دراسة سلوك البلى لطبقة طلاء Al-SiC محضرة بطريقة الرش بالبلازما

م.م. هيثم رزوقي صالح*

تاريخ التسليم:31 /8 /2005
تاريخ التسليم:26 /4 /2006

الخلاصة:

نظراً لأهمية سبائك الالمنيوم في مختلف التطبيقات الصناعية لما تتميز به من خفة الوزن مع الاحتفاظ بمقاومة عالية للتآكل يتم الاتجاه إلى استخدام تقنيات مختلفة لتحسين خواص هذه السبائك.

تم استخدام سبيكة Al-4.5%Cu كارضية للطلاء بمادة مركبة ذات أساس من الالمنيوم مقواة بدقائق سيراميكية (SiC) بنسب وزنية مختلفة(5,10,15,20)% باستخدام تقنية الرش بالبلازما plasma Spray. تم أجراء عملية الرش باستخدام مسافة رش ثابتة هي (180) ملم وتيار رش ثابت (550) أمبير تم أجراء المعاملة الحرارية باستخدام فرن مفرغ Vacuum Furnace بضغط تفريغ $6*10^{-4}$ torr ودرجة حرارة 550 م^{o} لمدة ساعتين. اما الفحوصات التي أجريت فكانت الصلادة قبل المعاملة الحرارية و بعد فحص البلى بعد المعاملة الحرارية بمسافات انزلاق متغيرة. وذلك لدراسة تأثير نسبة إضافة SiC ومسافة الانزلاق على معدل البلى. ولوحظ من النتائج أن معدل البلى يقل مع زيادة مسافة الانزلاق ونسبة الاضافة.

Key-words:Plasma spry ,Wear behavior in composite materials , Coating process

Abstract

Due to the importance of aluminum alloys in different industrial applications because of their light weight and maintaining their high resistance to corrosion, attention is focused on using different techniques to improve the characteristics of these alloys. Alloys of Al-4.5%Cu are used as substrate for coating with compound material of abase of aluminum enforced with ceramic substance (SiC) using plasma spray technique.

Spraying operation has been done using (180 mm) as distance spray and constant spraying current (550A).Heat treatments have been done using vacuum furnace with discharge pressure $6*10^{-4}$ torr and temperature 550C^{o} for two hours. The testing techniques which had been used are hardness before and after heat treatment, wear test after heat treatments by different slipping distances and influence wear test on micro structure to study the effect of addition SiC percentage and slipping distance on wear rate. From the result, is seen that wear rate is decreased with increase in slipping distance and addition percentage.

https://doi.org/10.30684/ etj.26.1.8
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المقدمة:

تتعرض معظم الأجزاء الهندسية إلى البلىفي أثناء التحميل، اذ يعد البلى احد اهم ثلاث مشاكل صناعية تؤدي إلى تلف الأجزاء الهندسية علاوة على الكلال والتآكل[1]. لذا فان معظم البحوث تركز على أيجاد بدائل تؤدي إلى تقليل الضرر الناتج من البلى, ومن هذه البدائل المواد المركبة التي تعرف بانها المواد الناتجة من مؤالفه طورين أو اكثر من المواد يسمى الأول الطور الاساس matrix ويسمى الثاني طور التقوية reinforced phase [2]. وتقسم المواد المركبة حسب نوع الطور الاساس إلى:

1. المواد المركبة ذات الاساس المعدني Metal Matrix composite.
2. المواد المركبة ذات الاساس السيراميكي ceramic Matrix composite.
3. المواد المركبة ذات الاساس البوليمري Polymer [2] Matrix composite.

تغطي المواد المركبة ذات الاساس المعدني انواعاً مختلفة من الأنظمة ،و يعد الالمنيوم من اهم المعادن الخفيفة نظراً لمقاومته النوعية العالية وامتلاكه معامل مرونة نوعية عالي وبالتالي جساءة عالية، لذا تم الاتجاه إلى تصنيع كثير من أجزاء السيارات والطائرات منه [3,4] . تم استخدام تقنيات مختلفة لانتاج الالمنيوم أو المواد المركبة ذات الاساس المعدني والمقواة بدقائق سيراميكية مختلفة مثل الالومنيا والسليكا وكاربيد السليكون وكذلك الكرافيت[5] .

درس الباحث Tanya و اخرون خواص المادة المركبة المنتجة بطرائق تصنيع مختلفة ذات اساس من التيتانيوم مقواة بدقائق من بروميد التيتانيوم TiB , ووجد الباحثون ان الخواص الميكانيكية تتضمن زيادة في المقاومة Strength و العساوة Toughness , مقاومة البلى , الكلال و مقاومة الزحف مع زيادة تركيز TiBعلاوة على تقليل المطيلية [6] .كذلك درس Okumus امكانية ترسيب مسحوق -Al_2O_3 TiO_2 بواسطة الرش بالبلازما على قاعدة من حديد الزهر مغطاة بالموليبديوم و ذلك لتحسين الاداء عند الدرجات الحرارية المرتفعة لمكائن الاحتراق الداخلي. لاحظ الباحث تحسن بالخواص الميكانيكية للطبقات المتعددة[7] .وتعد طريقة الرش بالبلازما واحدة من أهم وأوسع طرائق الرش الحراري في طلاء المعادن مع مواد أخرى قد تكون معدنية أو سيراميكية أو بوليمرية وذلك باستخدام غازات ذات درجات حرارة عالية وسرعة عالية [8,7,6,]. تتضمن تقنية الرش بالبلازما حقن المسحوق بدرجة حرارة عالية في لهب البلازما الخارج من مسدس الرش الذي يستخدم القوس الكهربائي لتوليد البلازما[9,10].

الجزء العملي:

استخدمت قاعدة من سبيكة (Al-4.5%Cu)و الموضح تحليلها الكيمياوي في الجدول(1) بعد اعادة صهرها و صبها بقوالب معدنية , ثم اجراء عملية التشغيل الميكانيكي فقد تم تقطيعها الى عينات اسطوانية بقطر 10 ملم و ارتفاع 20 ملم و لغرض تهيئتها لعملية الطلاء تم تخشين سطح القاعدة باستخدام العصف الحبيبي , حيث تم قصف القاعدة بحبيبات من كاربيد السليكون لفترة زمنية مقدارها 45 ثانية , ثم تنظيفها بالهواء و كانت متغيرات عملية العصف كالاتي :- ضغط العصف5bar زاوية العصف 90 مسافة العصف 20cm تم تحضير مسحوق الطلاء باضافة نسب مختلفة (5,10,15,20)% من مسحوق كاربيد السليكون الى مسحوق الالمنيوم , بعد اجراء التحليل الحجمي لكليهما و الجدول (2) يوضح هذا التحليل , و لغرض مجانسة المساحيق تم خلط المساحيق في خلاط لمدة ساعتين , بعدها اجريت عملية الطلاء باستخدام عملية الرش بالبلازما من نوع A3000 و باستخدام الرش تحت الضغط الجوي و بمسافة رش 180 ملم و تيار رش 550 امبير .

ثم تم اجراء المعاملة الحرارية باستخدام فرن مفرغ الذي تدور عليه عينة الاختبار و تم الاختبار على ثلاثة ابعاد مختلفة هي 2و5و7 اي بسافة انزلاق لكل بعد هو (r2∏) و (Vacuum Furnace) و بدرجة حرارة 550 درجة مئوية و بضغط تفريغ (-6*10 4 torr) و لفترة زمنية مقدارها ساعتين لزيادة الترابط بين القاعدة و طبقة الطلاء و بالتالي تحسين الخواص الميكانيكية . و بعد المعاملة الحرارية تم قياس الصلادة باستخدام جهاز روكويل (Wilson-500) من نوع (HR15T) باداة غرز دائرية بقطر 16/1 انج و بتسليط حمل مقداره (15) كغم و لمدة (10) ثانية على طبقة الطلاء و تم اخذ ثلاث قرأت لكل عينة ثم حساب القيمة النهائية و للتثبت من ان قياس الصلادة تم على طبقة الطلاء فقط و لم يتعداها الى المادة الاساس . تم قطع العينة الاسطوانية الشكل على طول محورها واخذ القراءة من المقطع في الجانب الحاوي على الطلاء بعد اسناد الجزء السفل من المقطع.

بعدها اجري فحص البلى باستخدام جهاز البلى الالتصاقي من نوع (Pin-on-disc machine) . استخدم قرص من الفولاذ تم طلائه بالالومينا و كانت سرعة دوران القرص 510 دورة/دقيقة . اجري الفحص بعد تثبيت الحمل المسلط على العينات و كان بمقدار 10 نيوتن مع تغير مسافة الانزلاق(محيط القرص التي تعطي مسافات انزلاق هي 12.56cm و 78.5cm و 153.86cm على التوالي , و من ثم حساب معدل البلى بمقدار

الفقدان بالوزن قبل و بعد الاختبار باستخدام ميزان كهربائي رقمي حساس بدقة (0.0001) غم . و استخدمت العلاقة التالية لحساب معدل البلى :-

$$\text{Wear rate (WR)} = \Delta w / \pi \rho D N T$$

حيث ان :-

WR = معدل البلى سم^3/سم
Δw = الوزن المفقود بعد الاختبار (غم)
ρ = كثافة المادة المركبة مع القاعدة
D = قطر القرص
N = معدل دورات القرص (510 دورة لكل دقيقة)
T = زمن الاختبار بالدقيقة (30 دقيقة)

مناقشة النتائج:

تم اولا قياس الصلادة للعينات المنتجة بطريقة الرش بالبلازما ذوات الارضية من الالمنيوم و المقواة بمادة (SiC) و يلاحظ من الشكل (1) زيادة الصلادة مع زيادة نسبة الاضافة بسبب صلادة المادة المقوية. ولغرض زيادة الترابط بين القاعدة و طبقة الطلاء اجريت المعاملة الحرارية و التي ادت الى زيادة بالصلادة و بالتالي تحسين الخواص الميكانيكية للطبقة كما موضح بالشكل (1).

ويوضح الشكل (2) العلاقة بين مسافة الانزلاق ومعدل البلى لنسب مختلفة من كاربيد السليكون (SiC) المنتجة بطريقة الرش بالبلازما، و يلاحظ أن معدل البلى يقل مع زيادة مسافة الانزلاق، وذلك بسبب حدوث البلى الجزئي نتيجة قص النتؤات الناتجة من خشونة السطح إذ تراوحت قيم الخشونة ما بين (8.2- μm 6.2) عند نسبة إضافة 5% و 20% من الكاربيد على التوالي، يحدث قص النتؤات بسبب القوى المماسية للجزء الحارث وبزيادة مسافة الانزلاق ونتيجة تكسر النتؤات وحركة السطوح والحرارة المتولدة يحدث اصلاد انفعالي مما يسبب زيادة مقاومة البلى.ايضايلاحظ من الشكل (2). نقصان معدل البلى مع زيادة نسبة الاضافة ويرجع السبب في ذلك إلى الصلادة العالية التي يمتلكها دقائق كاربيد السليكون التي تعمل على زيادة صلادة الطبقة الناتجة وكذلك دور هذه الدقائق في تحمل الاحمال المسلطة مما يؤدي إلى زيادة مقاومة البلى. توضح الاشكال من (3) الى (5) صور البنية المجهرية لطبقة الطلاء المتنجة باضافة10% و 20% قبل و بعده فحص البلى لمعرفة تاثير مسافة الانزلاق على البنية المجهرية للطبقة . و يلاحظ من الشكل (3)الذي يمثل البنية المجهرية للطبقة قبل فحص البلى ان دقائق SiC متوزعة بشكل متجانس على طول البنية المجهرية لطبقة الطلاء .

عند اجراء فحص البلى للطبقة المحتوية على 10% من كربيد

السليكون لوحظ حدوث التشويه للمعدن الاساس مع حدوث تجمع لبعض دقائق الكربيد و تكسر البعض الاخر نتيجة تسليط الحمل ويعود السبب في ذلك الى انه عنما تكون نسبة الكربيد (المادة المقوية) قليلة ,التشويه يحدث في المادة الاساس قبل الدقائق فيؤثر ذلك بجرف الدقائق و تكسرها مع المادة الاساس اثناء فحص البلى و الشكل (4) يوضح ذلك.

اما الشكل (5) فيوضح البنية المجهرية لطبقة الطلاء بعد تسليط الحمل للطبقة التي تحتوي على 20% كربيد السليكون , يلاحظ من الشكل عدم حدوث التكسر لدقائق الكربيد و هذا يدل على ان مقاومة البلى للطبقة تزداد مع زيادة نسبة الكربيد المضاف و يعزى السبب في ذلك الى انه عندما تزداد نسبة الدقائق تتوزع بشكل متجانس و باعداد كبيرة على طول مساحة طبقة الطلاء بالتالي فان هذه الدقائق هي التي ستقاوم الحمل المسلط و تمنع وصول التشويه الى الاساس لذلك يقل معدل البلى لطبقات الطلاء التي تحتوي على نسب عالية من الكربيد .

الاستنتاجات

1. امكانية انتاج مادة مركبة ذات اساس من الالمنيوم مقواة بدقائق كربيد السليكون باستخدام تقنية الرش بالبلازما.
2. تزداد صلادة طبقة المادة المركبة مع زيادة نسبة SiC.
3. تزداد صلادة طبقة المادة المركبة بعد اجراء المعاملات الحرارية
4. يقل معدل البلى للمواد المركبة ذات الاساس المعدني المقواة بدقائق سيراميكية مع زيادة نسبة المادة السيراميكية
5. يقل معدل البلى لطبقة المادة المركبة المنتجة مع زيادة مسافة الانزلاق.

Reference

1. Erich Lugsherd, R.E "Advanced Engineering Material vol.2, No.3, 2000.
2. Bolton W. "Engineering Material Thechology" third edition, 1990.
3. Clyne,T.W "Encyclopaedra of Material :Science and Technology" 2001.
4. Sdermakar "Metal and Material" Vol.2, No.3, 1986, P144-146.
5. Surappa M.K "wear""Wear and abrasion of cast Al-alumina particle composite" , Vol.77, 1982, P.295-302.
6. Tanya,M.T.Godfrey,Eta. "Advance Engineering Material",Vol.2,No.3,2000,p.85.

7. Okumus, S.Cem "Materials Letters"Vol.59,No.26,2005,pp 3214-3220
8. Erich lugsheid,R.E."Advanced Engineering material " Vol.2, No.3,2000
9. Bunshah,R.F. Thermal spray Hand book (ASTM) vol.2 (1990)
10. Plasma spray, thermal spray process www.net.

الجدول 1 يوضح التحليل الكيمياوي لسبيكة القاعدة المستخدمة

Al%	Cu%	Mn%	Mg%	Si%
93.224	4.425	0.623	1.534	0.194

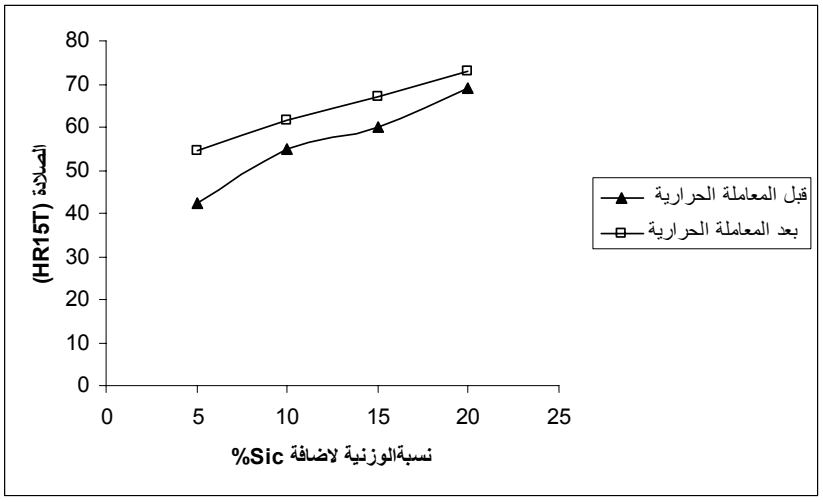
الجدول 2 يمثل التوزيع الحجمي لدقائق الالمنيوم (a) و كربيد السليكون(b).

(a)

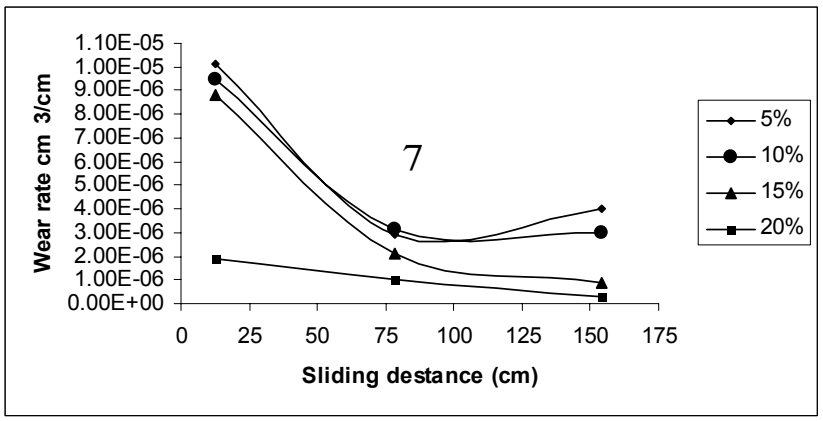
Fixed percentage	Volume (under size)
20.00%	23.98 microns
40.00%	30.84 microns
60.00%	36.84 microns
80.00%	60.69 microns
100.00%	70.87 microns

(b)

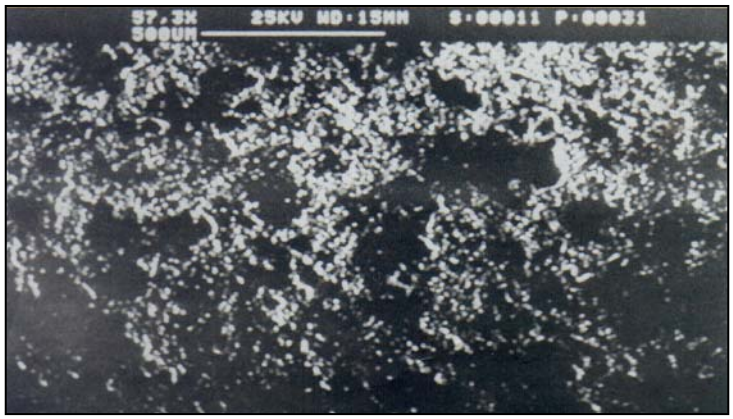
Fixed percentage	Volume (under size)
20.00%	0.18 microns
40.00%	0.32 microns
60.00%	0.45 microns
80.00%	0.59 microns
100.00%	15.12 microns



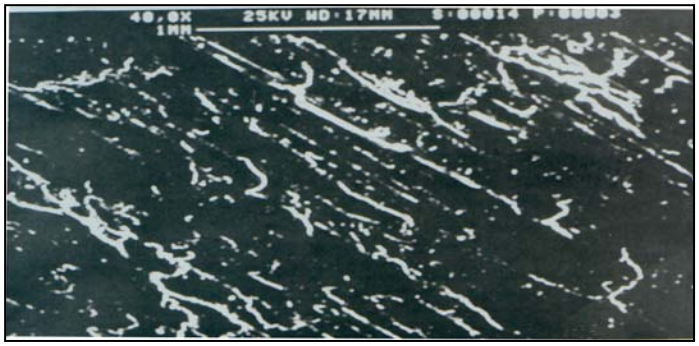
الشكل (1) يمثل العلاقة بين نسبة الاضافة و الصلادة للعينات قبل و بعد اجـراء المعاملة الحرارية.



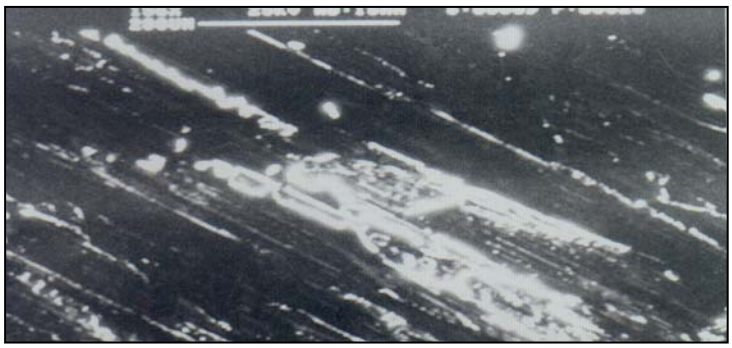
الشكل (2) يمثل العلاقة بين مسافة الانزلاق و معـدل البلـى و لمختلـف نسـب الاضافة.



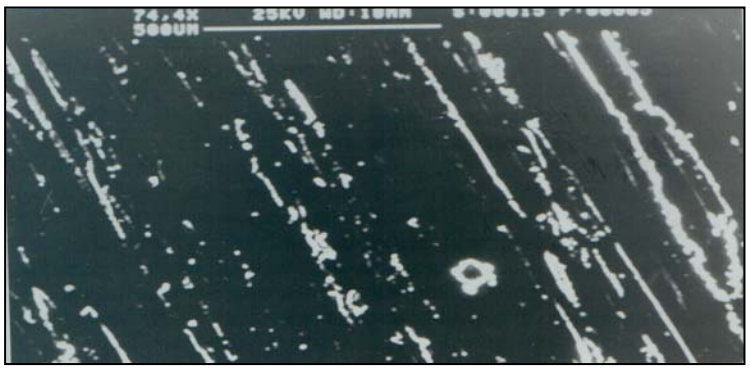
الشكل(3)البنية المجهرية لطبقة الطلاء قبل فحص البلى و بنسبة اضافة 20%



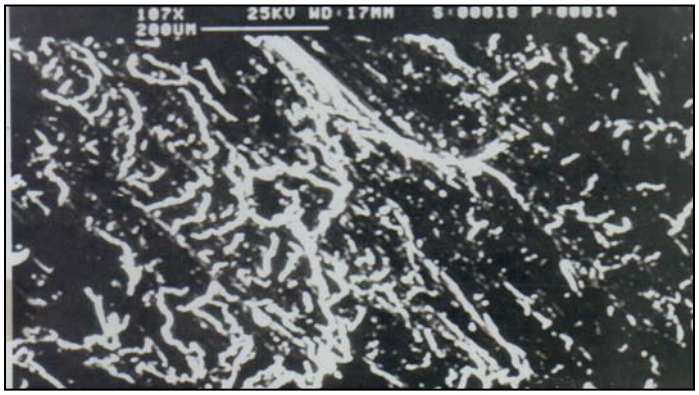
a



b

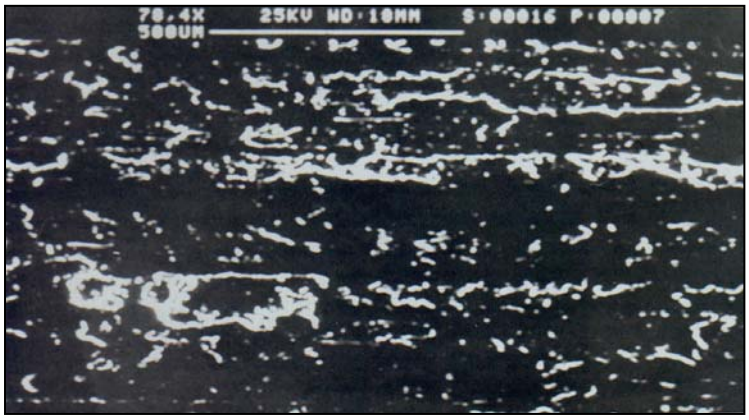


c



a

b



c

الشكل(5) البنية المجهرية لطبقة الطلاء ذات نسبة اضـافة 20% بعـد اجـراء فحص البلى و لمسافات انـزلاق مختلفـة هـي (a-12.5mm , b-78.5mm , c-153.86mm)

10