تأثير إضافة مسحوق الألمنيوم على خصائص مقاومة الانحناء والاحتراق لبوليمر البولي استر غير المشبع

أحمد جاسم محمد[1]، عبد الله عباس حسين[1] وإبراهيم كاظم إبراهيم [2]

[1]-قسم علوم المواد ، مركز أبحاث البوليمر، جامعة البصرة، البصرة، العراق

[2]-قسم كيمياء وتكنولوجيا البوليمرات، مركز ابحاث البوليمر، جامعة البصرة، البصرة، العراق

E-Mails: ahamd.jasim@yahoo.com

الملخص

تم إضافة مسحوق الألمنيوم حشوات مالئة وبنسب وزنية(0.5%,0.8 %,1 %,1.5%,2%,2.5%) وعند حجم دقائق للحشوات مساو أو أقل من (150 µm) لبوليمر البولي استر غير المشبع ذو المنشأ التركي للحصول على مادة متراكبة، ولمعرفة إمكانية المضاف (مسحوق الألمنيوم) حشوات مالئة ودورها في تغيير مقاومة الانحناء وزيادة أو تقليل من الفترة الزمنية لمقاومة الاحتراق وانتشارها في المصفوفة البوليمرية. تم في هذه الدراسة العملية قياس عدة متغيرات منها مقاومة الانحناء للمادة المتراكبة و الفترة الزمنية للاحتراقية إضافة إلى إيجاد النسبة المئوية لزمن الاحتراق، وتم قياس العينات المادة الأساس (البولي استر غير المشبع) بصورة نقية و عند إضافة الحشوات (مسحوق الألمنيوم) بواسطة المجهر الضوئي (Optical Microscope) لمعرفة مدى تجانس وترابط البوليمر مع الحشوات عند إضافة النسب الوزنية. أي القيام بدراسة الترتيب الدقيق للعينات، وتم اخذ قياسات مطياف الامتصاص في منطقة الأشعة تحت الحمراء (FTIR) للبوليمر النقي وللبوليمر مع النسب الوزنية من الحشوات، أظهرت النتائج أن أقصى مقاومة انحناء للمادة البوليمرية المقواة (بمسحوق الألمنيوم) هي (140 Mpa) عند النسبة الوزنية (0.8 %)، حيث إنَّ مسحوق الألمنيوم المضاف إلى البوليمر يعمل على تقليل الفراغات بين السلاسل البوليمرية مما يعكس إمكانية البوليمر العالية بتحمل الإجهاد المسلط عليه وتكون درجة التجانس عالية بين كل من البوليمر والحشوات المضافة و بعدها تنخفض قيم مقاومة الانحناء عند زيادة نسب المضاف إلى أنَّ تصل إلى اقل قيمة لها عند النسبة الوزنية (2.5 %) وهي (84.3 Mpa). ولأنَّ سلوك المادة البوليمرية المتراكبة لمعدل زمن الاحتراق يبدأ بتأثير قوي عند النسبة (0.5%) إذ تصل قيمته إلى (168 Sec) وبعدها يبدأ بالانخفاض عند زيادة النسب الوزنية للمضاف ومن ثَم يزداد إلى إنَّ يصل إلى أقصى قيمة عند النسبة (2.5%) إذ تصل قيمته إلى(195 Sec) ويشذ هذا السلوك عند النسبة الوزنية (1 %)، وأوضحت النتائج أيضاً بأنَّ النسبة المئوية لزمن الاحتراق تتراوح بين القيم السالبة عند النسب الوزنية المنخفضة من المضاف وهي (0.5 % - 1.5%) وتكون موجبة عند النسب الوزنية وهي (2 % - 2.5 %).

الكلمات المفتاحية: البولي استر غير المشبع، مسحوق الألمنيوم، مقاومة الانحناء، مقاومة الاحتراق واللهوبية، النسبة المئوية للاحتراق.

المقدمة.

البوليمر (Polymer) هو مركب ذو وزن جزيئي كبير مكون من وحدات جزئية مكررة، و قد تكون هذه المواد عضوية أو غير عضوية أو عضوية معدنية، وقد تكون طبيعية أو اصطناعية في أصلها، وأصبحت البوليمرات تؤدي دوراً أساسياً وكلّيا في استخدامات الحياة اليومية وذلك لما تتمتع به من خواص فريده من نوعها، فهي مواد أساسية في الجوانب الصناعية في الحياة اليومية للإنسان مثل المواد اللاصقة ومواد البناء والورق والملابس والألياف واللدائن والسيراميك والخرسانة والسائل البلوري (Liquid crystal) والمقاوم الضوئي وغيرها، وهي متواجدة في معظم مكونات التربة والنباتات الحية وتكون مهمة في التغذية والهندسة وعلم الأحياء والطب والحواسيب واستكشاف الفضاء والصحة والبيئة، وقد تحتوي هذه المواد البوليمرية على بعض العيوب ولغرض التخلص من هذه العيوب فقد استخدمت طرائق متعددة مثل التدعيم

بالألياف أو التدعيم بهيئة قشور (Flakes) أو حشوات (Fillers) أو دقائق، وذلك لتقوية تماسك جسيمات البوليمر[16,8,5].

يعد بوليمر البولي أستر أحد أنواع البوليمرات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting Resins) ويتم تحضيره من تفاعل مونومير الجليكول(Glycol Monomer) مع حامض غير مشبع ثنائي القاعدة (Dibasic Acid) ويشترط أن يمتلك أحد المونوميرين أو كليهما على رابطة مضاعفة في تركيبه، وبعد تكون البوليمر الخطي يمزج مع مونومير فنيل فعال مثل الستايرين(Styrene) بالإضافة إلى عامل مساعد يتكسر إلى شقوق حرة وبهذا تتم بلمرة مونومير الفنيل مع الروابط المزدوجة على طول سلسلة البوليمر وبذلك يتكون البولي أستر[1].

المدى الواسع للخواص الفيزياوية للبوليمرات ساهم وبشكل كبير في اتساع مدى تطبيقها الصناعي ومنها مرونتها (Elasticity) وشفافيتها (Transparancy) وقوتها (Strength) والكثير من الخواص الميكانيكية المختلفة التي تتطلبها الاستخدامات العملية لهذه البوليمرات. إذ يمكن من خلال معرفة الخواص الفيزيائية للبوليمرات وفهمها إدخال الكثير من التحسينات على البوليمرات بطرق كيميائية أو طرق تكنولوجية متعددة، وتتغير صفات البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastics) بتغير درجة حرارتها، فبتأثير الحرارة تتحول إلى منصهرات وعندما تقترب درجة الحرارة من درجة انتقالها الزجاجية تصبح مرنة ثم تزداد مرونتها بتحولها إلى منصهرات لزجة، وعند خفض درجة حرارة المنصهر تسترجع حالتها الصلبة القوية، ويعد هذا الصنف من أكثر البوليمرات أهمية صناعيا ً[14,7].

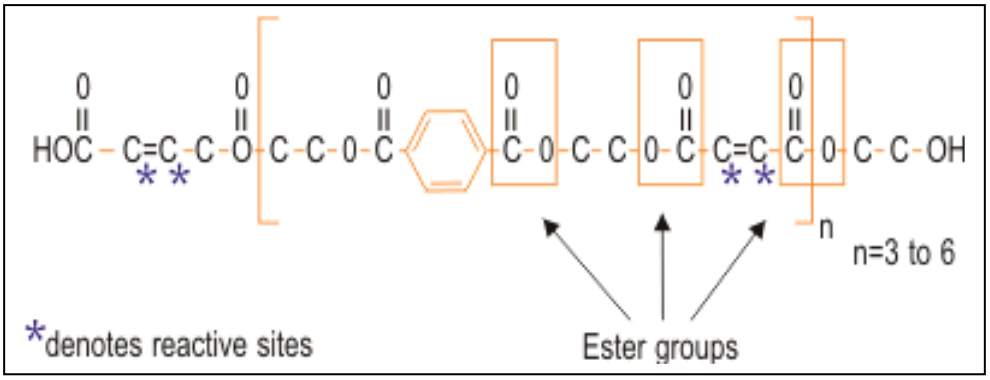
تضاف إلى البوليمرات العديد من المضافات المختلفة (Additives) لتحسين أو إدخال بعض الخصائص المرغوبة في البوليمرات ومنها مضادات الأكسدة والحشوات والعوامل المانعة للشحنة المستقرة والعوامل الملونة والعوامل الملدنة والمثبتات وغيرها. إذ تعد المالئات (Fillers) من المضافات الرئيسية للبوليمرات ، ويمكن تعريفها على أنَّها مواد صلبة تضاف للبوليمرات لتحسين خواصها الميكانيكية وتقليل كلفتها ولها تاثير معاكس للملدنات حيث تقلل من ليونة البوليمر ونسبة الإستطالة، ولكنها تزيد من قوة الشد ومعامل يونك، أو تعرف على انهَا مواد عضوية أو لاعضوية تضاف للبوليمر إما لغرض زيادة حجم المادة اللدائنية مما يخفض من كلفة الاستخدام وفي هذه الحالة تسمى بالمالئات الخاملة أو قد تحسن بعض الخواص الميكانيكية وتدعى في هذه الحالة بالمالئات الفعالة. إذ تصنف المواد المالئة (Fillers) اعتماداً على تركيبها الكيميائي (Chemical composition) أو شكلها الفيزيائي (Physical forms) أو حسب مصادرها (Sources) أو وظائفه (Functions)، وتصنف المالئات حسب تركيبها الكيميائي ومصادرها إلى نوعين هما المالئات اللاعضوية (Inorganic fillers) و المالئات العضوية (Organo fillers)[11,19,3]. قام بعض الباحثين بدراسة إضافات متنوعة للبوليمرات لغرض تحسين خواصها، درس الباحث (Ahmed and et al) [10]، تأثير إضافة مسحوق النحاس على الخواص الميكانيكية للبولي استر غير المشبع، وقد حصل الباحث على نتائج أقصى قيمة لمعامل يونك كانت عند النسبة الوزنية (0.5 %) وهي (20.4 Mpa)، وأقصى قيمة للاستطالة هي (35.9%) عند النسبة الوزنية (2.5 %)، في حين حصل على أقصى قيمة للصلادة عند النسبة (0.8%) وهي (20.4 Mpa). قام الباحث (Watan) [15]، بدراسة تدعيم بوليمر البولي استر غير المشبع بمادة الالومينا السيراميكية (اوكسيد الألمنيوم) لدراسة مقاومة الصدمة ومتانة الكسر والتوصيلية الحرارية فحصل على أعلي قيم للتوصيلية الحرارية عند النسبة الوزنية (20%) وهي (0.31 w/m.oc). قام الباحث (علي وجماعته) [4] بدراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة بوليمرية مقواة برايش ومسحوق النحاس، وقد حصل على نتائج تفيد بأنَ أقصى مقاومة انحناء للمادة البوليمرية (البولي استر غير المشبع) المقواة بالنحاس (المسحوق والرايش) هي (85.13 Mpa) و (50.08 Mpa) على التوالي، وقد حصل على أعلي طاقة ممتصة في فحص الصدمة للمادة البوليمرية المقواة بالنحاس (المسحوق والرايش) هي (0.85 J) و (0.4 J) على التوالي. أجرى الباحث (احمد)[6]، دراسة عملية للبولي استر غير المشبع والمضاف إليه مسحوق الألمنيوم لمعرفة تأثيرها على بعض الخواص الميكانيكية، ومن خلال النتائج حصل على النسبة الأفضل لصفة الصلابة (الصلادة) للخليط هي النسبة (0.5%) هي (47.1 Mpa)، وحصل على أقصى قيمة لمعامل يونك وهي (480.2 MPa) عند النسبة الوزنية (1.5%). تعد عملية احتراق البوليمر من العمليات المعقدة التي تقسم إلى مراحل متعددة. تشمل التسخين والتحلل الحراري والاتقاد ثم الاحتراق، ففي المرحلة الأولى تسخن المادة حتى تصل الى درجة الاتقاد وتكون هذه العملية سريعة في المواد ذات السعة الحرارية الواطئة والتوصيل الحراري العالي. وفي التحلل الحراري

يتفكك البوليمر الى مركبات ذات أوزان جزيئية واطئة قد تتفحم في مرحلة الالتهاب بدون تسليط طاقة خارجية او قد تتقد نتيجة لتماسها مع شرارة أو لهب خارجي ويبدا الاحتراق عند مرحلة الاتقاد من خلال تفاعلات متسلسلة للجذور الحرة الناتجة، ينتج عنها حرارة إضافية تساعد على تفكك واحتراق بقية المادة، وتستخدم مقاومات الاحتراق لمنع أو إيقاف احتراق البوليمر وقد زاد الاهتمام فيها في الآونة الأخيرة ولاسيما في مجال البوليمرات التطبيقية وانَّ الأنماط الرئيسية لعمل مقاومات الاحتراق [2]. في هذا البحث تم دراسة تأثير إضافة مسحوق الألمنيوم مقاومة الانحناء للمادة المتراكبة و الفترة الزمنية والنسبة المئوية للاحتراق إضافة إلى دراسة النسبة المئوية لزمن الاحتراق المطعم بمسحوق الألمنيوم محاولة للمساهمة في الاستفادة من المخلفات الصناعية والتخلص منها (تدوير النفايات) خدمةً للاقتصاد الوطني والمحافظة على البيئة.

الجانب العملي Experimental Part :

- المادة الأساس والحشوات Pure and Fillers Materials:

استعمل في هذا البحث البولي استر غير المشبع (Polyester) كمادة أساس وهو مادة بوليمرية من نوع البوليمرات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting) ذو المنشأ التركي والمجهز من شركة (Henkel A.S التركية)، وهو من البوليمرات التي تستخدم مادة لاصقة في مختلف الصناعات ويكون على هيئة سائل لزج بني اللون ذو رائحة قوية ومميزة، كثافته بحدود كثافته بحدود (1.5 gm/cm^3)، ذو لزوجة (1000 Poise)، وعند درجة حرارة (25°C) ، يتحول إلى الحالة الصلبة بعد إضافة المصلد إليه الذي يكون أيضا سائل لزج شفاف (كيتون اثيل المثيل بيروكسيد) وبنسبة 2% والمجهز من الشركة نفسها والشكل (1) يوضح التركيب الجزيئي للبولي استر غير المشبع. استخدم مسحوق الألمنيوم حشوات مالئة مع البوليمر تقع ضمن صنف حشوات المعادن [15,9] ، 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 جداً 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 (2) يوضح صورة فوتوغرافية لمسحوق الألمنيوم .



الشكل (1): التركيب الجزيئي للبولي استر غير المشبع (9)

الجدول (1) بعض خصائص مسحوق الألمنيوم المستخدم حشوات في هذا البحث[19].

اسم المادة	الصيغة الجزيئية	الكثافة	الكتلة الذرية	الطور	نقطة الانصهار	نقطة الغليان	حرارة التبخر

الالمنيوم	AL	غ/سم^3 2.70	26.981 غ.مول$^{-1}$	صلب	660 س^0	2519 س^0	294.0 كيلو جول.مول$^{-1}$

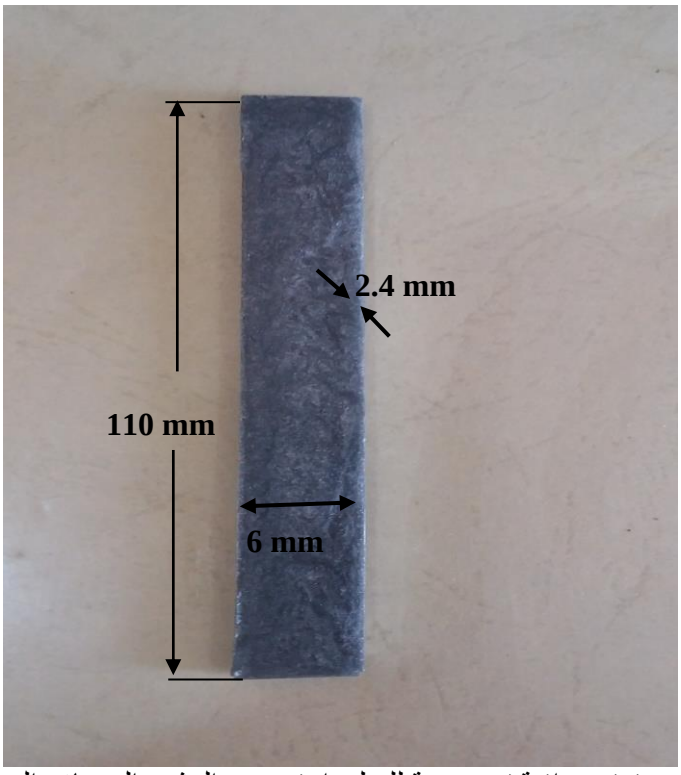
الشكل (2) صورة فوتوغرافية توضح مسحوق الألمنيوم.

تحضير العينات Sample preparation:

لتحضير عينات البولي استر غير المشبع مع إضافات بتراكيز مختلفة من مسحوق الالمنيوم تم إتباع الخطوات الأتية:

1- تم تصنيع قالب ذو قاعدة وجوانب من الزجاج الشفاف ذو السمك (4 mm)، وتكون الجوانب متحركة ومرتبطة بالقاعدة بواسطة السليكون المطاط الذي يكون سهل الحركة .وهذه الجوانب تكون متغيرة على وفق إبعاد العينة المراد تصنيعها .حيث يكون القالب المستخدم بشكل مستطيل وتكون أبعاده (الطول 110 mm، العرض 15 mm ، الارتفاع 4 mm).

2- باستخدام الطريقة اليدوية (Hand-lay-out) وعند درجة حرارة المختبر تم مزج المادة الأساس (البولي استر غير المشبع) مع حشوات (مسحوق الالمنيوم) من اجل التقوية وبنسب وزنيه مختلفة هي: (0.5 at. %, 0. at. %, 1 at. %, 1.5 at. %, 2at. %, 2.5 at. %)، واستمرت عملية الخلط وبشكل مستمر وبطيء ويستمر المزج لمدة (8 minute) إلى أنً يتجانس 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 (2 minute) للتخلص من الفقاعات الهوائية.والشكل (3) يوضح صورة فوتوغرافية للعينة المحضرة.



الشكل رقم (3) صورة فوتوغرافية تبين عينة للبولي استر غير المشبع المضاف إليه مسحوق الألمنيوم .

قياس مقاومة الانحناء والاحتراق للعينات Bending and Burning Resistance Measurements:

تم استخدم جهاز (Tensile) ذو الاسم (Zwick / Roell) ومن نوع (BTI-FR2.5TN.D14) وكانت الشركة المصنعة لهذا الجهاز هي (Germany) وبطاقة تشغيل تقدر (100-129V/4,4-3,7A)، لفحص النماذج من خلال قياس مقاومة الانحناء للعينات، وسجلت قراءات مقاومة الانحناء لجميع العينات المحضرة للمادة الأساس (البولي استر غير المشبع) من غير إضافة وللمادة الأساس مع النسب الوزنية للحشوات (مسحوق الالمنيوم)، والشكل (4) يوضح صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الخواص الميكانيكية (Tensile).

الشكل رقم (4) صورة فوتوغرافية تبين جهاز قياس الخواص الميكانيكية (Tensile).

تم قياس معدل زمن الاحتراق(Average Time of Burning ATB) ومعدل الاحتراق لكل عينة من العينات المحضرة بواسطة جهاز قياس معدل الاحتراق وحسب الطريقة القياسية ASTM D635 - 81 [11].إذ تم حساب الزمن اللازم لاحتراق النموذج إلى مسافة (75 mm) من النهاية الحرة له، و تم إعادة القياس ثلاث مرات لكل عينة، وبعد ذلك يتم استخراج متوسط القيم، والشكل (5) يوضح رسم تخطيطي لجهاز قياس زمن الاحتراق.ويتم حساب معدل زمن الاحتراق(Average Time of Burning (ATB ومعدل مدى الاحتراق Average Extent of Burning (AEB) بواسطة المعادلات الرياضية الأتية [13].

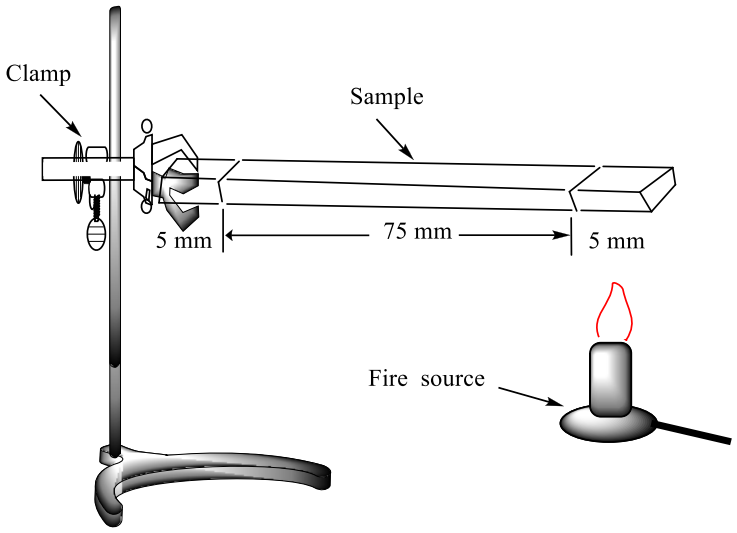
$$\text{Average Time of Burning (ATB)} = \frac{\Sigma\,(t - 30\ s)}{number\ of\ specimens} \qquad (1)$$

حيث : t : time(s), s: second.

$$\text{Average Extent of Burning (AEB)} = \frac{\Sigma\,(100\ mm - unburned lenght)}{number\ of\ specimens} \qquad (2)$$

ويمكن حساب معدل سرعة الاحتراق The Rate of Burning (RB) من خلال المعالة الأتية:

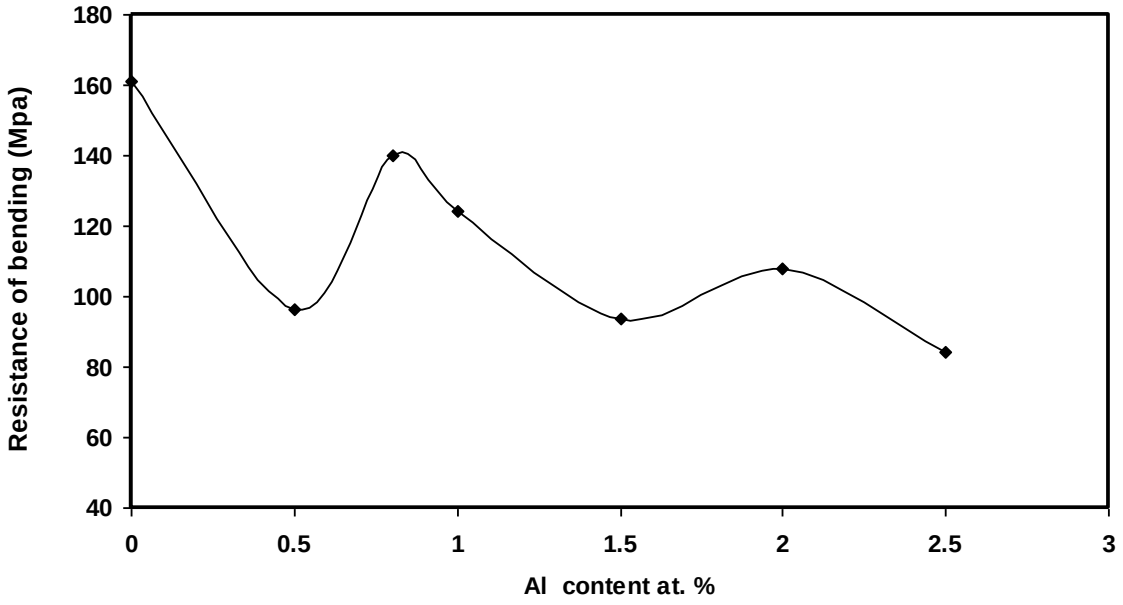
$$\text{Rate of Burning(RB)} = \frac{Average\,Extent\ of\ Burning\,(AEB) \quad cm}{Average Time\ of\ Burning\,(ATB) \quad \min .} \qquad (3)$$



شكل (5) رسم تخطيطي لجهاز قياس معدل زمن الاحتراق.

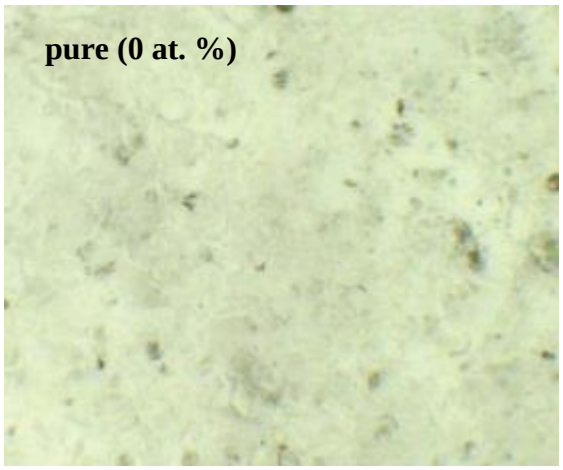
النتائج والمناقشة Results and Discussion:

العلاقة بين مقاومة الانحناء (Resistance of Bending) والنسب الوزنية لمادة التقوية في المادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري وهو البولي أستر غير المشبع والمقواة بمسحوق الألمنيوم موضحة في الشكل (6)، حيث نلاحظ من الشكل (6) بان سلوك مقاومة الانحناء يبدأ بتأثير قوي عند النسبة (0 at.%) أي عندما يكون البوليمر نقي بدون إي إضافة(تكون مرونة العينة عاليه وذات صلادة قليلة مقارنة مع العينات الأخرى عند إضافة الحشوات)، وبعد ذلك يزداد سلوك مقاومة الانحناء لنموذج القياس مع زيادة النسبة الوزنية للحشوات وخاصة عند (0.8 at. %) والتي بلغت قيمة المقاومة (104 Mpa)، و يعزى ذلك إلى تحمل المادة المتراكبة من البوليمر والحشوات معظم الضغوط المسلطة عليها (إي يكون توزيع المضاف للمادة الأساس بشكل غير متجانس وغير منتظم) وبالتالي يكون توزيع وتحمل الضغوط على كل إطراف نموذج القياس والتي تحول دون تمركز الضغوط في منطقة معينة فيحصل الفشل وتقل المقاومة وايضا تكون العينة عند هذه النسبة عالية المرونة وقليلة الصلادة نتيجة توزيع الحشوات بصور غير منتظمة، مما أدى الى الحاجة لإجهاد أكبر لحدوث الفشل في مقاومة الانحناء عند هذه النسبة الوزنية للمادة المتراكبة. ولربما وجود ترابط قوي مابين الحشوات (مسحوق الألمنيوم) والمادة الأساس (البولي أستر غير المشبع) والذي يؤدي الى نشوء سطح بيني جيد بحيث إن حصول الفشل في مقاومة الانحناء يحتاج إلى إجهاد (ضغط) أكبر لحدوثه، وأنَّ التقوية أو تحسين الخواص الميكانيكية يعتمد على الربط الجيد للسطح البيني ما بين المادة الأساس والحشوات. نلاحظ أيضا من الشكل (5) أنَّ أعلى قيمة لمقاومة الانحناء للمادة المتراكبة المقواة بمسحوق الألمنيوم كانت عند النسبة الوزنية (0.8 at. %) وهي (104 Mpa) في حين كانت أقل قيمة لمقاومة الانحناء عند النسبة الوزنية (2.5 at. %) وهي (84.3 Mpa) يمكن تفسير ذلك النقصان في قيمة مقاومة الانحناء عند زيادة نسبة المضاف ولاسيما عند الوزنية (2.5 at. %) إلى عدم التجانس القوي بين المادة الأساس والمضاف ومن ثَّم فإنَّ جزيئات المضاف تكون غير منتظمة التوزيع في كل أجزاء العينة و تقل المقاومة وعند هذه النسبة الوزنية تكون العينة قليلة المرونة وعالية الصلادة بسبب زيادة النسبة المئوية للحشوات والتي تكون بصفتها عالية الصلادة .

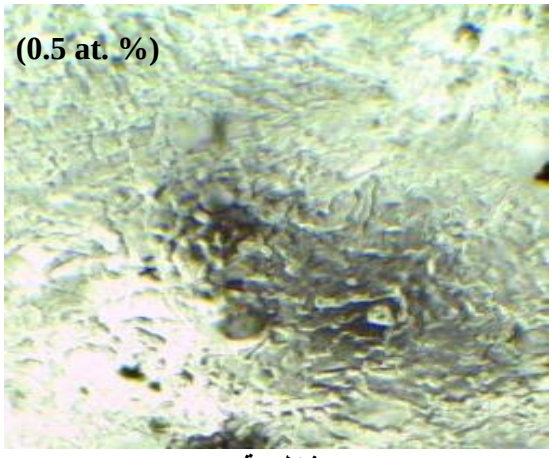


الشكل(6) العلاقة بين مقاومة الانحناء والنسب الوزنية وتركيز من مسحوق الألمنيوم للبولي استر غير المشبع

تم قياس عينات المادة الأساس (البولي استر غير المشبع) بصورة نقية وقاسها عند إضافة الحشوات (مسحوق الألمنيوم) والشكل (7) يبين صور فوتوغرافية تم قياسها بواسطة المجهر الضوئي (Optical Microscope) ذو الاسم العلمي (LEICA DM500) ومن نوع (ICC50 HD) وذات منشأ (Germany) بدقة عالية وبتكبير مقداره (PLAN 40x/0.65). أي كانت دراسة فحص تشكيل السطح (دراسة مروفولوجية) للعينات، حيث لوحظ من الصور تجانس بين المادة الأساس مع الحشوات ولاسيما عند النسبة (0.5 at. %)، حيث تكون العينة عند هذه النسبة عالية المرونة وقليلة الصلادة وذلك لكون نسبة المضاف قليلة مقارنة بالمادة الأساس، وأيضا لوحظ من الشكل (7) عند النسبة (2.5 at. %) تجانس عالي بين المادة الأساس والحشوات، وتكون العينة عند هذه النسبة قليلة المرونة وعالية الصلادة لأن الحشوات تكون عند هذه النسبة ذات كمية جيدة مقارنة بالمادة الأساس ولما تتصف به الحشوات من صلادة عالية، ويتضح من الشكل (7) عدم وجود تجانس قوي بين المادة الأساس والحشوات عند النسبة (0.8 at. %) وقد يعزى هذا الى سبب عدم المزج الجيد للمادة المركبة الأمر الذي أدى إلى توزيع الحشوات بين جزيئات البوليمر بشكل غير منتظم وغير مرتب فيكون متراكم بجهة معينة دون الأخرى.

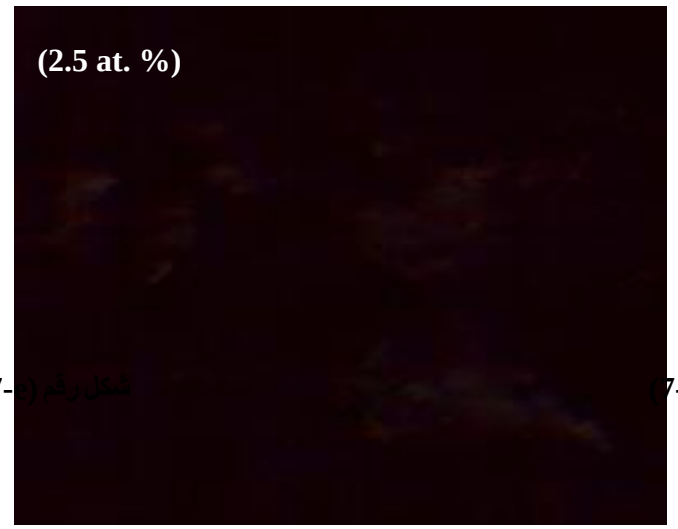


شكل رقم(7-a)



شكل رقم(7-b)

شكل رقم (7-c) **شكل رقم (7-d)**



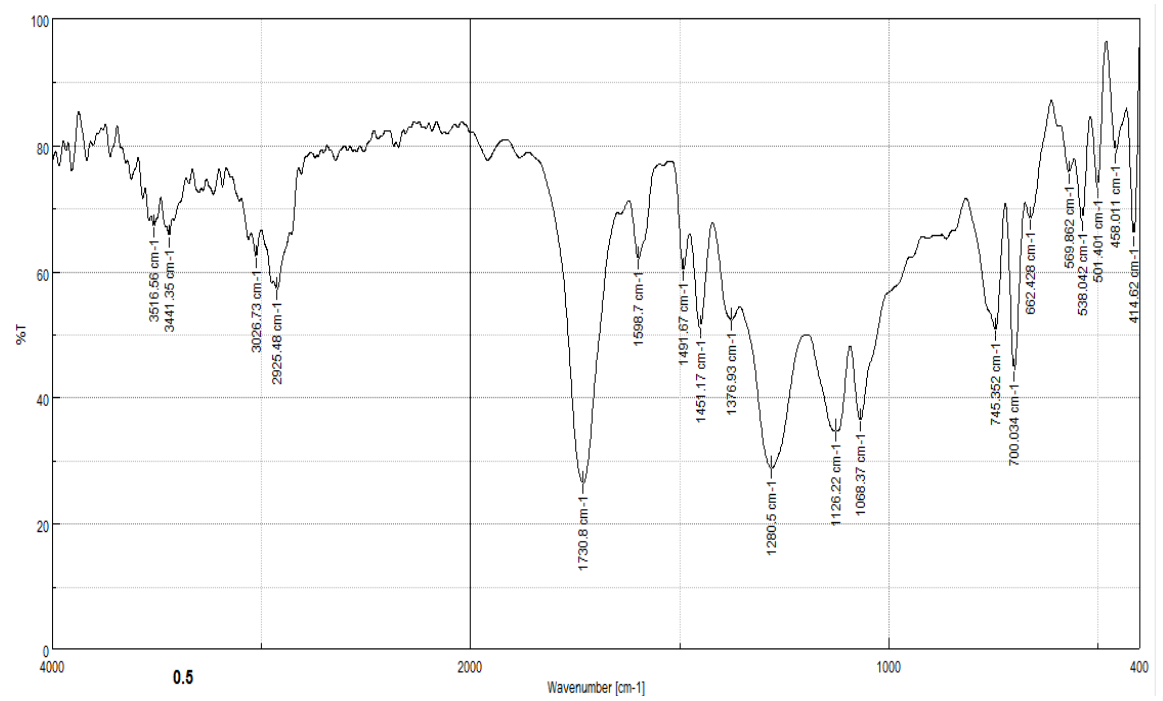
شكل رقم (7-e) **شكل رقم (7-f)**

شكل رقم(7-g)

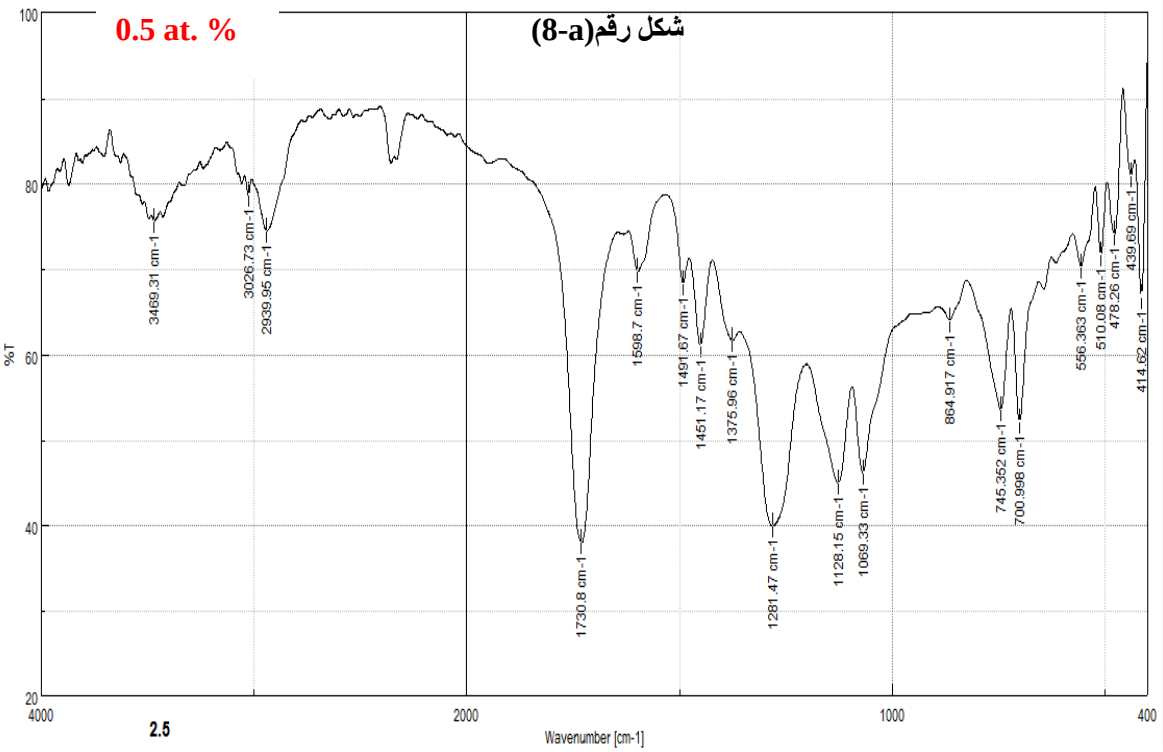
الأشكال (7-a - 7-g) مجموعة صور للنسب الوزنية للمادة الأساس من غير الحشوات و مع الحشوات التي تم أخذها بواسة المجهر الضوئي.

تم قياس التركيب الدقيق لعينات المادة الأساس بصورة نقية وللبوليمر مع الحشوات وبنسبة (0.5 at. %) و(2.5 at. %) بواسطة مطياف الامتصاص لمنطقة الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، إذ لُوحظ من الشكل (8) الذي يمثل مخطط للمادة الأساس (البولي استر غير المشبع) بصورة نقية وللمادة الأساس مع الحشوات

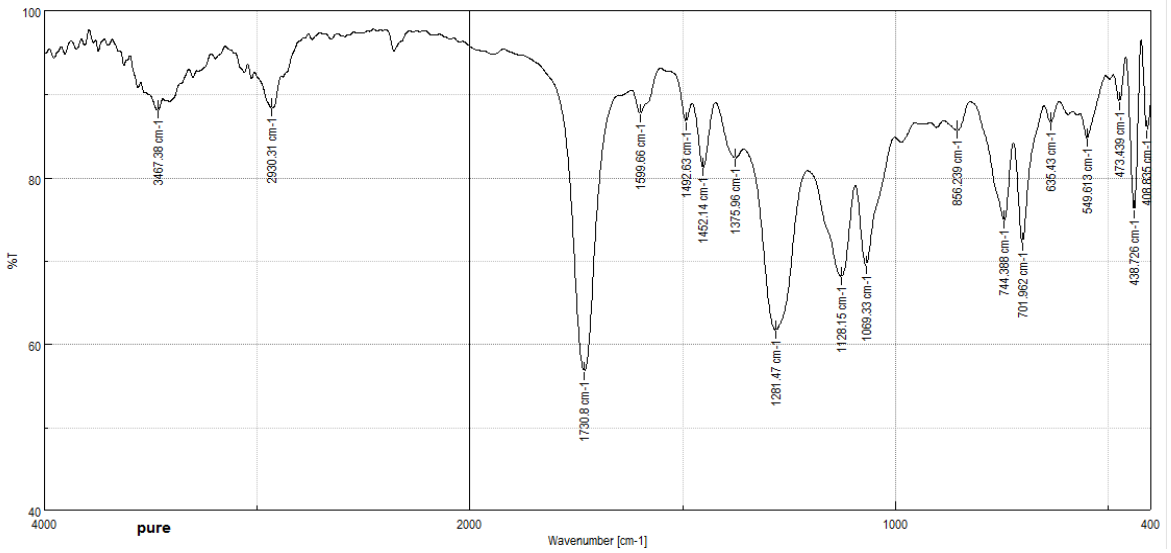
(مسحوق الألمنيوم) وبنسب at. % (2.5 و 0.5). إذ كان الغرض من هذا القياس هو معرفة مدى تجانس الترابط وقوتها بين المادة الأساس والحشوات وأيضاً لتحديد الدقيق للنسب الوزنية بعد الخلط مع المادة الأساس.



0.5 at. % **شكل رقم(8-a)**



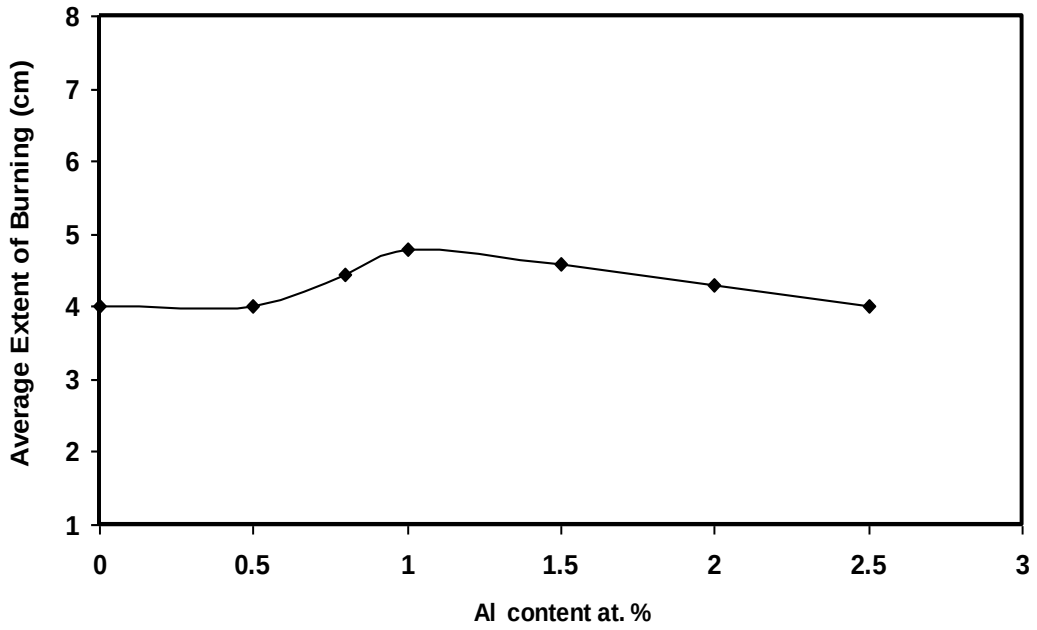
2.5 at. % **شكل رقم(8-b)**



الأشكال (8-a,b,c) صور تخطيطية للمادة الأساس (البولي استر غير المشبع) من غير حشوات ومع الحشوات(مسحوق الألمنيوم) للنسب الوزنية (0.5 at. %) و(2.5 at. %) والتي تم قياسها بواسطة مطياف الأشعة لمنطقة الأشعة تحت الحمراء (FTIR).

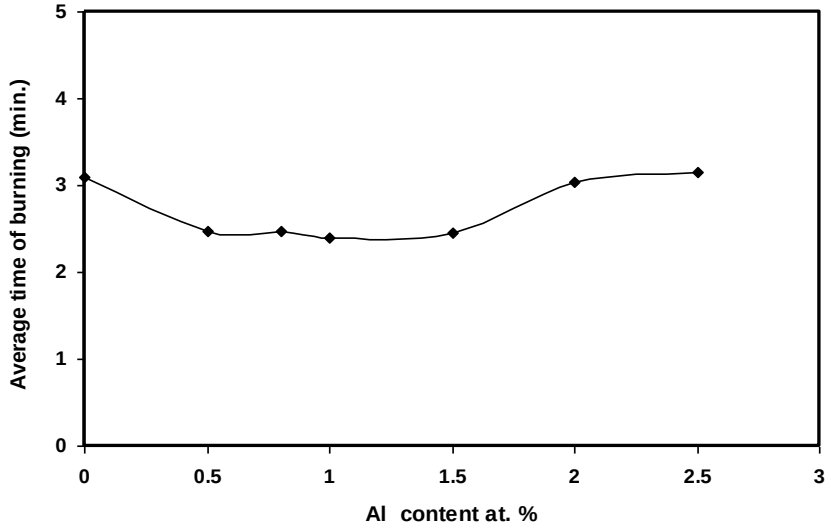
تستخدم مقاومات الاحتراق لمنع أو إيقاف احتراق البوليمر وقد زاد الاهتمام فيها في الآونة الأخيرة ولاسيما في مجال البوليمرات التطبيقية وان الأنماط الرئيسية لعمل مقاومات الاحتراق هي النمط الفيزيائي والنمط الكيميائي.

ولهذا الغرض تضمنت الدراسة تأثير مالئات مسحوق الألمنيوم على متغيرات الاحتراق(متوسط مدى الاحتراق، معدل زمن الاحتراق، معدل سرعة الاحتراق) للبولي استر غير المشبع، والجدول (2) يوضح نتائج التي أعيد توضيحها في الإشكال (9-11). الشكل (9) يبين العلاقة بين متوسط مدى الاحتراق مع نسب المضاف الوزنية للحشوات من مسحوق الألمنيوم. و نلاحظ من الشكل انخفاض معدل مدى الاحتراق للبوليمر بزيادة نسبة المضاف. إذ يبدأ سلوك البوليمر مع الحشوات بتأثير ضعيف عند النسبة (0.5 at. %) إذ تصل قيمته (4cm) آي تكون نسبة المحترق من العينة كبير (أي أنَّ الحرارة تكون ذات انتشار واسع وغير محدود خلال المصفوفة البوليمرية للعينة عند هذه النسبة الوزنية)، وبعدها يبدأ السلوك بالازدياد ولاسيما عند النسبة (1 at. %) إذ تصل قيمته الى (4.8cm)،وبعد هذه النسبة ينخفض سلوك البوليمر مع المضاف ليصل الى اقل قيمه له عند النسبة (2.5 at. %)، فعند زيادة النسب الوزنية للمضاف ينخفض سلوك البوليمر مما يدلل على أنَّ زيادة نسبة مسحوق الألمنيوم له تأثير إيجابي على مقاومة اللهوبية والحد وتقليل من انتشار الحرارة خلال المصفوفه البوليمرية.



الشكل(9) العلاقة بين متوسط مدى الاحتراق وتركيز مسحوق الألمنيوم في عينات للبولي استر غير المشبع .

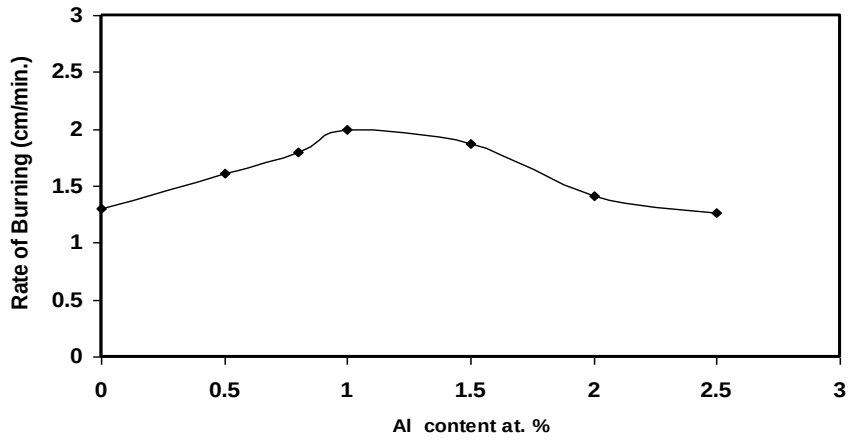
الشكل (10) يمثل العلاقة بين معدل زمن الاحتراق مع نسب المضاف الوزنية للحشوات من مسحوق الألمنيوم ، ونلاحظ من الشكل انخفاض معدل زمن الاحتراق للبوليمر بزيادة نسبة المالئات للمسحوق ولاسيما النسب الأولى ثم يبدأ بالازدياد عند نسب المضاف (1 at. % - 2.5 at. %) . يبدأ سلوك البوليمر مع الحشوات بتأثير ضعيف عند النسبة (0.5 at. %) إذ تصل قيمته إ (2.48 minute) إلى أنً يصل الى أدنى قيمة وهي (2.4 minute) عند النسبة (1 at. %) وبعدها يبدأ السلوك بالازدياد عند زيادة النسب الوزنية للمضاف مما يدلل على أنً زيادة نسبة مسحوق الألمنيوم لها تأثير إيجابي على مقاومة اللهوبية وانتشار الحرارة خلال المصفوفه البوليمرية حيث نحصل على اكبر قيمة عند النسبة (2.5 at. %) وهي (3.15 minute) ، أمَا عند النسبة الوزنية (1 at. %) فلربما عدم تجانس المضاف بشكل قوي مع السلاسل البوليمرية أو يلكون منصهر مسحوق الألمنيوم المتكون نتيجة للتحلل الحراري لم يظهر بشكل عازل حراري على السطح ولم يشكل طبقة واقية صلبة مما يمنع انتشار اللهب على البوليمر أدى إلى شذوذ البوليمر عند هذه النسبة الوزنية من المضاف.



الشكل (10) العلاقة بين معدل زمن الاحتراق وتركيز مسحوق الألمنيوم في عينات البولي استر غير المشبع

الجدول رقم (2) يوضح العلاقة بين معدل سرعة الاحتراق مع النسب الوزنية المضافة من مسحوق الألمنيوم للبولي استر غير المشبع موضحة في الشكل (11). إنَّ السلوك العام للمادة المتراكبة هو الانخفاض في معدل سرعة الاحتراق لبوليمر البولي استر الغير مشبع مع زيادة نسبة المضاف الوزنية والتي تتراوح بين (1.5-2.5 at. %)، إما عند النسبة الوزنية (1 at. %) فنحصل على أعلى قيمة لمعدل سرعة الاحتراق وهي (2 cm/min.)، إنَّ هذه الزيادة في معدل سرعة الاحتراق ولاسيما عند النسب (0.5-1 at. %) تعود إلى الدور الذي تؤديه هذه المضافات في زيادة انتشار اللهوبية على سطح الخليط ومن ثَم يقلل من مقاومة الاحتراق إمَا عند النسب (1.5-2.5 at. %) فان لمسحوق الألمنيوم تأثير عكسي على انتشار اللهوبية إذ يكون منصهر المضاف المتكون نتيجة الحرارة يشكل عازل حراري على السطح يمنع من انتشار اللهب على البوليمر ومن ثَمَ يسبب الانخفاض في حرارة محيط المصفوفة البوليمرية و تكَّون طبقة واقية صلبة تزيد من مقاومة الاحتراق للخليط البوليمري[2].

يوضح قيم معدل زمن الاحتراق Average Time of Burning (ATB) ومتوسط مدى الاحتراق Average extent of burning (AEB) معدل سرعة الاحتراق Rate of Burning (RB) ومقاومة الانحناء Resistance of bending للبولي استر غير المشبع المضاف إليه مسحوق الألمنيوم.



الشكل (11) العلاقة بين معدل سرعة الاحتراق وتركيز مسحوق الالمنيوم في عينات البولي استر غير المشبع

الجدول رقم (2) يوضح قيم معدل زمن الاحتراق (ATB) Average Time of Burning ومتوسط مدى الاحتراق (AEB) Average extent of burning معدل سرعة الاحتراق (RB) Rate of Burning ومقاومة الانحناء Resistance of bending للبولي استر غير المشبع المضاف إليه مسحوق الألمنيوم.

Al Content (at. %)	AEB (cm)	ATB (min.)	RB (cm / min.)	Resistance of bending(Mpa)
Non	4	3.10	1.3	161
0.5	4	2.48	1.61	96.5
0.8	4.45	2.47	1.8	140
1	4.8	2.40	2	124
1.5	4.6	2.45	1.87	93.6
2	4.3	3.03	1.41	108
2.5	4	3.15	1.27	84.3

التغير الحاصل في النسبة المئوية لزمن الاحتراق كدالة الى نسبة المضاف الوزنية من مسحوق الألمنيوم موضحة في الشكل(12)، التي تم حسابها باعتماد الفرق بين قيمتيها للحالتين المشوبة(البوليمر مع مسحوق الألمنيوم) والنقية(البوليمر بدون إي إضافة) مقسوماً على قيمتها عند الحالة النقية كما في المعادلة التالية:

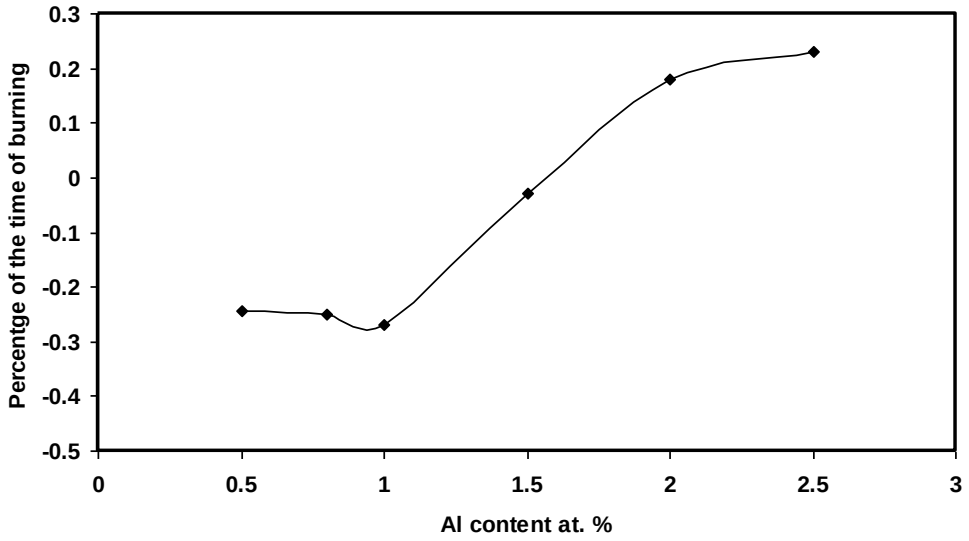
$$\text{Percentage for time of burning} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \qquad (4)$$

حيث إنّ:

A: النسبة الوزنية للبوليمر عند الحالة المشوبة(البوليمر مع مسحوق الألمنيوم).

B: النسبة الوزنية للبوليمر عند الحالة النقية(البوليمر بدون إي إضافة).

نلاحظ من الشكل (12) بان القيم السالبة للنسبة المئوية عند نسبة مضاف at. % (0.5-1.5) في حين تكون هذه النسبة موجبة عند at.% (2.5 - 2)، وهذا السلوك يعزى إلى قابلية التحلل المنخفضة لمسحوق الألمنيوم عند النسب الوزنية at. % (2.5 - 2)، ومن ثمَّ تقليل عملية انتشار الحرارة داخل المصفوفة البوليمرية من خلال تقليل الحجم الكلي للبوليمر القابل للاحتراق وهي عملية تعرف بالعزل الحراري ما بين الأجزاء المحترقة والأجزاء غير المحترقة وبالتالي يمنع من انتشار اللهب على البوليمر وعند انهيار هذا الحاجز فإنَّ عملية الاحتراق تتسارع بشكل كبير وأسرع وهذا ما نلاحظه مع نسبة المضاف عند(at. % 1.5) فمادون فتكون القيم السالبة [2].



الشكل (12) العلاقة بين النسبة المئوية لزمن الاحتراق و تركيز مسحوق الألمنيوم في عينات البولي استر غير المشبع.

الاستنتاجات Conclusion

من النتائج العملية والنتائج المتحصلة في هذا البحث نستنتج على ملائمة مسحوق الألمنيوم كحشوات مالئة إلى بوليمر البولي استر غير المشبع، ولاسيما عند النسب المئوية للمضاف % .at (1.5-2.5)، وبُيِنت النتائج أنَّ تغير معدل زمن الاحتراق في هذا البوليمر يرتبط ارتباطاً مباشراً مع نسبه المضاف الوزنية سلباً أو ايجابياً حيث يتأثر ايجابيا مع نسب المضاف العالية وسلبياً مع النسب المنخفضة نسبة إلى الحالة النقية لبوليمر البولي استر غير المشبع، وان معدل سرعة الاحتراق يتناسب عكسياً مع نسبة المضاف الوزنية نتيجة لمساهمة هذه المضافات في رفع درجه حرارة المحيط البوليمري، وانّ لتركيز مسحوق الألمنيوم عند النسب .at (2.5 - 1.5 %)، دوراً ملحوظاً في انخفاض معدل سرعة الاحتراق حيث يكون منصهر مسحوق الألمنيوم المتكون نتيجة الحرارة يشكل عازل حراري على السطح يمنع من انتشار اللهب على البوليمر ومن ثمَّ يسبب الانخفاض في حرارة محيط المصفوفة البوليمرية و تكون طبقة واقية صلبة تزيد من مقاومة الاحتراق للخليط البوليمري، ونستنتج أيضاً بان النسبة المئوية لزمن الاحتراق تتراوح بين القيم السالبة عند النسب الوزنية المنخفضة من المضاف وهي % .at (1.5 - 0.5)، وتكون موجبة عند النسب الوزنية العالية وهي % .at (2.5 - 2).

المراجع

1- الخزرجي، قحطان خلف و الموسوي، علي إبراهيم (2004)" دراسة السلوك الحراري لمادة مركبة مكونة من راتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف النخيل وألياف الزجاج" مجلة جامعة بابل/ العلوم الهندسية/ المجلد 9/ العدد.5

2- حمادي ،حميد عبد الرزاق (2010)" تأثير قشور حبوب زهرة الشمس على خصائص مقاومة. اللهوبية. لبوليمر البولي الاثيلين واطئ الكثافة" مجلة ميسان للدراسات الأكاديمية .المجلد التاسع- العدد السابع عشر كانون االأول.

3- رياض، سعيد أريج ونور الدين، رفيق (2011) " قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، بغداد، مجلة الهندسة والتكنلوجيا، المجلد 29 ، العدد .15

4- عتيوي، علي حسين ، إسماعيل، ليث وضاح و عبد الله، أسيل محمود (2012)،" دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة بوليمرية مقواة برايش ومسحوق النحاس"، مجلة الهندسة ،العراق ، ايار ،العدد 5 ، مجلد 18، 103-113.

5- فليح ،علي ، العبيدي، نبيل محمد (1989)" الكيمياء الصناعية وخاماتها" كتاب مقدم إلى قسم الكيمياء - كلية التربية -جامعة البصرة.
6- محمد ، أحمد جاسم (2018)" دراسة تأثير إضافة مسحوق الألمنيوم على بعض الخواص الميكانيكية ومقاومة الاحتراق للبولي استر غير المشبع"، مجلة الباهر، العراق،العدد 6.
7- محمد، أحمد جاسم (2017)" دراسة تأثير معدل زمن الاحتراق والنسبة المئوية للبولي اثيلين واطئ الكثافة المطعم بمسحوق قشور الجوز كمالئات بوليمرية" المؤتمر العلمي الدولي الثاني - الجامعة التقنية الجنوبية.
8- محمد ،أحمد جاسم ، إبراهيم كاظم ابراهيم و محمد، فائز معة (2014) " تأثير إضافة مسحوق شب البوتاسيوم على الخواص الميكانيكيه ومقاومة اللهوبية للبولي اثيلين واطئ الكثافة (LDPE)"مجلة علوم ذي قار - المجلد 5(1) كانون الاول.
9- منديل، طارق عبدالجليل (2007)" دراسة مورفولوجية للتفكك الضوئي والانتفاخ للبولي استر غير المشبع المتشابك والمحور بالبولي أول(HTPBO)"مجلة جامعة الأنبار للعلوم الصرفة، المجلد الأول، العدد الثاني.
10. Ahmed J. Mohammed, Harith A. Razzaq,(2017)" Study the effect of the adding the Copper powder on the Mechanical properties for unsaturated polyester", Journal of Scientific and Engineering Research, 4(8):151-158.
11. ASTM D2846, (1981). Annual book of standards, Part-35, .Front Cover. American Society for Testing and Materials, Philadelphia p. 56 .
12. Callister, W. (2003)" Materials science & Engineering an intoduaction ", 6th Ed.
13. John F. Cochran and Mapother D. E. (1958) "Superconducting Transition in Aluminum". Physical Review. 111 (1): 132–142.
14. Kazayawoko M., Balatineaz J.J. and Matuana L.M., (1999). J.of Materials Sci., 34, 6189-6199 .
15. Kokta B. V., Raj R. G., Maldas D. and Daneault C. (1989), Journal Appl. Polym. Sci. , 37,1089- 1103.
16. McGraw-Hill,(2010), Encyclopedia of Science & Technology, 10th Edition, Volume 14 (PLAS-QUI),page.162.
17. Michel Biron (2007) " Thermoplastics and Thermoplastic Composites " , 1st Edition, Elsevier.
18. Watan I.W.(2009)" Studying Some of the mechanical &thermal properties of polyester reinforced with ceramic particles", Diala, Jour, Volume, 37.
19. Whitley K.S., Gates T.S., Hinkley J. A. and Nicholson L.M. (2000),NASA, Langley Res. Cen. Hampton, Virginia, 23681, 2199.
20. Wisam A. Radhi, Ahmed J. Mohammed, Shaymaa H. Jasim, Ibrahem K. Ibrahem and Faise J. Mohammed ,(2016)" 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.

Effect of adding Aluminium powder on the bending resistance properties and fire retardant for unsaturated polyester.

Ahmed J. Mohammed [1], Abdullah A. Hussein [1] and Ibrahim K. Ibrahim[2]

[1-] Department of Materials Science, Polymer Research Centre, University of Basra

[2-] Department of Chemistry and Polymer Technology, Polymer Research Center, University of Basra, Basra, Iraq.

Abstract

The Study of the Effect of Aluminum powder on the bending resistance properties and fire retardant for unsaturated polyester, which is manufactured in Turkey, a function of the percentages of Aluminum powder (0.5%, 0.8%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%), a particular size (150 µm), were investigated through several variables, such as, bending resistance and the flame resistance. In addition, the samples of the base material (unsaturated polyester) were measured in a pure and when the aluminum powder was added by optical microscopy. Absorption spectrometer measurements were taken in the infrared (FTIR) area of the pure and the polymer with the weight ratios of the fillers. The results lead to that the strength at bending resistance is (140 Mpa) at the percentage (0.8%). The obtained results appeared that, when the added Aluminum powder to reduce the spaces between the polymer chains, which reflects the high ability of the polymer against the applied stress, the degree of homogeneity is high between polymer and additives. Also, the results indicated a lowered percentage in bending resistance at the percentage (2.5%) is (84.3Mpa), and 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 weight and then increasing behavior when increasing proportions when (2.5%) as increasing to(195 Sec). The results also indicated that the percentage for the time of burning ranged between negative values at the low weight ratios of the added (1.5% - 0.5%) and positive values at the high weight ratios (2.5% -2.5%).

Key words: unsaturated polyester, Aluminum powder, bending resistance, flam resistance, Percentage for time of burning.