

دراسة تأثير اضافة الالياف المختلفة لمتراكبة البوليستر على خاصية البلى الالتصاقى

م.امل صادق عطا *

amalatta13@yahoo.com

م.م نورس جبار ناصر *

nawresjabaar@yahoo.com

م.م اخلاص احمد عبدالرزاق *

EKHLASAH@yahoo.com

أستلم 2 تموز 2014 قُبَل في 25 كانون الاول 2014

الخلاصة:

يتناول البحث دراسة تأثير بعض الاضافات الى راتنج البوليسترعلى مقاومة البلى الالتصاقى حيث تم تصنيع ثلاث مجاميع من المواد المتراكبة وهي مجموعة تحتوي على 100% راتنج البوليستر الغير مشبع ومجموعة اخرى تحتوي على 70% راتنج البوليستر الغير مشبع + 30% الياف الزجاج (E- fiber glass) والمجموعة الثالثة تحتوي على 70% راتنج البوليستر الغير مشبع + 30% الياف الكربون (Carbon fiber) ومن هذه المواد تم تصنيع عدد من عينات البلى الالتصاقى وفق المواصفة القياسية ASTM G-99. وبابعاد (10x10x25)mm. اجري اختبار البلى الالتصاقى بطريقة (المسار - على - قرص) (Pin-on-disk) تحت تأثير احمال متغيرة هي (5,10,15,17.5)N وسرع انزلاق (1.9, 3.79, 5.96) m/sec و زمن اختبار ثابت (t= 5 min) في ظروف عمل جافة وبدرجه حرارة الغرفة وحساب معدل البلى كفقدان لوزن العينة بعد الاختبار. وقد اظهرت نتائج البحث بان معدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط والسرعة الانزلاقية لجميع انواع المتراكبات وقد ساهمت المواد المضافة في تحسين مقاومة البلى الالتصاقى مقارنة بالمركب الاساس و ان عينات البولي استر المقواه بالياف الكربون اعطت معدلات بلى اقل مقارنة مع الانواع الاخرى من المتراكبات وعند جميع الاحمال والسرع .

Studying the effect of adding different fiber types to polyester composite on the adhesive wear property

Eklas Ahmad Abd-Irazaq
EKHLASAH@yahoo.com

Nawres Jabar Nasser
nawresjabaar@yahoo.com

Amal Sadiq Atta
amalatta13@yahoo.com

Abstract:

This paper include studying the effect of adhesive wear of three groups which fabricated of 100% non-saturated polyester resin, 70% non-saturated polyester resin with 30% E -fiber glass, and the third was 70% non-saturated polyester resin with 30% carbon fiber.

Adhesive wear test have been conducted on specimens which fabricated from material above according to ASTM G-99 in diminutions (10x10x25) at variable loads(5,10,15,17.5)N ,sliding speed (1.9, 3.79, 5.96) m/min and constant time (5) min using pin on disc method in dry condition at room temperature. Wear rate in the experiments was determined as weight loss.

The results show that the wear rate of composite specimens increase when the applied load and sliding speed for all types of composites increased. The wear characteristics improved by adding carbon fiber to polyester gives less wear rates compared with other types of composites for all loads and sliding speeds.

الكلمات الدالة : المواد المتراكبة , راتنج البولي استر , الياف الزجاج , الياف الكربون , البلى الالتصاقى.

-1 المقدمة :

نتيجة البحث العلمي ظهرت الحاجة الى مواد بوليمرية ذات مواصفات معينة لايمكن الحصول عليها من نوع واحد لهذا ظهرت محاولات في مزج نوعين او اكثر من المواد والحصول على خليط بوليميري بالمواصفات الصناعيه المرغوب بها(د. ضياء,2009). وتعرف المواد المتراكبه بانها "بناء مكون من مادتين او اكثر ذات مواصفات مختلفه تربط مع بعضها بطريقه معينه لتعطي التركيب المرغوب بها" (د. صالح,2010) وان عمليه الدمج هذه تؤدي الى الحصول على ماده جديده ذات خواص هندسية و فيزيائية تختلف عن خواص المواد الداخلة في تركيبها وهي بذلك تجمع الخصائص الجيده من مختلف المواد الداخلة في تركيبها علاوة على التخلص من العيوب الموجوده فيها لتكون اكثر ملائمه للتطبيقات الصناعيه .

ويمكن القول ان المادة المتراكبه تتكون من طورين هما : الطور الاول يشمل المادة الاساس (Matrix material) والطور الثاني يشمل مواد التقويه (Reinforcement material) . يرتبط الطورين ببعضهما عن طريق سطح رابط يدعى السطح البيني(سلمان,2012) وقد ظهرت بالاونه الاخيراه الاهتمام بدراسه ظاهرة البلى والتي يظهر

دورها بشكل واضح في عمليات تشغيل الانظمة الميكانيكية المتعددة (د. ضياء, 2009) حيث تعد هذه الظاهرة مهمة بشكل كبير بسبب تاثيرها السلبي في دقة اداء الاجزاء البوليمرية في المكائن حيث يعرف البلى انه " عملية فقدان او الخساره في مادة احد السطحين او كليهما عندما تكونان تحت تأثير حركه نسبيه " (لعبي, 2012) ويعرف ايضا انه "عملية تعريه لسطح المادة الصلبة نتيجة تاثيرها بسطح جسم صلب اخر" وان دراسة البلى للمواد البوليمرية بشكل عام وللمترابكه بشكل خاص هو بسبب توفره بشكل واسع وخفة وزنه وسهولة تصنيعه ومثانة الجيدة وقلة معامل الاحتكاك له وتحمله الاحمال العاليه(د. ضياء, 2009). ويقسم البلى الى الانواع الاتية.

أ - البلى الاحتكاكي abrasive wear

ب- بلي التعرية Erosion wear

ج - البلى الالتصاقي Adhesive wear

وقد تناول البحث البلى الالتصاقي حيث يحصل في حالة انزلاق السطوح على بعضها البعض وتحت تاثير الحمل بحيث يكون الضغط على النتوءات المتناسكه على درجه كبيره تكفي لاحداث تشوه لدن موضعي حيث يحصل التصاق ذو درجة عالية للسطوح النظيفه او الخاليه من الاكاسيد بين عدد قليل من النتوءات بسبب وجود قوة جذب بين ذرات السطحين ، ونظرا لان مساحة التلامس الحقيقية اقل بكثير من مساحه التلامس الظاهريه فان الضغط يكون عالي عند قمم النتوءات المتلامسة الضعيفة .

وقد درس العديد من الباحثين تأثير بعض الإضافات على مقاومة البلى الألتصاقي وكما يلي:-

د. ضياء و عبد الحسين(2009) درس مقاومة البلى الالتصاقي لنماذج محضرة من خليط بوليمري (راتنجات الايبوكسي مضافا اليه البولي استر والنوفولاك) عند نسبة خلط (80%/10%/10%) باستخدام محولين احدهما حامضي والآخر قاعدي وان الاختبار اجري عند حمل متغير وسرعة انزلاقية متغيرة وقد وجد ان معدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط الى مقدار (20N) وكذلك السرعة الانزلاقية وقد اكد على دور المحلول القاعدي في عملية الخلط في تحسين مقاومة البلى خاصة عند غمر الراتنج لفترة طويلة مقارنة بالمحاليل الكيماوية الحامضية التي تؤدي الى خفض في صلادة المركب والتي ايضا درست من قبل الباحثين في محلول (NaOH,HCL) وبتركيز (0.5N).

العبي , يونس(2012) قاما باضافة قشورالرز كمادة مدعمة الى راتنج البولي استر بوصفها مادة اساس للمادة المترابكة ودراسة خواص البلى الالتصاقي , واستنتجا زيادة معدل البلى عند زيادة كل من المتغيرات الحمل المسلط ومسافة الانزلاق وزمن الاختبار و اشارا الى ان اعلى قيمة لمعدل البلى عند حمل متغير هي عند الحمل (20) نيوتن اذ بلغت (1.91gm/cm) اما اعلى قيمة عند تغير السرعة وثبوت الحمل والزمن فكانت عند السرعة

الانزلاقية (4cm) حيث ان معدل البلى بلغ (1.43gm/cm) اما عند الزمن المتغير فقد بلغ معدل البلى (5.33gm/cm) عند زمن مقداره (6 دقيقة).

Hasim Pihitli (2009) قام بدراسة تأثير تغيير المادة الاساس على البلى باستخدام طريقة (a wear tester) block on-shaft حيث استخدم كل من البولبيستر والايوكسي مع الالياف الزجاجية، واستنتج ان معدل البلى للمترابكة (الايوكسي+الياف الزجاج) اقل من معدل البلى للمترابكة (البولبيستر +الياف الزجاج) ولجميع المتغيرات من السرعة والاحمال المستخدمة.

Dr.Awham,Sadeer,Bushra (2010) قامو بدراسة البلى الالتصاقى لمادتين بوليمرتين وهما راتنج الايوكسي والبولي استر غير المشبع، عند ظروف حمل، زمن وسرعة انزلاقية متغيرة لقد اجري اختبار البلى في الهواء وتوصلو بان راتنج الايوكسي يعاني من معدلات بلى اعلى من راتنج البولبيستر غير المشبع بصورة عامة وكذلك اجري الاختبار على عينات اخرى تم غمرها بالماء وعند نفس ظروف اختبار البلى الجاف . اظهرت نتائج الغمر بالماء الذي يمثل عامل ملدن للبوليمرات تأثيرا متباينا على سلوك البلى للمادتين في البحث.

Abdula Munium (2011) قام بدراسة تأثير تغيير النسب الحجمية لالياف الكربون والمضافة الى راتنج الايوكسي كمادة اساس بمقدار (3,6,9 %) على معدل البلى الالتصاقى . اجري الاختبار تحت ظروف جافة ورطبة بطريقة (المسار- على -قرص) واستنتج بان معدل البلى الالتصاقى للعينات المركبة يزداد بعلاقة خطية مع زيادة الحمل المسلط والسرعة الانزلاقية والزمن الانزلاقي ويقل بعلاقة خطية مع زيادة الكسر الحجمي لالياف الكربون . وكذلك بينت النتائج بان معدل البلى الالتصاقى للايوكسي المقوى بالياف الكربون عند الظروف الجافة اعلى من معدل البلى عند الظروف الرطبة.

وسيتم في هذا البحث اضافة كل من الياف الزجاج والياف الكربون بنسبة 30% الى راتنج البولي استر وبيان تأثيرها على مقاومة البلى الالتصاقى عند سرع انزلاقية متغيرة ومجموعة احمال متغيرة اذ يتم تثبيت حمل معين وزمن ثابت مع تغير السرعة الانزلاقية.

2- الجانب العملي :

تضمن ما يلي

1-2 المواد المستخدمة :

تم استخدام المواد الاتية :

أ- راتنج البوليستر الغير مشبع (polyester resin): وهو احد انواع الراتنجات الحرارية والذي يستخدم بصورة واسعة في تصنيع المواد المتراكبة بسبب رخص ثمنه كما انه يوفر تنوع في الاستخدامات بشكل واسع,ومن الممكن التعامل مع عمليات التصنيع المختلفة بشكل سهل وبصورة تلقائيا (لعبيبي,2012).

والبولستر مادة سائلة ذات لون شفاف مصنع من قبل شركة سعودية هي (ICR) Industrial Chemicals and Ltd. Resins Co. وتم خلط الراتنج كمادة اساس مع المصلب وهو من نوع بيروكسيد اثيل مثيل كيتون بمقدار gr (3) لكل gr (100) (د. ضياء,2009).

ب- الياف الزجاج (E- glass fiber) : وهي الياف صناعية تركيبية غير عضوية, تتميز بمتانة عالية تفوق متانة الصلب واستطالة قليلة ومرونة وكثافة نوعية عاليتين وتتحمل درجات الحرارة العالية اذ تبدأ بفقدان متانتها عند درجة 315 C° وتلين وتتصهر عند درجة حرارة 815 C° . وذات مقاومة عالية لجميع انواع الكيماويات ولها مقاومة عالية للعزل الكهربائي. تستخدم الياف الزجاج في عزل الاسلاك الكهربائية والعزل الحراري وتستخدم في تقوية البلاستيك اذ تعطيه متانة اعلى (zaid,2006). واستخدمت في البحث الياف جاهزة ومقطعة باطوال $\text{mm} \geq$ (3) والتي انتجتها شركة (Sinoma Jijing fiber glass PPG) co.,Ltd. الصينية .

ج - الياف الكربون (Carbon fiber) : تمتلك متانة وصلادة استثنائية يمكن استخدامها كمواد تقوية (zaid,2006) لذلك لها تطبيقات مهمة في هيكلية المواد المركبة وتستخدم خصوصا في صناعة السيارات وصناعة الفضاء والروبوتات وغيرها بسبب خواصها الميكانيكية الجيدة واستخدمت في هذا البحث الياف كاربون جاهزة وباطوال $\text{mm} \geq$ (3) والتي انتجتها شركة fosroc company والجدول (1) يبين الخواص الميكانيكية للمواد المستخدمة في البحث .

2-2 تحضير المواد المركبة:

حضرت المتراكبات اعتمادا على تقنية التشكيل بالصب اليدوي (hand layup) حيث تم خلط البولي استر مع المصلب ثم اضيفت اليه مواد التقوية وهي الياف الزجاج والياف الكاربون كلا على حده وبنسب حجمية 30% بطريقة عشوائية وتم الخلط داخل وعاء بلاستيكي بصورة تدريجية ثم صب المواد في قالب خشبي بأبعاد mm (طول*100 * عرض*100 x سمك 10) وذلك بعد تغطية القالب بمادة شمعية لمنع التصاق المصبوبة في القالب وسهولة استخراجها بعد عملية التصلب . وبعدها استخدمت هذه المصبوبات المبينة في الشكل (1) في تحضير عينات لغرض اختبار البلى الالتصاقى ذات ابعاد قياسيها mm (طول 25 x عرض 10 x سمك 10) وفق المواصفات العالمية لاختبار البلى (ASTM G99, 1990) وكما مبينة في الشكل (2) .

3 - تصنيف العينات :

بعد الانتهاء من عملية تحضير العينات صنفت الى مجاميع وكما موضحة في الجدول (2).

4 - اختبار البلى:

اجري اختبار البلى الالتصاقي للعينات وكما يلي :

ا- تم تحضير العينات من تنعيم وصقل للحصول على اسطح مستوية وبذلك تصبح العينات جاهزة للاختبار .

ب - استخدام جهاز المسمار على قرص (pin-on-disc) الموضح في الشكل (3) على قرص الجهاز الحديدي ذو صلادة 55HRC .

ج - اجري الاختبار على الجهاز وعند المتغيرات التالية :

1- حمل متغير وتم اعتماد اربعة احمال هي (5,10,15,17.5)N مع ثبات الوقت (5 min) وسرعة انزلاقية متغيرة.

2- تم اعتماد ثلاث سرع هي (1.9, 3.75, 5.96) m/sec مع كل حمل والذي تم تطبيقه في الفقرة (1)

وزمن اختبار ثابت في كلا الحالتين وهو (5 min) . اذ يتم تثبيت الحمل مثلا (5) نيوتن ويتم تشغيل الجهاز

مع كل سرعة منتخبة مع هذا الحمل وتكرر العملية مع الاحمال الاخرى ولثلاث سرع .

3- حساب معدل البلى من المعادلة (1) (د. ضياء, 2009).

$$WR = \frac{\Delta W}{SD} \quad (1)$$

حيث ان :

ΔW : الفرق بالكتلة قبل وبعد الاختبار (gr) = $(W_2 - W_1)$

SD : مسافة الانزلاق وتحسب من المعادلة (2):

$$SD = \pi D N \quad (2)$$

حيث ان :-

N : عدد دورات القرص (r.p.m)

t : زمن الاختبار (min)

وتحسب السرعة الخطية للانزلاق (m/sec) من المعادلة (3) (Awham,2010) :

$$Vs = (\pi D N) / 60 \quad (3)$$

وقد استخدم ميزان حساس نوع (AE 160) ذو دقة (10^{-4} gr) لقياس وزن العينة قبل وبعد الاختبار كما مبين في الشكل (4).

ومن النتائج التي تم الحصول عليها والمبينة بالجدول رقم (3) رسمت علاقة بين معدل البلى والسرعة الانزلاقية ولكل حمل منتخب والموضحة بالشكل رقم (5).

5- المناقشة :

النتائج المبينة في الجدول رقم (3) والشكل رقم (5) يظهران ان معدل البلى يزداد مع زيادة الحمل المسلط ولكافة مجاميع المتراكبات (C_1, C_2, C_3) ويمكن ان يعزى السبب في ذلك الى انه بزيادة الحمل المسلط يسبب زيادة التشوه اللدن plastic deformation والحاصل عند قمة النتوءات السطحية مما يؤدي إلى زيادة مساحة التلامس الحقيقية بين السطحين المنزلقين اذ ان عملية التصاق (النتوءات السطحية) تعتمد اعتماداً كبيراً على مقدار الحمل المسلط فعندما يكون الحمل قليل فإن الاتصال يحصل فقط عند اعلى قمم من النتوءات السطحية لذلك سوف يكون ضعيفاً لأنه اثناء الانزلاق تتكون طبقة رقيقة من الاوكسيد تعمل بمثابة غشاء (Protective Surface Film) سطحي واق يغطي أسطح الانزلاق مما يؤدي الى قلة حصول التلامس ما بين السطحين المنزلقين ومنع حصول الاتصال المباشر ما بين نتوءات السطحين وبهذا سوف تكون القوة المطلوبة لقص وفصل الترابط الحاصل ما بين نتوءات اقل من قوة ترابط ذرات المادة نفسها وبالتالي ينتج عن ذلك انخفاض معدل البلى كما مبين في الشكل (5) اما عند زيادة الحمل المسلط فيحدث تكسر لغشاء الطبقة الاوكسيدية وذلك بسبب هشاشتها اذ يحدث تفتيت خارج السطوح الانزلاقية المتلاصقة لكل من العينة والقرص اثناء عملية الانزلاق مما يؤدي الى حصول اتصال قوي فيما بينها (Metallic Junction) تجعل القوة المطلوبة لقص نتوءاتها المتصلة أعلى من قوة ترابط ذرات مادة العينة نفسها مما يؤدي الى خلع وفصل دقائق من سطح العينة مؤدية بالنتيجة الى زيادة معدل البلى فضلا عن ارتفاع درجة الحرارة بين السطحين المنزلقين.

ولتوضيح تأثير زيادة الحمل بصورة اوضح فان الشكل (6) يوضح العلاقة ما بين الاحمال (ولجميع المجاميع المستخدمة) مع معدلات البلى وللسرعة الاولى ($v=1.9$ m/sec).

ومن الشكل (5) نلاحظ ايضا ان المتراكبات المقواه باللياف الكاربون والممثلة بالمجموعة C_3 لها معدلات بلي افضل من المتراكبات المقواه بالاليف الزجاجية والممثلة بالمجموعة C_2 ويعزى السبب الى ما تمتلكه الاليف الكاربونية من خواص ميكانيكية جيدة ومنها الصلادة التي تعتبر العامل الرئيس بين معدل البلي والمادة وكذلك يبين ان معدلات البلي للمتراكبات المقواه بالاليف الزجاجية والكربونية اقل من متراكبات البوليستر الغير مقوى وهي المجموعة C_1 ولجميع الاحمال ويعزى السبب الى ان الاليف المقطعة والموزعة بشكل عشوائي بين جزيئات البوليستر تؤدي الى زيادة مقاومة المادة الى الخدش والقطع بسبب زيادة الصلادة فتزداد مقاومتها للتشوه اللدن وهذا يؤدي الى تحسن في خواص البلي .

وكذلك نلاحظ ان معدل البلي يزداد بزيادة السرعة ولجميع المتراكبات وهذا يعود الى ارتفاع درجة الحرارة والتبريد البطيء مما يؤدي الى نقصان في الصلادة و زيادة في تشوه نتؤات التلامس ونلاحظ ايضا ان البولي استر المقوى بالاليف الكاربونية له معدلات بلي اقل من الانواع الاخرى للأسباب الواردة اعلاه.

6- الاستنتاجات :

- أ- يزداد معدل البلي بزيادة الحمل المسلط .اذ كانت اعلى قيم عند الحمل 17.5N ولجميع الانواع.
- ب- يزداد معدل البلي بزيادة سرعة الانزلاق اذا كانت اعلى قيم عند السرعة 5.96 m/sec ولجميع الانواع.
- ج - تتحسن خواص البلي باضافة مواد التقوية حيث ان معدل البلي ينخفض بمقدار 60% تقريبا باضافة اليف الكاربون و 40% تقريبا باضافة اليف الزجاج .
- د- اضافة اليف الكاربون والزجاج للبوليستر يحسن خواص البلي مقارنة مع البوليستر الغير مقوى ولجميع الاحمال وسرع الانزلاق.

المصادر :

- 1.د. ضياء بلقيس محمد و د. عبد الحسين , هدى جبار "مقاومة البلي لخليط بوليمري متصلد حراريا" مجلة الهندسة والتكنولوجيا , المجلة 27 , العدد 14, 2009 .
- 2.د. صالح , سهام عيسى و د. شبيب , كاسم مطر و د. حمد , قحطان عدنان "دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات اساس بوليمري مقواه بالاليف والدقائق " مجلة الهندسة والتكنولوجيا , المجلة 28 , العدد 7 , 2010 .
- 3.سلمان , علي جاهل " استخدام التقوية باللياف الكاربون لتحسين الخواص لميكانيكية لراتج البوليستر غير المشبع " مجلة التقني , المجلد (25) , العدد (3) , 2012.

4. لعبيبي , سعاد حامد و يونس , دريد هاني (دراسة تأثير البلى في راتج البوليمستر غير المشبع المدعم بقشور الرز) مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة دالة تطبيقية المجلة (2) , العدد(3) , 2012.
5. Pihtili, Hasim."An experiment investigation of wear of glass–fibre–epoxy resin and glass –fibre polyester resin composite materials" European Polymer Journal, 45, 2009.ivsl.
6. Algbery , Abdula Munium Razoki Majaad "composite materials at different working conditions" The Iraqi journal for mechanical and material engineering , vol.(11) , No.(3). 2011.
7. M.H.DrAwham, M.M.,Sadeer and H.M.Bushra "Study of The Wear Rate of Some Polymer Materials In Different Conditions ." Eng.&Tech .Journal, Vol28,No,16,2010.
8. Z.R.M. Al–Ani, "Flexural Analysis of Composite Laminated Simply Supported Rectangular Beam". M.Sc. Thesis, Al–Mustansiriya university, February (2006).
9. ASTM, "Standard Test Method for Wear Testing with a Pin–on–Disk Apparatus/G99", 1990.

جدول (1) الخواص الميكانيكية للمواد المستخدمة في البحث (zaid,2006)

No	الخواص	بوليمستر	الياف الزجاج	الياف الكربون
1	الكثافة Kg/m ³	1100	2500	1780
2	معامل المرونة Gap	2.8–3.5	72.4	230
3	اجهاد الشد Gap	0.005 – 0.008	3.45	4.0

جدول (2) تصنيف العينات

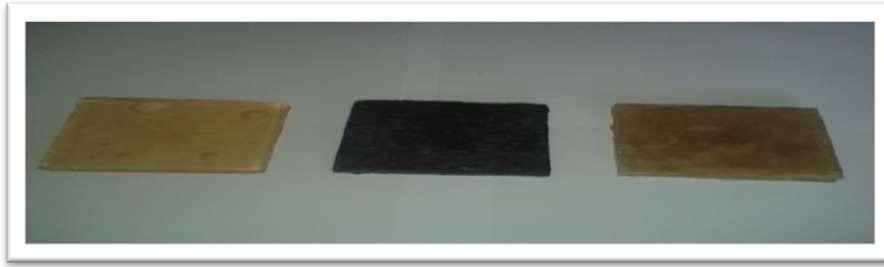
الرموز	مجاميع العينات	المكونات
C ₁	المجموعة الاولى	100% بوليستر
C ₂	المجموعة الثانية	70% بوليستر + 30% الياف الزجاج
C ₃	المجموعة الثالثة	70% بوليستر + 30% الياف الكربون

جدول (3) معدلات البلى للسرع والاحمال المسلطة لجميع انواع المتراكبات

WR x10 ⁻⁵ (gr/cm)			V _s (m/sec)	الحمل (N)
C3	C2	C1		
1.43	2.22	2.38	1.9	5
1.97	2.84	3.68	3.79	
2.45	3.67	5.74	5.69	
1.57	2.41	2.58	1.9	10
2.17	3.16	4.37	3.79	
3.72	4.82	6.95	5.69	
1.66	2.66	2.75	1.9	15
2.51	3.64	5.27	3.79	
4.38	5.32	7.19	5.69	
1.74	2.71	2.81	1.9	17.5
3.43	4.72	6.23	3.79	
5.22	6.83	8.65	5.69	



شكل (1) العينات قبل التقطيع



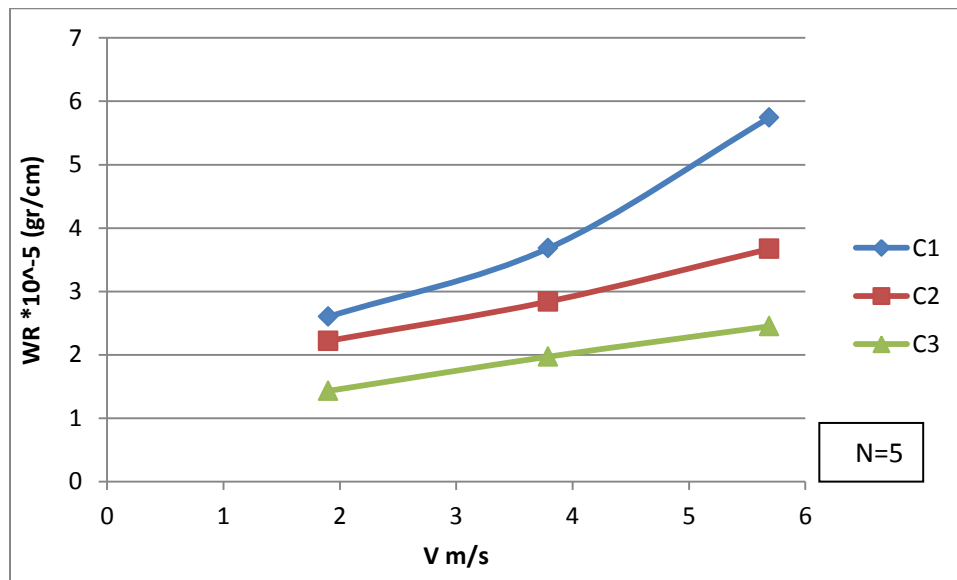
شكل (2) العينات بعد التقطيع

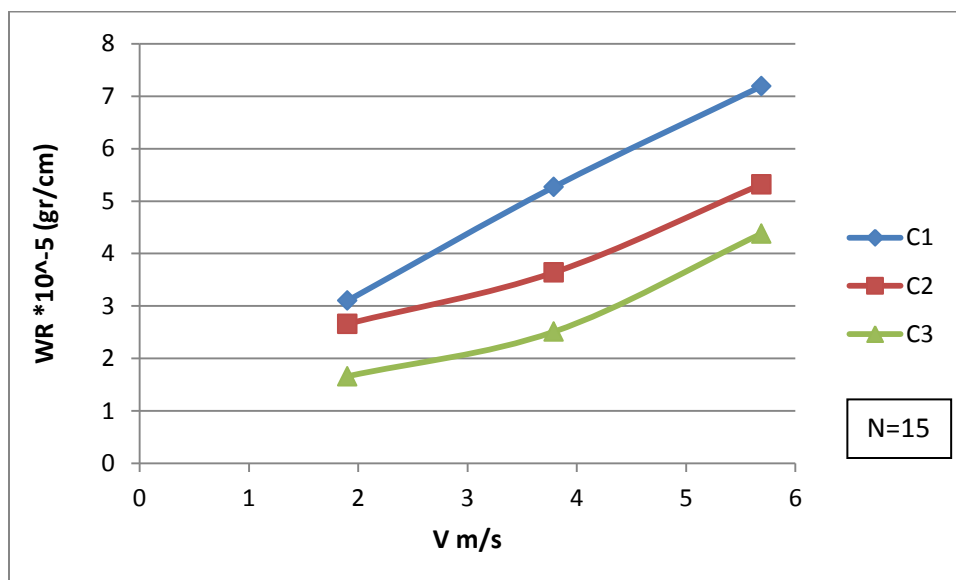
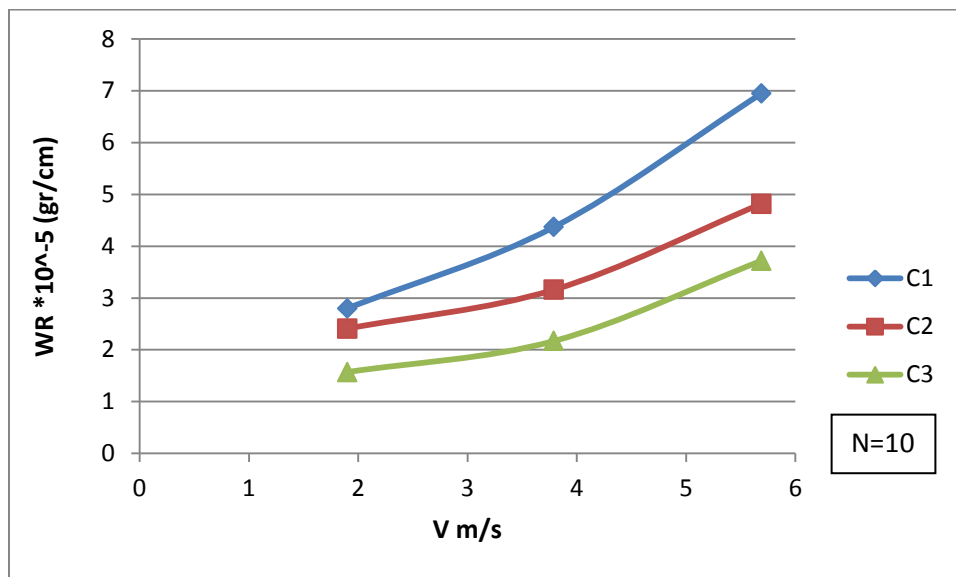


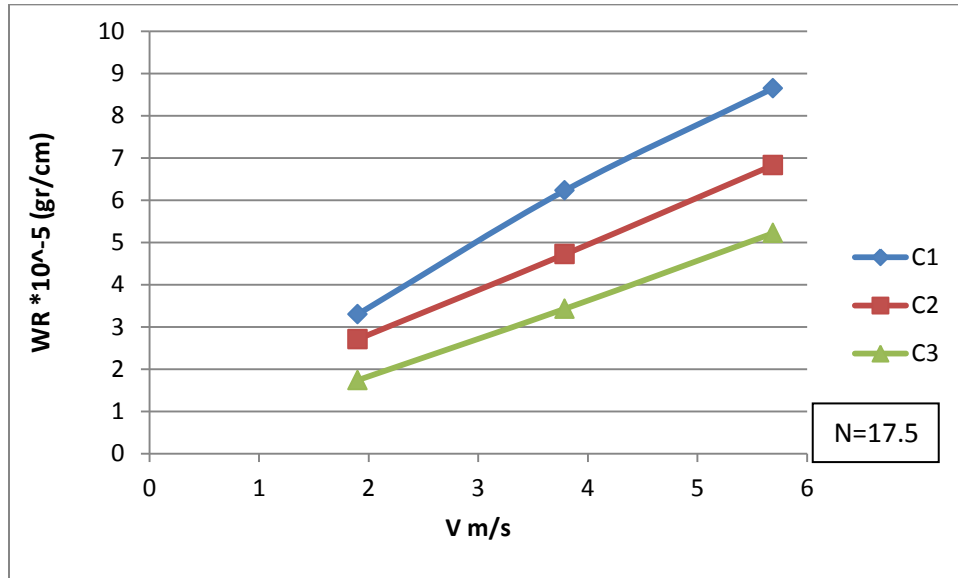
شكل (3) جهاز البلى



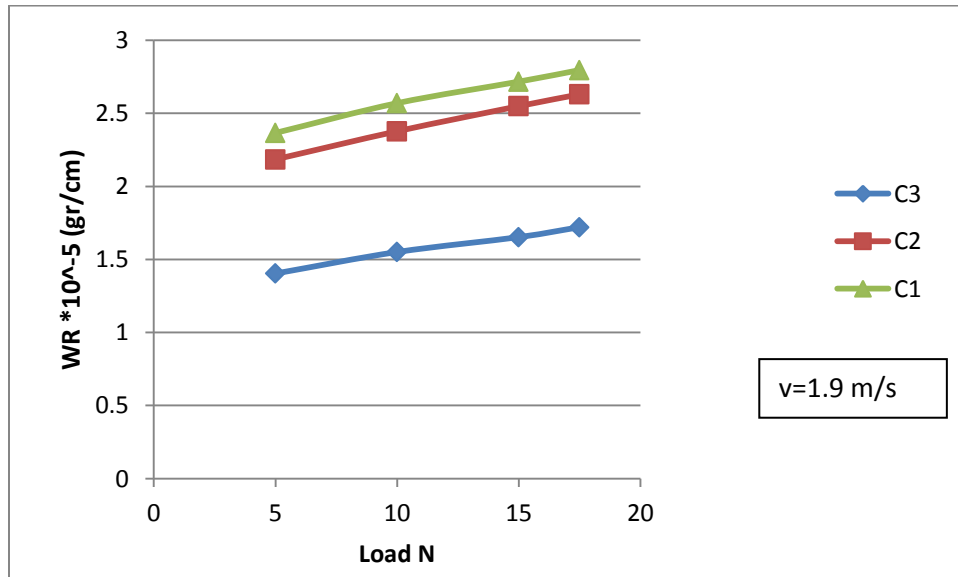
شكل (4) ميزان حساس







شكل (5) العلاقة بين السرعة ومعدل البلى لكل حمل



شكل (6) العلاقة بين مواد التقوية ومعدل البلى بتغير الحمل وثبوت السرعة