

## الخواص الميكانيكية لمتراكب ذات اساس من الالمنيوم

د. محمد سعيد وحيد\* و سدير موفق مجيد\*

تاريخ التسلم: 2008/5/18

تاريخ القبول: 2009/7/2

## الخلاصة

تم تصنيع مادة متراكبة ذات اساس من الالمنيوم باتباع ميثالورجيا المساحيق اذ استعمل الالمنيوم بنقاوة (99.9 %) كمادة اساس معدنية , وكاربيد السيليكون نوع الفا ( $\alpha$  - SiC) كمادة تدعيم وبحجم دقائق مقداره (125 $\mu$  m) بنسب وزنية هي (7.5% - 10% - 15%). ان الغاية الرئيسية هي تحسين خاصية مقاومة البلى والصلادة للمادة الاساس . حيث وجد ان الصلادة تظهر زيادة بقيمتها بزيادة نسبة اضافة دقائق كاربيد السيليكون لكون هذه الدقائق ذات صلادة عالية.

اما من فحص مقاومة البلى فوجد ان مقاومة البلى تقل مع زيادة الحمل المسلط نتيجة زيادة قوة الاحتكاك و بالتالي زيادة التشوه الحاصل ما بين سطح العينة والقرص, وقد كانت اصغر مقاومة للبلى عند العينات غير المدعمة بدقائق كاربيد السيليكون الا ان اعلى مقاومة للبلى وجدت عند العينات المدعمة بدقائق كاربيد السيليكون وتزداد بزيادة نسب اضافتها .

اما تأثير سرعة الانزلاق على مقاومة البلى فقد وجد انها تزداد بزيادة نسبة اضافة دقائق كاربيد السيليكون الا ان زيادة سرعة الانزلاق تؤدي الى زيادة معدلات البلى للمادة المتراكبة نتيجة زيادة الشغل والازاحة التي تتحركها العينة.

## The Mechanical Properties of Aluminum Matrix Composites

## Abstract

This work is production of aluminum matrix composite by powder metallurgy method .The samples have done when aluminum powder was used as a matrix in purity of (9.99%) and silicon carbide( $\alpha$ -SiC) as reinforcement material, the particle sizes were used which (125 $\mu$ m) at weight percentage (7.5% - 10% - 15%) from silicon carbide for each particle size. The purpose is to improve the hardness and wear properties of matrix .It was found that the hardness is increased with increment of the amount of added particles, due to the hardness of silicon carbid particles.

From the wear test, it is found that the wear resistance increase with increasing the weight percentage of SiC particles, but the wear rate increase when the applied load increase for all the particles size and additional percentage.

Also, it is found that when the sliding velocity increases, the wear rate also increases, but the best results were found in samples reinforced with (SiC) particles .

**Keywords:** Al-SiC, hardness; wear test; powder metallurgy

## المقدمة

المواد الهندسية اذ اثبتت خواص متطورة اكثر من سبائك الالمنيوم التقليدية . ومع تطور طرائق التشكيل الحديثة واعتماد مواد

المواد المتراكبة المعدنية ذات الاساس من الالمنيوم اخترت المسافات في تطور

مواصفات (ASTM) ذات طول (10 mm) وقطر (10mm) .

بعد ذلك تم اجراء التلييد للمكبوسات من خلال وضعها داخل حاوية ذات ابعاد (120mm\*90mm\*40mm)، مصنوعة من الصلب المقاوم للصدأ (stainless steel) تحتوي على فتحتين الاولى لدخول غاز الاركون والاخرى لخروجه ، وكما موضح بالشكل (1) ، حيث تم امرار غاز الاركون على المكبوسات خلال عملية التلييد والتي جرت بدرجة حرارة (450°C) لمدة (45 دقيقة) داخل فرن كهربائي، ولقد تم استعمال غاز الاركون لمنع حصول التاكسد للعينات ولتقليل التلوث الناتج من وجود الهواء الجوي.

#### النتائج والمناقشة الصلادة

اجري فحص الصلادة باتباع طريقة برينل (الصلادة المايكروية) للعينات المدعمة وغير المدعمة حيث وجد وكما في الجدول (1) يبين قيم الصلادة الناتجة للعينات المحضرة بميتالورجيا المساحيق. ان قيم الصلادة للمادة المتركية تزداد بسبب زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة وذلك بفعل دقائق كاربيد السيليكون هو اصلا مادة ذات صلادة عالية جدا، فضلا عن طبيعة الدقائق التي تعمل كعوائق لتشوه المادة الاساس بسبب صلابتها العالية. لذا فان وجود هذه الدقائق السيراميكية تعمل على اعاقه حركة الانخلاء بنسبة اكبر عند زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة ولكي تمر الانخلاء خلال الدقائق فان الاجهاد يجب ان يكون كافٍ للحنى على المستوى البنائي والمجهري وبالتالي فان ذلك سوف يتطلب زيادة الحمل المسلط وهذا يعني زيادة قيم الصلادة وزيادة في قيم الخواص الميكانيكية [11]. فضلا عن تاثير النسب الوزنية للدقائق فان للتلييد تأثيراً في قيم الصلادة وباختلاف نسب اضافة كاربيد السيليكون، اذ يعود سبب الزيادة لقيم الصلادة الى حصول ترابط للدقائق فيما بينها (دقائق المادة الاساس ومادة التدعيم) وبالاعتماد على اليات الانتشار يحصل الترابط بانتشار الذرات الى مناطق التلامس (مناطق السطوح البينية) ما بين الدقائق

تقوية رخيصة الثمن اصبح اعتماد هذه المتراكبات يزداد بصورة كبيرة في مجال الصناعة. ان المتراكبات ذات الاساس من الالمنيوم والمقواة بالدقائق او الشعيرات من كاربيد السيليكون هي الاكثر شهرة واستعمال وذلك بسبب ان التقوية بالدقائق تتضمن التوزيع المنتظم لمئاته الدقائق داخل مادة الاساس وبصورة عامة ان هذه المواد تعطي مقاومة بلى وتاكل جيدة وكذلك جساءة عالية وصلادة ومتانة عند كثافة منخفضة عندما تقارن مع مادة الاساس غير المقواة [12] [1]. ومن ابرز تطبيقات هذا النوع من المتراكبات هي في تطبيقات السفن الفضائية والملاحه الجوية والتطبيقات الطبية والهندسية [2].

#### تقنية التصنيع

تم تصنيع مادة متراكبة ذات اساس من الالمنيوم باتباع طريقة ميتالورجيا المساحيق ، استعمل الالمنيوم كمادة اساس بنقاوة (99.9%) ، ومادة التدعيم هي كاربيد السيليكون ( $\alpha - SiC$ ) وبحجم دقائق مقداره (125 $\mu m$ ) واستخدمت النسب الوزنية (15% - 10% - 7.5%) لمادة التدعيم ، ان التصنيع بتقنية ميتالورجيا المساحيق تتألف من اربع خطوات رئيسية هي [3] [10]

1. انتاج مسحوق ناعم : ينتج المسحوق بطرائق مختلفة منها الميكانيكية ، الكيمائية ، الفيزيائية.
2. مزج واعداد المسحوق للعملية.
3. كبس المسحوق (Compaction) الى الشكل المطلوب للمنتج.
4. تلييد (sintering) الشكل الناتج من عملية الكبس في درجة حرارة مرتفعة.

تم مزج مادة الاساس مع مادة التدعيم داخل حاوية زجاجية مع اضافة المادة الرابطة (سائل البارافين) ومن ثم تشكيل العينات من خلال اتباع طريقة الكبس الاحادي الاتجاه (unaxial) بال قالب باستخدام ضغط مقداره (5ton) ، وكانت ابعاد العينات حسب

النتوات وازالة الطبقة السطحية وتلاقي الشقوق مع بعضها يؤدي الى ان تصبح ميكانيكية البلى هي الغالبة [7] [6]. وان البلى للمادة المتراكبة عند الاحمال القليلة يسمى البلى الخفيف (mild wear) ولكن بزيادة الاحمال تظهر دقات كاربيد السيليكون تغير الى البلى الشديد لذلك فان التاثير الايجابي لدقات كاربيد السيليكون بصورة عامة هو خفض او تقليل معدل البلى [7].

#### تأثير سرعة الانزلاق في معدل البلى :

تمت دراسة تأثير سرعة الانزلاق في معدل البلى لنماذج الالمنيوم غير المدعمة ولنماذج المدعمة بدقات كاربيد السيليكون بكل نسب الاضافة، اذ كانت السرعة الانزلاقية المعتمدة  $(2.617, 4.187, 5.233) \text{ m/sec}$  على التوالي وبفس المدة الزمنية وصلادة القرص المستعمل من ملاحظة النتائج الموضحة في الشكل (3) وجد ان معدلات البلى للمادة المتراكبة تكون في البداية عالية عند السرعة الانزلاقية  $(2.617 \text{ m/sec})$  وصولاً الى السرعة  $(4.187 \text{ m/sec})$ ، بسبب نتوات كاربيد السيليكون الخشنة وان هذه النتوات مع السطح الداخلي تكون تحت نفس المقدار من الاجهاد، لذلك تتشوه بسهولة والدقات المتكسرة وغير المتكسرة تعمل على حفر سطح كل من سطح العينة والقرص. لكن عند زيادة سرعة الانزلاق، فان السطح المحفور للقرص (Steel) يتفاعل تحت تأثير الحمل المسلط وقوة الاحتكاك المتولدة بفعل سطح العينة ويؤدي الى تكون  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  والذي يسبب لدقات كاربيد السيليكون التحطم وتكوين دقات صغيرة جداً من سطح العينة. وان  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  و  $\text{Fe}$  والدقات الصغيرة من كاربيد السيليكون وسطح العينة تشكل طبقة بين السطوح المنفصلة (سطح العينة والقرص) وتعمل على تقليل معدل البلى (تعمل عمل المزيث) [5].

وبزيادة سرعة الانزلاق فان الطبقات السطحية سوف تتكسر بتاثير السرعة الانزلاقية الزائدة والانفعالات الحاصلة للسطوح الداخلية وتصبح تحت اجهادات شديدة، اذ عند حدوث القشط وازالة الطبقات السطحية للعينة قد تكون هناك شقوق للسطوح

مؤدية الى نشوء الحدود البلورية وزيادة في مساحات الترابط ما بين الدقات وتتكون منطقة اشبه بالتخصر (الرقبة Neck) وتبدأ بالنمو والزيادة بالحجم وتتبعها عملية تدوير وتقلص بالمسامات [8][9].

#### البلى

#### تأثير الحمل المسلط في معدل البلى :

تمت دراسة تأثير الحمل المسلط في معدل البلى لعينة الالمنيوم غير المدعمة وللعينات المدعمة بدقات كاربيد السيليكون بكل نسب الاضافة، اذ تم اعتماد الاحمال (5, 10, 15) نيوتن على التوالي وكانت مدة الاختبار (20) دقيقة وصلادة القرص المستعمل المصنوع من الصلب (55HRC) يلاحظ من الشكل (2) ان معدل البلى لعينة الالمنيوم غير المدعمة بدقات كاربيد السيليكون هو اعلى من باقي العينات المدعمة بالدقات وهذا يطابق ما تم التوصل اليه في دراسة بلى المعادن اذ وجد انه بزيادة الحمل المسلط يزداد معدل البلى بسبب التشوه الحاصل ما بين السطحين (سطح العينة والقرص) والذي يؤدي الى زيادة كثافة الشقوق والعيوب [4][8].

اما العينات المدعمة ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها لوحظ انه بزيادة الحمل المسلط يزداد مقدار البلى نتيجة زيادة قوة الاحتكاك والسبب في ذلك ان قوة الاحتكاك (F نيوتن) تتناسب مع القوة الضاغطة العمودية  $F = \mu N$  فان  $F = \mu N$  ان لقيمة الحمل المسلط تأثيراً مباشراً في التشوه اللدن الذي يحدث عند قيم النتوات والمنطقة القريبة من السطح فتزداد الحفر والاحاديد نتيجة تأثير الدقات الناتجة عن تحطم قشرة السطح اذ تتجمع الشقوق الصغيرة مع بعضها مؤدية الى حدوث قشط او ازالة الطبقات السطحية مكونة بذلك حطام البلى ويكون على شكل صفائح رقيقة لذا يزداد التشوه اللدن بزيادة الحمل المسلط [6]. فضلاً عن حصول انفعالات قص ناتجة عن الاجهاد الضغطي بسبب تسليط الحمل وبما ان دقات كاربيد السيليكون هي اقوى عند الانضغاط من الشد لذلك فانها تندفع نحو مادة الاساس الالمنيوم بدلا من حدوث تشقق لسطوحها فيؤدي ذلك الى حفر سطح العينة والقرص وبزيادة الحمل يزداد معدل تكسر

التي تشكل اساسا للشقوق الكبيرة التي تسبب الفشل.

#### المصادر :

- [1] M.E.Smagorinski, S.Greier and G.King, Mat.Sci and Eng, A244 (1998), p.p. 86-90.
- [2] A.M.Russell, L.Scott chumbley and Yun Tina, J.Advance.Eng.Mat, 2,(2000), p11.
- [3] - د.قحطان خلف الخزرجي "ميتالورجي المساحيق" هندسة المواد/جامعة بابل (1997).
- [4] A.D.Sarkar, "Wear of Metals" Pergamum press (1976).
- [5] S. B. Ajappai, G. Chandramohani and R. subramanlan, Materials Science-Poland, Vol. 24, No. 2/1, 2006, p. 124.
- [6] G.Lee, R.O.Ritchie, C.K.Hdharan, J.Wear 252, (2002), p.p.322-331.
- [7] M.A.Meyers and K.K.Chawla, "Mechanical behavior of materials" prentice-Hall, Inc New Jersey, (1999).
- [8] D.R.Askeland, "The science and engineering of materials", wads worth, Inc., California, (1984).
- [9] V.raghavan, "Materials science and engineering – first course", 2<sup>nd</sup> edition, prentice-Hall of India private limited, New Delhi, (1979).
- [10] W.Bolton, "Engineering material technology", 3<sup>rd</sup> edition member of reed Elsevier group, (1998).
- [11] L.Holliday, "Composites materials", Elsevier publishing company, London (1966).
- [12] M.G.Rayson, "Encyclopedia of composite material and composites" john wiely and sons, New York, (1983).

التحتية ربما تكونت بفعل تجمع الاجهادات على الشقوق الصغيرة او قد تكون موجودة على السطوح التحتية مسبقا او انتشرت خلال مسارات ميكانيكية البلى، لذلك فان تحطم السطوح الثانوية التي تنضم الى حطام السطح المزالمة طبقاته يؤدي الى زيادة مخلفات (حطام) البلى وزيادة معدلاته وكما موضح بالشكل السابق . نجد ان العينات الغير مدعمة يكون لها معدل بلى عال بالمقارنة مع العينات المدعمة وذلك بسبب الاجهاد المسلط على سطح العينة الذي يكون منتظما وهناك مساحة اتصال كبيرة بين سطح العينة والقرص ولذلك يكون هناك اجهاد وبلى كبيرين [4] .

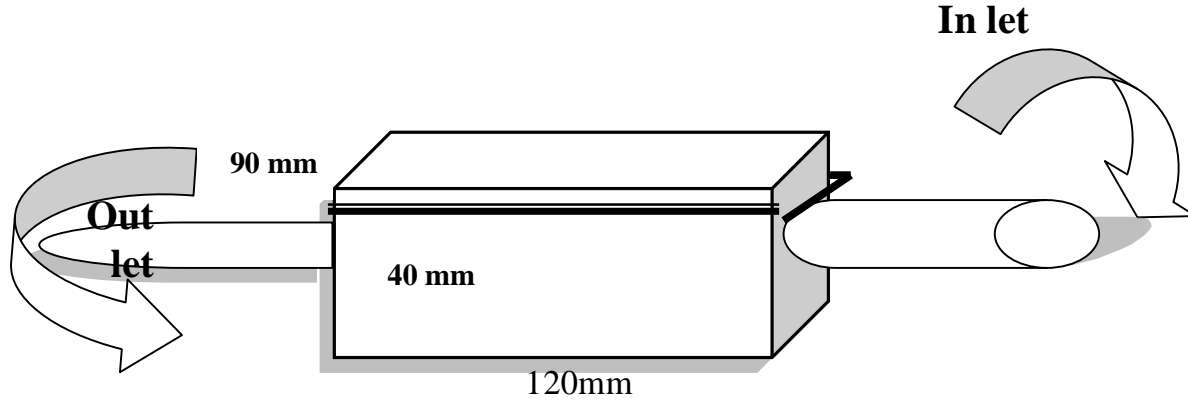
فضلا عن ان فلز الالمنيوم يعد من الفلزات اللينة التي يسهل خدشها وبالتالي تشوهها وحصول الاخاديد والتنتوات التي تسبب زيادة معدل البلى .

#### الاستنتاجات :

1. حصول زيادة بقيم الصلادة للعينات المدعمة بدقائق كاربيد السيليكون وتحسن الخاصية بزيادة نسبة الاضافة للدقائق .
2. حصول تحسن في خاصية البلى للعينات المدعمة بدقائق كاربيد السيليكون على الرغم من زيادة معدلات البلى بزيادة الحمل المسلط عند مقارنتها مع المادة الاساس .
3. تحسن في مقاومة البلى للمدة المتراكبة عند زيادة السرعة الانزلاقية بالمقارنة مع معدل البلى لعينات المادة الاساس .
4. استخلاص افضل المواصفات التي بواسطتها تصنع النماذج التي تدخل على مستوى الانتاج والمحافظة على الخلط الفيزيائي فقط وذلك لتجنب التفاعلات الكيميائية وحصول فرق كبير في التمدد الحراري الذي قد يسبب الشقوق

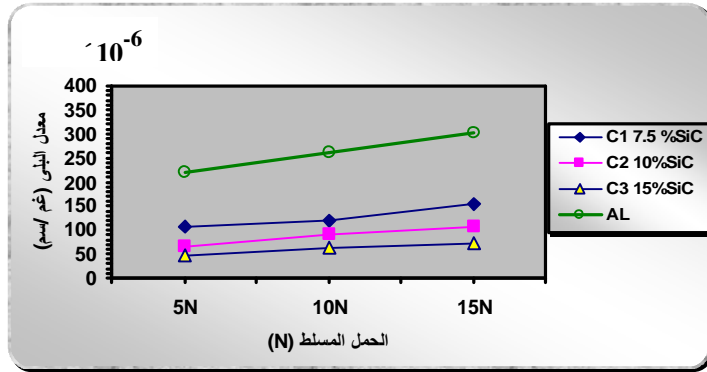
جدول (1) يبين قيم الصلادة الناتجة للنماذج المحضرة بميتالورجيا المساحيق

نسبة اضافة Sic%	قيم الصلادة Kgf/mm <sup>2</sup>
7.5	61.1
10	63.6
15	67.5
Al (pure)	32

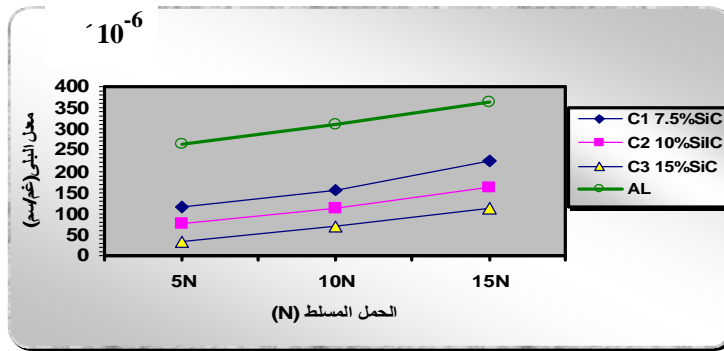


الشكل (1) يوضح الحاوية المصنوعة من الصلب المقاوم للصدأ Stainless Steel

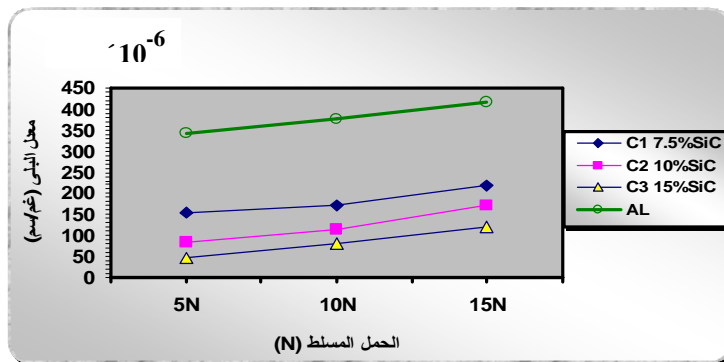
المستعملة خلال عملية التلييد.



A



B



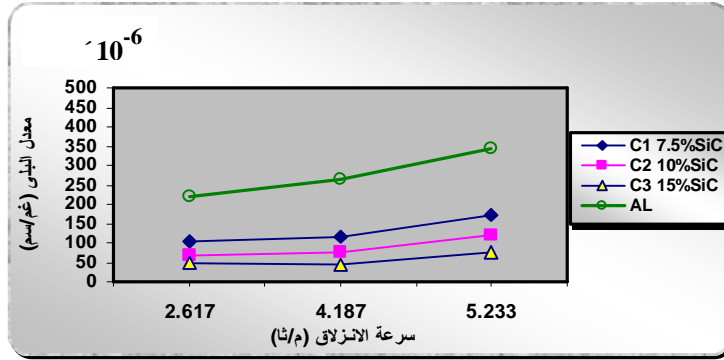
C

الشكل (2) العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط للنماذج المدعمة بدقائق كربيد السيليكون ذات الحجم  $125\mu\text{m}$

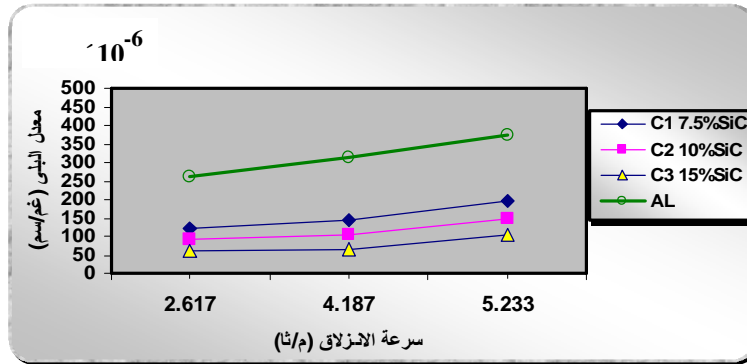
A- عند نصف قطر الانزلاق 5cm

B- عند نصف قطر الانزلاق 8cm

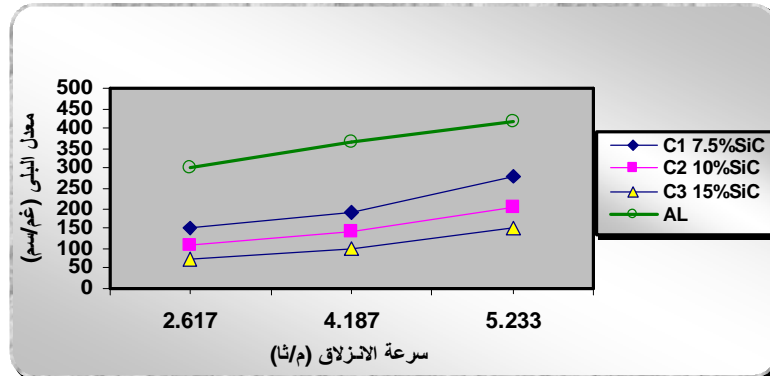
C- عند نصف قطر الانزلاق 10cm



A



B



C

الشكل (3) العلاقة بين معدل الجلي وسرعة الانزلاق للنماذج المدعمة بدقائق كربيد السيليكون ذات

الحجم  $125\mu\text{m}$

A - عند الحمل المسط 5N

B - عند الحمل المسط 10N

C - عند الحمل المسط 15N