مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية المجلد23 (2) 2010

تحضير ودراسة معدل البلى لمتراكبات منفردة وهجينة

عدي حميد احمد ، عبد الحميد رحيم الصراف* ، بلقيس محمد الدباغ **

*** قسم الفيزياء ،كلية ابن الهيثم، جامعة بغداد**

**** قسم العلوم التطبيقية ،الجامعة التكنولوجية**

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة معدل البلى لمواد متراكبة مكونة من راتنج الايبوكسي، والبولي يوريثان بوصفهما مادة اساس بنسبة وزنية (90:10) (Ep/Pu) ومدعمة بألياف PVC، والياف الالمنيوم(Aℓ.F) بهيئة حصيرة محاكة ثنائية الاتجاه وبكسر حجمي مقداره 15% في ظروف مختلفة شملت: الظروف المختبرية وبعد غمر العينات مدد زمنية مختلفة في الماء الاعتيادي. اذ حضرت اربعة أنواع من المواد هي: (Ep+Pu)، و(Ep+Pu+PVC)، و (Ep+Pu+ Al.F)، و (Ep+Pu+PVC+Al.F).وقد اظهرت النتائج ان افضل مقاومة بلى في الظروف الاعتيادية كانت للمادة المتراكبة الهجينة (Ep+Pu+PVC+Al.F) وان معدل البلى يزداد مع زيادة مدد الغمر ولجميع النتائج .

المقدمة

لقد احتلت المواد المتراكبة البوليمرية اهتمام العديد من الباحثين والعلماء المعنيين في مجال التطبيقات الهندسية، فقد عكف العديد منهم على تحضير هذا النوع من المواد، وجاءت بحوثهم العلمية من اجل تسليط الضوء على هذه المواد وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وتأثير الظروف المختلفة المحيطة بها من (درجة حرارة، والرطوبة، والمحاليل الكيميائية) وغيرها من العوامل المؤثرة الأخرى، وفيما يأتي إشارة لبعض هذه البحوث: ففي عام(1983) قام الباحث (Wonchang)[1] بدراسة خاصية البلى (Wear) لمادة متراكبة متكونة من الايبوكسي بوصفه مادة أساس ومدعمة بألياف الكرافيت المستمرة، وقد توصل إلى إن خاصية البلى للمادة المتراكبة تعتمد بقوة على توجيه الألياف، وتوصل إلى إن اقل نسبة للبلى يتم الحصول عليها عندما يكون اتجاه الألياف هو 30° مع اتجاه الانزلاق ووجد أن درجة الكسر للألياف تؤدي دورا مهما في خاصية البلى.

وفي عام (2001) درست الباحثة رغد حامد[2] مقاومة البلى الالتصاقي والجاف لمادة متراكبة متكونة من الايبوكسي المدعم بألياف الكاربون والزجاج بكسر حجمي 30% وبنسبة عدد طبقات ألياف الكاربون إلى الزجاج (5 : 1) ومادة متراكبة مدعمة بمسحوق الألمنيوم النقي و للكسر الحجمي نفسه، وتوصلت إلى أن مقاومة البلى للمادة المتراكبة الهجينة تكون أعلى من مقاومة البلى للمادة المتراكبة الدقائقية .

وفي عام (2006) قام الباحثان (Suresha) و (Praskash) [3]بدراسة البلى (Wear) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بألياف الزجاج مرة، ومرة أخرى بإضافة الكرافيت إلى المتراكب ومرة ثانية بإضافة مادة كاربيد السيلكون إلى المتراكب أيضا، وقد تم إجرايت الدراسة عند الظروف الجافة، وبزيادة الحمل، والسرعة. وتوصلا إلى إن الكرافيت والسيلكون قد قللا من معدل البلى (Wear rate) لمتراكب الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج.

الجزء النظري

البلى (Wear)

يعرف البلى على انه الفقدان التدريجي من مادة احد السطحين أو كليهما عندما يكونان تحت تأثير حركة نسبية، ويمكن أن يرافق عمليات البلى انتقال المادة من احد السطحين المحتكين إلى الأخر، وبصورة عامة فان البلى يحدث طبيعيا بين أي سطحين متلامسين توجد بينهما حركة نسبية[4] أو يمكن أن يعرف على انه العملية التي تحدث نتيجة حصول تفاعل بين سطح المادة الصلب مع الظروف المحيطة مثل درجة الحرارة والسوائل والغازات ..... إلى غير ذلك[5].

ويمكن تقسيم البلى علىأنواع عديدة رئيسة[4]:

- البلى الحكي أو القشطي (Abrasive Wear).
- بلى التعرية (Erosive Wear).
- بلى التأكيل (Corrosive Wear).
- بلى كلال السطح (Surface Fatigue Wear) .
- بلى التقرح (Fretting Wear).
- بلى الالتصاقي (Adhesive Wear).

طرائق قياس البلى (Methods of Wear Measurements)

هناك العديد من الطرائق لقياس معدل البلى وفيما يأتي بعض هذه الطرائق:

- الطريقه ألوزنية (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[6]:

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

علما ان:

ΔW: الفرق في الوزن (g).

S_D: مسافة الانزلاق (cm).

– الطريقه الميكانيكية (Mechanical Method)

فيها يتم استعمال مايكروميتر (Micrometer) انموذجا" 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[7،6].

– الطريقة الضوئية (Optical Method)

تتلخص هذه الطريقة بعمل انبعاجات صغيرة للصلادة الدقيقة على سطح الأنموذج الذي يريد قياس معدل البلى له، ومن حساب النقصان في حجم الانبعاجات يتم حساب معدل البلى[7،6].

- الطريقة الشعاعية (Radiotracers Method)

هي طريقة متطورة لقياس البلى وتمتلك دقة أكثر من الطرائق الأخرى. ويمكن بهذه الطريقة قياس معدل البلى في اثناء حدوثه بدلا من إجراء الفحوصات والقياسات قبل التشغيل وبعده كما في الطرائق التقليدية الأخرى. وتستعمل هذه الطريقه لنوعين من الدراسات. الأولى عندما يكون قياس البلى المطلوب صغيرا جدا وذا مقدار اقل من المسموح بقياسه في الطرائق الأخرى. والثانية تستعمل عندما يكون هناك حاجة لمعرفة خصائص الأثر وصفاته [7،6].

الجانب العملي

- المواد المستعملة في البحث

تم في هذا البحث استعمال راتنج الايبوكسي نوع (Quick mast 105) وهو مادة سائلة كثافته 1040 Kg\m^3 يتحول إلى الحالة الصلبة عند إضافة المصلد (Hardener) الذي يكون على هيأة سائل شفاف، ويضاف إلى الراتنج بنسبة مقدارها (5 : 1) عند درجة حرارة الغرفة، ويتصف الايبوكسي المستعمل في هذا البحث بخواص تميزه من باقي الأنواع وهي لزوجته الواطئة ويمتلك خاصية التصاق عالية، كما يتميز بمعدل زحف قليل، اما مطاط البولي يوريثان فهو من نوع (Tuf Bond 10) المصنع من شركة (SAOG) الإماراتية، اذ يكون بهيأة سائل اصفر شفاف عند درجة حرارة الغرفة، كثافته 1140 Kg\m^3 يضاف إليه المصلد (Hardener) المصنع من شركة (SAOG) الإماراتية الذي يكون على هيأة سائل شفاف، بنسبة إضافة مقدارها (1:5) ويتصف مطاط البولي يوريثان بمقاومته الجيدة لأغلب المذيبات العضوية، والحوامض والقلويات المخففة.

وتم استعمال ألياف PVC بوصفها مادة تدعيم للخليط البوليمري (المادة الأساس)، وهذه الألياف بشكل حصيرة ومحاكة بزاوية ($90^\circ \rightarrow 0^\circ$) وبكثافة مقدارها 1390kg/m^3، التي تمتاز بمقاومتها الجيدة لدرجات الحرارة العالية وتكون اقل مطاطية وذي قوة شد قليلة.اما الياف الالمنيوم (Al.F) التي تم استعمالها فكانت بشكل حصيرة ومحاكة بزاوية ($90^\circ \rightarrow 0^\circ$). وقطر السلك المستعمل في تشكيل الحصيرة (0.15mm)، وبكثافة مقدارها 2700Kg/m^3،الذي يتصف بكثافته المنخفضة نسبياً ، ومقاومته الجيدة للتآكل وصلابة عالية في درجات الحرارة المرتفعة .

- تحضير النماذج

تم استعمال طريقة القولبة اليدوية في عملية تحضير العينات قبل وبعد التدعيم بالالياف، وتهيئة قالب خاص لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون وبإبعاد(21cm×16cm) .وبعد تهيئة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة، ومن اجل ضمان عدم التصاق الراتنج على القالب ولسهولة استخراج المصبوبة يتم وضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب . وتم تصنيع مواد متراكبة بكسر حجمي 15% وذلك من خلال الاعتماد على العلاقات الاتية:

$$\Phi = 1 / (1+(1-\Psi) /\Psi). \rho_f/\rho_m \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

اذ حيث إن:

Ψ : الكسر ألوزني للألياف في المادة المتراكبة .

ρ_m , ρ_f : كثافة الألياف والمادة الأساس على التوالي .

Φ : الكسر الحجمي للألياف في المادة المتراكبة .

ويتم تقطيع المصبوبات بأستخدام جهاز خاص للتقطيع وفقا للابعاد القياسية و يوضح الشكل(1) الابعاد القياسية لعينات البلى وصور فوتوغرافية لعينات وجهازاختبار البلى، وتم في هذا البحث اعتماد الطريقة الوزنية لحساب معدل البلى من خلال استخدام العلاقة (1).

النتائج والمناقشة

تمت دراسة تأثير الحمل المسلط في معدل البلى للمواد المتراكبة المنفردة والهجينة وكذلك للمادة الأساس (الخليط البوليمري) إذ تم اعتماد الأحمال (10,20,30, 40) نيوتن على التوالي وكانت مدة الاختبار (10) دقائق لقرص من الحديد.

وقد أظهرت النتائج الموضحة بالجدول (1) والشكل (2) أن زيادة الحمل المسلط يؤدي إلى زيادة معدل البلى نتيجة لزيادة قوة الاحتكاك والسبب في ذلك إن قوة الاحتكاك (F) نيوتن تتناسب مع القوة الضاغطة العمودية (N).

$F \alpha N$

فإذا كان μ معامل الاحتكاك فان:

$F = \mu N$

فضلا عن ارتفاع درجة الحرارة بين سطح العينة والقرص.

ان كلا السطحين المحتكين يمتلك عددا كبيرا من النتوءات الحادة والأخاديد، وان بداية التلامس بين هذين السطحين يحدث عند النتوءات الحادة 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 فان تأثير الإجهاد في النقاط الحادة ربما يكون أكثر من الإجهاد المرن وبذلك يحدث تشوه لدن عند كل النقاط الحادة، إذ إن لقيمة الحمل المسلط تأثيرا مباشرا في التشوه اللدن الذي يحدث عند قمم النتوءات والمنطقة القريبة من السطح، إذ تتجمع الشقوق الصغيرة مع بعضها مؤدية إلى حدوث قشط أو إزالة الطبقات السطحية مكونة بذلك حطام البلى الذي يكون على شكل صفائح رقيقة لذا فان التشوه اللدن سوف يزداد بزيادة الحمل المسلط[8].

ان معدل البلى عند الأحمال القليلة يكون قليلا في البداية بسبب تكون طبقة مزيتة بين سطح العينة وسطح القرص التي تعمل على تقليل معدل البلى ولكن عند زيادة الأحمال المسلطة على العينات فان هذه الطبقة سوف تبدأ بالتكسر وتزال من سطح العينة والقرص، وان سرعة الانزلاق تؤثر في هذه الطبقات المزالة أيضا. هذا وان قوة الاحتكاك بين السطحين تؤثر في معدل البلى، اذ تتولد انفعالات قص ناتجة عن الإجهاد الضغطي بسبب تسليط الحمل وهذه الانفعالات تسبب انتقال جزء من سطح العينة إلى سطح القرص مما يرفع من قيمة معامل الاحتكاك الذي بدوره يسبب زيادة في قوة الاحتكاك التي ينتج عنها زيادة في كمية المادة المزالة من سطح العينة الذي يكون ملامساً لسطح القرص إلى سطح القرص نفسه ونتيجة لذلك فان مساحة التلامس سوف تزداد باستمرار مما يزيد من معدل البلى[4،9] .

ويتأثر معدل البلى بدرجة الحرارة ،اذ ان ارتفاع درجة الحرارة يزيد من ليونة المادة وهذا يؤدي إلى زيادة الالتصاق الحاصل ما بين نتوءات السطحين ومن ثم زيادة معدل البلى. وقد يحصل انخفاض في معدل البلى نتيجة للاجهاد المسلط على المادة الذي سوف يعمل على تسطح النتوءات الحادة مما يؤدي إلى تقليل معدل البلى ولكن بزيادة الحمل المسلط تتكون نتوءات حادة مرة أخرى ومن ثم يزداد معدل البلى[10].

اذ أبدت المادة المتراكبة الهجينة (Ep + Pu + PVC + Al.F) أعلى مقاومة للبلى تليها المادة المتراكبة (Ep + Pu + Al.F) ومن ثم المادة المتراكبة (Ep + Pu + PVC) وأخيرا الخليط البوليمري (Ep + Pu).

ويوضح الجدولان –2– و –3–، والشكلان –3– و – 4– نتائج غمر العينات في الماء الاعتيادي ولمدد غمر تتراوح بين (5-1) أسابيع وعند الأحمال (10 و20) نيوتن، اذ نلاحظ أن معدل البلى سوف يزداد مع زيادة مدة الغمر، وان سبب الزيادة في معدل البلى يمكن أن يعزى إلى عوامل عديدة منها: ان الغشاء المتكون ما بين السطحين المحتكين في الحالة الجافة من الاختبار سوف يعمل على تقليل معدل البلى، أما في حالة غمر العينات في الماء فان وجود الماء سوف يعمل على منع تكون الغشاء ما بين السطحين المحتكين وهذا سوف يؤدي إلى زيادة معدل البلى[11].

أما العامل الثاني فهو أن المادة المتراكبة عندما تغمر في الماء فان جزيئات الماء سوف تنتشر في داخل الفجوات والشقوق والسطح البيني بين المادة الأساس والألياف وبين طوري المادة الأساس التي تنشأ في أثناء عملية التصنيع، اذ ينتج عن هذا الانتشار مجموعة من العمليات منها الامتصاص والتفاعل واللدونة وأخيرا تحلل المادة عند مدد الغمر الطويلة، وعند تسليط الحمل على المادة المتراكبة فان هذه الشقوق والفجوات المتكونة على السطح وفي داخل المادة المتراكبة سوف تندمج وبذلك سوف يكون من السهل حدوث عملية امتصاص الماء وان دخول جزيئات الماء إلى المادة

يعمل على تلدين سطح المادة وذلك بسبب حركة الوحدات الابتدائية وارتخاء الأواصر ما بين السلاسل البوليمرية وهذا بدوره سوف يعمل على زيادة معدل البلى[12].

الاستنتاجات:

- إن التدعيم بالألياف قد حسن بشكل كبير من مقاومة البلى.
- ان معدل البلى يزداد مع زيادة الأحمال المسلطة ولجميع النماذج وان أقل معدل بلى يكون للمادة المتراكبة الهجينة (Ep+ AlF+PVC+Pu) وأعلى معدل بلى يكون للمادة الأساس (الخليط البوليمري) في الظروف الاعتيادية.
- ان معدل البلى يزداد لجميع النماذج مع زيادة مدة الغمر ولجميع النماذج.

المصادر

1. Wonchang, H. (1983), "Wear", 85 (1): 81 – 91.

2. هلال ،رغد حامد ، (2001)"دراسة مقاومة الزحف والانضغاطية والبلى الالتصاقي الجاف لمواد متراكبة لدائنية"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنلوجية.

3. Suresha, B. and Praskash, J.(2006)" J.of Minerals and Materials Characterization and Eng.", 5 (1): 87–101.

4. Sarkar, A.(1980) "Friction and Wear", Academic Press, Inc., London.

5. عبد الحسين ،هدى جبار ،(2008) "مقاومة البلى لخلائط بوليمرية متصلدة حراريا" ،رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنلوجية.

6. Owicy, R.(1965),"Friction and Wear of Materials", John Wiley and Sons, Inc., New York.

7. Chiai, S.(1994),"Mechanical Properties of Metallic Composites", Space Technology Research Group, Elsevier.

8. Ajappai, S.; Chandromhani, G. and Subramanlan R.(2006), "Materials Science – Poland", 24: (2/1).

9. Lee, G.; Ritchie, R. and Hdharan, C.(2002),"J.Wear", 252:322 – 331.

10. Eiss, N. and Zichos, H.(1986), "The last Wear",111: 347– 361.

11. Trantin ,G. and Nimmer, R.(1990), "Structural Analysis of Thermol Plastic Component", New York.

12.Comyn, J.(1985), "Polymer Permeability", Elsevier Applied Science Publishers, LTD, London and New York.

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

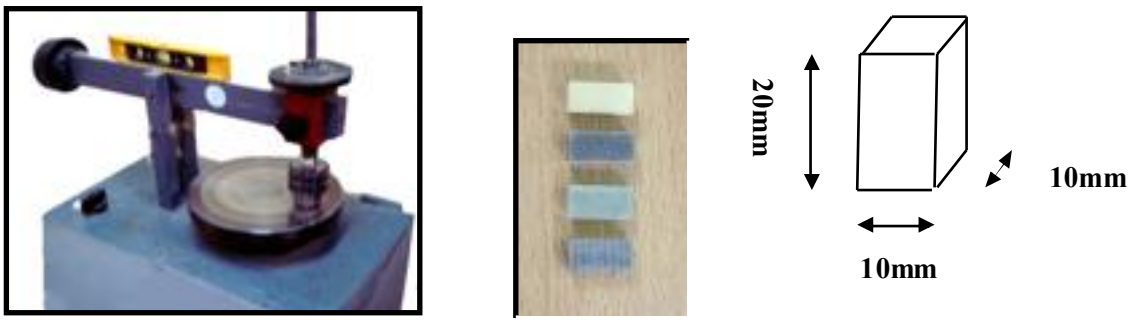
Load (N)	Wear Rate x 10^{-9} (g / cm)			
	Ep + Pu	Ep+Pu+PVC	Ep+Pu+Al.F	Ep+Pu+PVC+Al.F
10	20	12	2	1
20	174	16	4	3.5
30	363	19	6	5.5
40	1298	25	42	15

جدول (2): يستعرض قيم معدل البلى لجميع النماذج قبل وبعد الغمر في الماء الاعتيادي عند حمل (10) نيوتن

Time of Immersion (week)	Wear Rate x 10^{-9} (g /cm)			
	Ep + Pu	Ep+Pu+PVC	Ep+Pu+Al.F	Ep+Pu+PVC+Al. F
0	20	12	2	1
1	15	24	4	8
2	20	30	14	10
3	23	35	16	21
4	30	72	17	23
5	33	76	25	28

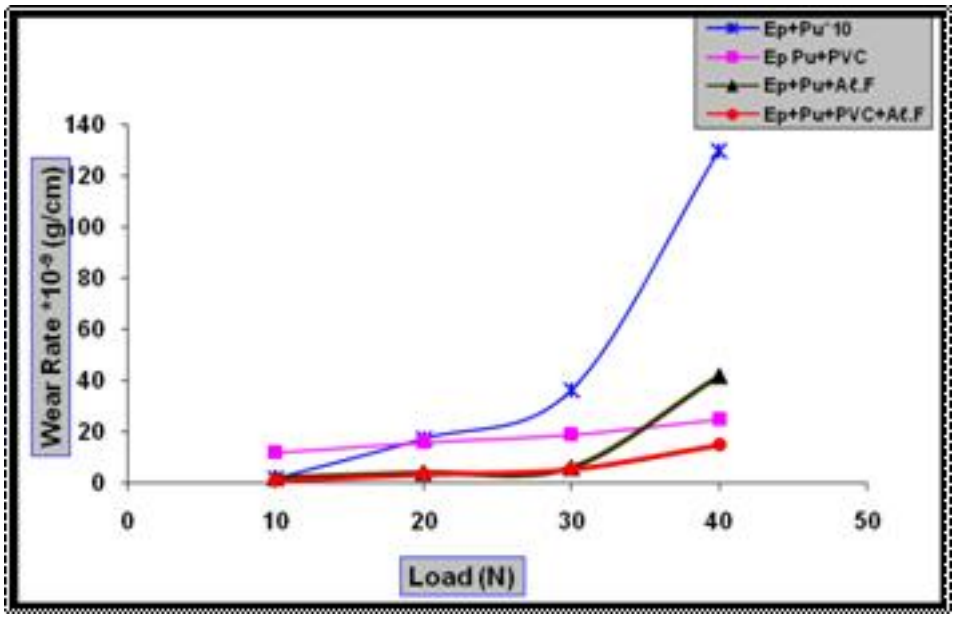
جدول(3): يستعرض قيم معدل البلى لجميع النماذج قبل وبعد الغمر في الماء الاعتيادي عند حمل (20) نيوتن

Time of Immersion (week)	Wear Rate x 10^{-9} (g /cm)			
	Ep + Pu	Ep+Pu+PVC	Ep+Pu+Al.F	Ep+Pu+PVC+Al.F
0	174	16	4	3.5
1	36	33	8	9
2	40	43	13	12
3	43	93	21	28
4	67	117	25	37
5	87	120	40	44

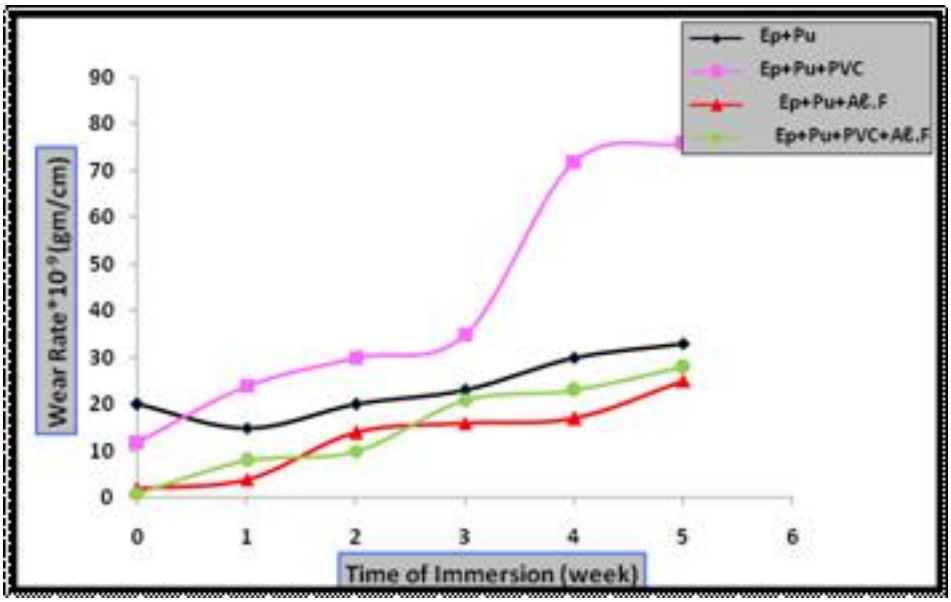


a-الابعاد القياسية لعينات البلى. b – عينات البلى. c-جهاز البلى.

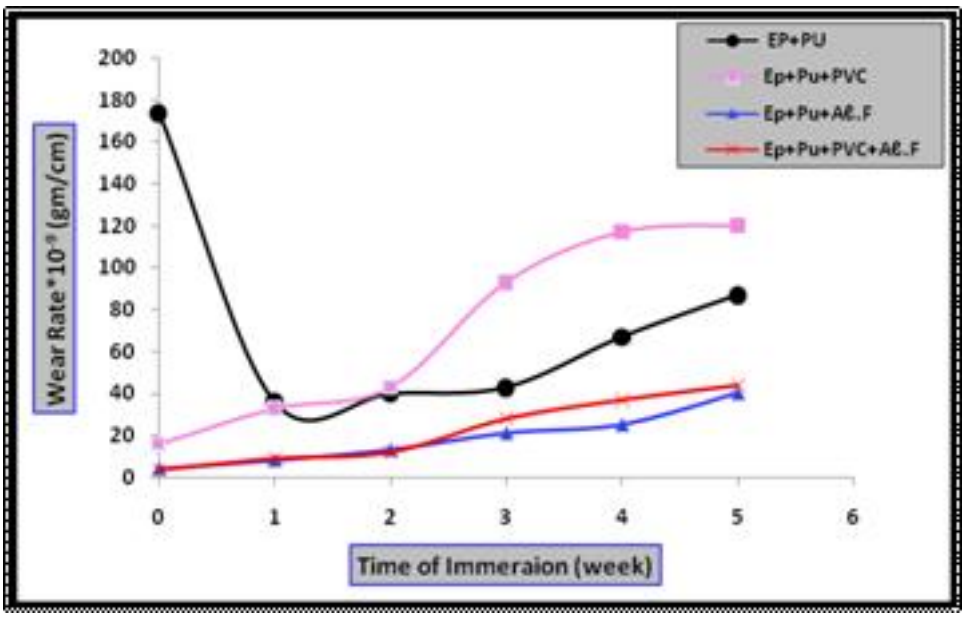
شكل (1): a – الابعاد القياسية لعينات البلى على وفق نظام (ASTM)
b – صورة فوتوغرافية لعينات البلى.
c – صورة فوتوغرافية لجهاز البلى.



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



شكل (3): يوضح تغير قيم معدل البلى لجميع النماذج قبل وبعد الغمر بالماء الاعتيادي عند حمل 10 نيوتن



شكل(4): يوضح تغير قيم معدل البلى لجميع النماذج قبل وبعد الغمر بالماء الاعتيادي عند حمل 20 نيوتن

IBN AL- HAITHAM J. FOR PURE & APPL. SCI. VOL.23 (2) 2010

Prepare and Study Wear Rate of Single and Hybrid Composites

O. H. Ahmed , A. R. Al-Sarraf* , B. M. Al-Dabagh **
***Department of Physics,College of Education Ibn-Al-Haitham,University of Baghdad.**
****Department of Applied Science ,University of Technology**

Abstract

This research studyies wear rate of composite materials by using Epoxy Resin and Polyurethane Rubber as a matrix of weigt percentage (90:10) (Ep/Pu) and reinforced by PVC fibers and Aluminum fibers two dimension knitted mat with fractional volume(15 %), in different conditions like: lab conditions and after submerge the samples in water for different periods of time. . four kinds of materials were prepared: (Ep+pu), (Ep+Pu+PVC), (Ep+Pu+Al.F), (Ep+Pu+PVC+Al. F) .And the results have shown that the best wear resistance are for the hybrid composite material (Ep + Pu+ PVC + Al. F) and wear rate of all samples increased when it was submerged in water