تأثير المواد المالئة على سلوك البلى الانزلاقي الجاف

لراتنج البولي استر غير المشبع

د. عبد الرحيم كاظم عبد علي — جامعة بابل /كلية الهندسة

السيد رضا حميد — المعهد التقني / كربلاء

السيد عبد العباس حسون علوان — المعهد التقني / كربلاء

الخلاصة

في هذا البحث تم تحضير عدة عينات من البولي استر غير المشبع والمضافة له مواد مالئة مختلفة تضمنت [Fe2O3, CaCO3, CaO, Cement, $Ca(OH)_2$] وبنسب مختلفة لكل مادة مالئة تراوحت من (30% ،20% ،10%) كنسبة وزنية ومن ثم تم تنعيم اسطح العينات بواسطة ورق التجليخ قياس 800 وذلك للحصول على أسطح ناعمة ومستوية للعينات ثم تم فحصها بجهاز (disk on pin) لقياس مقاومة البلى الانزلاقي الجاف لكل العينات بأزمان مختلفة (30، 25، 20، 15، 10، 5) دقيقة . اتضح ان اضافة 10% من الاسمنت تعطي اقل معدل للبلى الانزلاقي الجاف.

الكلمات الدالة: البلى الانزلاقي الجاف ،المواد المالئة، راتنج البولي استر غير المشبع.

Effect of filler materials on the dry sliding wear behavior of unsaturated polyester resin

Dr.Abdul Raheem Kadhim AbidAli — Babylon University/College of Eng.

Ridhaa Hameed Abdul — Technical institute of Karblaa

Abbas Hasoun Alwan — Technical institute of Karblaa

Abstract

In this paper, several specimens from unsaturated poly ester resin with different filler materials such as (Fe2O3, CaCO3, CaO, Cement, Ca(OH)2) have been prepared. Three weight percent have been used as (10%,20%, and 30% wt)from each filler materials. Casting samples are grinded by 800 grit using SiC grinding paper and then washed by distilled water. Dry sliding wear has been done using pin on desk test in different period of wear time as (5,10,15,20,25,30 min). it has been shown that addition of cement with percent (10 % wt) get lower wear rate for unsaturated polyester resin.

Keywords: dry sliding wear, filler materials, unsaturated poly ester resin.

المقدمة:

يعتبر راتنج البولي استر غير المشبع من البوليمرات المتصلدة بالحرارة الواسع الاستخدام في العالم الصناعي والمدني ويتمتع بتكلفته الواطئة وصلادة ومقاومة عالية نسبة إلى الوزن ويستخدم في صناعة الأجزاء الميكانيكية والأنابيب والخزانات. يكون البولي استر غير المشبع بشكل سائل لزج يتضمن مخفف قابل للبلمرة (الستايرين اوكرليت / ميتاكرليك) بالإضافة إلى مانعات البلمرة. يتم التصليد بعملية الجذور الحرة حيث تضاف البيروكسيدات العضوية لتعمل كبادئ للجذر الحر.(*Blaga ,1974*)

وتصنف البوليمرات بالاعتماد على الشكل البنائي لجزيئات البوليمر الى –

البوليمرات الخطية:– Linear Polymer

تتكون من سلاسل طويلة من الذرات وهي لاتحتوي على تفرع جانبي عدا المجاميع المتدلية والتي هي جزء من المونمر وتكون هذه البوليمرات حساسة للحرارة ومن المركبات التي تدخل ضمن هذا الصنف هي البولي اثلين عالي الكثافة الشكل الخطي يقوي الروابط بين الجزيئات ويسمح بتكوين الترتيب الهندسي المنتظم للجزيئات (التبلور)(*Ellis ,1989*)

البوليمرات المتفرعة:– Branched Polymers

تتكون من سلاسل خطية مع تفرعات جانبية تشبه السلسلة الرئيسية وتؤدي هذه التفرعات إلى إضعاف قوى التلاحم في العمود الفقري للجزيء لذا تكون غير متبلورة ومن أمثلتها البولي اثلين منخفض الكثافة.

والبوليمرات الخطية والمتفرعة يمكن إذابتها في بعض المذيبات بسهولة كما يمكن أن تنصهر أو تنساب بسهولة أيضا. والمتفرعة اقل صلابة وأكثر مرونة من الخطية.

البوليمرات السلمية:– Ladder Polymer

تتكون من ارتباط سلسلتين وتمتاز ببنية أكثر صلابة من السلاسل الخطية كما إنها تظهر مقاومة حرارية إذ ينبغي كسر آصرتين في كل اتجاه كي تنقطع السلسلة .(*Chanda,Roy,2007*).

كم وتصنف البوليمرات تكنلوجيا حسب تحملها الحراري ولأجل فهم هذا التصنيف تحدد بعض الدرجات الحرارية المرجعية مثل درجة الانتقال الزجاجي ".Glass Transition Temp" "Tg" وهي الدرجة الحرارية التي يتحول فيها البوليمر من حالة الصلابة إلى حالة الليونة ودرجة السيولة "Tf" وهي الدرجة الحرارية التي يتحول فيها البوليمر من حالة الليونة إلى حالة السيولة، و حسب هذه المواصفات تصنف البوليمرات إلى الأنواع التالية (*Chanda,Roy,2009*):

البوليمرات اللدنة حراريا "Thermoplast":–

ويطلق عليها أيضا البلاستك أو البوليمرات المطاوعة للحرارة. درجة الانتقال الزجاجي لها (25 c <Tg<150) وتمتاز هذه البوليمرات بقابليتها للتحول من شكل إلى آخر بتأثير الحرارة وذلك لان سلاسلها خطية أو قليلة التفرع.

البوليمرات الصلدة حراريا "Termoset":- وتسمى البوليمرات المقاومة للحرارة وتمتاز بتحملها الحراري العالي ولا يمكن تحويلها من شكل إلى آخر نتيجة لتركيب سلاسلها المتشابك الذي يحدد من حركة السلاسل. **1997,** (**McCrum** *et al*).

وتمتاز البوليمرات بظاهرة التحلل (degradation) بالمعنى الكيميائي الكلاسيكي تكسير بناء الجزيئة. أما بالنسبة للبوليمرات فهي تعني العملية التي تؤدي إلى تلف الخواص ولكن تؤخذ هنا معنى عملية تقليل الوزن الجزيئي . هناك نوعين شائعين من أنواع تحلل البوليمر (*Crawford,2007*):-

1- التحلل العشوائي "Random degradation":- ويكون مناظرا إلى البلمرة الخطوية حيث يحدث انفصال في السلسلة من نقاط عشوائية على السلسلة وبذلك تتكون أجزاء تكون كبيرة عادة مقارنة مع الوحدة المونومرية.
2- فض البلمرة المتسلسل "Chain depolymerization":- تتضمن هذه العملية انطلاق الوحدات المونومرية من نهاية السلسلة بصورة متعاقبة وذلك بتفاعل يدعى فض الامتداد "depropagation" أو فتح الزمام المنزلق (السحاب) (Unzippering) وهذا يكون عكس تفاعل البلمرة المتسلسلة.

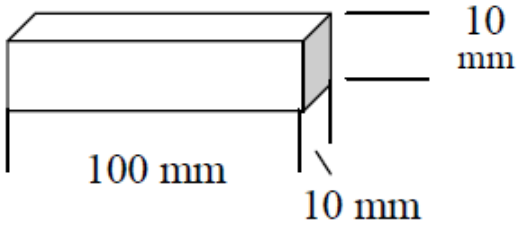
في هذا البحث الانحلال الميكانيكي بفعل البلى الاحتكاكي سوف يدرس باعتبار ان البولي استر المضاف إليه مواد مالئة يستخدم كثيرا في الصناعة سيما المسننات البلاستيكية المختلفة. في الآونة الاخيرة تم التركيز على دراسة البلى الاحتكاكي للبوليميرات المختلفة ففي العام 2000 درس الباحث kishore و جماعته تاثير سرعة الانزلاق والحمل المسلط على سلوك البلى و الاحتكاك لمادة مركبة من الايبوكسي والياف الزجاج وبوجود مواد اوكسيدية مالئة. امالباحث Wang وجماعته فقد درسوا تاثير اضافة كبريتيد المولبدنومكمادة مالئة على سلوك البلى لمادة مركبة ذات اساس من النايلون وذلك في العام 2003. اما الباحث Iulian وجماعته في العام 2009 فقد درسوا تاثير المواد المالئة على خواص البلى وعلى الخواص الكهربائية للمادة المركبة ذات الاساس من الايبوكسي.

وفي العام 2010 قام الباحث Amar وجماعته بدراسة العلاقة بين التوصيلية الحرارية و البلى للبولي استر غير المشبع والمضاف الية غبار مخلفات الاسمنت كمادة مالئة والمقوى بالياف الزجاج. ان تاثير اضافة مادة تيتانات البوتاسيوم على سلوك البلى الرطب لمادة البولي ايثر كيتون تم دراسته من قبل الباحث Xie وجماعته في العام 2010. اما الباحث Chandوجماعته فقد درسوا في العام 2010 تاثير اضافة الرماد المتطاير من محطات الطاقة الحرارية على الخواص الميكانيكية و سلوك البلى للبولي اثيلين. اما تاثير اضافة مادة اوكسيد التيتانيوم كمادة مالئة علي سلوك البلى الانزلاقي الجاف لمادة الايبوكسي فقد تمت من قبل الباحث Siddhartha وجماعته في العام 2011. ومن خلال مراجعة هذه الادبيات يتضح اهمية هذا البحث سيما ان المواد المالئة المستخدمة من مصادر محلية.

الجزء العملي : -

1- تهيئة القوالب

تم تصنيع عدد من القوالب من صفائح الالمنيوم بسمك 0.7 ملم لصب عينات البحث فيها وهي بشكل متوازي مستطيلات وبابعاد (10×10 × 100) ملم شكل (1) .



شكل (1) ابعاد العينات

2- المواد المستخدمة

أ- المادة البوليمرية المستخدمة في البحث هي مادة البولي استر غير المشبع والمصنع من قبل الشركة السعودية (SIR) . وهو بشكل سائل لزج عند درجة حرارة المختبر.
واستخدمت مادة مثيل اثيل كيتون بيروكسيد كمادة مصلدة وبنسبة اضافة تمثل 1% من المادة البوليمرية الاساس .

ب- المواد المضافة وهي مجموعة من المركبات السيراميكية بشكل مساحيق ذات حجم حبيبي(4mm) وهي (Fe_2O_3, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, CaO ، سمنت كربلاء)

3- التحليل الكيميائي للمواد المضافة :-

وتم اجراء التحليل الكيميائي للإسمنت ومسحوق اوكسيد الحديد في مختبرات معمل اسمنت كربلاء وللمواد الباقية في مختبرات معمل النورة في كربلاء جدول (1)

جدول رقم (1) التركيب الكيميائي للمواد المالئة المستخدمة.

المكونات / المواد المالئة	CaO %W	MgO %W	Fe_2O_3 %W	Al_2O_3 %W	SiO_2 %W	SO_3 %W	L.O.I* %W	المواد الاخرى %W	المصدر
$CaCO_3$	54.87	0.2	0	0.43	1.16	0.06	42.84	0.44	النورة
CaO	95.5	0.3	0.14	0.71	1.69	0.3	1.01	0.35	النورة
$Ca(OH)_2$	72.55	0.23	0.11	0.63	1.21	0.34	24.27	0.66	النورة
Cement	63.07	1.46	5.22	3.81	22.14	2.29	1.39	0.29	الاسمنت
Fe_2O_3	1.03	0	94.84	1.94	1.04	0.24	0.7	0.21	الحديد والصلب

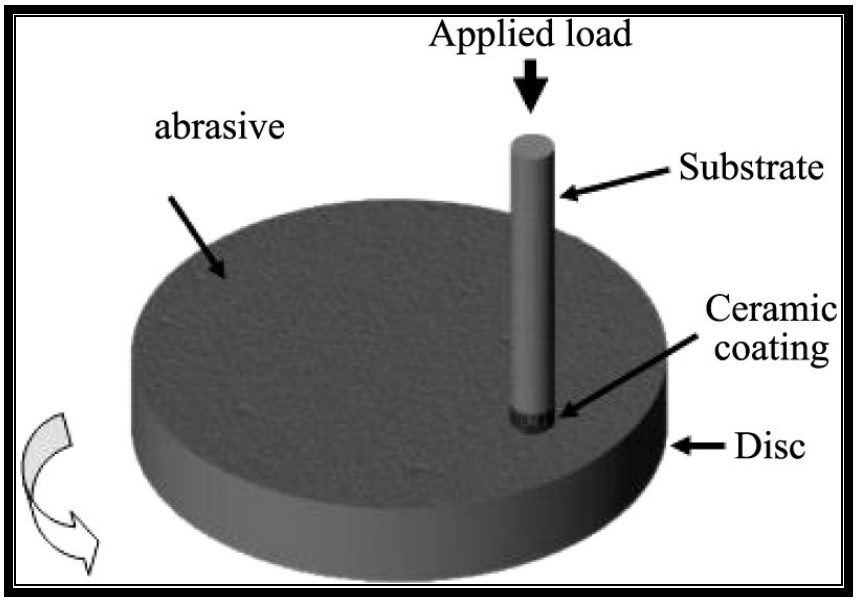
* L.O.Iالمفقود بالحرق

4- معالجة العينات

بعد خلط المادة الاساسية و المصلدة والمواد السيراميكية ووضعها في القوالب المعدة لها تم تجفيف العينات لمدة 20 دقيقة حيث بدأت النماذج بالانفصال من القالب وهو المؤشر الاولي لتصلب العينات . وبعد ذلك تم فصل العينات من القالب ومعالجتها داخل فرن خاص تجفيف عند درجة حرارة 110^0 ولمدة ساعة ونصف .

5- فحص البلى

تمّ إجراء التجارب على جهاز قلم على قرص (Pin-on-disc) صمم خصيصاً لهذا النوع من التجارب والاختبارات تحت ظروف جافة وذلك بتأثير الحمل وتأثير مادة التدعيم والزمن وتأثيرها على نمط التآكل شكل (2) وباستخدام ثقل (6.39) نيوتن ولفترات زمنية مختلفة (30, 25, 20 , 15 , 10 , 5) دقيقة وذلك من خلال تحديد وزن العينات قبل وبعد الفحص باستخدام ميزان الكتروني حساس

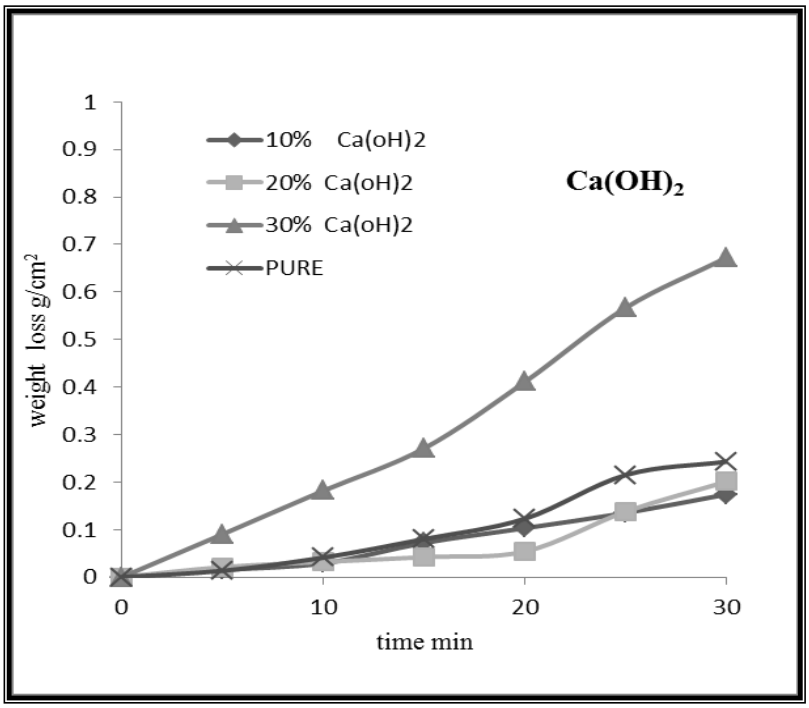


شكل (2) مخطط pin on disc

النتائج و المناقشة :

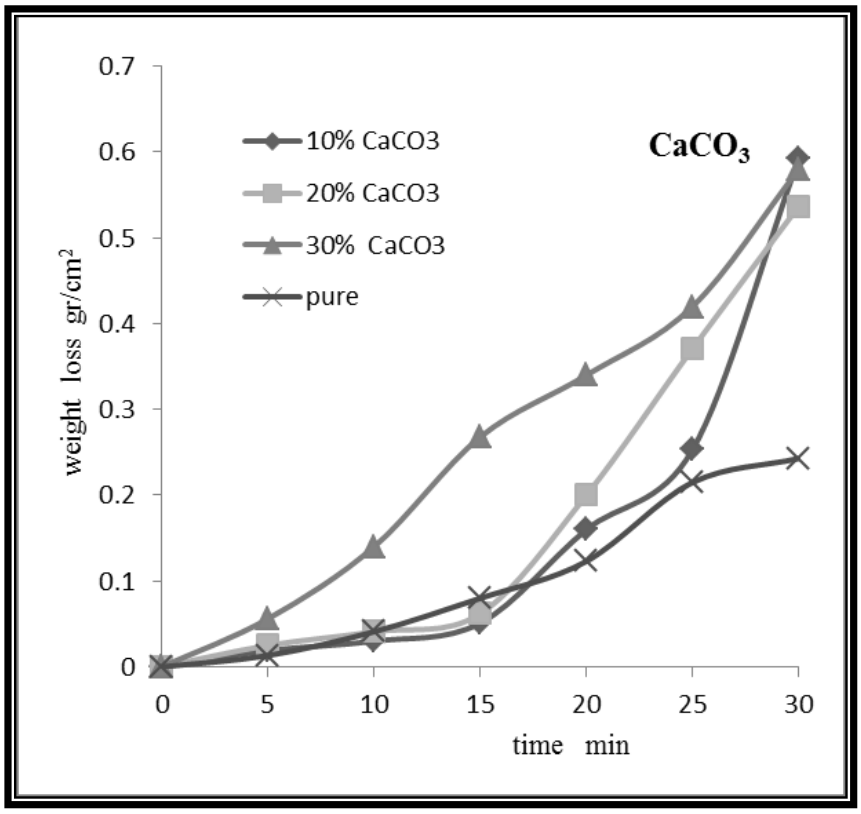
يوضح الشكل (3) العلاقة بين معدل فقدان الوزن نسبة الى المساحة السطحية (gr/cm^2) والزمن (min) عند البلى الاحتكاكي للنموذج المضاف له (10، 20، 30) % $Ca(OH)_2$ ومن دراسة هذه العلاقة يتبين ان معدل الفقدان بالوزن يزداد مع زيادة الفترة الزمنية ويشكل طردي تقريبا نتيجة للحرارة المتولدة من

الاحتكاك ، واذا ما تمت المقارنة بين النسبة الوزنية للمادة المضافة حيث نجد معدل الفقدان يزداد بزيادة الوزن ونسبة الاضافة 30% لا تصلح اذا ما قورنت بالمادة النقية حيث انها كانت اقل صلابة وتقلل من خاصية البليان للمادة النقية وتعتبر نسبة 10% هي الافضل لتناسبها الطردي وهي تحسن من خواص البليان للمادة النقية .



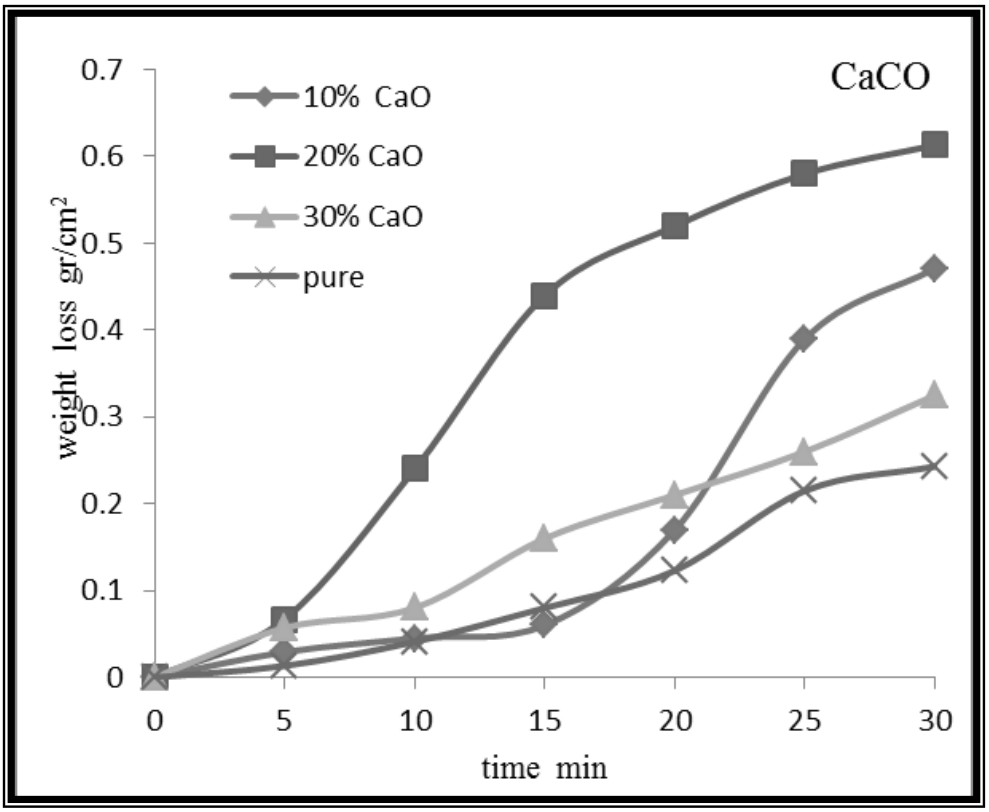
شكل (3) عينات البولي أستر غير المشبع مضاف له حشوة Ca(OH)2 بنسب(10,20,30)% بتعرضها للبلى

اما المخطط (4) يبين العلاقة بين الفقدان بالوزن والزمن عند البلى الاحتكاكي في النموذج المضاف له (10، 20، 30)% CaCO3 حيث ان الفقدان بالوزن يزداد مع زيادة فترة التعرض بسبب زيادة الازالة من النموذج بفعل الاحتكاك والحرارة المتولدة من الاحتكاك وكذلك يزداد فقدان الوزن بزيادة نسب الاضافة لـ CaCO3.



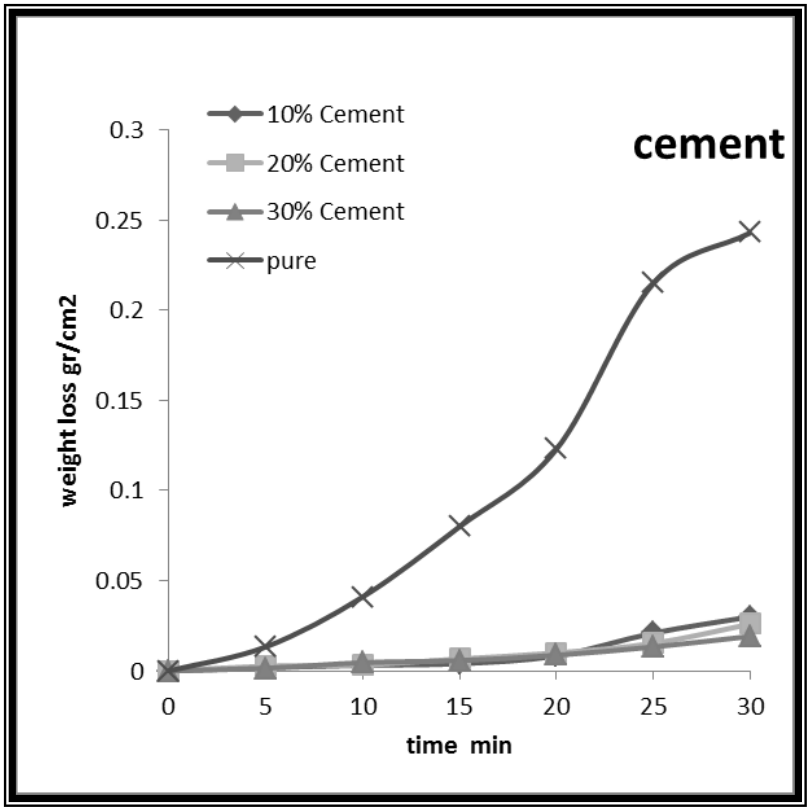
شكل رقم (4) عينات البولي أستر غير المشبع مضاف له حشوة CaCO3 بنسب (10,20,30)% بتعرضها للبلى

وبذلك يكون تاثيرها على مقاومة البلى للبولي استر سلبيا حيث انخفضت مقاومة البلى بالنسب الثلاثة وكذلك مع زيادة اضافة المسحوق ويمكن تفسير هذه الظاهرة بانخفاض قوة الترابط بين كل من المادة المضافة والمادة الاساس وعليه لا يعتبر اضافة مسحوق CaCO3 مادة جيدة لتحسين خاصية البلى والشكل (5) يوضح العلاقة بين الفقدان بالوزن مع الزمن عند البلى الاحتكاكي في النموذج المضاف له (10، 20، 30)% CaO حيث نلاحظ من خلال الشكل ان الفقدان بالوزن يزداد مع زيادة التعرض للبلى الاحتكاكي بسبب زيادة الازالة من سطح النموذج بفعل الاحتكاك والحرارة المتولدة من الاحتكاك وكانت النتائج في هذه التجربة عشوائية رغم تكرار التجربة عدة مرات والتي تسبب وجود فقاعات هوائية ومسامية عند الاضافة مما ادى الى زيادة الفقدان والذي يعود الى الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة المضافة .



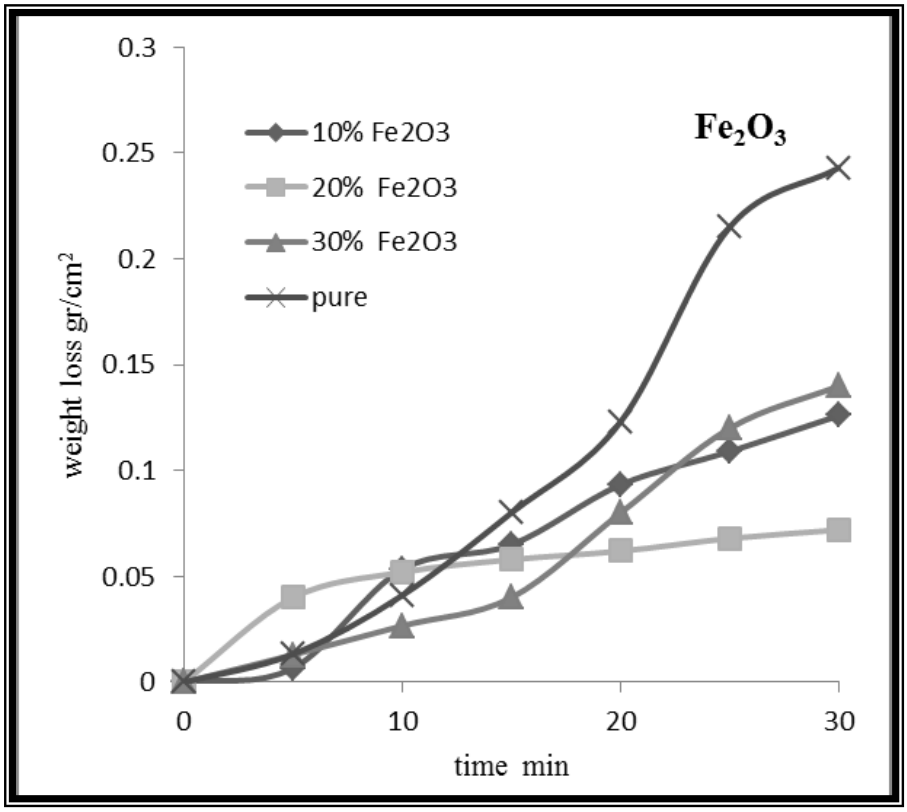
شكل رقم (5) عينات البولي أستر غير المشبع مضاف له حشوة CaCO بنسب (10,20,30)% بتعرضها للبلى

الشكل(6) يوضح العلاقة بين الفقدان بالوزن والزمن في البلى الاحتكاكي للنوذج المضاف له (10، 20، 30)% Cement، ومن الشكل يتضح ان الفقدان يزداد مع زيادة فترة التعرض للاحتكاك والحرارة الناتجة من الاحتكاك وبنسبة بسيطة تقريبا حيث نلاحظ تحسن خاصية البلى وبكل النسب المضافة وان زيادة النسب الوزنية كان تاثيرها اقل نسبيا مما يعطي انطباع ان الاضافة وبنسبة 10% كان كافيا لتحسين خاصية البلى والسبب يعود الى خاصية السمنت ومما يحتوي من مواد فعالة وكذلك الى قوة الترابط الناتجة بين الاسمنت ومادة البولي استر الاساسية .



شكل (6) عينات البولي أستر غير المشبع مضاف له حشوة Cement بنسب (10,20,30)% بتعرضها للبلى

الشكل (7) يوضح العلاقة بين الفقدان بالوزن والزمن عند البلى الاحتكاكي للنموذج المضاف له (10، 20، 30)% Fe2O3، ومن الشكل يتضح ان الفقدان بالوزن يزداد مع زيادة فترة التعرض وذلك بسبب زيادة الازالة المعدن من السطح للنموذج بفعل الاحتكاك والحرارة. وكذلك يتبين من الشكل تحسن مقاومة البلى وان معدل الفقدان بالوزن بزيادة الفترة الزمنية وخاصة بعد العشرين دقيقة كان اكبر من المرحلة الابتدائية .



شكل رقم (7) عينات البولي أستر غير المشبع مضاف له حشوة Fe2O3 بنسب (10،20،30)% بتعرضها للبلى

الاستنتاجات من خلال النتائج نلاحظ ان:-

1- اعلى مقاومة للبلى الاحتكاكي تظهر عند اضافة الـ (Cement) وكلما زادت نسبة الـ (Cement) تزدتد مقاومة البلى الاحتكاكي.

2- اقل مقاومة للبلى الاحتكاكي تظهر عند اضافة المادة المالئة (Fe2O3) وتكون اعلى مقاومة بلى عند نسب متوسطة (20%).

المصادر

1- Blaga,A." Thermosetting plastics" Ottawa,1974.

2- Chand ,N .,Sharma, P , Fahim ,M ."Correlation of mechanical and tripological properties of or ganosilane modified cenosphere filled high density polyethylene"

Materials science and engineering A527,2010,pp.5873.

3- Chanda,M.,Roy,S.K ."plastic fabrication and recycling", CRC press,USA,2009

4- Chanda ,M., Roy ,S.K ."plastic technology handbook" ,CRC press,USA,2007.

5- Ellis ,C. "high performance plastics" ,1989.

6- Harper, A." plastic handbook"Lutherville,Maryland,2000

7- Iulian,b., Adrian,C., Vasile,B.: Tribological and electrical properties of filled epoxy reinforced composite"11th international con. On tribology, Serbia 13-15 May,2009.

8- Kishore,sampathkurmaran,P.,Seetharamu ,S., Vynatheya "SEM observation of the effect of velocity and load on the solid wear characteristics glass-epoxycomposite with different fillers" wear journal vol.237,2000,pp.20.

9-Kumar,A.,Gupta,R.K."fundamental of polymer engineering ",Marcel Dekker, NewYourk,2003

10- Mc Crum, N.G., Buckly, C,P., Bucknoll,C.B. "principles of polymer engineering" Oxford 1997.

11-Pataniak,A.,Abdulla,M.,satapathy,A.,Biswas,S.,Satapathy,B."A study on a possible correlation between thermal conductivity and wear resistance of particulate filled polymer composites" material and design journal,31,2010,pp.837.

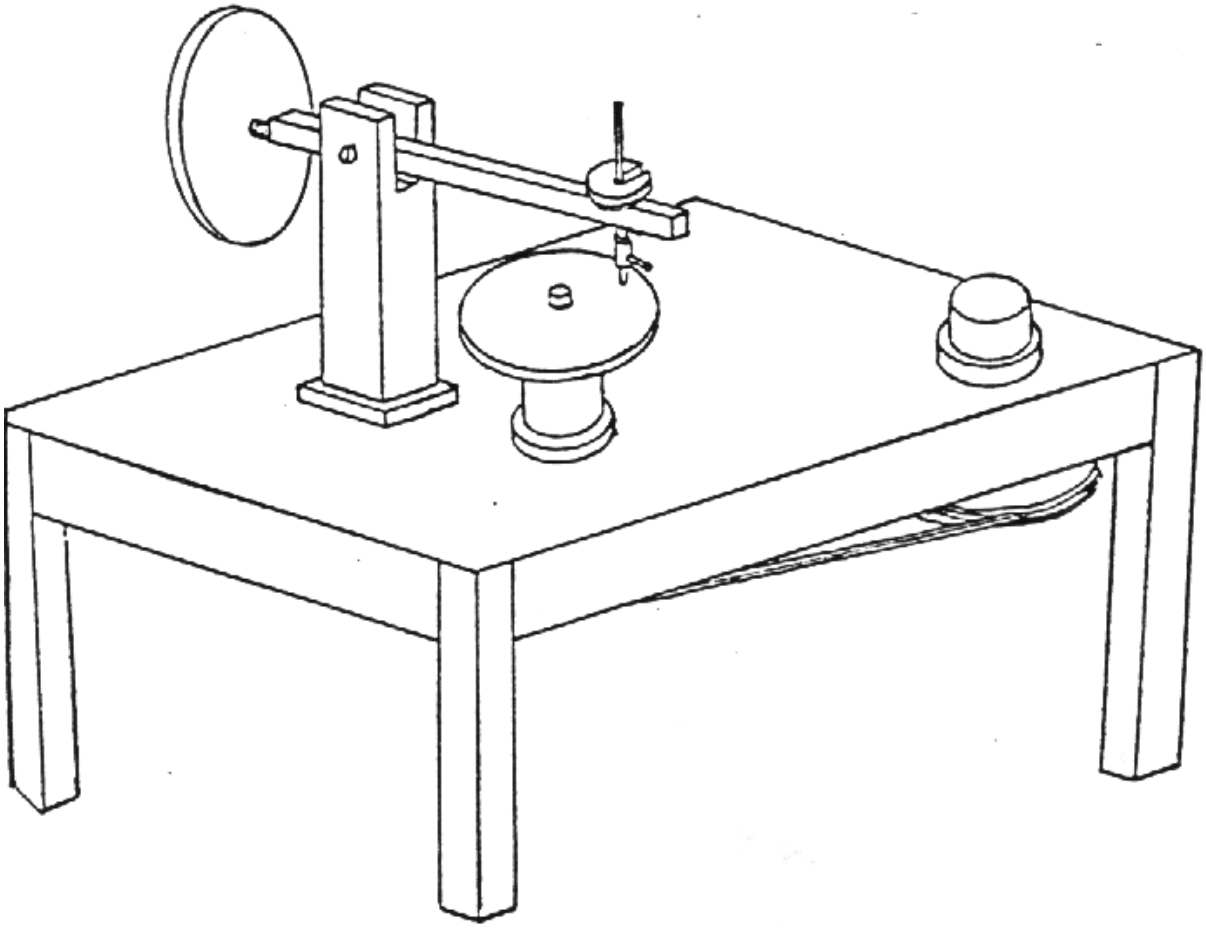
12-Siddhartha,AmarPatnaik,Bhatt<A.D ."Mechanical and dry sliding wear characterization of epoxy-TiO2 particulate filled functionally graded composites materials using Taguchi design of experiment" ,material and design journal,32,2011,pp.615.

13- Wang,J.,Gu,M.,Songhoa,S ."the role of the influence of MoS2 on the tripbological roperties of carbon fiber reinforced Nylon1010 composites" wear journal ,vol.225,2003,pp.774.

14- Xie,G.Y.,Sui,G.,X.,Yang,R." The effect of applied load on tripological behaviors of

otassium titanate whiskers reinforced Peek composites under water lubricated

condition" Tribol letter,2010,pp.87.



واستخدمت تقنية المسمار على القرص لقياس معدل البلى عند تسليط احمال مختلفة وفترات انزلاق مختلفة مع تثبيت

سرعة الانزلاق (2.7 m/sec) وصلادة القرص الفولاذي 35 ركويل

5 – حساب معدل البلى

تم حساب معدل البلى للسبائك المحضرة باستخدام الطريقة الوزنية ، اذ تم حساب وزن العينة قبل وبعد الاختبار بواسطة الميزان الحساس نوع (Denver) ذو دقة (0.1 mg). وبحسب معدل البلى من المعادلة الاتية [8] :

وا

$$Wearrate(W.R) = \frac{\Delta W}{2\pi rNt} \quad \text{.....(1)}$$

$$\Delta W = W_o - W_1 \quad \text{.....(2}$$

حيث ان: (...

W.R: معدل البلى (gm/cm)

ΔW: التغيير في الوزن (gm)

W_o : وزن العينة قبل الاختبار (gm)

W_1 : وزن العينةبعد الاختبار (gm)

t : زمن الانزلاقmin

r : نصف قطر مركز الدوران r = 7 cm

N : السرعة (510 rpm)

يجب ان تتصف المواد الاحتكاكية بمعامل احتكاك مستقر ومعدل بليان قليل عند التشغيل بظروف بيئية مختلفة وسرع وضغوط متعددة وكذلك يجب ان تكون متوافقة في العمل مع الاجزاء الاخرى في تقليل الاهتزازات والاصوات الناتجة من الاحتكاك (1)

1. P. Filip, L. Kovarik, M.A. Wright, Automotive

Brake Lining Characterization. Proceedings of

15th Annual SAE Brake Colloquium 1997, SAE,

Warrendale, PA, 1997, pp. 41–61.