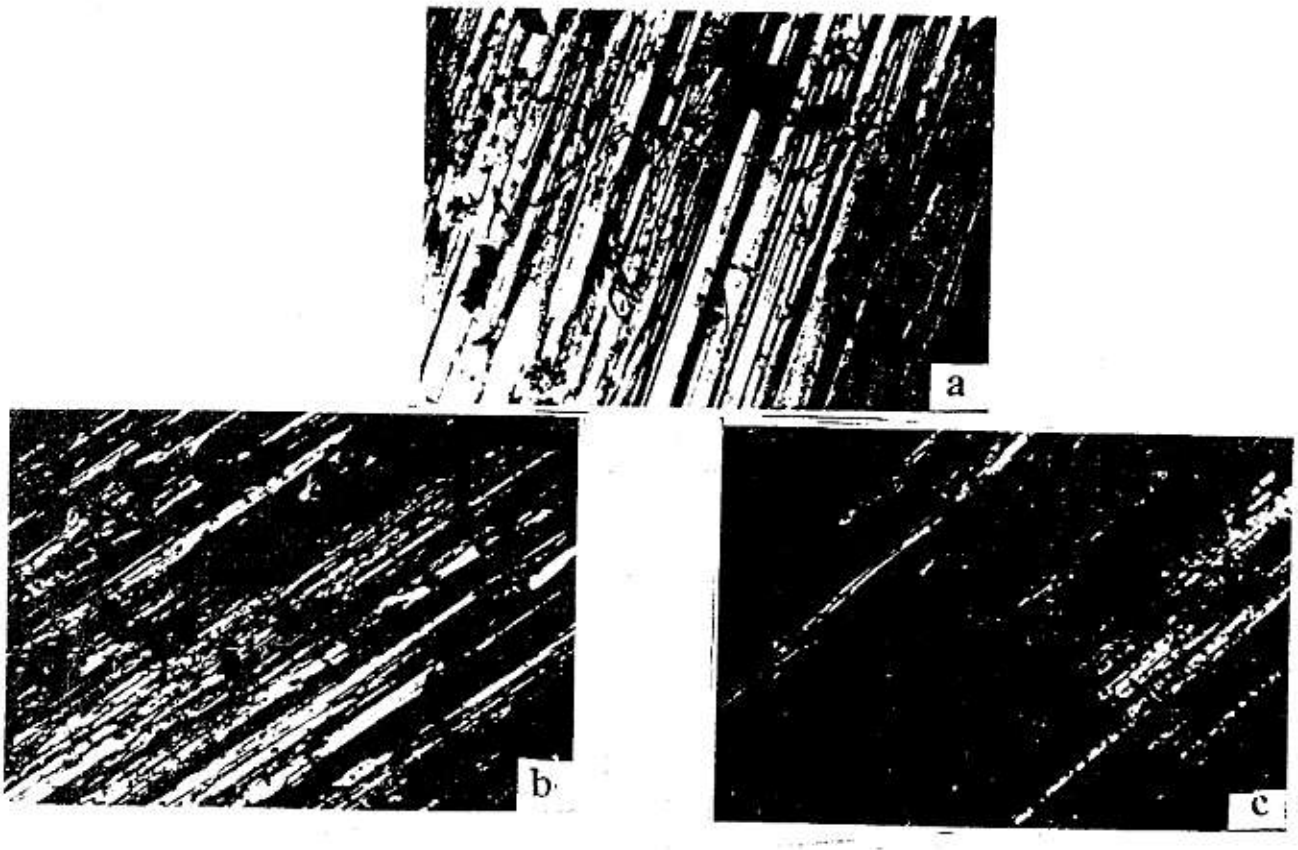
10- Rollason E.C, 1980., Metallurgy for engineering , Edwared Arnold 4 Th Ed, P.26.

11- Al- Haidary J.T, and Al-kalidy I.A. Al , 1998.,The effect of lead on the tribological properties of brass alloys, J. of Eng. Tech, Vol.17, No.11, P.176.

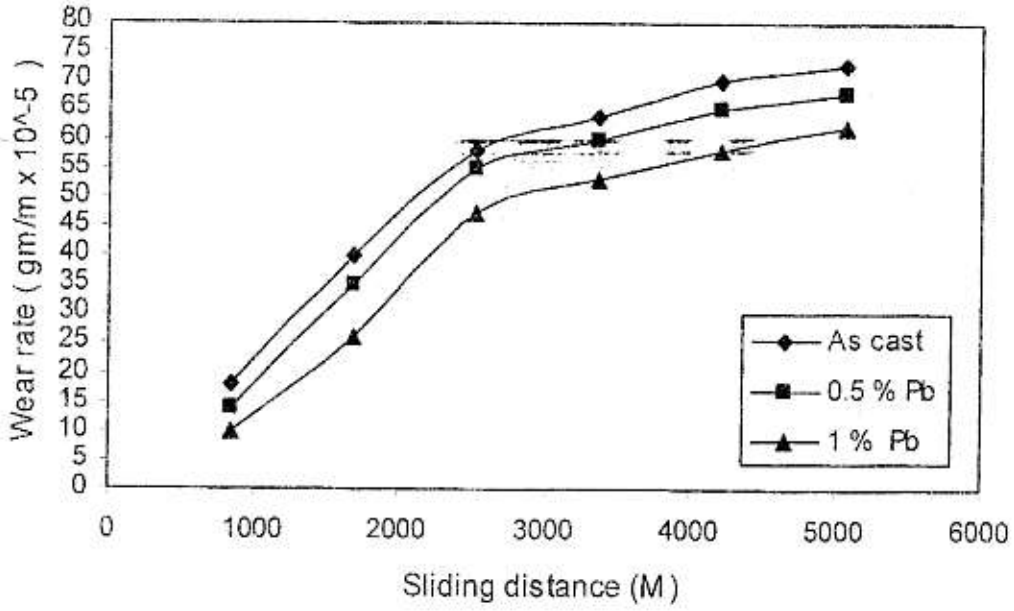
12- Tomoyuki M, Takayuki M, and Takashi Y,1998., Effect of visco–elastic property on friction characteristics of friction materials, J. of Tribo., Vol.120, No.2, P.393.



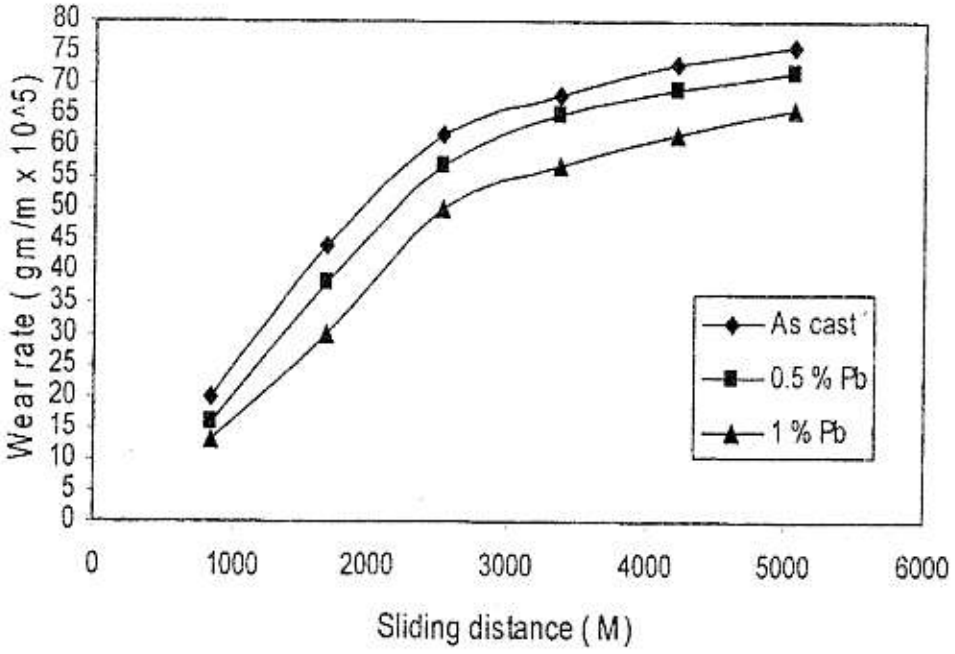
شكل ٠(1)٠ العلاقة بين الحمل المسلط ومعدل البلى ٠



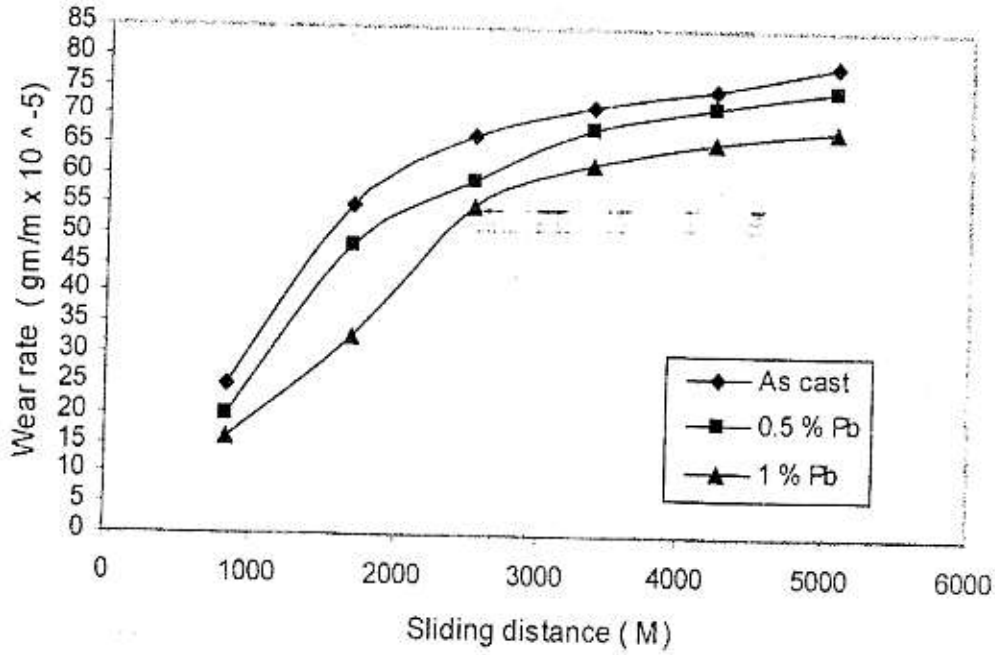
شكل ٠ (2) ٠ اثر البلى الحاصل على سطح العينات، الحمل المسلط (15 N)٠
قوة التكبير (160 X)٠
a – كما صبت٠
b – 0.5 % Pb ٠
c – 1 % Pb ٠



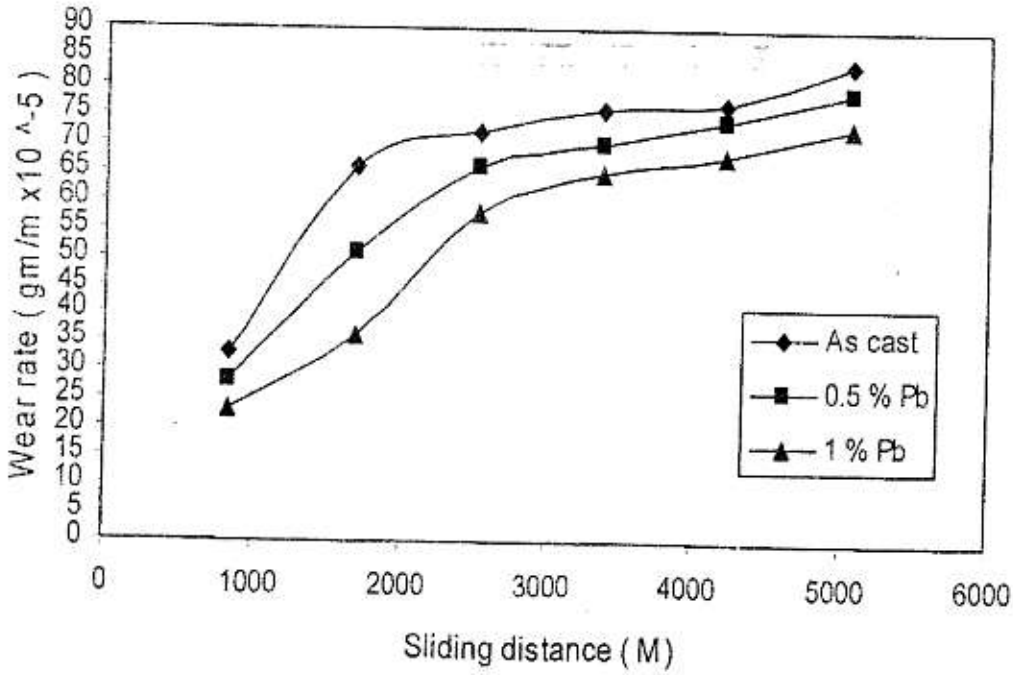
شكل (3) العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى، الحمل المسلط (5N).



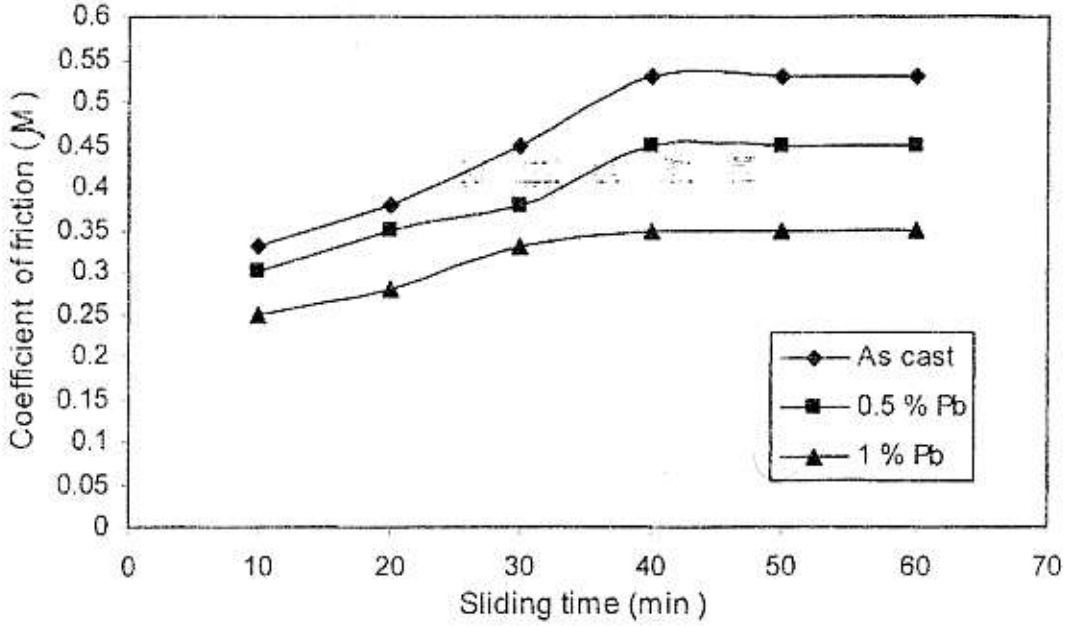
شكل (4) العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى،الحمل المسلط (10N).



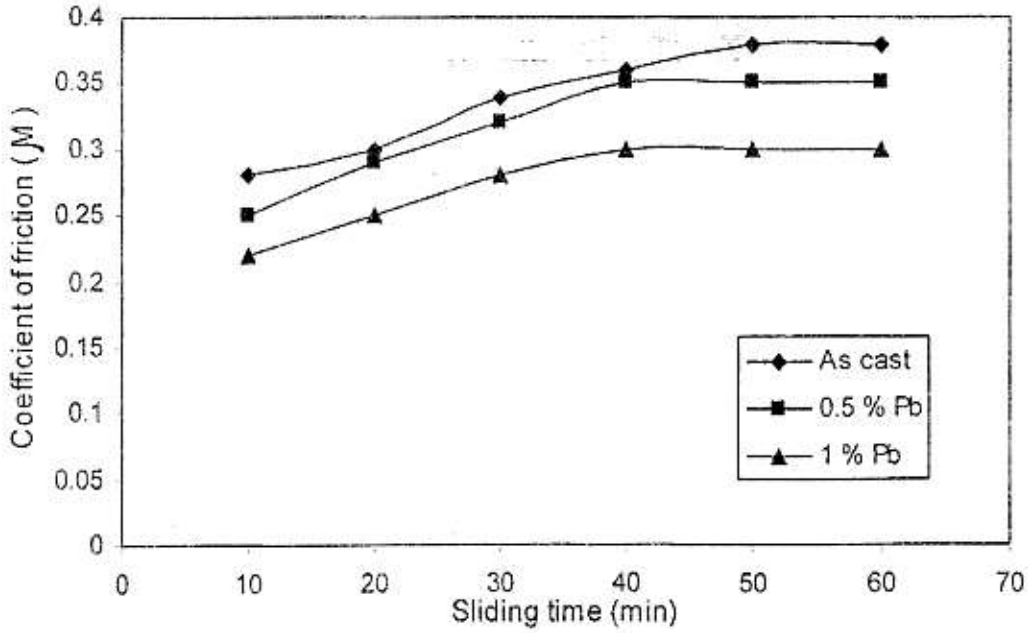
شكل (5)، العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى، الحمل المسلط (15N).



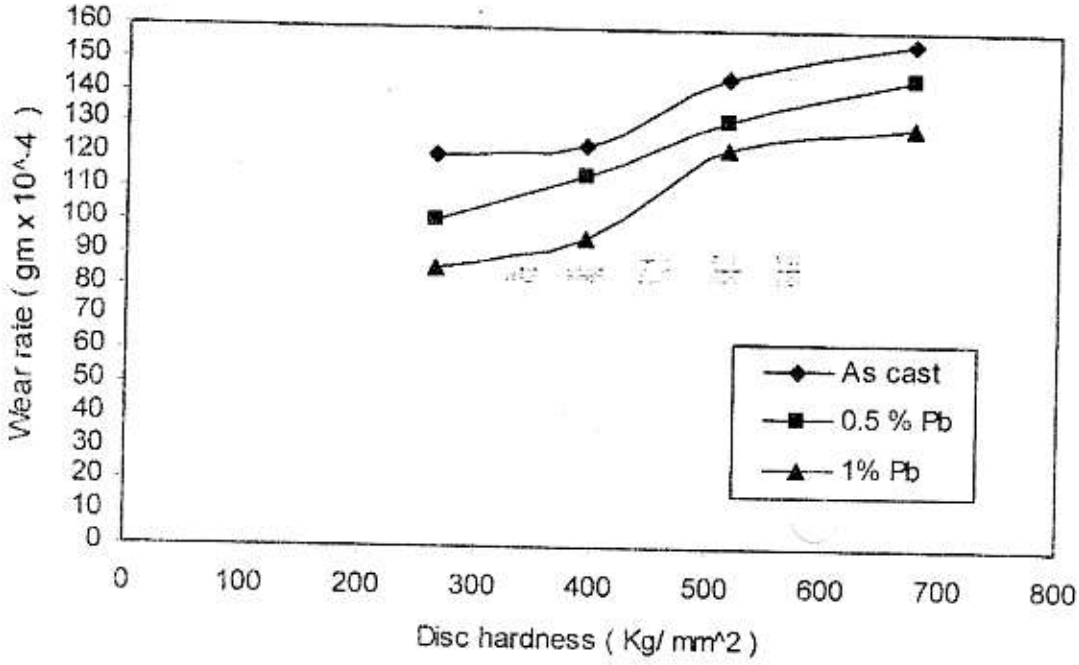
شكل (6)، العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى ، الحمل المسلط (20N).



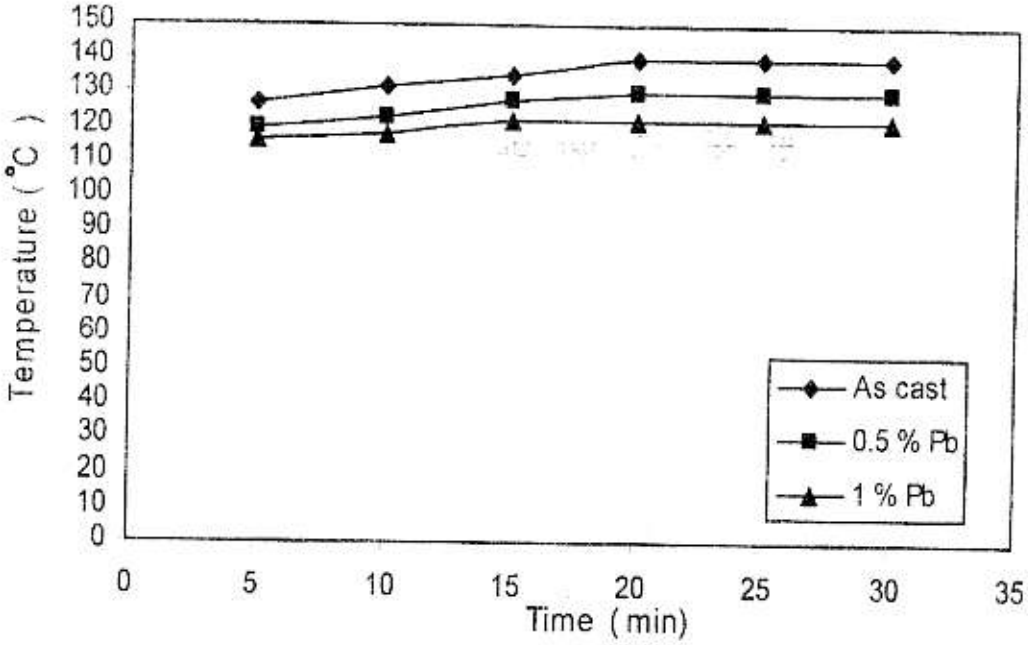
شكل ، (7)، العلاقة بين معامل الاحتكاك وزمن الانزلاق ،سرعة الانزلاق (1.41m/sec)،



شكل ، (8)، العلاقة بين معامل الاحتكاك وزمن الانزلاق ،سرعة الانزلاق(3.96m/sec) ،



شكل . (9) . العلاقة بين معدل البلى وصلادة الاقراص.



شكل . (10). العلاقة بين زمن الانزلاق ودرجة الحرارة.