سلوك خاصية التآكل المنزلق الجاف لسبيكة الألومنيوم – ماغنيسيوم المقواة بحبيبات كربيد البورون

عماد مقبول عبد الهادى[1]

DOI: https://doi.org/10.54172/mjsc.v27i1.261

الملخص

هذا البحث يدرس سلوك التآكل الميكانيكى لمتراكب أساسه سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم المقواة بحبيبات كربيد البورون. أستخدم جهازإختبار التآكل الميكانيكى لتقدير عملية التأكل للمتراكب تحت أحمال مختلفة و سرعات إنزلاق مختلفة ضد إسطوانة دوارة من الحديد الصلب ذو الصلابة العالية والتى تقدر 500 HV.

ولقد وجد أن مقاومة التآكل الميكانيكى للمتراكب أكبر بكثير من مقاومة التآكل الميكانيكى لسبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم و كذلك أظهر المتراكب قيمة أعلى بكثير لمقاومة التآكل المسبب للأنهيار مقارنة بالسبيكة الأساسية. و لقد تم دراسة أسطح العينات التى وقعت تحت تأثيرالأحتكاك بواسطة المجهر الضوئى.

[1] كلية التقنية الطبية – جامعة عمر المختار، طبرق–ليبيا

© للمؤلف (المؤلفون)، يخضع هذا المقال لسياسة الوصول المفتوح ويتم توزيعه بموجب شروط ترخيص إسناد المشاع الإبداعي CC BY-NC 4.0

المقدمة

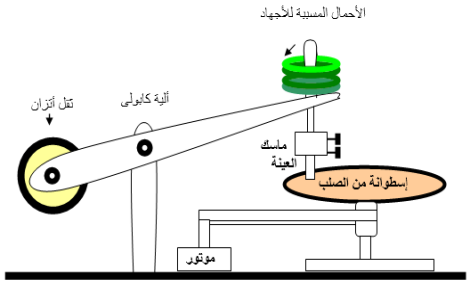
لقد أظهرت المتراكبات التى أساسها الألومنيوم والتى يتم تقويتها بحبيبات الخزف الصلبة مثل كربيد السيليكون و أكسيد الألومنيوم أداء جيدا عند التشغيل فى المناطق ذات الإحتكاك الشديد و ذلك بسبب مقاومتها العالية للتآكل وصلابتها العالية بالإضافة الى كثافتها المنخفضة . لذلك فأن هذه المتراكبات التى أساسها الألومنيوم تظهر مقاومة عالية جدا للتآكل و كذلك مقاومة عالية جدا التآكل المسبب للأنهيار مقارنة بعنصر الألومنيوم. وهذا يرجع أساسا إلى حبيبات الخزف والتى تجعل العنصر الأساسى للمتراكب يقاوم الإنفعال البلاستيكى و بالتالى فأنه يحسن من الصلابة للعنصر الأساسى عند درجات الحرارة العالية Rohatgi (1988) . بالأضافة الى ذلك فأن الحبيبات المنتشرة بأنتظام على السطح تعمل على حماية السطح من الإحتكاك المسبب للتآكل Sannino and Rack (1996) مؤدية بذلك الى تحسين مقاومة التآكل و تقليل معامل الإحتكاك ودرجة الحرارة المتولدة من الإحتكاك لهذه المتراكبات Jiang, Tan and Ma (1996)خلال إختبار التآكل المنزلق الجاف للمعادن حيث يتكون على سطح العينة طبقة رقيقة جدا متكونة من خليط من الأكاسيد المتكونة ميكانيكيا والتى تلعب دورا هاما فى سلوك التآكل للمواد Rigney, Fu, Hammerberg, Holian and Falk, (2003).

مواد وطرق البحث

المـــواد: أستخدمت سبيكة الألومنيوم-10% وزن ماغنسيوم مع حبيبات كربيد البورون فى تحضير عينات هذه الدراسة. تم تحضير المتراكب خلال عمليات الصهر و الصب بأضافة حبيبات كربيد البورون ذات الحجم فى حدود 70 ميكروميتر كمواد مقوية للسبيكة الأساسية. تضمن هذه العملية صهر السبيكة عند درجة حرارة مناسبة للتقليل من إحتراق الماغنيسيوم داخل السبيكة و كذلك للحصول على سيولة كافية للمنصهر لتسهيل عملية خلط السبيكة المنصهرة بحبيبات الخزف و ثبتت درجة حرارة الفرن عند 850 درجة مؤية ثم أضيفت حبيبات كربيد البورون إلى المنصهر مع التقليب بواسطة قضيب من الجرافيت لفترة زمنية قصيرة قدرها 3 دقائق للتقليل من عملية الأكسدة خارج الفرن ثم تكرار ذلك عدة مرات لإضافة الكمية المتبقية على مراحل ولتوزيع حبيبات الخزف توزيعا منتظما داخل المنصهر ثم الصب فى قالب الصب المصنوع من الجرافيت و يتبقى فى البوتقة بعد عمليات الصهر الأكاسيد المتكونة نتيجة تعرض المنصهر خلال الصهر داخل الفرن الكهربى إلى الهواء الجوى و كذلك عند إخراجة من الفرن لإضافة حبيبات الخزف

والتقليب. قبل الصب مباشرة يقلب المنصهر مرة أخيرة للحفاظ على التوزيع المنتظم لحبيبات الحزف داخل المنصهر ثم تصب مباشرة فى قالب الصب المصنوع من الجرافيت. صبت العينات على شكل قضبان إسطوانية منتظمة المقطع طولها 50 مم و قطرها 8 مم أو 240 مم وقطرها 8 مم.

أختبار التأكل المنزلق الجاف:يتم إختبار مقاومة التأكل بواسطة وضع العينة على شكل قلم فى وضع مثبت عموديا على إسطوانة دوارة من الحديد الصلب بحيث يحدث الإتصال بينهما تحت تأثير أحمال مختلفة عند سرعات مختلفة للأسطوانة الدوارة. و كانت أبعاد العينات 40 مم طول و 8 مم قطر أو 220 مم طول و 8 مم قطر كما هو مبين فى الشكل (1).



شكل (1) رسم تخطيطى يبين جهاز قياس التأكل الميكانيكى

و لكى نتأكد من التلامس الحقيقى بين سطح العينة و الإسطوانة الدوارة بحيث تحدث تلامسا مؤثرا تم تعريض أسطح العينات المراد أختبار مقاومة التآكل لها إلى الإنزلاق على ورق جلخ (حجم حبيباته 240) و الخاص بعمليات الجلخ وذلك بتثبيته على الإسطوانة الدوارة و بالتالى يتم الحصول على سطح مستوى و ملتصق تماما بسطح الأسطوانة خلال انزلاق العينة عليها . تتأثر العينة بأحمال معينة بواسطة ألية الكابولى و تنزلق العينة المثبتة عموديا على سطح الأسطوانة الدوراة فى مسار دائرى نصف قطره 74 مم مع العلم بأن نصف قطر الإسطوانة 90 مم. يتم إختبار كل عينة تحت تأثير ثقل مقدرا بالكيلوجرام للتأثير على العينة المثبتة بأجهاد مقدرا بالكيلوجرام/ ملليمتر مربع و ذلك بقسمة الثقل بالكيلوجرام على مساحة مقطع العينة بالملليمتر المربع. يتم تعرض كل عينة لأختبار مقاومة التآكل الميكانيكى لمدة 60 ثانية. و قد تم قياس سرعة الأنزلاق (ع) بتعيين عدد اللفات لكل ثانية (*ن*) و طول المسار لكل لفة (*ل*) و الذى يعادل 2ط نق (نق=0.074 متر) .

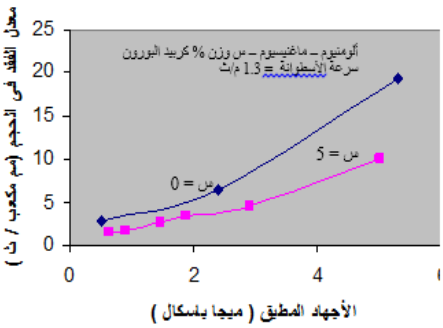
ع = ن * ل متر/ث

فى كل مرة ينظف سطح العينة بالأسيتون للتخلص من الشوائب الناتجة من الإحتكاك الميكانيكى و يقاس طول العينة قبل وبعد الإختبار لقياس الفقد فى الطول نتيجة الإحتكاك و ذلك بأستخدام جهاز الميكروميتر و بالتالى أمكن حساب الفقد فى الطول بدقة عالية. ويتم حساب الفقد فى الحجم نتيجة التآكل الميكانيكى و ذلك بقياس الفقد فى الطول مقدرا بالميكرومتر مضروبا فى مساحة

المقطع مقدرا بالميكرومتر مربع ثم يتم تحويل الفقد فى الحجم من ميكرومتر مكعب إلى ملليمتر مكعب. و يمكن حساب معدل الفقد فى الحجم و ذلك بقسمة الفقد فى الحجم على 60 ث وهى الفترة الزمنية المستغرقة لأختبار التآكل.

النتائج و المناقشة

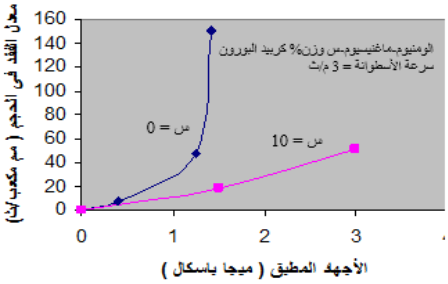
تأثير الأحمال و السرعة على معدل الفقد فى الحجم: يوضح شكل (2) العلاقة بين معدل الفقد فى الحجم للمتراكب ألومنيوم–ماغنيسيوم–5%وزن كربيد البورون و لسبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم كدالة فى إجهادات الأحمال عند سرعة إنزلاق حوالى 1.3 م/ث. يتضح من الشكل أن معدل الفقد فى الحجم لكل من المتراكب الألومنيوم–ماغنيسيوم–5%وزن كربيد البورون و سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم تزيد مع زيادة اجهاد الحمل. و قد أظهر المتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم–5%وزن كربيد البورون معدل نقص فى الحجم أقل بكثير منه لسبيكة الألومنيوم مع زيادة الأجهاد.و كانت الزيادة فى معدل النقص الحادث فى الحجم بزيادة اجهادات الأحمال فى حالة المتراكب للمتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم–5%وزن كربيد البورون أقل منها فى حالة سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم.



شكل (2) تأثير اجهاد الحمل على معدل الفقد فى الحجم للسبيكة ألومنيوم – ماغنسيوم – س% وزن بورون كربيد حيث س = 0 و 5 عند سرعة أنزلاق 1.3 م/ث

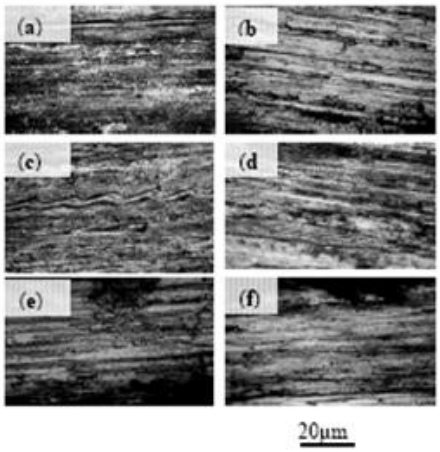
يوضح شكل (3) مقارنة بين معدل النقص فى الحجم للمتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم–10%وزن كربيد البورون و سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم كدالة فى إجهادات الأحمال عند سرعة إنزلاق 3 م/ث. فى حالة سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم يزداد معدل النقص فى الحجم مع زيادة إجهادات الأحمال و ذلك قبل الوصول إلى اجهاد حمل 1.5 ميجا باسكال والذى يبدأ عنده زيادة معدل النقص فى الحجم زيادة كبيرة فجأءة عندها تبدأ العينة فى الميل الى ا لإنهيار. أما فى حالة المتراكب ألومنيوم–ماغنيسيوم–10%وزن كربيد البورون فأن سلوك معدل النقص فى الحجم مع إجهادات الأحمال يختلف عنه فى حالة سبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم حيث يظهر مقاومة ملحوظة للنقص فى الحجم حتى عند الأحمال التى تزيد عن 1.5 ميجا باسكال

.و مع زيادة إجهادات الأحمال أكبر من 1.5 الى 3 ميجا باسكال لم يظهر المتراكب أى إنهيار بل ما زال يقاوم الزيادة فى النقص فى الحجم مما يعكس مدى شدة المتراكب عند الأحمال الكبيرة و مقاومته للتآكل.



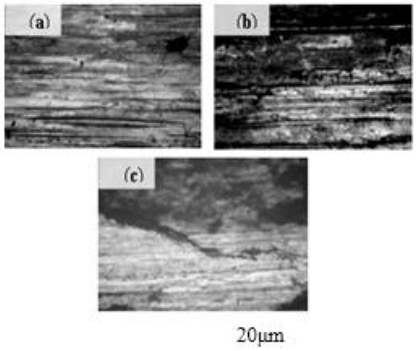
شكل (3) تأثير اجهاد الحمل على معدل الفقد فى الحجم للسبيكة ألومنيوم – ماغنسيوم – س% وزن بورون كربيد حيث س = 0 و 10 عند سرعة أنزلاق 3 م/ث.

الفحص المجهرى للأسطح: تم فحص العينات بعد تعرضها لأختبار التآكل الميكانيكى كما هى بدون أى نوع من أنواع الإعداد قبل الفحص المجهرى للأسطح. يبين شكل (4) الصورة المأخوذه من المجهر الضوئى للأسطح التى تعرضت لأختبار التآكل للمتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم–5%وزن كربيد البورون عند إجهادات أحمال مختلفة و كانت سرعة الأسطوانة الدوارة 1.3 م / ث. و قد لوحظ وجود خدوش دقيقة غير متصلة على سطح العينة التى تعرضت إلى إجهاد حمل يساوى 0.63 ميجا باسكال كما هو ظاهر فى الشكل (4a). و بزيادة إجهاد الحمل إلى 0.9 ميجا باسكال تبين وجود خدوش دقيقة متصلة كما هو واضح فى الشكل (4b) عند إجهاد حمل 1.46 ميجا باسكال أظهر السطح المعرض لإختبار التآكل تكون طبقات مشوهة تشوها بلاستيكيا تشبه شكل الموجات مع وجود طبقات رقيقة جدا من الأكاسيد التى تكونت بفعل الحرارة الناتجة عن الإحتكاك الشديد بين سطح العينة و سطح الاسطوانة الدوارة أو هى عبارة عن خليط من طبقات رقيقة من المتراكب تكونت ميكانيكيا ذات التركيب المجهرى الأدق فى الحجم كما هو واضح فى الشكل(4c) Rigney, Fu, Hammerberg, Holian and Falk, (2003). و عند إجهاد حمل 1.88 ميجا باسكال يظهر سطح العينة حفر متصلة نتيجة تآكل السطح كما هو واضح فى الشكل(4d). عند إجهاد حمل 2.9 ميجا باسكال إختفت الطبقات المتكونة على السطح وظهرت حفر متكونة نتيجة زيادة التأكل الميكانيكى أكثر عمقا كما ظاهر فى الشكل(4e). و عند إجهاد حمل 5 ميجا باسكال كان الإجهاد كافيا لإزالة الطبقات المتكونة ميكانيكيا كما هو واضح فى الشكل (4f).



شكل (4)صورة ضوئية للأسطح المتأكلة للمتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم – 5 %وزن بورون كربيد عند اجهادات حمل 0.63 (a) ، 0.9 (b) ، 1.49 (c) ، 1.88 (d)، 2.9 (e)، 5.0 ميجاباسكال (f).

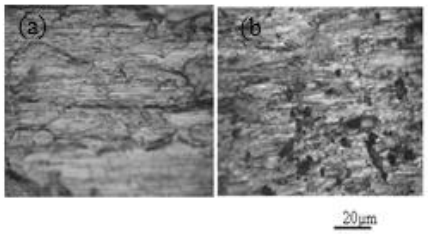
يوضح الشكل (5) الصورة المأخوذه من المجهر الضوئى للأسطح التى تعرضت لأختبار التأكل لسبيكة الومنيوم–ماغنيسيوم – 10%وزن كربيد البورون عند أحمال مختلفة و كانت سرعة الأسطوانة الدوارة 3 م / ث. فعند أجهاد حمل 0.5 ميجا باسكال تبين وجود خدوش مع حفر متصلة نتيجة تآكل السطح كما هو واضح فى الشكل(5a) . و مع زيادة إجهاد الحمل الى 2.4 ميجا باسكال أصبحت الحفر المتكونة نتيجة التآكل الميكانيكى أكثر عمقا و اكثر عرضا كما هو واضح فى الشكل (5b). أما عند إجهاد حمل 5 ميجا باسكال حدث تشوه وأضح بالأضافة الى إزالة اجزاء من طبقات من مادة السطح كما هو واضح فى الشكل(5c).



شكل (5) صورة ضوئية للأسطح المتأكلة للسبيكة ألومنيوم – ماغنسيوم عند أجهادات الحمل 0.5 (a)،2.4 (b) و 5 ميجاباسكال عند سرعة أنزلاق 1.3 م/ث .

يوضح الشكل(6) الصورة المأخوذه من المجهر الضوئى للأسطح التى تعرضت لأختبار التآكل لسبيكة الألومنيوم–ماغنيسيوم و المتراكب الومنيوم–ماغنيسيوم – 10%وزن كربيد البورون عند سرعة انزلاق 3 م/ث. و لقد أظهر سطح السبيكة الومنيوم – ماغنيسيوم حفر متصلة نتيجة تآكل السطح وذلك عند إجهاد حمل 1.5 ميجا باسكال و هذه هى علامات التشوه الذى يسبق الإنهيار وهى دليل على عدم قدرة السبيكة على تحمل إجهادات أكبر من ذلك. بينما لم يظهر سطح المتراكب حفر تحت تأثير نفس الإجهاد وذلك بسبب وجود حبيبات كربيد البورون المتناهية فى الصغر و المتوزعة توزيعا منتظما كما هو واضح فى

الصورة خلال التركيب الداخلى للمتراكب وهذه النتيجة تتوافق مع نتائج أختبار التآكل حيث أظهر المتراكب مقاومة عالية للتآكل حيث كان معدل الفقد فى الحجم صغيرا جدا بالنسبة لمعدل الفقد فى الحجم الحادث فى السبيكة الأساسية . لقد لعبت حبيبات كربيد البورون دورا كبيرا فى حماية السطح من الأتصال المباشر مع الأسطوانة الدوارة و بالتالى تقليل معدل النقص فى الحجم و هذا يتفق مع النتائج الموضحة فى الأبحاث المنشورة الخاصة بذلك الموضوع Rigney, Fu, Hammerberg, Holian and Falk, (2003).



شكل (6) صورة ضوئية للأسطح المتأكلة لسبيكة الألومنيوم – ماغنيسيوم عند أجهاد الأنهيار 1.3 ميجاباسكال (a) و المتراكب ألومنيوم – ماغنسيوم – 10% وزن بورون كربيد عند 1.5 ميجاباسكال (b) عند سرعة أنزلاق 3 م/ث.

4– الملخـــــص:

تم المقارنة بين مقاومة التآكل لكل من سبيكة الألومنيوم–ماغنيسيوم و المتراكب المتكون منها و المضاف إليها حبيبات كربيد البورون. ولقد أوضحت الدراسة الحالية أن حبيبات كربيد البورون قد حسنت كثيرا من خاصية مقاومة التآكل لسبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم. و لقد تبين من هذه الدراسة أن إجهاد الأنهيار لسبيكة الألومنيوم–ماغنسيوم يقدر بحوالى 1.5 ميجا باسكال عند سرعة إنزلاق 3 م/ث و التى حدث عندها تشوه عظيم للسبيكة و الذى يعتبر بداية إنهيار السبيكة أمام التآكل الميكانيكى الحادث نتيجة الأحتكاك الميكانيكى . بينما أظهر المتراكب الألومنيوم – ماغنيسيوم –10 %وزن كربيد البورون مقاومة عالية جدا للتآكل الميكانيكى حتى عند إجهادات حمل أكبر من أجهاد الأنهيار للسبيكة الأصلية حيث أظهر المتراكب زيادة صغيرلمعدل الفقد فى الحجم بزيادة إجهاد الحمل حتى 3 ميجا باسكال عند نفس سرعة الأنزلاق. ولقد فسرت هذه النتائج بمساعدة التصوير الضوئى حيث تبين ان التركيب الدقيق لسطح المتراكب أكثر دقة منه فى حالة السبيكة الأصلية بالأضافة إلى وجود حبيبات كربيد البورون المتناهية فى الصغر و المنتشرة بأنتظام على السطح وهذا يفسر التحسن الملحوظ فى خاصية مقاومة التأكل للمتراكب بالنسبة للسبيكة الأصلية.

المراجع

-1Jiang, J.Q., Tan, R.S., Ma, A.B., Mater Sci. Technol., (1996), 12,p. 483.

-2Sannino, P., Rack, H.J., Wear , (1996) , 197,p. 151.

-3Rohatgi, P.K., Cast Metal Matrix Composite, Metal Hand Book, Casting, 9th ed., vol. 8, ASM Publications, (1988), p. 840.

-4 Rigney, D.A., Fu, X.Y., Hammerberg, J.E., Holian, B.L., Falk, M.L., Scripta Mater. (2003) 49, p. 977.