ERJ
Engineering Research Journal
Faculty of Engineering
Minoufiya University

تأثير إضافة (Ag+Cu) لسبيكة (Al-5%Si) على دراسة البلى

عباس عبد الله أحمد الدليمي زغلول عبد الله عبد الدايم
جامعة قاريونس – بنغازي - الجماهيرية العربية الليبية

الملخص Abstract

انتشر في السنوات الأخيرة استخدام سبائك AL-Si في العديد من المجالات مثل التطبيقات العسكرية وصناعة السيارات والطيران والصناعات الهندسية العامة، ويعزى هذا الانتشار لخصائصها الجيدة متمثلة في المقاومة العالية للتآكل وانخفاض مقاومة التمدد الحراري والسيولة الجيدة والمتانة العالية بالنسبة إلى النسبة الوزنية ومقاومة التآكلات الكيمياوية الجيدة والسبائكية، وتعتبر سبائك AL-Si مكونة من جسيمات مرصوصة حيث تعمل جسيمات السليكون كعامل تقوية، ويعتمد سلوك التآكل لهذه السبائك على مجموعة من العوامل مثل شكل الجسيم والتركيب والتوزيع الدقيق للمكونات بالإضافة إلى ظروف الاستخدام متمثلة في الحمل وسرعة الانزلاق ودرجة الحرارة المحيطة، ويعتمد وجود عنصر السليكون كعنصر سبائكي بشكل كبير على مقدار وشكل الأطوار الأيوتكتيكية والتي تتأثر بدورها بعدة عوامل مثل شكل الجسيم والتركيب والتوزيع الدقيق للمكونات بالإضافة إلى ظروف الاستخدام متمثلة أيضا في الحمل وسرعة الانزلاق ودرجة الحرارة المحيطة، ويعتمد وجود عنصر السليكون كعنصر سبائكي بشكل كبير على مقدار وشكل الأطوار الأيوتكتيكية والتي تتأثر بدورها بعدة عوامل مثل معدل التبريد والتحسينات وطور السليكون في الأيوتكتك والمهم جدا في آلية التآكل، وقد تبين من الدراسات السابقة أن سبائك الألمنيوم-سليكون ذات الشكل المنتظم تمتلك مقاومة عالية للتآكل وترجع هذه التحسينات إلى إضافة Cu,Fe,Mg,Ni,Sn,Ag حيث تؤثر هذه العناصر على المطيلية وعساوة الكسر.

ويهدف هذا البحث إلى بيان تأثير إضافة Ag+Cu بنسب مختلفة على التركيب الدقيق والصلادة ومعدل التآكل ومقاومة التآكل لسبائك Al-5%Si تحت ظروف الانزلاق الجاف، والعينات الاسطوانية التي تم اختبارها على قرص مصنوع من الفولاذ المقسى HRC50 وقد تم إجراء اختبار التآكل باستخدام عدة أحمال تتراوح قيمها بين ٢,٢ إلى ١٢ نيوتن وعند فترات زمنية ثابتة ٣٠ دقيقة أما معدل التآكل فقد تم بالانزلاق الجاف باستخدام طريقة pin-on-disk وقد تبين من التجارب العملية أن معدل التآكل يعتمد على عدة متغيرات منها الحمل والتركيب ونسبة العناصر المضافة.

In recent years, the cast AL-Si alloys have found a widespread use as a tribological component in many applications such as military, automotive, aerospace and general engineering industries. This due to its good properties such as high wear resistance, low coefficient of thermal expansion, good fluidity, high strength-to-weight ratio, good corrosion resistance and castability. Al-Si casting alloys can be considered as particulate metal matrix composites, where the Si particles the role of the reinforcing agent. The wear behavior of these alloys depends on a number of material related parameters, i.e., shape, size, composition and distribution of micro constituents in addition to the service conditions such as load, sliding speed, temperature environment. The presence of silicon as alloying elements in these alloys improves wear resistance. The properties of these alloys strongly depend on the amount and morphology of the eutectic phases, which are affected by various variables including cooling rate and modification. Distribution of the silicon phase in eutectic is very important on wear mechanism. Previous studies showed that alloys with Al-Si as regular shape have high wear resistance. This modification is necessarily made by adding alloying elements like Cu,Mg,Fe,Ni,Ag,Sn and these elements affect ductility and fracture toughness.

This paper studies the effect of Ag+Cu addition at different percentages on the microstructures, hardness, wear rate and wear resistance on the Al-5%Si, under dry sliding conditions. The pin specimens are tested against disk was made from hard steel (HRC50). The wear test is conducted using different wear load ranging from 2.2-12 N and constant duration test (30 min), where the sliding wear rate is based on pin-on-disk test method. The experimental results showed that the wear rate depends on different parameters such as loads, compositions and the percent of additional elements.

© Faculty of Engineering, Minoufiya University, Egypt

١. المقدمة Introduction

تعتبر سبائك الألمنيوم من السبائك المهمة والتي تم استخدامها في صناعات مختلفة ومنها صناعة السيارات وذلك لتقليل الوقود والوقاية من استهلاك التآكلات حيث حلت محل حديد الزهر والفولاذ وذلك لخاصيتها في صناعة المسبوكات المعقدة الشكل حيث تمتاز بسيولتها العالية والانكماش القليل أثناء التجمد وقلة ميلها إلى تكون التشققات الساخنة والخواص الميكانيكية العالية ومقاومتها ضد الصدأ جعلتها تستخدم لتصنيع أجزاء مهمة منها مثل الكباسات (pistons). وتمتاز هذه السبيكة بمقاومتها العالية للبلى ، حيث تمت دراسته بصورة تفصيلية وذلك للحد منة والمتغيرات التي تؤثر به [1,2,3,4,5] وللسيطرة عليه لتحديد آلية البلى [6,7,8] وذلك بتطوير سبائك ذات مقاومة عالية [9,10] ومن هذه السبائك هي (Al-Si) المقاومة للانزلاق الجاف والمزيت . ولقد أجريت متغيرات عديدة منها المجانسة على سبيكة (Al-14%Si) لبيان تأثيرها على خاصية البلى تحت ظروف الانزلاق الجاف [5]، ولقد تبين من الدراسة إن المجانسة عند مائة ساعة تحسن من خاصية البلى، وكذلك تم استخدام تقنيات المساحيق التكنولوجية بتحويل سبائك الألمنيوم إلى مساحيق وإضافة عنصر الفضة إليها بنسب اقل من (23 Wt%) [11,12, 13] وقد استنتجوا إن تأثير زمن التلبيد كلما زاد كلما قلت مقاومة السبيكة للتآكل ،وان إضافة عنصر الفضة إلى السبائك الثلاثية التي تحتوي على (Al-Cu-Mg) يؤدي إلى ترسيب طور (Θ) [14] ، وان إضافة بعض العناصر ومنها الفضة يعتمد على تركيزها والذي بدوره يؤثر على سلوك سبائك الألمنيوم بشكل سلبي أو ايجابي [15,16]. وقد تم في هذا البحث دراسة سبائك الألمنيوم–سليكون (Al-Si) تحت الايوتكتك (hypoeutectic) وذلك بإضافة عنصر الفضة إليها بنسب مختلفة لبيان تاثيرة على تأكل البلى وكانت العينات كما سبكت (as-cast) وبدون أي معالجة حرارية.

٢. المواد Materials

السبيكة الذي تم اختبارها هي سبيكة ألمنيوم – سليكون (Al-Si) تحت الايوتكتك وأضيف إليها عنصر الفضة والنحاس وكان التركيب الكيمياوي لهذه السبائك كما مبين بالجدول (١)

جدول (١) تركيب السبائك التي تم اختبارها.

No of specimens	Si	Cu	Ag	Al
1	5%	0.2		Remaining
2	5%	2.2%	2%	Remaining
3	5%	2.2%	4%	Remaining
4	5%	2.2%	6%	Remaining

٢-١. طريقة إنتاج العينات Process of Specimens Production

تم إنتاج عينات سبائك ألمنيوم – سليكون وذلك بصهر خاماتها في فرن كهربائي ومن ثم سباكتها بطريقة السباكة الرملية على شكل أعمدة طولها 10 cm وقطر 1.2 cm ثم خرطت إلى القطر 1 cm وقطعت إلى عينات طول كل منها 2.7 cm

٢-٢. التراكيب المجهرية Microstructures

التراكيب المجهرية لعينات ألمنيوم–سليكون تم إظهارها باستخدام الطريقة التقليدية بتحضير العينات حيث تم أظهار البنية الدقيقة باستخدام المظهر .1Vol %HF . ويبين الشكل (١) التراكيب المجهرية لهذه السبائك.

٣. الاختبارات التجريبية Experimental Procedure

تم اختبار عينات السبائك باستخدام جهاز(pin-on-disc) تحت ظروف الانزلاق الجاف على قرص من الفولاذ المقسى الذي صلادته (50 HRC) كما مبين بالشكل (٢). ومن ثم حساب معدلات البلى من مقدار الوزن المفقود (W = غرام) بعد الاختبار ، وكانت سرعة الدوران (N =1450 RPM) ومسافة الانزلاق (d =16 Cm) وعند فترات زمنية ثابتة (t = 30 min) وكانت كثافة العينات (ρ= 2.5-2.6 Gm/Cm^3) وباستخدام المعادلة الآتية [17,18]

$$Wear\ Rate = \frac{W}{2\pi N d \rho t}\ Cm^3/Cm \qquad (1)$$

وكذلك تم قياس الصلادة للسبائك المختلفة على جهاز روكويل الروسي الصنع باستخدام مقياس(HRA).

٤. النتائج والمناقشة Results and Discussion

لقد تم رسم العلاقة بين الحمل (N) ومعدلات البلى لسبائك (Al-Si) باستخدام المعادلة السابقة عند أحمال مختلفة كما مبين بالشكل (٣). وكذلك تم رسم العلاقة بين الصلادة لهذه السبائك مع معدلات البلى شكل (٤) والصلادة ومقاومة البلى شكل (٥).

٤-١. دراسة البنية الدقيقة Microstructures Study

يبين الشكل (١) التركيب الدقيق للسبائك المستخدمة في اختبارات البلى ، حيث يلاحظ من الشكل (1-a) التركيب الدقيق لهذه السبيكة حيث تظهر حبيبات السليكون موزعة بشكل عشوائي في أرضية من الايوتكتك (Al-Si) وكذلك وجود محلول فوق الإشباع من الألمنيوم و النحاس (CuAl2) بكميات قليلة تحيط بالحدود البلورية أما بالنسبة للسبائك (1-b), (1-c), (1-d) حيث يظهر التركيب الدقيق لها إنها عبارة عن ايوتكتك (AL-Si) وصفائح السليكون الموزعة بشكل عشوائي مع محاليل فوق الإشباع من (CuAl2) و(CuAg) تزداد نسبتها مع زيادة نسبة الفضة وهي موزعة بشكل شجيري بيني (interdendritic) تحيط بالحدود البلورية للايوتكتك لسبيكة (Al-5%Si) والتي لها تأثير سلبي على زيادة البلى لهذه السبائك.

٤-٢. تأثير إضافة الفضة على معدل البلى

يوضح الشكل (٣) تأثير إضافة عنصر الفضة على معدل البلى عند أحمال مختلفة على سبيكة (Al-5%Si) المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي حيث تكون نسبة السليكون فيها بحدود (5%) لتكون هذه السبيكة ذات عساوة (toughness) لتتحمل الصدمات حيث نلاحظ إنه مع زيادة نسبة الفضة يؤدي إلى زيادة ترسيب المحاليل فوق الإشباع

حول الحدود البلورية ذات التوزيع الشجيري والتي لأتملك توافق بينها وبين الايونكنك لذلك نلاحظ مع زيادة إضافة عنصر الفضة يؤدي إلى زيادة البلى وان ترسيب المحاليل فوق الإشباع من (CuAl2) و (CuAg) يؤدي بدوره إلى تقليل الصلادة مع زيادة نسبة الفضة والذي يؤدي بدوره إلى زيادة معدلات البليان لهذه السبائك مع انخفاض الصلادة لها شكل (٤). وان انخفاض مقاومة البلى (١/ معدل البلى) لهذه السبائك تقل مع انخفاض الصلادة لها شكل (٥).

Fig. (1-a) Al-5%Si (20X)

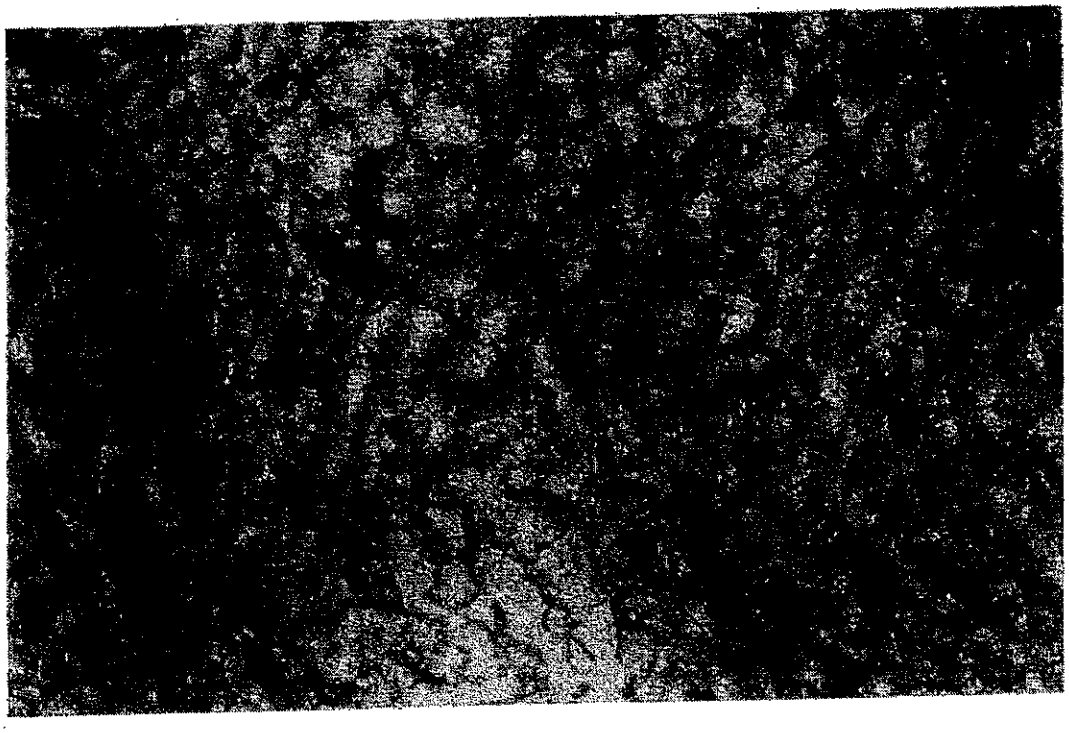


Fig. (1-b) Al-5%Si+2%Ag+2.2Cu (20X)

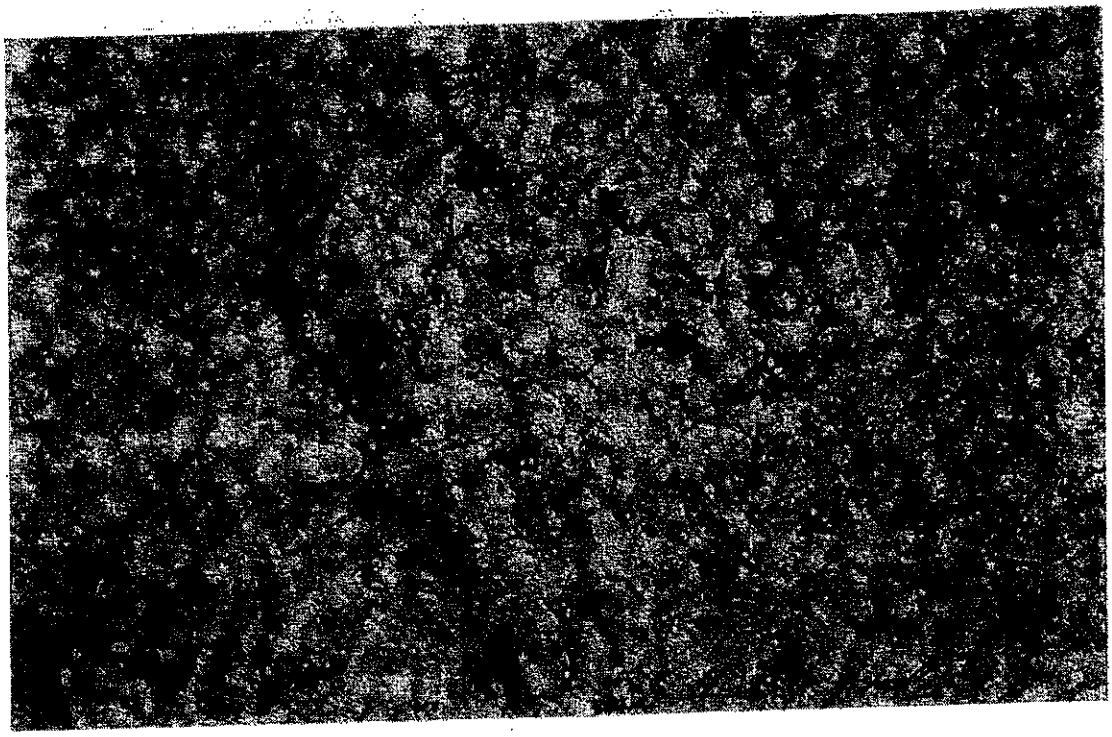


Fig. (1-c) Al-5%Si+4%Ag+2.2%Cu (20X)

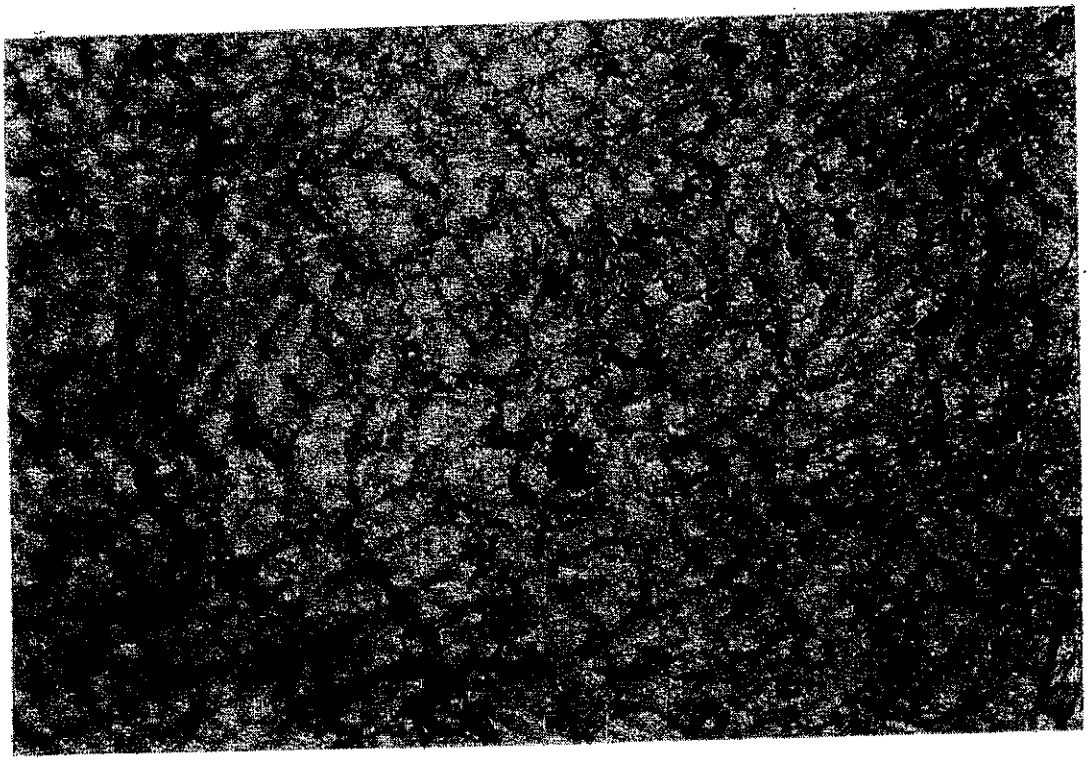
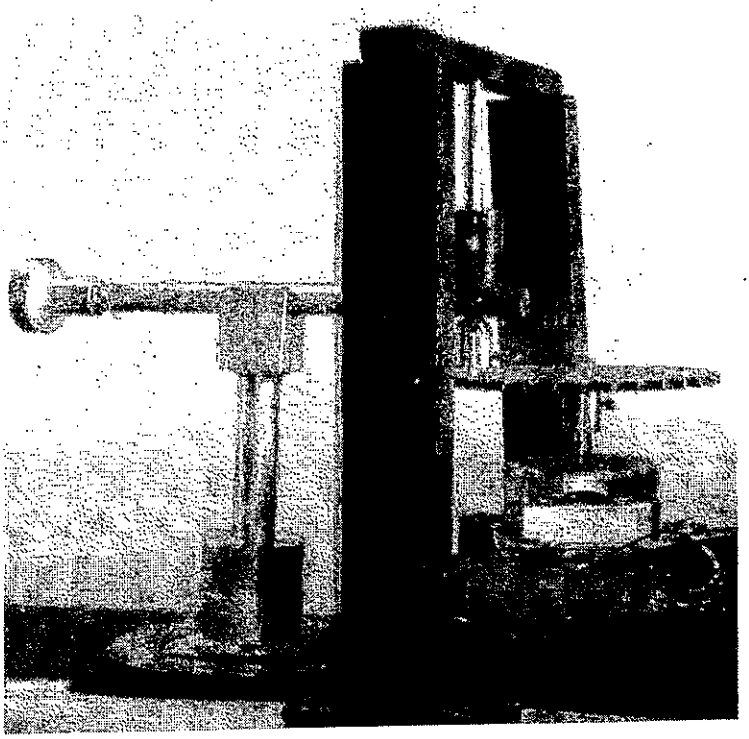


Fig. (1-d) (20X) Al-5%Si+6%Ag+2.2%Cu

شكل (١) التركيب الدقيق للعينات المختبرة



شكل (٢) يبين جهاز (pin-on-disc)

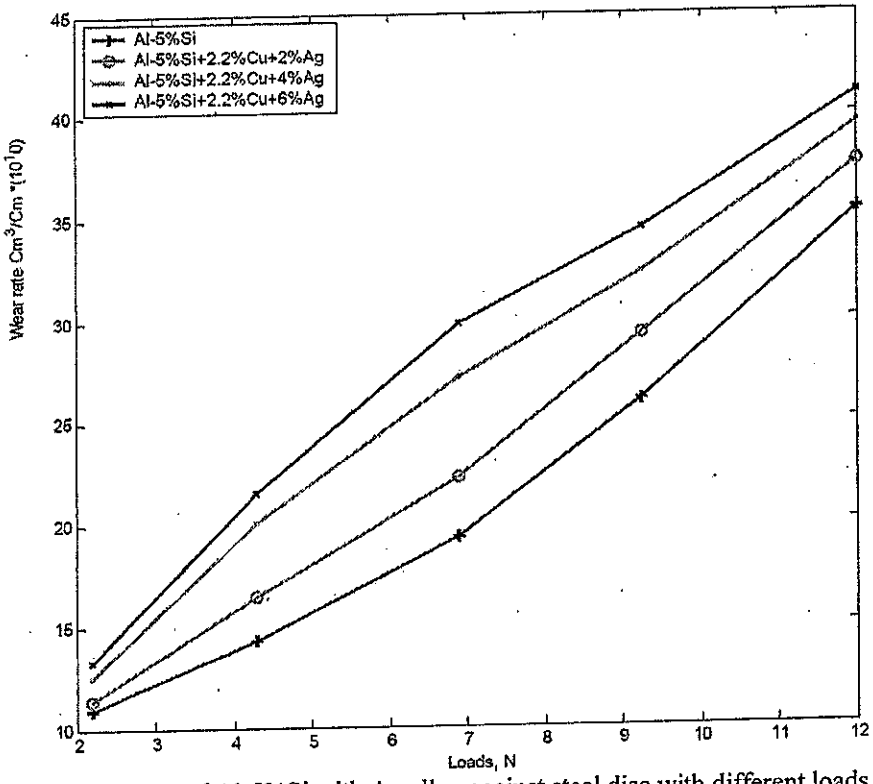


Fig. 3. Wear rate of Al-5%Si with Ag alloy against steel disc with different loads.

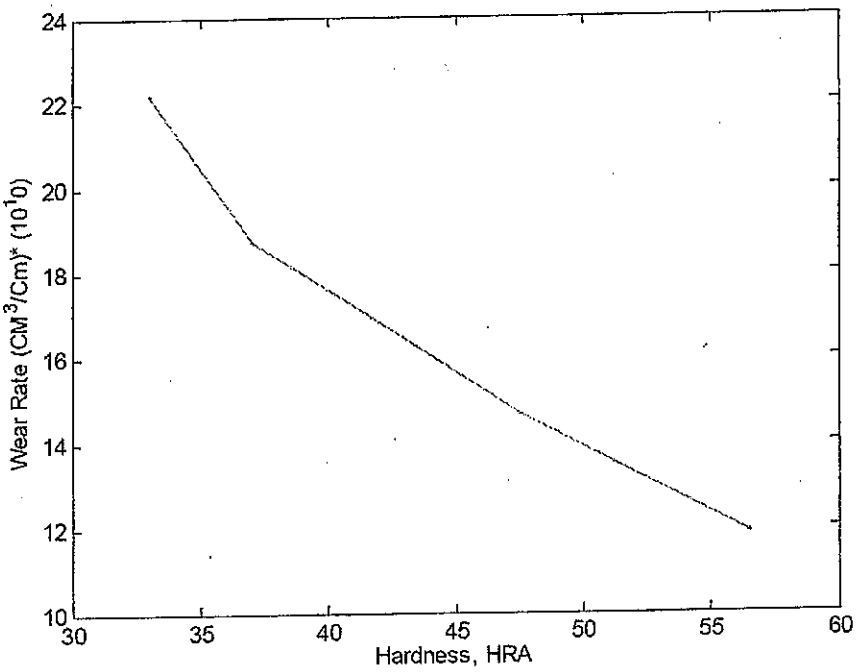


Fig. 4. Wear rate of Al-5%Si with Ag alloy as function of hardness at load 12 N.

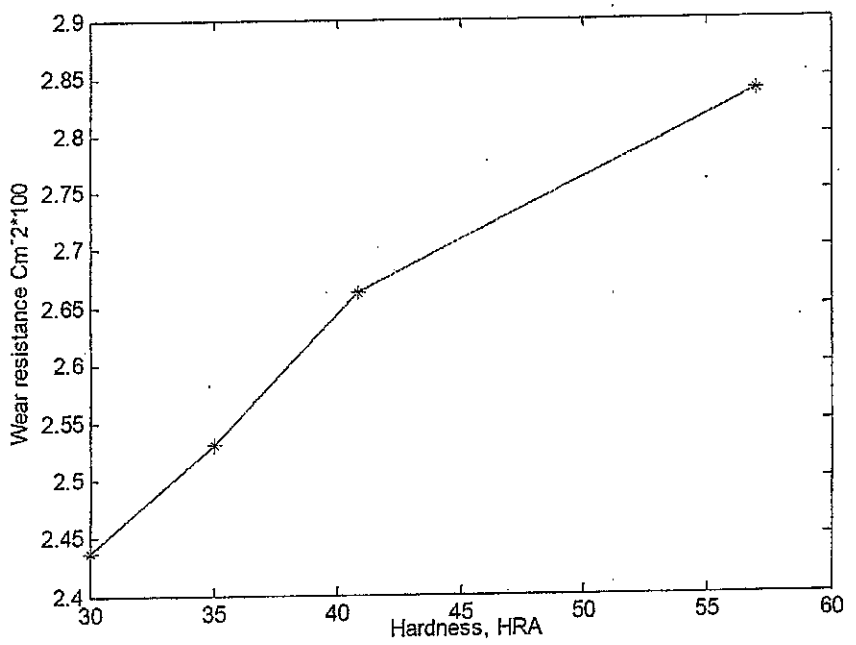


Fig. 5. Wear resistance as function of hardness at load 12 N.

٥. الاستنتاجات Conclusions

١. معدل البلى للسبيكة (AL-%Si) يزداد مع زيادة إضافة نسبة عنصر الفضة إليها [(35.25-41)*10^10] عند حمل مقداره ١٠ نيوتن.

٢. الصلادة للسبيكة (Al-5%Si) تقل مع زيادة إضافة نسبة عنصر الفضة إليها (30 HRA-57 HRA) .

٣. مقاومة البلى تنخفض للسبيكة (Al-5%Si) مع زيادة إضافة نسبة عنصر الفضة إليها.

٤. إضافة عنصر الفضة الثمين إلى سبيكة (Al-5%Si) أدى إلى تقليل مقاومتها للصدأ (للتأكسد) بشكل واضح وذلك بزيادة اسودادها.

6. References المراجع

[1] A.K. Prasada Rao, KDas,B.S. Murty, M. Chakraborty, "Microstructure and Wear behavior of hypoeutectic Al-Si alloy (LM25)grain refined and modified with Al-Ti-C-Si Master alloy", Wear,Vol.261, (2006), PP.133-139.

[2] R. S. Anesh, D. K. Dwivedi, "Influence of Silicon (Wt %) and Heat treatment on the abrasive wear behavior of cast Al-Si Mg alloy ", Mater. Sci. Eng. A 408 (2005) PP.274-280.

[3] S. Sawla and S.Das, "Combined effect of reinforcement and heat treatment on the two body abrasive wear of aluminum alloy and aluminum particle composites", Wear 257 (5-6) 9 (2004), PP 555-561.

[4] Dwivedi.D.K. "Sliding temperature and Wear behavior of cast Al-Si base alloy", Mater. Sci.Technol.19 (8) (2003) PP.1091-1096.

[5] A. A. ALdullmey and R.S.Yassen, "Microstructure and Adhesive studies of homogenized Al-14Wt% Si.", Scientific Journal Published, University of Technology (1996).

[6] A. A. ALdullmey, G, Abu Raya, A. E.Nassef, R. El-Seoudy, "Wear Characteristic of Homogenized Al-14% Si alloy", The 7th International Conference of the Egyptian Society of Tribology, 27-28 December 2006, Faculty of Engineering, Cairo University, Egypt.

[7] E.C.Ludema. ASTM STP 615 (1976) 49.

[8.] J.F. Archard and W.Hirst, Proce, Roy, Soc., A 236 (1956) 397.

[9] H.Chen, Z .Chang, J. Lu and H.Lin, Wear 166 (1993) 197.

[10] H.Torabian, J.P. Pathak and S.N.Tiwari, Wear, 172 (1959) 295.

[11] M. A. More, Tribology Int., 12 (1979) 293.

[12] A.J. McAlister, Binary Alloy Phase Diagram, ASM, Metals Park, Ohio, (1986), 3-4.

[13] D.P. Bishop, "Diffusion-Based Micro alloying Via Reaction Sintering,", PhD Thesis, Technical University of Nova Scotia, Halifax, Nova Scotia, Canada (1998).