

تأثير التدعيم المشترك على مقاومة البلى لمكبوسات الألمنيوم المدعمة ب SiC و Al₂O₃

د. محمد سعيد وحيد* م. م. حسن حامد عبد*

Received on: 6/11/2008

Accepted on: 2/4/2009

الخلاصة

تم في هذا العمل تحضير مترا كبات ذات أساس معدني (عنصر الألمنيوم) ومواد التدعيم هي مواد سيراميكية، كاربيد السليكون SiC بحجم دقائق (SiC > 63µm) والمادة الثانية الالومينا Al₂O₃ بحجم دقائق (Al₂O₃ < 63µm < 50µm) بطريقة الكبس الأحادي في المساحيق وتم إجراء عملية التجفيف والحرق بدرجة 5000C. أذ لوحظ: - ان مقاومة البلى تكون اكبر ما يمكن عند نسبة الخلط SiC 12.5wt% , Al₂O₃ 12.5wt%) أذ أن فيها الكثافة (2.5479 g/cm³). تم اجراء فحص البلى تحت تأثير شرطين هما تغيير الحمل وتغيير السرعة الخطية.

Effect of Dual Reinforcement on Wear Resistance by Aluminum Compacts Reinforce by SiC, Al₂O₃

Abstract

The producing composite materials of dual reinforcement in which the matrix material is aluminum reinforced with two types of ceramic particles : which are Alumina (50µm < particle size Al₂O₃ < 63µm) and Silicon Carbide (particle size SiC < 63µm) by Die Compaction method Samples prepared and fired at (500 °C) show the best wear resistance when the mixing ratio is (SiC 12.5wt% , Al₂O₃ 12.5wt%), where density is (2.5479 g/cm³). The wear test was carried out under conditions of load and linear speed variation.

Keywords: composite materials; wear test ; Al₂O₃; SiC; Al

(1) المواد المتركية ذات أساس ألمنيوم.

Material Composite in Aluminum Matrix

الألمنيوم هو الطور الاساس الأكثر انتشاراً في المواد المتركية AMCs ذات الاساس المعدني MMC، ان سبائك الألمنيوم متميزة جداً نظراً لكثافتها الواطنة وقابليتها على التقوية بالترسيب ومقاومتها للتآكل وموصليتها الحرارية والكهربائية العالية [1] فضلاً عن كونها قليلة الكلفة نسبياً وشبه موحدة الخواص (Quasi- Isotropic) [2]. المواد المتركية ذات الاساس من الألمنيوم AMCs درست بصورة واسعة منذ سنة 1920 تقريباً وتستعمل

حالياً في المعدات الرياضية وفي تغليف الالكترونيات وصناعة السيارات. وهي عادة ما تقوى بالالومينا Al₂O₃ و كاربيد السليكون SiC والياف الكربون C ولكن يمكن أن تستعمل السليكا SiO₂ ونتريد البورون BN و كاربيد البورون B₄C ونتريد الألمنيوم [1]. سبائك الألمنيوم المستعملة كطور أساس تتضمن كلا من السبائك القابلة للمعاملة الحرارية [3]. وبصورة عامة فالمواد المتركية ذات الاساس من الألمنيوم ممكن ان تكون ذات

العشرين بدأت مصانع

هاتان المادتان بنسب مختلفة لمعرفة مدى تأثيرها في مقاومة البلى.

(4-2)-الكبس

Pressing

بعد الانتهاء من عملية الخلط والحصول على تجانس تام للمسحوق تأتي بعدها عملية الكبس ففي هذه المرحلة تم تشكيل العينات من خلال تقنية الكبس باتجاه واحد (Uniaxial) بال قالب إذ يتم وضع المزيج المخلوط داخل قالب الكبس بعد تزيينه بمادة مزينه ثم بعد ذلك يتم تسليط ضغط مقداره 5 طن بوساطة مكبس هيدروليكي سعة 15طن للحصول على نماذج من العينات تعكس شكل القالب المستعمل من حيث القطر ولكنها بأبعاد مختلفة على وفق الاختبارات المتبعة. استمر الكبس لمدة دقيقتين لكل عينة للتخلص من احتمال الأراجاع المرن.

(5-2)-التلبيد

Sintering

بعد حساب الكثافة النظرية للمزيج والكثافة والمسامية الخضراء والكثافة الظاهرية للنماذج المحضرة يتم تلبيد هذه النماذج من خلال وضعها داخل حاوية ذات أبعاد (120mm × 90mm × 40mm) مصنوعة من الصلب المقاوم للصدأ Stainless Steel تحتوي على فتحتين الأولى لدخول غاز الأركون والأخرى لخروجه. تم إمرار غاز الأركون على المكبوسات خلال عملية التلبيد التي أجريت بدرجة حرارة 500°C مدة ساعتين داخل فرن كهربائي.

(6-2)-الطريقة والخطوات التي تم بها

قياس معدل البلى بعد اكتمال عملية تلبيد العينات يتم تنظيف هذه العينات وتنعيمها وصلقلها للحصول على سطح خال من الخدوش قبل الفحص ثم نبدأ بحساب معدل البلى باتباع الطريقة الوزنية إذ تتضمن حساب الفقدان بالوزن

أساس سبيكة (Al - Cu - Al - Si) أو ألمنيوم نقي [1, 4]. في ثمانينات القرن

وسائط النقل بتطوير مواد متراكبة ذات أساس ألمنيوم وطور تقوية متقطع، وكانت متميزة جداً بخواصها الموحدة من جميع الجهات (Isotropic) (أكثر من خواص السبيكة غير المقواة) وكلفتها الواطئة (رخص طرائق التصنيع والأسعار المنخفضة لبعض أطوار التقوية غير المستمرة لجسيمات SiC وألياف Al₂O₃) [1]. من التطبيقات العديدة والمختلفة اختير مثال وهو الجزء الدوار في موقف القطار الألماني ICE2، ICE1 طور من قبل (Koner Bremse AG) وصنع من سبيكة مقواة بالدقائق (AlSi7Mg+SiC particulates) جبهة من قبل (Dural Can) مقارنة مع القطع الاعتيادية المصنوعة من حديد الزهر ذات الكتلة 120Kg/ piece فأن وزناً مقداره 79Kg للجزء الدوار المصنوع من AMCs يعد متميزاً في مجال تقليل الكتلة [5].

2-الجزء العملي:

(1-2)-المواد المستعملة Material

Used تقسم المواد المستعملة في هذا البحث الى قسمين هما المادة الأساس ومواد التقوية.

(2-2)-المادة الأساس Matrix Material

تم اختيار مسحوق الألمنيوم الدقائق كإحدى أساس للمادة المتراكبة التي تستعمل في تطبيقات واسعة. بعد إجراء عملية الغربلة Sieving بسبب احتوائه على مدى واسع من إجمام الدقائق وقد تم اختيار الحجم الدقائق للألمنيوم بحدود 63µm.

(3-2)- مواد التقوية Reinforcing

Material تم اختيار مادتين من السيراميك (تدعيم مشترك) وهما الألومينا Al₂O₃ وكاربيد السيلكون SiC تضاف

التوالي وكانت مدة الاختبار 20 دقيقة وصلادة القرص 55HRC .
يلاحظ من الشكل (1) إن معدل البلى لعينة الألمنيوم غير المدعمة تزداد تدريجياً مع مقدار الحمل المسلط إلى أن يصل إلى أعلى قيمة ممكنة له ويعود السبب في ذلك إلى الزيادة في مقدار قوة الاحتكاك .
حيث أن قوة الاحتكاك (F نيوتن) تتناسب تناسباً طردياً مع القوة الضاغطة العمودية (N) :

$$F \propto N$$

$$F = \mu N$$

حيث أن (μ) معامل الاحتكاك فضلاً عن ارتفاع درجة الحرارة بين سطح العينة والقرص يؤدي إلى الليونة. أن كلا السطحين يمتلك عدداً كبيراً من النتوءات الحادة والاتصال بين هذين السطحين يحدث بالبداية عند هذه النقاط وعند اتصال هذه النتوءات بين السطحين تحت تأثير الحمل أو السرعة يحدث أما تشوه لدن أو تبقى في حالة اتصال مرن. لكن عندما تكون النتوءات حادة فأن تأثير الإجهاد على النقاط الحادة ربما يكون أكثر من الإجهاد المرن وبذلك يحدث تشوه لدن عند كل النقاط الحادة عدا بعض النقاط لمواد التدعيم المشترك، إذ أن لقيمة الحمل المسلط تأثيراً مباشراً في التشوه اللدن الذي يحدث عند قمم النتوءات والمنطقة القريبة من السطح فتزداد الحفر والأخاديد نتيجة تأثير الدقائق الناتجة عن تحطم قشرة السطح إذ تتجمع الشقوق الصغيرة مع بعضها مؤدية إلى حدوث قشط أو إزالة الطبقات السطحية مكونة بذلك حطام البلى ويكون على شكل صفائح رقيقة لذا يزداد التشوه اللدن بزيادة الحمل المسلط [7] . أما عند تدعيم عينات الألمنيوم بمادتين من السيراميك يلاحظ تغيراً نسبياً في معدل البلى وكما في الشكل (1) الحاوي على نسب من مواد التدعيم بمقدار SiC 15wt% , Al₂O₃ 10wt% أذ أنه عند الأحمال القليلة يلاحظ معدل بلى قليل في البداية بسبب تكون الطبقة المزيتة بين سطح العينة و سطح القرص والتي تعمل

للينة ويتضح ذلك من خلال الخطوات الآتية :-

- 1- حساب كتلة العينة قبل الاختيار W_1 .
- 2- تعميم القرص بورق تعميم (500) قبل الاختيار .
- 3- تثبيت العينة بماسك الجهاز وجعل العينة متطابقة مع القرص .
- 4- جعل الذراع في حال أفقية مستوية بواسطة ميزان تسوية قبل وضع الحمل عليه .
- 5- وضع الحمل المطلوب عند كل اختبار أو تغيير نصف القطر لماسك العينة على القرص مع ثبات الحمل .
- 6- تشغيل الجهاز وحساب الوقت .
- 7- إيقاف الجهاز بعد 20 دقيقة .
- 8- حساب كتلة العينة W_2 بعد كل 20 دقيقة من الاختبار لتحديد الفقدان بالوزن . بعد ذلك يتم حساب معدل البلى من العلاقة الرياضية الآتية [6] :-

$$\text{Wear Rate} = \Delta W / S_D \quad (g/cm)$$

علماً أن

$$\Delta W : \text{الفرق بكتلة العينة قبل وبعد الاختبار} \quad (g)$$

$\Delta W = W_1 - W_2$
 S_D : مسافة الانزلاق (cm) وتحسب من العلاقة.

$$S_D = 2\pi r n t$$

علماً أن :-

r : نصف القطر من مركز العينة إلى مركز القرص .

n : عدد دورات القرص (دورة / دقيقة) .

T : زمن الاختبار (دقيقة) .

4-نتائج ومناقشة معدل البلى (1-4)-نتائج معدل البلى مع الأحمال المسطحة

تمت دراسة تأثير الحمل المسلط في معدل البلى لعينة الألمنيوم غير المدعمة وللعينات المدعمة تدعيم مشترك بدقائق الالومنيا وكاربيد السيلكون بكل نسب بالإضافة وبالإحجام الدقائقية المذكورة سابقاً، إذ تم اعتماد الأحمال (5 , 10 , 15) نيوتن على

على تقليل معدل البلى لكن عند زيادة الأحمال تبدأ هذه الطبقات بالتكسر وتزال من سطح العينة والقرص إذ تؤثر سرعة الانزلاق في هذه الطبقات المزالة أيضا ، هذا بشكل عام لكل معدلات البلى. أما بالنسبة لهذه العينة فإنه باستمرار زيادة الحمل فإن معدل البلى يهبط إلى ادنى قيمة له بسبب ارتفاع نسبة الالومينا فيه، فضلا عن ذلك فإنه نتيجة للاحتكاك والحمل المسلط ترتفع درجة الحرارة إذ أنها احد أهم العوامل المؤثرة في معدل البلى إذ بارتفاع درجة الحرارة يزداد الالتصاق ما بين النتوءات المحتكة بسبب ليونة المادة. الشكل (2) فهو لعينات مواد متراكبة تكون فيها نسب التدعيم متساوية Al₂O₃ 12.5wt% , SiC 12.5wt% وتبدي هذه الحالة نتائج مميزة في جميع حالات الاختبار المتبعة وهي على العكس من الحالة السابقة في معدل البلى أي في حالة نَسَب تدعيم متميزة هذه الحالة هي وجود حالة التناظر بالمنحني وكما في الشكل أي أن معدل البلى يكون أعلى ما يمكن عندما يكون الحمل المسلط قليل ويصل معدل البلى إلى اقل قيمة ممكنة عند زيادة هذا الحمل ثم يعود معدل البلى بالزيادة عند زيادة الحمل المسلط إلى أن يصل معدله إلى القيمة التي بدأ بها. هذا وتؤثر قوة الاحتكاك بين السطحين في معدل البلى من خلال حصول انفعالات قص ناتجة عن الإجهاد الضغطي بسبب تسليط الحمل وبما أن دقائق التدعيم هي أقوى عند الانضغاط من الشد لذلك فإنها تندفع نحو المادة الأساس الألمنيوم بدلا من حدوث تشقق لسطوحها فيؤدي ذلك إلى صغر سطح العينة والقرص وبزيادة الحمل يزداد معدل تكسر النتوءات وإزالة الطبقة السطحية وتلاقي الشقوق مع بعضها يؤدي إلى أن تصبح ميكانيكية البلى هي الغالبة [8].

ومن خلال ملاحظة الشكل (2) والذي هو عبارة عن أنموذج من عينات حاوية مواد تدعيم بنسب إضافة , Al₂O₃ 10wt%

SiC 15wt% نجد أن معدل البلى عال عند تسليط أول حمل ويعود السبب في ذلك إلى ان الحمل المسلط على السطح سوف ينتقل خلال نقاط التلامس لذلك فإن القوى المركزية تصبح كبيرة جدا إذ تؤدي إلى سهولة تكوين النقر والشروخ داخل المادة وسهولة إزالة الطبقة السطحية للعينة وبذلك يزداد معدل حطام البلى أما عند إضافة أحمال أخرى نرى أن معدل البلى يبدأ بالنقصان وذلك لتكون الطبقة العازلة بين سطح العينة وسطح القرص والنتيجة من تحطم النتوءات الحادة لسطح العينة والتي تمنع انتقال الاجهادات الناتجة من الحمل المسلط وقوة احتكاك القرص الدوار على الدقائق الموجودة في سطح العينة. أما في الأحمال العالية فنجد أن معدل البلى يزداد قليلا وهذا يطابق ما تم التوصل إليه في دراسة بلى المعادن إذ وجد انه بزيادة الحمل المسلط يزداد معدل البلى بسبب التشوه الحاصل ما بين السطحين (سطح العينة والقرص) والذي يؤدي إلى زيادة كثافة الشقوق والعيوب وهذا يتفق مع نتائج العمل في [9].

نستنتج من ذلك بأن دقائق التدعيم المشترك تعمل على تقليل معامل الاحتكاك بين سطح العينة والقرص وذلك بسبب امتلاك هذه المواد أكثر من خاصية التي تؤهلها لمنع حصول الاخاديد التي تؤدي بالنتيجة إلى حصول تراكم الحطام. بصورة عامة أن معدل البلى للمواد المترابطة يظهر فرق قليل مع زيادة الأحمال المسلطة وهو أما أن يزداد أو ينخفض بفرق قليل لذلك فإن معدل البلى يعتمد على مواد التدعيم المستخدمة لكن في حالة استعمال مواد تدعيم مشتركة (تدعيم ثنائي بالمادة الأساس) نرى أن الأحمال المتوسطة تظهر حالة مميزة لمعدلات البلى وهي أن معدل البلى على العكس من معدلات البلى للأحمال الخفيفة والثقيلة لنفس الاختبار أي أما أن يكون عال أو منخفضاً وهذا وما تؤكدته النتائج ألا أن عينات الألمنيوم غير المدعمة تظهر تحولاً واضحاً من بلى

خفيف إلى بلى شديد وهذا ما توضحه الأشكال السابقة.

(2-4) - نتائج معدل البلى مع سرعة الانزلاق
تمت دراسة تأثير سرعة الانزلاق في معدل البلى لنماذج الألمنيوم غير المدعمة وللنماذج المدعمة تدعيم مشترك بدقائق الالومينا وكاربيد السيلكون بكل نسب الإضافة المختلفة (15 , 12.5 , 10) wt% وبالإحجام الدقائقية المذكورة سابقاً إذ كانت السرعة الانزلاقية المعتمدة 2.617 , 3.663 , 5.233 m / sec التوالي وكانت مدة الاختبار 20 دقيقة وصلاحية القرص 55HRC .

يلاحظ من الشكل (3) أن معدل البلى لأنموذج الألمنيوم غير المدعم بدقائق الالومينا وكاربيد السيلكون يزداد تدريجياً (بلى خفيف) مع سرعة الانزلاق إلى أن يصل إلى أعلى قيمة له (بلى شديد) ويعود السبب في ذلك بأن عنصر الألمنيوم يعد من الفلزات اللينة التي يسهل خدشها وبالتالي تشوها وحصول الأخاديد والنتوءات التي تسبب زيادة معدل البلى فضلاً عن ارتفاع درجة الحرارة بسبب الحركة الدورانية المسببة ليونة للعينة فضلاً عن الاجهادات المسلطة على سطح العينه والقرص وكل هذه الأسباب تزيد من مقدار قيمة الإجهاد والبلى.

أما معدل البلى للمواد المترابطة فإنه يعتمد على مقدار نسبة الإضافة لمواد التدعيم فيلاحظ منه الشكل (4) انه عند إضافة نسب من مواد التدعيم بمقدار Al_2O_3 15wt% , SiC 10wt% فإن معدل البلى يكون قليل ثم يبدأ بزيادة هائلة (بلى شديد) ثم تتلاشى هذه الزيادة باستمرار سرعة الانزلاق إلى أن تصل إلى أقل قيمة لها (بلى خفيف) ويعود السبب في ذلك إلى توزيع دقائق التدعيم المشترك داخل المادة والتي تزيد من معدل البلى في البداية وباستمرار الاختبار فإن هذه الدقائق سوف تتكسر وبالتالي تعمل على حفر سطح كل من العينة والقرص لكن عند زيادة سرعة الانزلاق فإن السطح المحفور

للقرص يتفاعل تحته تأثير الحمل المسلط والذي يسبب لدقائق التدعيم التحطم وتكون دقائق صغير جداً من سطح العينة وهذه الدقائق تشكل طبقة بين سطح العينة والقرص والتي تعمل على تقليل معدل البلى فضلاً عن وجود نسبة عالية جداً من دقائق Al_2O_3 داخل العينة التي تزيد من قوة الترابط الكيميائي والتي تعمل على تقليل معدل البلى. أما السرعة العالية فإنها تسبب ارتفاعاً بدرجة الحرارة وانخفاض حاد بفعل خلق تيار هوائي وهذا يسبب تصلداً انفعالياً يقلل من شدة البلى.

أما معدل البلى للنماذج الحاوية على نسب تدعيم متساوية وبمقدار Al_2O_3 12.5wt% , SiC 12.5wt% وكما موضح بالشكل (3) الذي يوحي بأنه نصف منحنى من الشكل السابق (4) بسبب تساوي نسب الإضافة ويلاحظ من الشكل (3) بأن معدل البلى في البداية يكون عال جداً ويعود السبب في ذلك إلى أن حدوث ازالة الطبقات السطحية للعينة قد تكون هناك شقوق للسطوح التحتية مسبقاً أو انتشرت خلال مسارات ميكانيكية البلى لذلك فإن تحطم السطوح الثانوية التي تنظم إلى حطام السطح المزالة طبقاته يؤدي إلى زيادة مخلفات (حطام) البلى وزيادة معدلاته وبزيادة سرعة الانزلاق فإن معدل البلى يبدأ بالنقصان إلى أن يصل إلى أقل قيمة له ويعود لتعليل ذلك إلى قلة مساحة التماس الحاصلة بين سطح العينة والقرص والترابط الجيد بين الألمنيوم ومواد التدعيم المشترك Al_2O_3 , SiC التي تعمل عمل مادة واحدة بسبب وجود دقائق الالومينا التي تمتلك قدرة على أعاقه نمو الشقوق بالمادة بسبب قابليتها على تقليل المسافات والفجوات داخل المادة وكذلك امتلاكها مساحات تماس أكبر بين الدقائق وحصول التصليد الانفعالي بسبب ارتفاع درجة الحرارة والتبريد السريع.

الشكل (4) فهو عينات لمواد مترابطة حاوية على نسب تدعيم Al_2O_3 10wt% , SiC 15wt% فتبدي معدلات للبلى غير منتظمة بسبب الاختلاف بنسب التدعيم

Jersey, (1999).

- [6] R. owicy "fraction and wear of materials", john wiely and sons, Inc, New York (1965).
- [7] S. B. Ajappai , G. Chandramohani , R. subramanlan Materials Science- Poland, Vol. 24, No. 2/1, 2006
- [8].G.Lee, R.O.Ritchie, C.K.Hdharan, "fraction and wear of materials", J. Wear 252, (2002), p322-331.
- [9] A.D.Sarkar "Mechanical Properties of metallic composites" Pergamum press (1976)
- [10] M.Muratoglu and M.Aksoy, "Erosion wear study of Aluminum Alloy type " 174(2006), p 272-276.

المشترك فضلاً عن الحرارة المتولدة بسبب انزلاق السطوح المتلامسة الذي ينتج تماساً جزئياً بين نتوءات السطحين المنزلقين مما يسبب زيادة قوة القص المطلوبة لقص نقاط الاتصال. فضلاً عن أن الفترة الزمنية للانزلاق تؤثر في قيمة معدل البلى الناتج ومن هذا يبين لنا الشكل (4) مراحل البلى الخفيف والشديد. إذ أن معدل البلى في البداية يكون عال عند السرعة الانزلاقية 3.663 ووصولاً إلى السرعة 2.617m/sec m/sec إذ يلاحظ عندها أن معدل البلى يقل لكن بشكل بسيط، ومن ثم تعود قيم المعدلات إلى الزيادة وهذا ما يبينه الشكل (4) وهذا يتفق مع نتائج العمل في [10].

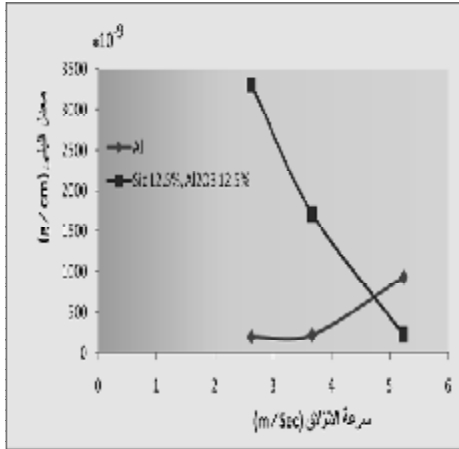
5-الاستنتاجات

1- حصول زيادة في معدل البلى مع زيادة الأحمال المسطحة ولجميع العينات بصورة عامة وان اقل معدل للبلى عند العينات 12.5% Al₂O₃ , 12.5% SiC وأعلى معدل للبلى عند العينات غير المدعمة.

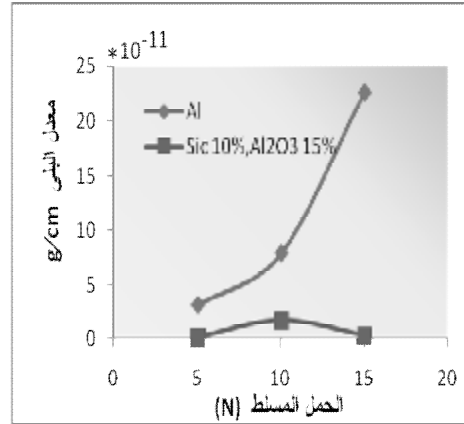
2- حصول زيادة في معدل البلى مع زيادة السرعة الانزلاقية ولجميع العينات عدا عينات 12.5% Al₂O₃ , 12.5% SiC فان معدل البلى يتناسب عكسياً مع السرعة الانزلاقية إلى أن يصل إلى اقل قيمة له.

6-المصادر

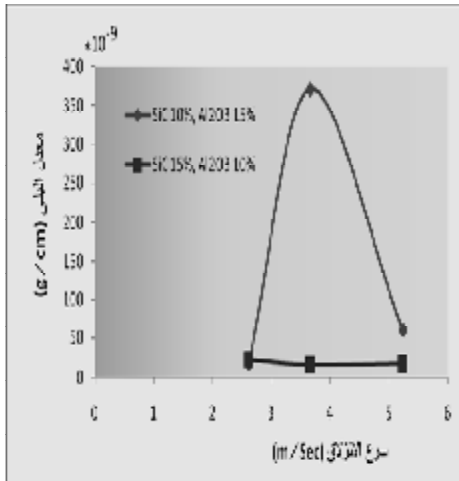
- [1] K.K.Chawla and Nikhilesh Chawla."Metal Matrix Composites" published by Springer (1995).
- [2]D.K.Filbek &A.G.Atkins:"Strength&Fracture of Engineering Solids",2nd ed.,prentice Hall., INC.,1996.,
- [3] C.M.Friend htm&S.D.Luxton:"The effect of Alumina Fibers Arrays on The age Hardening characteristics of AL.Mg.si alloys",J.of Mat .Sci.23(1988).
- [4] J.A.Lee& D.L.My Kanen: "Metal and Polymer Matrix Composite" ,congress Data Co.LTD.1987,
- [5] M.A.Meyers, K.K.Chawla,"Mechanical Behavior of Materials" Prentice-Hall, Inc New



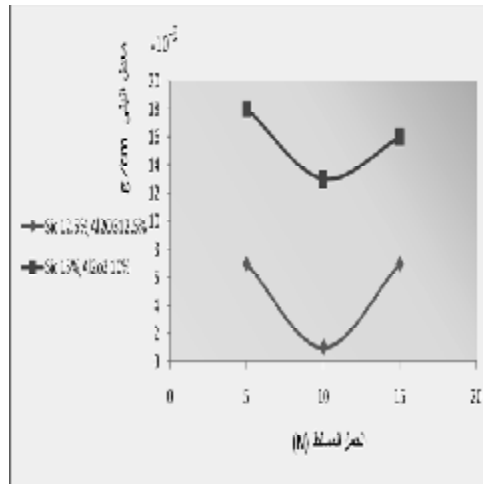
الشكل (3) العلاقة بين معدل البلى وسرعة الانزلاق للمادة الأساس والعينة الحاوية على نسب إضافة SiC 12.5wt% , Al₂O₃ 12.5wt%



الشكل (1) العلاقة بين معدل البلى والحمل المسط للمادة الأساس والعينة الحاوية على نسبة إضافة SiC 10wt% , Al₂O₃ 15wt%



الشكل (4) العلاقة بين معدل البلى وسرعة الانزلاق للعينات الحاوية على نسب إضافة SiC 10wt% , Al₂O₃ 15wt% و SiC 15wt% , Al₂O₃ 10wt%



الشكل (2) العلاقة بين معدل البلى والحمل المسط للعينات الحاوية على نسبة إضافة SiC 12.5wt% , Al₂O₃ 12.5wt% و SiC 15wt% , Al₂O₃ 10wt%