Vol. 7, No. 13 and 14, P. (61-70)A, 2018

دراسة تأثير إضافة مسحوق الألمنيوم على بعض الخواص الميكانيكية ومقاومة الاحتراق للبولي استر غير المشبع

أحمد جاسم محمد

قسم علوم المواد، مركز أبحاث البوليمر، جامعة البصرة، البصرة، العراق.

تاريخ الاستلام: 31 / 3 / 2017

تاريخ قبول النشر: 20 / 7 / 2017

Abstract

The study of the effect of aluminum powder on the mechanical properties of unsaturated polyester which is manufactured in the Turkey, as function of the percentages of aluminum powder (0.5%, 0.8%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%), at particular size (150) µm, were investigated through several variables, such as, young's modules, strength, elongation and the flame resistance. The obtained results were the properties (unsaturated polyester/aluminum powder) composites were analyzed as a function of the filler amount. All prepared composites showed improved filler dispersion in the unsaturated polyester matrix, the results lead to that the strength at break will be affected little till the percentage (1.5%), and lowered after that with increasing the percentage also indicate an lowered in young's modules at the percentage (1%). The proportional limit was (2095) N for (0.8%), and the observe that the average time of burning starts strong impact when (0.5%) as increasing to(168 sec) and then begins to decline behavior when increasing proportions weighted and then increasing behavior when increasing proportions when (2.5%) as increasing to (195) sec.

Key words

Unsaturated polyester, Aluminum powder, Filler amount.

الخلاصة

تم إضافة مسحوق الألمنيوم كحشوات مالئة وبنسب وزنيه (0.5%,0.8 %1,% 1.5%,2%,2.5%) وعند حجم دقائق للحشوات مساو او اقل من (150) mm لبوليمر البولي استر غير المشبع ذو المنشأ التركي. في هذا البحث قمنا بدراسة بعض الخصائص الميكانيكية للخليط مثل معامل يونك والمرونة ومقاومة اللهوبية وقوه الشد عند القطع، ومن النتائج العملية قد تم تحليل الحشوات كدالة لكمية من كمية مسحوق المضاف. وأظهرت جميع النماذج المحضرة تحسن في انتشار المضاف بشكل متجانس في البولي استر غير المشبع، وان زيادة نسبة المضاف من مسحوق الألمنيوم مع البولي استر عند النسبة المئوية (1.5٪) تضفي زيادة صفة الصلادة على بقية النماذج عند النسب الوزنية المختلفة للخليط، وبينت النتائج العملية عند النسبة الوزنية (٪ 1.5) بأن سلوك قوة الشد عند القطع للخليط يكون ذو تأثير قوي، وبعدها يهبط قيمته عند زيادة النسب الوزنية للمضاف. وتكون قيمة معامل يونك للخليط عند النسبة (1٪) منخفضة مما يعكس مرونة البولي استر المضاف إليه مسحوق الألمنيوم والذي يكون له مدى واسع التطبيقات الصناعية. أقصى قيمة لحد التناسب التي تم الحصول عليها من النتائج العملية هي (2095 نيوتن) للنسبة الوزنية) ٪ (0.8، ونلاحظ بان معدل زمن الاحتراق يبدأ بتأثير قوي عند النسبة (0.5٪) إذ تصل قيمته إلى (168) ثانية وبعدها يبدأ السلوك بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية وبعدها يزداد إلى إن يصل إلى أقصى قيمة عند النسبة (2.5٪) إذ تصل قيمته إلى (195) ثانية..

الكلمات المفتاحية

البولي استر غير المشبع، مسحوق الألمنيوم، الحشوات المالئة.

Vol. 7, No. 13 and 14, P. (61-70)A, 2018

1. المقدمة: Introduction

أن المدى الواسع للخواص الفيزياوية للبوليمرات ساهم وبشكل كبير في أتساع مدى تطبيقها الصناعي ومنها مرونتها (Elasticity) وشفافيتها (Transparency) وقوتها (Strength)، والكثير من الخواص الميكانيكية المختلفة التي تتطلبها الاستخدامات العملية لهذه البوليمرات. أذ يمكن من خلال معرفة وفهم الخواص الفيزيائية للبوليمرات إدخال الكثير من التحسينات على البوليمرات بطرق كيميائية او تكنولوجيا متعددة [1]. تضاف إلى البوليمرات العديد من المضافات المختلفة (Additives) لتحسين أو إدخال بعض الخصائص المرغوبة في البوليمرات ومنها مضادات الأكسدة والحشوات والعوامل المانعة للشحنة المستقرة والعوامل الملونة والعوامل الملدنة والمثبتات وغيرها [3,2]. تضاف بعض الحشوات (Fillers) الى البوليمرات لغرض تحسين صفاتها الفيزياوية والميكانيكية والحرارية. وتعتبر الحشوات مواد صلبة خاملة كيمياويا» تضاف الى البوليمر لتحسين واحدة أو أكثر من صفاته. أو لتقليل كلفة أنتاجه في بعض الأحيان، ويسمى المزيج الناتج بالبوليمرات المتراكبة (Composite Polymers) [5,4]. تمتاز المواد البوليمرية المتراكبة المقواة بأنواع مختلفة من الألياف الزجاجية والكاربونية والمعدنية باستعمالاتها الواسعة التي أخذت الحيز الأكثر من البحوث السابقة، ولكن من جهة أخرى لم تأخذ المواد البوليمرية المتراكبة المقواة بالدقائق الكثير من الاهتمام مقارنة مع المواد المقواة بالألياف. تتكون المواد المتراكبة من الطور الأول الذي يعرف بالمادة الأساس (Matrix) وتكون من مادة مطيليه ذات متانة عالية مثل البوليمرات، أما الطور الثاني فيسمى بطور التقوية (Reinforcement) والذي قد يكون على شكل) ألياف، أو دقائق(مسحوق)، أو قشور(من مواد صلبة مثل) بوليمرات، سيراميك، معادن) .[6-8] يمكن تقسيم الحشوات من حيث الفعالية والتركيب الكيمياوي الى حشوات فعاله وعضوية وحشوات غير فعاله وغير عضوية [10,9] . تم دراسة الخواص الميكانيكية لبعض المواد البوليمرية والمضاف إليها الحشوات بشكل واسع، فقد قام الباحث[11] في عام (2009) بدراسة الخواص الميكانيكية للبولي استر غير المشبع المدعم بدقائق الالمونيا السيراميكية وقد استعمل دقائق بأحجام مختلفة مع كسر حجمي مختلف وقد وجد أن قيم الصلادة والصدمة تزداد مع زيادة الكسر الوزني وقيم التوصيلية الحرارية تزداد بزيادة الكسر الوزني للدقائق السيراميكية والتي بلغت (0.319 w /m.°c) عند كسر وزني (20٪). وفي عام (2012) درس الباحث [12] بعض الخواص الميكانيكية مثل مقاومة الانحناء واختبار الصدمة للبولي استر المطعم بالرايش ومسحوق النحاس وقد وجد من خلال النتائج العملية ان أقصى مقاومة انحناء للمادة البوليمرية المقواة بالنحاس) المسحوق والرايش(هي (85.13 Mpa) و (50.08 Mpa) على التوالي، بينما أعلى طاقة ممتصة في فحص الصدمة للمادة البوليمرية المقواة بالنحاس) المسحوق والرايش(هي (0.85 J) و(0.4 J) على التوالي. إما في هذا البحث فقد تم دراسة بعض الخواص الميكانيكية مثل الصلادة والمرونة (الاستطالة) ومعامل يونك للبولي استر المطعم بمسحوق الألمنيوم محاولة للمساهمة في الاستفادة من المخلفات الصناعية والتخلص منها (تدوير النفايات) خدمةً للاقتصاد الوطني والمحافظة على البيئة.

2. الجانب العملي: Side Experimental

1.2. المادة الأساس:

استعمل في هذا البحث البولي استر غير المشبع (Polyester) كمادة اساس وهو مادة بوليمرية من نوع البوليمرات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting) ذو المنشأ التركي والمجهز من شركة (Henkel A.S التركية) ، وهو من البوليمرات التي تستخدم كمادة لاصقة في مختلف

الصناعات ويكون على هيئة سائل لزج بني اللون ذو رائحة قوية ومميزة ،كثافته بحدود 1.5 غم/ سم 3، ذو لزوجة 1000) بنتي بواز(عند درجة حرارة (25 oC) ، يتحول إلى الحالة الصلبة بعد إضافة المصلد إليه الذي يكون أيضا سائل لزج شفاف (كيتون اثيل المثيل بيروكسيد) وبنسبة 2٪ والمجهز من الشركة نفسها.

2.2. الحشوات

استخدم مسحوق الألمنيوم كحشوات مالئه مع البوليمر تقع ضمن صنف حشوات المعادن [13] ، وهو فلز ذو لون أبيض فضي من مجموعة البورون من العناصر الكيميائية، وهو معدن مطيلي أي قابل للسحب. وهو عنصر لا يذوب في الماء في الشروط العادية، وهو من أكثر الفلزات وفرة في القشرة الأرضية، وتم طحن الألمنيوم إلى أجزاء صغيرة جدا فأصبح مسحوق ،وبعدها تمت معالجة المسحوق بواسطة مرشح سلكي (جهاز غربلة يدوي) مساو أو اقل من (150) µm، والجدول (1) يوضح خصائص مسحوق الألمنيوم ، والشكل (1) يوضح صورة فوتوغرافية لمسحوق الألمنيوم .

الجدول (1): بعض خصائص مسحوق الألمنيوم المستخدم كحشوات في هذا البحث [14].

اسم المادة	الصيغة الجزيئية	الكثافة g / cm^3	الكتلة الذرية g / mole	الطور	نقطة الانصهار ^oC	نقطة الغليان ^oC	حرارة التبخر KJ / mole
الألمنيوم	AL	2.70	26.981	بلصـ	660	2519	294.0

الشكل رقم (1): صورة فوتوغرافية توضح مسحوق الألمنيوم.

3.2. القالب المستخدم في البحث

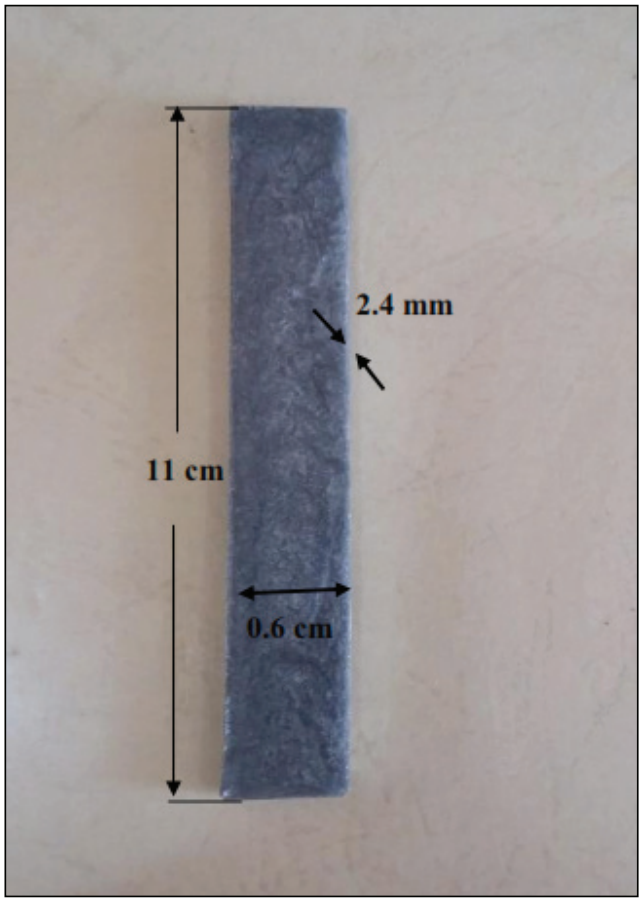
تم تصنيع قالب ذو قاعدة وجوانب من الزجاج الشفاف ذو السمك (4 ملم)، وتكون الجوانب متحركة ومرتبطة بالقاعدة بواسطة السليكون المطاط الذي يكون سهل الحركة. هذه الجوانب تكون متغيرة على وفق إبعاد العينة المراد تصنيعها. حيث يكون القالب المستخدم بشكل مستطيل وتكون إبعاده الطول (11) سم، العرض (1.5) سم، الارتفاع (4) ملم.

4.2. تحضير النماذج

تم استخدام الطريقة اليدوية (Hand-lay-out) في تحضير النماذج (البوليمر مع الحشوات)، حيث نبدأ بعملية المزج. علمًا أن التقوية بكسور وزنيه مختلفة هي) 0.8,0.5٪ 1,٪ ٪,1.5٪,2٪,2.5٪)، وتمزج مادة الأساس مع المصلد عند درجة حرارة الغرفة. ونخلط المزيج بشكل مستمر وببطيء ويستمر المزج لمدة (5-8) دقائق إلى ان يتجانس

Vol. 7, No. 13 and 14, P. (61-70)A, 2018

الخليط بشكل جيد، ثم يتم صب المزيج السائل على شكل سيل من إحدى جوانب القالب بحيث يسيل بصورة مستمرة ومنتظمة إلى الجانب الأخر للقالب، ثم يوضع القالب على هزاز ميكانيكي يدوي، ونبدأ عملية هز القالب لفترة زمنية مقدارها (1-2) دقيقة للتخلص من الفقاعات الهوائية. والشكل (2) يوضح صورة فوتوغرافية للنموذج المحضر للبولي استر المضاف إليه مسحوق الألمنيوم.



الشكل رقم (2): صورة فوتوغرافية تبين قياسات نموذج فحص مقاومة الشد ومقاومة الاحتراق.

5.2. جهاز قياس النماذج

استخدمنا تم في هذا البحث جهاز (Tensile) ذو المنشأ الألماني لقياس بعض الخصائص الميكانيكية للبولي استر المضاف إليه مسحوق الألمنيوم مثل مقاومة الشد والاستطالة. تم قياس النماذج المحضرة للخليط ضمن المواصفات العالمية [ASTMD 638 (1977)] [13]، تم الحصول على منحنيات الإجهاد – المطاوعة لجميع النماذج المحضرة بواسطة جهاز ((Tensile، وتم حساب مقاومة الشد للنموذج من خلال العلاقة الآتية [15]، والشكل (3) يوضح صورة فوتوغرافية لجهاز الخواص الميكانيكية.

$$Q = \frac{F}{A} \quad (N/mm2)$$

حيث F= قوة القطع (نيوتن) وA = مساحة مقطع العرضي للنموذج (ملم2).

ومن المعادلة الرياضية التالية يمكن حساب وحسب معامل يونك للنماذج المحضرة للخليط:

$$Y = \frac{Stress}{Strain} \quad (\text{Young's modulus})$$

حيث ان:

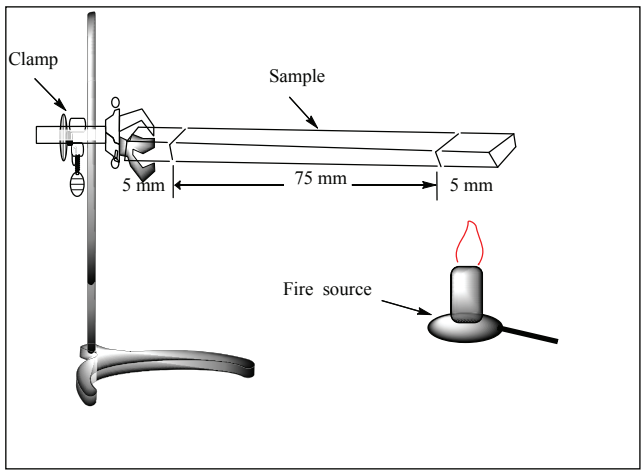
Stress: الإجهاد (ميكا باسكال).

Strain: المطاوعة (الاستطالة).

الشكل رقم (3): يوضح صورة فوتوغرافية تبين جهاز قياس بعض الخواص الميكانيكية (Tensile).

6.2. قياس معدل زمن الاحتراق:

تم قياس معدل زمن الاحتراق (Average Time of Burning ATB) ومعدل الاحتراق لكل نموذج بواسطة جهاز قياس معدل الاحتراق وحسب الطريقة القياسية 81 16] - [ASTM D635.حيث تم حساب الزمن اللازم لاحتراق النموذج إلى مسافة (75) مليمتر من النهاية الحرة له،كذلك تم إعادة القياس ثلاث مرات لكل نموذج وتم استخراج متوسط القيم والشكل (4) يوضح رسم تخطيطي لجهاز قياس زمن الاحتراق.



الشكل رقم (4): رسم تخطيطي لجهاز قياس معدل زمن الاحتراق.

3. النتائج العملية والمناقشة: Results and Discussion

الشكل (5) يوضح منحنيات الإجهاد – المطاوعة للنسب الوزنية (0.5%,0.8% ,1%,1.5%,2%,2.5%) التي تم الحصول عليها من النتائج العملية. نلاحظ من الشكل (5) بان القسم الأول من منحني الجهاد–المرونة يمثل قانون هوك (هو عبارة عن خط مستقيم وهذا يمثل مرونة النموذج) ، و بعد ذلك نلاحظ بان المنحني يميل قليلا والذي من خلاله يمكننا الحصول على معامل المرونة للنموذج، وفي هذا الجزء من المنحني (السلوك المرن) يستعيد النموذج شكله الأصلي عند زوال القوة المسلطة على النموذج لان الطاقة المصروفة تكون مخزونه وبشكل طاقة مرنه، وعندما يتجاوز النموذج هذه الجزء من المنحني فإما إن يضعف عند نقطة معينة عندما يكون البوليمر مررناً وبذلك يقل الإجهاد المسلط عليه وإما إن يتمزق عندما يكون البوليمر غير مرن (هشاً)، وان أقصى قوة مسلطة يتحملها النموذج قبل ان يضعف تدعى قوة الشد والتي تمثل نقطة الخضوع (انتهاء السلوك المرن في البوليمر). بعد منطقة الوهن (الضعف) نلاحظ زيادة الجهد المسلط بصورة تدريجية، ويعود سبب ذلك إلى ترتيب جزيئات البوليمر (السلاسل البوليمرية) باتجاه محور سحب النموذج المحضر(البوليمر مع المضاف) وبذلك تزداد القوة المسلطة على النموذج وبزيادة هذه القوة يبلغ النموذج مرحلة التمزق. إذ نلاحظ بان اعلي قيمة للاستطالة العظمى(المرونة) كانت (25.5٪) عند النسبة (0٪) (عند البوليمر النقي)، اما اقل قيمة للاستطالة العظمى(المرونة) كانت (5.7٪) عند النسبة (2 ٪)، اما نتائج قوة الشد (الصلابة) فكانت قيمتها عند النسبة (0.5 ٪) (47.1) Mpa ، بينما قيمة قوة الشد عند النسبة (0 ٪) هي (34) Mpa. وهذا يقودنا بان البوليمر عند النسبة (0 ٪) عالي المرونة وقليل الصلادة بعكس البوليمر عند إضافة النسب المئوية للحشوات فتكون قليل المرونة وعالي الصلادة وهذا ما نلاحظه من خلال قيم بعض الخواص الميكانيكية للبولي استر المضاف اليه مسحوق الألمنيوم في الجدول رقم (2). الشكل (6) يبين معدل زمن الاحتراق مع نسب المضاف الوزنية من مسحوق الألمنيوم، إذ نلاحظ بان السلوك يبدأ بتأثير قوي عند النسبة (0.5٪) إذ تصل قيمته إلى (168) ثانية وبعدها يبدأ السلوك بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية ثم يزداد ويشذ هذا السلوك عند النسبة الوزنية (1 ٪) مما يدلل على أن زيادة نسبة مسحوق الالمنيوم لها تأثير سلبي على مقاومة اللهوبية وانتشار الحرارة خلال المصفوفة البوليمرية حيث نحصل على انخفاض عند النسبة

(٪ 1) وهي (160) ثانية ،أما عند النسبة الوزنية (٪ 1) فلربما عدم تجانس المضاف بشكل قوي مع السلاسل البوليمرية الأمر الذي أدى إلى شذوذ البوليمر عند هذه النسبة الوزنية من المضاف، وبعدها يبدأ السلوك بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية ومن ثم يزداد إلى إن يصل إلى أقصى قيمة عند النسبة (2.5٪) إذ تصل قيمته إلى (195) ثانية. الشكل (7) يمثل قيم حد التناسب للبوليمر (proportional limit) مع النسب الوزنية، فتم الحصول على قيم حد التناسب من منحيات الإجهاد- المطاوعة للبوليمر مع نسب المضاف عندما يكون المنحني خطاً مستقيما لكل نسب المضاف (مسحوق الألمنيوم). إذ نلاحظ بان أقصى قيمة لحد التناسب هي (2095) نيوتن والتي كانت عند نسبة الوزنية (0.8٪). إذ يكون للخليط (البوليمر مع المضاف) عند هذه النسبة الوزنية التجانس القوي بين مسحوق الألمنيوم (المضاف) وجزيئات البوليمر. بينما كانت قيمة حد التناسب (1366) نيوتن والتي تعتبر اقل قيمة عند النسبة الوزنية (0.5٪). الشكل (8) يمثل العلاقة بين النسبة المئوية للمرونة (الاستطالة) في النموذج مع النسب الوزنية للخليط، إن سلوك الاستطالة يبدأ بتأثير قوي عند النسبة الوزنية (0٪) للبوليمر النقي وهي (25.5٪)، وبعد ذلك تنخفض قيمة السلوك فتكون (5.7٪) عند النسبة الوزنية (2٪). إي يكون الخليط قليل المرونة عند هذه النسبة فيعمل مسحوق الألمنيوم على تقليل وسد الفراغات بين جزيئات البوليمر فيحد ويعيق حركة جزيئات البوليمر وبذلك تقل المرونة وتزداد الصلادة، وبعد ذلك تزداد الاستطالة عند زيادة النسب الوزنية للمضاف (مسحوق الألمنيوم) إي عند النسبة (2.5٪)، ويكون البوليمر عند هذه النسبة عالي المرونة وقليل الصلادة لان عند هذه النسبة من المضاف تكون جزيئات البوليمر حرة الحركة (غير مقيدة) وبذلك تقل صلابة البوليمر وتزداد مرونته. الشكل (9) يمثل العلاقة بين معامل يونك والنسب الوزنية للخليط (مسحوق الألمنيوم مع البولي استر) والذي يعرف على انه نسبة الجهد المسلط (Stress) إلى المرونة في النموذج (Elongation) للمواد الصلبة فقط، ويتبين من الشكل (9) انخفاض قيم معامل يونك (معامل المرونة) عند النسب الوزنية للخليط المحصورة بين ((0.8-1٪، وبعد ذلك تزداد قيم معامل يونك لتصل إلى أقصى قيمه له وهي (480.2) MPa عند النسبة الوزنية (1.5٪)، و يفسر انخفاض قيم معامل يونك عند النسبة (1٪) والذي قيمتها (280.9) MPa للخليط إلى انخفاض التجانس الذي يحث بين جزيئات المضاف مع جزيئات البوليمر عند هذه النسبة الوزنية بالرغم من إن خلط النماذج جميعها تم في نفس الظروف، وهذا يدل على إن الخليط (البوليمر مع المضاف) يمتلك صفة عالية للاستطالة (المرونة) عند هذه النسبة الوزنية ، وهذه النتائج العملية تتطابق مع الأبحاث العلمية التي تدرس الخواص الميكانيكية لمعظم البوليمرات [1]. نلاحظ من الشكل (10) بان مسحوق الألمنيوم (الحشوات) يعمل على تقليل خاصية الصلابة (الصلادة) عند البوليمر المستخدم في هذا البحث كمادة أساس وزيادة صفة المرونة (الاستطالة) الأمر الذي يؤدي إلى أن جزيئات البوليمر (السلاسل البوليمرية) تكون حرة الحركة غير مقيده. حيث نلاحظ من الشكل (10) إن سلوك قوة الشد عند الوهن يكون ذو تأثير قوي عند النسبة الوزنية المنخفضة. فتكون قيمة هذا السلوك هي (47.1) MPa عند النسبة الوزنية المنخفضة وهي (٪ 0.5) والتي تعتبر أعلى قيمة لهذا السلوك، في حين تكون قيمتهُ عند النسبة الوزنية (٪ 2) هي (25.5 MPa) والتي تعتبر اقل قيمه له. حيث يبدأ السلوك بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية للخليط، أما الشكل (11) فيتبين منهُ ان سلوك قوة الشد عند القطع تبدأ بتأثير قوي عند النسبة الوزنية المنخفضة وهي (٪ 0.5)، وبعد ذلك يبدأ السلوك بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية للخليط إلى إن تصل (34 MPa) للنسبة الوزنية

(1٪)، ويستمر السلوك بانخفاض قيمهُ عند زيادة النسب الوزنية للخليط حتى نحصل على اقل قيمه له عند النسبة الوزنية (2٪) وهي (25.3 MPa)، وهذا يقودنا إلى أن قيم سلوك الشد عند القطع تقل بزيادة النسب الوزنية للخليط وخصوصا عند النسب الوزنية المحصورة بين (1٪-0.8٪) وهذه النتائج تدلل على إن المضاف (مسحوق الألمنيوم) المستخدم في هذا البحث كحشوات مالئة مع البولي استر يعمل على تحسين صفة الصلابة للخليط (الصلادة) وذلك لمساهمة التوزيع المتجانس بين جزيئات المضاف للمادة والتي تكون ذات الطبيعة الصلبة [1].

4. الاستنتاجات: Conclusion

نستنتج من هذا البحث بان إضافة مسحوق الألمنيوم إلى البولي استر غير المشبع له تأثير كبير على بعض الخواص الميكانيكية ومنها (الصلادة والمرونة ومعامل يونك). أن نسبه (1٪) من مسحوق الألمنيوم المضاف مع البولي استر في هذا البحث تعتبر النسبة الأفضل من ناحية صفة المرونة (الاستطالة) للبوليمر، أما النسبة الأفضل لصفة الصلابة (الصلادة) للخليط هي النسبة (0.5٪) نتيجة التوزيع المتجانس لمسحوق الألمنيوم مع جزيئات البوليمر والذي يقلل ويغلق المسامات بين السلاسل البوليمريه، معدل زمن الاحتراق في هذا البوليمر يرتبط ارتباطاً مباشراً مع نسبة المضاف الوزنية سلباً أو إيجابا حيث يتأثر سلبياً مع نسب المضاف العالية وايجابياً مع النسب المنخفضة نسبة إلى الحالة النقية لبوليمر البولي استر غير المشبع، ويعتبر البولي استر مع النسبة الوزنية (5٪) للمضاف (مسحوق الألمنيوم) ألأكثر تجانسا من باقي النسب الوزنية الأخرى. أقصى قيمة لحد التناسب (2095) نيوتن عند النسبة الوزنية (0.8 ٪)، بينما أدنى قيمة لحد التناسب عند النسبة الوزنية (0.5٪) هي (1366) نيوتن.

المصادر:

[1] M. Kazayawoko, J.J. Balatineaz and L.M. Matuana, Journal of Materials Science, 34, 6189-6199, (1999).

[2] K.S. Whitley, T.S. Gates, J. A. Hinkley and L.M. Nicholson. NASA, Langley Res. Cen. Hampton, Virginia, 23681, 2199, (2000).

[3] R.J. Klebe, J.V. Harriss, Z.D. Sharp and M.G. Douglas, 25(2-3), pp ;33-41,(1983).

[4] W.Callister," Materials science & Engineering an intoduaction ", 6th Ed, (2003).

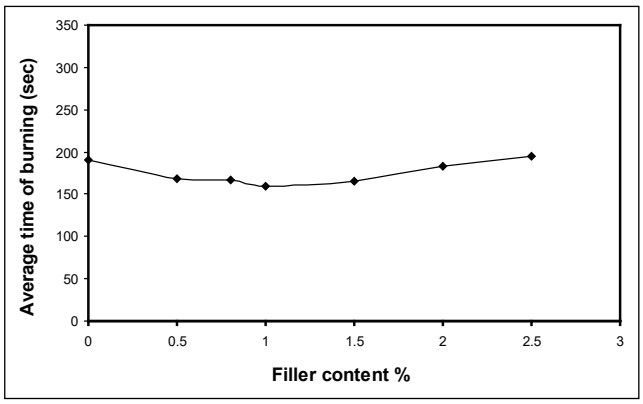
[5] اريج رياض سعيد ،نور الدين رفيق « قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد، مجلة الهندسة والتكنلوجيا ،المجلد 29 ، العدد 15 (2011).

[6] W. Bolton, '' Engineering Materials Technology'', 3th ed., Prentice Hall Co. (1998).

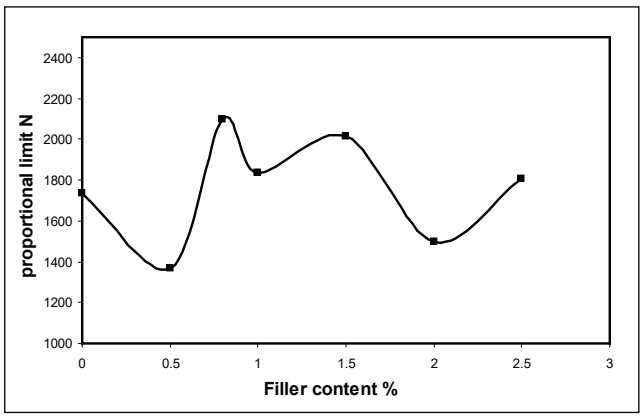
[7] N. A. Abdullah, A. J. Mohammed, I. K. Ibrahim and F. J. Mohammed, "Effect of the adding of rice husk on the Mechanical Properties for High Density Polyethylene (HDPE)", American Journal of Engineering Research (AJER), Volume 5, Issue-11, pp-221-226, (2016).

[8] W. A. Radhi, A. J. Mohammed, S. H. Jasim, I. K. Ibrahem, F. J. Mohammed," Study the effect of Luffa powder (natural additives)on the flame resistance of Low Density Polyethylene (LDPE)", International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS) – Volume-2, Issue-2, February (2016).

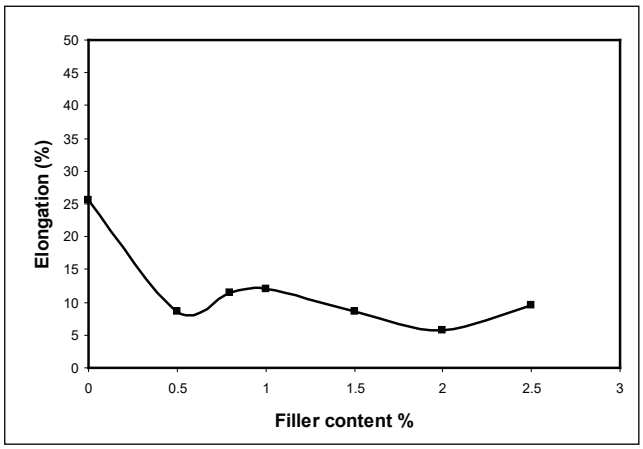
[9] A.G. Supri and S. Shuhadah," Properties



الشكل رقم (6): يبين العلاقة بين معدل زمن الاحتراق وتركيز المضاف مسحوق الألمنيوم لبوليمر البولي استر .



الشكل رقم (7): يمثل العلاقة بين حد التناسب وتركيز المضاف مسحوق الألمنيوم لبوليمر البولي استر .



الشكل رقم (8): يوضح العلاقة بين الاستطالة وتركيز المضاف مسحوق الألمنيوم لبوليمر البولي استر .

of low density polyethylene(LDPE) / egg-shell powder composites: the effect of ethylene diamine - isopthalic “, International Journal of General Engineering and Technology (IJGET), Vol.1, Issue 2 Nov. PP. 9-18, (2012).

[10] H. A. Hamadi, N. A., Wael A.S. and A. K. journal of al-qadisiyah for pure science, Vol.16, PP. 1-10,(2011).

[11] إنعام وادي وطن،“ دراسة بعض الخواص الميكانيكية والحرارية للبولي استر غير المشبع والمدعم بدقائق سيراميكية»، مجلة ديالى، العدد 37، (2009).

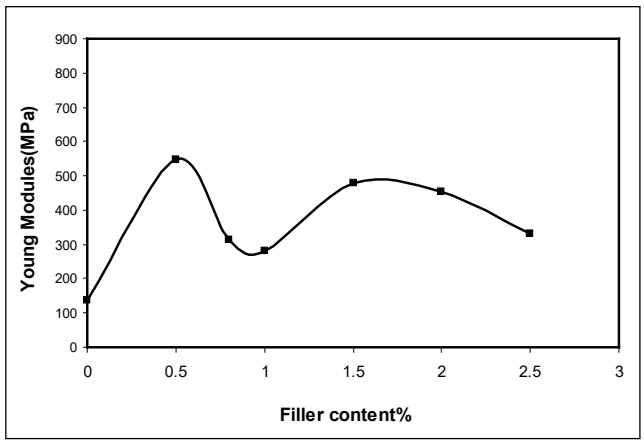
[12] علي حسين عتيوي ، ليث وضاح ، اسيل محمود عبدالله،» دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة بوليمرية مقواة برايش و مسحوق النحاس»، مجلة الهندسة، ايار، العدد 5، مجلد 18، (2012).

[13] B. V. Kokta, R. G. Raj, D. Maldas and C.Daneault, J. Appl. Polym. Sci. , 37,1089-1103 (1989).

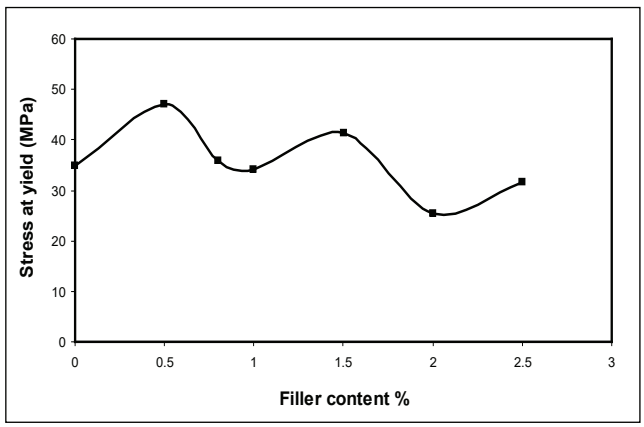
[14] F. John C. and D. E. Mapother. “Superconducting Transition in Aluminum”. journal of Physical Review. 111 (1): 132–142. (1958) .

[15] العزاوي علي، الدباغ بلقيس، الحداد سلام ”مجلة الهندسة والتكنولوجيا، العدد 13، المجلد 28، (2010).

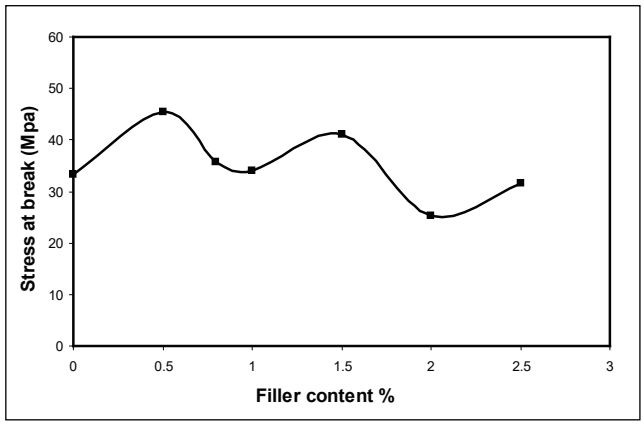
[16] Annual book of ASTM standards,. Front Cover. American Society for Testing and Materials. Part-35, (1981).



الشكل رقم (9): يبين العلاقة بين معامل يونك وتركيز المضاف مسحوق الألمنيوم لبوليمر البولي استر .



الشكل رقم (10): يمثل العلاقة بين قوة الشد عند الوهن مع تركيز المضاف من مسحوق الألمنيوم البولي استر .



الشكل رقم (11): يوضح العلاقة بين قوة الشد عند القطع وتركيز المضاف الألمنيوم لبوليمر البولي استر .