دراسة تأثير التدعيم والحمل المسلط في معدل البلى لمتراكبات الايبوكسي

مصطفى زيد عبد الله
وزارة العلوم والتكنولوجية
عدي حميد احمد
قسم الفيزياء / كلية التربية / الجامعة العراقية
سمير عطا مكي
عبد الرحمن محمود حسين
قسم علوم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) / جامعة بغداد

استلم البحث في :15اذار2012 ، قبل البحث في : 16 تموز2012

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير التدعيم والحمل المسلط في معدل البلى لمواد متراكبة مكونة من راتنج الايبوكسي (Ep) بوصفه مادة اساس ومدعم بـدقائق الخشب (الاحمر الجاوي والابيض الجام الروسي) ، ومسحوق الزجاج ، والياف الصوف الصخري . وبكسر حجمي مقدارة (20%) ولجميع النماذج في الظروف المختبرية ، إذ اعتمدت الأحمال (10,20,30, 40) نيوتن على التوالي وكانت مدة الاختبار (10) دقائق لقرص من الحديد. وقد بينت النتائج ان تدعيم راتنج الايبوكسي ادى الى نقصان معدل البلى لجميع النماذج ما عدا للمواد المتراكبة الهجينة المدعمة بمسحوق الزجاج ، إذ انخفضت قيم معدل البلـى من (22×10-9g/cm) الى (4×10-9g/cm) للمادة المتراكبة (Ep+R.W.F) تليها المادة المتراكبة (Ep+W.W.F) واخيرا المادة المتراكبة (Ep+R.W+R.W.F+W.W.F)، في حين ان الزيادة في الحمل المسلط ادى الى زيادة معدل البلى ولجميع النماذج .

الكلمات المفتاحية : راتنج الايبوكسي ، معدل البلى . متراكبات .

المقدمة

ظهر في الآونة الأخيرة الاهتمام بدراسة الاحتكاك و التزييت و البلى التي يظهر دورها بشكل واضح في عمليات تشغيل الأنظمة الميكانيكية المتعددة والتي تتضمن في عملها الاحتكاك والبلى، إذ ان دراسة البلى للمواد البوليمرية بشكل عام ولمتراكباته بشكل خاص هو بسبب توفره بشكل واسع وخفة وزنه وسهولة تصنيعه ومتانته الجيدة وقلة معامل الاحتكاك له وتحمله الاحمال العالية[1] .وفيما ياتي اشارة لبعض هذه الدراسات والبحوث :

وفي عام (1986) قام الباحث (N.S.Eiss) وزملاؤه بدراسة تأثير الاحتكاك والبلى للايبوكسي المدعم بالمطاط ، إذ أجرى الاختبار باستعمال قرصين الأول زجاج Glass والاخر هو Steel ومقارنة نتائج القرصين .وقد توصل الباحث وزملاؤه الى ان معامل الاحتكاك لقرص الزجاج اقل منه لقرص Steel إما بالنسبة الى معدل البلى فقد توصلوا إلى أن معدل البلى لقرص Steel يزداد بسرعة كبيرة مع زيادة مسافة الانزلاق(Sliding distance) ومن ثم يقل تدريجيا أما معدل البلى لقرص الزجاج فإنه يحصل بعد مسافة انزلاق مقدارها ($2.5\ 10^3$m)[2].

ففي عام (1994) قام الباحثان (Padmanabhan) و (Gopalkrishna) بدراسة البلى لالياف الزجاج نوع E- المدعمة لمادة الفينولك وتم التوصل الى ان الخسارة النوعية في الكتلة بوحدة الحمل ومساحة الانزلاق تقل مع زيادة الحمل المسلط والسرعة وان هذه الخسارة تزداد بارتفاع درجات الحرارة . وفي حالة تدعيم الفينولك بالياف الزجاج والكفلر والصلب وتشكيل مادة هجينة وجد ان مقاومة البلى تكون قليلة عند السرع العالية ودرجات الحرارة العالية [3].

وفي عام (2006) قام الباحثان (Praskash) و(Suresha) بدراسة البلى والاحتكاك لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بالياف الزجاج من نوع E مرة ومرة اخرى باضافة الكرافيت الى المتراكب ومرة ثانية اضافة مادة كاربيد السيلكون(SiC) الى المتراكب ايضاً واجرى الباحثان الدراسة عند الظروف الجافة وبزيادة الحمل والسرعة وتوصلا الى ان كل من مادة (SiC) والكرافيت قللت من معدل البلى للمتراكب الايبوكسي المدعم بالياف الزجاج.وان اعلى مقاومة للبلى حصلت عند المتراكب المدعم بـ(SiC) مقارنة مع بقية المتراكبات. [4]

الجزء النظري

البلـــــى (Wear)

يعرف البلى على انه عملية تعرية لسطح المادة الصلبة نتيجة لتاثرها بسطح جسم صلب اخر،او يمكن ان يعرف على انه تلك العملية التي تحدث نتيجة لحصول تفاعل بين سطح المادة الصلب مع الظروف المحيطة ، مثل درجة الحرارة ،السوائل ،الغازات ...الخ [5]. او يمكن ان يعرف على انه الفقدان او الخسارة في مادة احد او من كليهما عندما يكونان تحت حركة نسبية ، ولايمكن تغيير نسبة معدل البلى للمواد الا بتغيير الحمل والسرعة والتزييت والظروف المحيطة [6] .

آليات توليد دقائق البلى Mechanisms for Generation Wear Particles

هناك ثلاث آليات لتوليد دقائق البلى خلال الانزلاق وهي[7,8]:

اولا: الحرث (Plowing)

تكون دقائق البلى الناتجة من الية الحرث على شكل نحاته (chips) ناتجة عن عملية القطع بوساطة الدقائق الصلدة،او من خلال تكوين الاخاديد نتيجة تشوه وتكسر الطبقة السطحية بوساطة تداخل النتوءات، ويمكن للسطوح ان تحرث بوساطة دقائق البلى ،الدقائق الصلدة المحصورة عند السطح الفاصل للجزئين المتحركين والقادمة من بيئة المحيط او النتوءات الصلدة للسطح المقابل .

ثانيا: الانفصال الصفائحي (Separation by Delamination)

تكون دقائق البلى الناتجة من آلية الانفصال على شكل صفائح كبيرة الحجم ويتم تكوين هذه الدقائق بوساطة التشويه اللدن للمنطقة السطحية وتحت السطحية مما يؤدي الى تكوّن شقوقاً في المنطقة تحت السطحية ومن ثم نمو هذه الشقوق ومن ثم حصول الازالة ، لهذا فان دقائق البلى الناتجة عن طريق آلية الانفصال تتم على أربع مراحل.

1- تشويه النتوءات وتكسرها (Asperity Deformation and Fracture).
2-نمو الشق (Crack Growth).
3-تكاثر الشق (Crack Propagation).
4-تكوين صفيحة البلى (Wear Sheat Formation).

ثالثاً: تشويه النتوءات Asperity Deformation:

تتكون دقائق البلى نتيجة لازالة نتوءات الاسطح المتماسة والنتوءات المتكونة خلال آلية الانفصال، تزال هذه النتوءات نتيجة لتشابك نتوء مع نتوء اخر ،وفي معظم الحالات فان توليد دقائق البلى بوساطة تشوه النتوءات يمكن ان يميز من آلية الانفصال بوساطة موقع الشق نسبة الى اتجاه الانزلاق

تظهر الشقوق السطحية المترافقة مع الانفصال عند حافة نهاية الشق تحت السطحي (نسبة الى عكس اتجاه الانزلاق) ،بينما الشقوق المتكونة بوساطة تشويه النتوءات تظهر عند حافة بداية الشق.وتكون دقائق البلى المتكونة من تشويه النتوءات اصغر بكثير من دقائق البلى الناتجة من آلية الانفصال التي تكون على شكل صفائح.

طرائق قياس البلى (Methods of Wear Measurements)

هناك العديد من الطرائق لقياس معدل البلى وفيما يأتي بعضاً منها:

- **الطريقه الوزنية (Weight Method)**

هي من الطرائق السهلة والشائعة لقياس معدل البلى وتتضمن هذه الطريقة وزن الأنموذج قبل إجراء الاختبار وبعده ومن ثم يتم حساب الفرق في الوزن ويحسب معدل البلى من المعادلة الآتية[9]:

$$\text{Wear rate} = \frac{\Delta W}{S_D} \dots\dots\dots\dots\dots (g/cm) \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

علما أن:

ΔW: الفرق في الوزن(g).

S_D: مسافة الانزلاق(cm).

- **الطريقه الميكانيكية (Mechanical Method)**

فيها يتم استعمال مايكروميتر(Micrometer) أنموذجي ذي حد تصميمي يصل إلى (0.001cm) ومساحة سطحية قدرها ($0.01cm^2$) وتستعمل هذه الطريقة لقياس البلى في الأجزاء كبيرة الحجم مثل اسطوانات الآلات والسيارات[9،10].

- **الطريقة الضوئية (Optical Method)**

تتلخص هذه الطريقة بعمل انبعاجات صغيرة للصلادة الدقيقة على سطح الأنموذج الذي يراد معدل البلى له، ومن حساب النقصان في حجم الانبعاجات يتم حساب معدل البلى[9،10].

- **الطريقة الشعاعية (Radiotracers Method)**

هي طريقة متطورة لقياس البلى وتمتلك دقة أكثر من الطرائق الأخر. ويمكن بهذه الطريقة قياس معدل البلى في اثناء حدوثه بدلا من إجراء الفحوصات والقياسات قبل التشغيل وبعده كما في الطرائق التقليدية الأخر. وتستعمل هذه الطريقه لنوعين من الدراسات. الأولى عندما يكون قياس البلى المطلوب صغيرا جدا وذا مقدار اقل من المسموح بقياسه في الطرائق الأخر. والأخرى تستعمل عندما يكون هناك حاجة لمعرفة طالمستعمل في هذه الدراسة بخواص تميزه من باقي الأنواع وهي لزوجته الواطئة التي تسمح بخلطه مع مواد التدعيم بصورة جيدة لحين الوصول الى التشبع التام ما بين المادة الأساس ومادة التدعيم، كذلك فهو يمتلك خاصية التصاق عالية، ويتميز بمعدل زحف قليل ومقاومة عالية لمدى واسع من المحاليل الكيميائية، فضلاً عن عدم حدوث انكماش بعد صب القالب وتصلبه، اما المحلول المصلد (Hardener) فهو مادة سائلة خفيفة القوام وذات لون شفاف، يضاف المصلد الى الراتنج بنسبة (1:5) ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة ،اما مواد التدعيم فقد استعمل نوعان من دقيق الخشب (Wood Flour) وهما دقيق الخشب الأبيض الجام الروسي الذي يرمز له (W.W.F) الذي يمتلك كثافة مقدارها (521.757 Kg/m3)، ودقيق الخشب الأحمر الجاوي الذي رمزه (R.W.F)و كثافة مقدارها ($495.544Kg/m^3$) ، و كلا نوعي الدقائق من النوع الناعم الذي يمتد حجمه الدقائقي بين(100-140) مايكرون، كذلك استعمل مسحوق الزجاج(Class Powder) من نوع (Soda-lime glass) الذي يرمز له (G.p) ،اذ يمتلك حجم حبيبي مقداره (35µm) وبكثافة (2480 Kg/m3) والياف الصوف الصخري (Rock Wool) التي رمزها (R.W) تمتلك كثافة مقدارها ($700Kg/m^3$) وتتميز بلونها الاخضر ، وتعد هذه الالياف من العوازل الحرارية نظرا لما تمتاز به من مقاومة حرارية عالية لمستوى يصل الى (800°C) وتمتاز بمقاومة كيميائية عالية .

تحضير العينات

اتبعت تقنية القولبة اليدوية (Handlay- Up Molding) في عملية تحضير العينات ضمن هذه المرحلة اذ تم تهيأة قالب خاص لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون وبأبعاد (21 × 21)cm.وبعد تهيأة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة ثم تبعتها عملية تجفيف، ثم بعد ذلك ولضمان عدم ألتصاق الراتنج على القالب وسهولة أستخراج المصبوبات بعد اكتمال عملية التصلب و وُضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب بوصفه مادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهزا لعملية الصب . اذ حضرت ستة انواع من المواد المتراكبة وكما يأتي :

- الأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأحمر (الجاوي) فقط بوصفه مادة متراكبة منفردة (Ep+R.W.F) ، والأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأحمر ومسحوق الزجاج بوصفه مادة متراكبة هجينة (Ep+R.W.F+G.p).
- الأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأبيض (الجام) الروسي فقط بوصفة مادة متراكبة منفردة (Ep+W.W.F) ،والأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأبيض ومسحوق الزجاج بوصفة مادة متراكبة هجينة (Ep+W.W.F+G.p).
- والايبوكسي غير المدعم للتعرف غلى خصائصه (Ep)، و الأيبوكسي المدعم بألياف الصوف الصخري وكلا نوعي دقائق الخشب بوصفة مادة متراكبة هجينة (Ep+R.W+R.W.F+W.W.F).

اذ صنعت المواد المتراكبة بكسر حجمي مقدارة (20%) وذلك من خلال الاعتماد على العلاقة الاتية [11]:-

$$\Phi = 1 / (1+(1-\Psi) /\Psi).\ \rho f/\rho m \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

إذ إن:

Φ : الكسر الحجمي للألياف في المادة المتراكبة.

Ψ : الكسر الوزني للألياف في المادة المتراكبة .
ρm , ρf : كثافة الألياف والمادة الأساس على التوالي (Kg/m^3).
بعد اكتمال عملية التصلب الأولي ولجميع القوالب التي هي مدة (24) ساعة يتم أستخراج المصبوبات من القوالب، ثم بعد ذلك تتم عملية المعالجة (Curing)عند درجة حرارة (60°C) مدة ساعتين وذلك لأتمام التفاعلات الكيميائية. ومن ثم يتم تقطيع المصبوبات باستخدام جهاز خاص للتقطيع على وفق الابعاد القياسية ، وقد استخدمت في هذا البحث الطريقة الوزنية لحساب معدل البلى للعينات ، وتم أُجري اختبار البلى بأستخدام جهاز البلى الانزلاقي ويوضح الشكل (1) الإبعاد القياسية لعينات البلى وصور فوتوغرافية لتلك العينات وجهاز اختبار البلى .

النتائج والمناقشة

من خلال ملاحظة النتائج التي تم التوصل اليها في البحث والمبينة في الشكل (2) نجد ان معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط ولجميع النماذج المحضرة ويعود هذا الى حصول انفعالات قص ناتجة من الاجهاد الضغطي بسبب تسليط الحمل وهذه الانفعالات تسبب انتقال جزء من سطح العينة الى سطح القرص مما يرفع من قيمة معامل الاحتكاك الذي بدورة يسبب زيادة قوة الاحتكاك التي ينتج منها زيادة في كمية المادة المزالة من سطح العينة الملامس لسطح القرص الى سطح العينة نفسها . ونتيجة لذلك فأن مساحة التلامس سوف تزداد باستمرار مما يزيد من معدل البلى [12]
كذلك يمكن ان نعزو هذه الزيادة الى وجود النتوءات والاخاديد في كلا السطحين المحتكين وان بداية التلامس يحصل عند النتوءات الحادة. التي يتركز عليها الاجهاد الناتج بفعل تأثير الحمل المسلط. الذي يؤدي الى حدوث تشوه لدن لهذه النتوءات . وان زيادة الحمل المسلط يعمل على زيادة التشوه الحاصل عند قمم النتوءات والمنطقة القريبة من السطح . فتزداد الحفر نتيجة لتأثير الدقائق الناتجة من تحطيم قشرة السطح فتتجمع الشقوق الصغيرة مع بعضها مؤدية الى حدوث ازالة لطبقات السطح مكونة الحطام الذي يكون على شكل دقائق رقيقة لهذا يزداد التشوه اللدن مع زيادة الحمل [13] .
فضلا عن ذلك فأن درجة الحرارة لها تأثير في معدل البلى وان ارتفاع درجة الحرارة تزيد من ليونة المادة وهذا يؤدي الى زيادة الالتصاق ما بين نتؤات السطحين ومن ثم زيادة معدل البلى [2] .
ومن خلال ملاحظة الجدول(1) الذي يوضح نتائج اختبار البلى نستنتج ان :-
اقل مقاومة البلى كانت للمواد المتراكبة الهجينة (Ep+R.W.F+G.P),(Ep+W.W.F+G.P) والسبب في ذلك يعود الى وجود مسحوق الزجاج الذي يمتاز بمعدل بلى عال، إذ ان وجودة في المادة المتراكبة يؤدي الى زيادة في عملية الالتصاق لنتؤات السطح التي تليها حدوث عملية الحرث وذلك نتيجة لنشوء قوة احتكاك في المادة السيراميكية [14] .
اما بالنسبة الى المواد المتراكبة المنفردة (Ep+R.W.F),(Ep+W.W.F) فقد امتلكت اعلى مقاومة بلى مقارنة مع المواد المتراكبة الهجينة وراتنج الايبوكسي ويمكن ان نعزو هذا الى وجود دقائق الخشب التي تعمل على ارتفاع صلادة المادة ،إذ تعمل هذه الدقائق على تقليل الهيئات المختلفة لجزيئات المادة الاساس (الايبوكسي) في حالتها الحرة اي يؤدي الى تقليل حركتها ومن ثم زيادة صلادتها [15] .

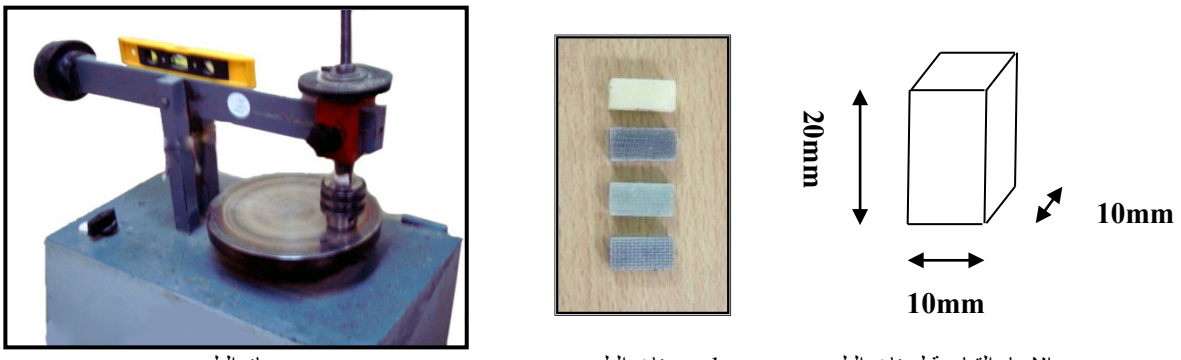
المصادر

1- Hull, D. (1981) ,An Introdution to Composite Material , Cambridge University ,Press.
2- Eiss, N.S.and Czichos ,H. (1986) The Last wear,"Tribological studies on rubber – modifled epoxies : influence of material properties and operating condition", 111: 347-361.
3- Padmanabhan and Gopalkrishna,(1994),University of Missouri Rolla,Degree: PHD, 175.
4- Suresha,B.& Praskash J.N., (2006) Journal of Minerals & Materials characterization & Eng., 5 (1): 87-101.
5- Buckley, D.H. (1981) Surface Effect in Adhesion,Friction,Wear and Lubrication , Eisevier New York.
6-جون هولنك ، ترجمة د. التورنجي، محمد جواد كاظم، د.مهدي سعيد حيدر، (1985)، مدخل علم الترايبولوجيا ، الجامعة التكنولوجية،قسم هندسة الانتاج والمعادن.
7- صبحي ،عقيل ظاهر، (2000)، دراسة البنية المجهرية والبلى لسبائك الالمنيوم ـ سليكون لمصبوبة محورة باستخدام التيتانيوم، رسالة ماجستير ـ قسم هندسة الانتاج والمعادن ـ الجامعة التكنولوجية.
8-سميج ،هناء عرير، (2005)، دراسة عملية ازالة الزنك من سبيكة البراص وتأثيرها في الخواص الميكانيكية للسبيكة ، رسالة ماجستير ـ قسم العلوم التطبيقية ـ الجامعة التكنولوجية .
9- Owicy R., 1965 ,Friction and Wear of Materials, John Wiley and Sons, Inc., New York.
10- Chiai S., 1994, Mechanical Properties of Metallic Composites, Space Technology Research Group, Elsevier
11-.Hull,D. (1981) An Introduction to Composite Materials,Cambridge University Press, First Pub..

12- Sarkar ,A.D. (1980) Friction and Wear ,Academic Press Inco,London.
13- http://www.freepatentsonline.html
14- Ashby ,M.F.and Jones, D.R. (1982) Materials An Introduction and Application, Combridge University, 929-935
15. د. محمد، اكرم عزيز ،(1993) ، كيمياء اللدائن ، دار الكتب للطباعة و النشر ، جامعة الموصل.

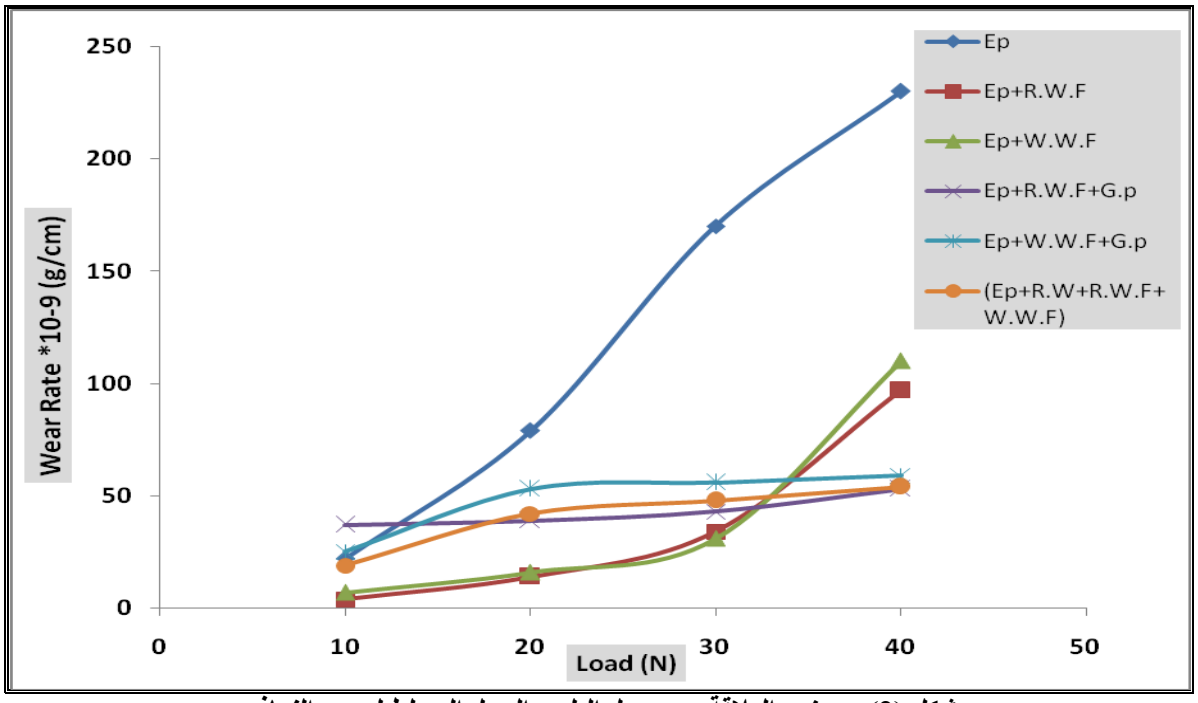
جدول(1) : يستعرض تغير قيم معدل البلى مع تغير الحمل المسلط ولجميع النماذج

Load (N)	Wear Rate x 10^{-9} (g / cm)					
	Ep	Ep+R.W.F	Ep+W.W.F	Ep+R.W.F+G.p	Ep+W.W.F+G.P	(Ep+R.W+R.W.F+W.W.F)
10	22	4	7	37	25	19
20	79	14	16	39	53	42
30	170	34	31	43	56	48
40	230	97	110	53	59	54



a-الابعاد القياسية لعينات البلى. b – عينات البلى. c-جهاز البلى.

شكل (1) : a – الابعاد القياسية لعينات البلى على وفق نظام (ASTM)
b - صورة فوتوغرافية لعينات البلى
c- صورة فوتوغرافية لجهاز البلى



شكل (2): يوضح العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط لجميع النماذج

Study Reinforcing and Applied Load of Wear Rate for Epoxy Composites

Mustafa Z. Abdullah
Ministry of Science &Technology
Oday H. Ahmed
Department of Physics / College of Education / Iraqi University
Sameer A. Maki
Abdurrahman M. Hessian
Dept. of Physics/College of Education For Pure Science(Ibn Al-Haitham)/
University of Baghdad

Received in :15 March 2012 , Accepted in:16July2012

Abstract

This research studies Reinforcing and applied load of Wear Rate for Epoxy composites contains from epoxy resin (Ep) as a matrix material and reinforced by Gawain red wood flour , Russian white wood flour , glass powder and rock wool fibers , with volume fraction (20%) for all samples in lab conditions. by using the load (10,20 ,30 ,40) Newton of iron disc for testing time(10) minute, and the results have shown that the reinforcing of epoxy resin led to decrease wear rate for all samples except the hybrid composites reinforced earth glass powder , that the wear rate values decrease from (22×10-9g/cm) to (4×10-9g/cm) of composite material(Ep+R.W.F) and thus(Ep+W.W.F) at last(Ep+R.W+R.W.F+W.W.F) , but the applied load increase led to increose wear rate for all samples .

Key words: Epoxy resin, Wear Rate, composites