

## تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية لمتراكب بولي استر غير مشبع / و معدن

حميد رشيد حمادي صباح عجيب كاصد خالد مهدي ثجيل عبدالمجيد حسن عبدالمجيد

وزارة العلوم و التكنولوجيا / دائرة بحوث المواد

بغداد-العراق

## الخلاصة

تم استخدام راتنج بولي استر غير مشبع ليمثل المادة الاساس ( Matrix ) في المتراكب ، واستخدم كلا من الالمنيوم و الحديد بشكل مسحوق عاليي النقاوة ليمثلا المالتئين في المتراكب . بينت نتائج الفحوص ارتفاع قيم مقاومة الشد و معامل المرونة بزيادة نسب المالتئين. بينما أنخفضت قيم مقاومة الحني مع تلك الزيادة . بينت النتائج ان اضافة المالتئين قلل من قيمة معامل التمدد الحراري و النسبة المئوية للتمدد الحراري الطولي. كما لوحظ ان اضافة الالمنيوم للبوليمر قد اثر على قيم ال Tg .

الكلمات المفتاحية: تحسين ، الخواص الميكانيكية و الحرارية ، بولي استر غير مشبع و مالى .

## Improving the Mechanical and Thermal Properties of Unsaturated Polyester / Metal Composite.

Hameed Rasheed Hommadi Sabah Ageeb Kassid Khalid Mahdi Thajeel

Abdul Majeed Hassan Abdul Majeed

Ministry of Science and Technology/Directorate of Materials Research

Baghdad-Iraq

E-mail: hameedrsh@yahoo.com

### Abstract

Unsaturated polyester resin was used as a basis (matrix) in composites, while Aluminum and Iron powders have been used as fillers. The results showed that an increase in filler percentage will increases the values of Tensile Strength and the Modulus of elasticity while Flexural Strength was reduced The results also showed that the addition of Aluminum and Iron reduces the value of Thermal Expansion Coefficient. With regard to the Percentage Longitudinal Expansion , values reduced with increase the portion of both fillers. The addition of Aluminum to the polymer may impact on the values of the Tg Temperature.

**Key Words:** Improving , Mechanical – thermal Properties , Unsaturated Polyester and Filler.

## المقدمة

شاع استخدام المتراكبات البوليمرية في الصناعات لاسيما الكهربائية والالكترونية والانثائية حيث امكن تحسين العديد من المواصفات الحرارية والميكانيكية لمتراكبات بوليمر / مالنات من خلال اختيار نوع و نسبة المالى وكذلك التحكم بمقدار حجمه الحبيبي وعادة ما يكون المالى بشكل مسحوق يطلق عليه مالى جسيمي .ان اللجوء الى استخدام مثل هذه المتراكبات هو لعدم امكانية الحصول على المواصفات المطلوبة من البوليمر او من المالى كلا على انفراد (Oleksy,et al. ,2005 and Zou et al.,2008) ان من محاسن المتراكبات البوليمرية وبالاخص ( المتراكبات الجسيمية ) هو رخص الثمن مقارنة مع غيرها من المتراكبات الشائعة وامكانية التحكم بالعديد من مواصفاتها.

تمتاز البوليمرات عموما بمواصفات ميكانيكية جيدة وكذلك قابلية عالية على التشكيل و القابلة فالبولي استر مثلا يمتاز بقابلية تحمل حراري عالية نسبيا بالمقارنة مع البوليمرات الاخرى ومقاومة جيدة لفعل المواد الكيماوية كما انه مقاوم لحصول التشققات او نموها كذلك يمتاز ببنيته القوية ورخص ثمنه و قابلية اشتعال واطئة ( Seymour,1990 and Verbeek,2003) ان تلك المواصفات جعلته واسع الانتشار للاستخدامات الصناعية المختلفة.

لقد بينت عدد من الدراسات السابقة الكثير من العوامل المؤثرة في هذه المتراكبات ، فمثلا وجد الباحثون ( Tak,et al. ,1983 ) ان اضافة النيكل و النحاس كلا على انفراد الى البولوي فينايل كلورايد قد اثر بشكل واضح على الخواص الميكانيكية والحرارية للمتراكب وبالاخص عند نسب معينة للمالى المعدني.

بينما الباحثون ( Halit, et al. ,1993 ) درسوا تأثير الشكل والحجم الحبيبي لمالى النيكل المضاف للبولوي اثيلين على الخواص الكهربائية والمغناطيسية للمتراكب حيث توصلوا الى ان شكل الجسيمات كان مؤثر جدا في عموم الخواص الكهربائية وان المقاومة الحجمية تقل كثيرا مع زيادة نسبة المالى بينما تزداد قيمة ثابت العزل الكهربائي للمتراكب .

والباحثون ( Du, et al. ,2001 ) قاموا باضافة الالمنيوم للايوكسي ودرسوا الخواص الميكانيكية للسطح المشترك بين المعدن والبوليمر من خلال دراسة تصرف نمو شق الكلال لذلك السطح كدالة للمجال الكهربائي ودور التردد المسلط . ووجدوا ان الشق يزداد مع مقدار المجال المسلط ويقل مع زيادة تردد الفحص .

ووجد الباحثون ( Luyt, et al. ,2006 ) ان اضافة مسحوق النحاس الى البولوي اثيلين واطى الكثافة ادى الى زيادة التبلور وضعف الخواص الميكانيكية عموما عدا معامل يونك وكذلك ادى الى زيادة التوصيلية الكهربائية .

لذا يهدف البحث امكانية استخدام الالمنيوم والحديد كمالى في المتراكب قيد الدراسة

## المواد و طرائق العمل

## المواد و القوالب المستخدمة

الجدول (1) يوضح المواد المستخدمة وابرز مواصفاتها،حيث استخدم كلا من مسحوق الالمنيوم ( Al ) و مسحوق الحديد(Fe) ليمثالا المالنين المعدنيين في المتراكب (استخدم كل منهما على انفراد في المتراكب) حيث تم الحصول عليهما من شركة ( BDH Chemicals Ltd ) الانكليزية بشكل مسحوق بنقاوة (99.99%) وبحجم حبيبي قدره (20-50) مايكرون .

القالب من الداخل بطبقة رقيقة من مادة شمعية لتسهيل عملية نزع النماذج ثم تصب المادة المترابكة في القوالب وتترك لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة للانضاج (Curing) (Brady, 1986) ومن ثم تنزع وتوضع داخل فرن كهربائي لمدة ساعتين وعند درجة حرارة 100 درجة مئوية لاتمام تفاعلات البلمرة و التصلب (Seymour,1975 and Konieczny,1977). تصقل وجوه النماذج للحصول على السمك المناسب (تقريباً 3 mm)

### الفحوص الميكانيكية

بعد اتمام الحصول على النماذج المطلوبة اجريت عليها القياسات التالية :

#### 1- قياس مقاومة الشد

تم قياس مقاومة الشد ( $T_s$ ) باستخدام منظومة قياس انكليزية الصنع نوع (Tinius Olsen) موديل (H 50 KT) حيث سجلت القياسات لكل نموذج الى ان يقطع وعندها تسجل قيمة مقاومة الشد، في الجدول (2)، تسجل النتائج آلياً ويستحصل عليها بشكل مخططات كما هو مبين في الاشكال (1-7).

#### 2- حساب معامل المرونة

امكن حساب قيم معامل المرونة ( $Y_M$ ) الموضحة في الجدول (3) بالاستعانة بالمخططات المستحصلة من منظومة قياس مقاومة الحني ومن خلال قياس ميل ذلك المنحني ووفق المعادلة ادناه (Bolton,1998):

$$Y_M = S_s / S_n \dots\dots\dots(1)$$

حيث ان ( $S_s$ ) هو الاجهاد (Stress) ويمثل القوة اللازمة لاجداث التغير في الطول على مساحة المقطع للنموذج مقدرة بوحدهات (MPa).

فيما يخص البوليمر فقد استخدم بولي استر غير مشبع سعودي المنشأ صناعي من شركة (سابكو) وهو عبارة عن مادة اساس يضاف لها مادة مصلدة وهي عبارة عن مثيل اثيل كيتون بيروكسيد (MEKP) تحتوي نسبة (0.5 %) من اكتوات الكوبلت كعامل مساعد ملائم (Catalyst) فيما يخص القوالب الخاصة بالفحوص الميكانيكية فصنعت قوالب زجاجية تتكون من عدد من الشرائح الزجاجية ذات ابعاد (100x10x3 mm) وضعا فوق شريحة زجاجية كبيرة لعمل تجاويف بشكل متوازي مستطيلات بنفس الابعاد اعلاه. اما فيما يخص الفحوص الحرارية فقد كانت ابعاد النماذج المعدة (20x3x3 mm) (ابعاد النماذج حددت لتلائم النماذج القياسية لمنظومات الفحص).

#### جدول (1) المواد المستخدمة وابرز مواصفاتها

ت	اسم المادة	جهة الصنع	النقاوة
1	مسحوق الحديد (Fe)	انكليزي	99.99% (مختبري)
2	مسحوق الالمنيوم (Al)	انكليزي	99.99% (مختبري)
3	راتنج البولي استر	سعودي	صناعي
4	قالب زجاجي (زجاج البايروكس)	تصنيع محلي	-----

#### تحضير نماذج الفحوص

تمزج المادة البوليمرية مع النسب المحددة للمالي (الالمنيوم او الحديد) مزجا جيدا حيث يتم تدويرها داخل عبوات تحتوي على كرة معدنية لضمان التجانس بعدها تضاف المادة المصلدة الى المزيج بنسبة وزنية قدرها (2%) ثم يستمر تدوير المحتويات الى ان ترتفع درجة حرارتها دلالة على حصول تفاعل المكونات و تشابك السلاسل البوليمرية بعد ذلك يطلى

الجوية المتوقع تعرض النماذج لها في التطبيقات لاسيما الانشائية منها .

## 2 - قياس النسبة المئوية للتمدد الطولي

لاهمية تحديد التمدد الطولي الذي يحصل في المادة نتيجة ارتفاع درجة حرارتها فقد تم قياس النسبة المئوية لهذا العامل حيث يكون هذا العامل مهما جدا في تحديد شروط استخدام المادة في الكثير من التطبيقات الصناعية لاسيما الانشائية والطرق و الجسور .

## 3 - قياس درجة حرارة التحول الزجاجي ( Tg )

تعرف درجة حرارة التحول الزجاجي بانها الدرجة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلدة الهشة الى الحالة اللينة نتيجة ارتفاع درجة حرارتها او هي الدرجة التي تتحول عندها المادة من الحالة اللينة الى الحالة الصلدة الهشة نتيجة انخفاض درجة حرارتها . لذلك فمن المهم تحديد هذه الدرجة لتحديد استخدام المادة في التطبيقات الصناعية لان خصائص المادة قبل هذه الدرجة تختلف عما هي عليه بعدها .

## النتائج والمناقشة

### اولا : نتائج فحوص الخواص الميكانيكية

#### نتائج فحص مقاومة الشد

الجدول ( 2 ) يبين قيم مقاومة الشد للنماذج الحاوية على نسب مختلفة من مسحوق الالمنيوم و الحديد على التوالي في المترابك .

يلاحظ زيادة قيم هذه المقاومة بزيادة نسب الالمنيوم مع شذوذ بهذه العلاقة عند النسبة 20% (يتوقع ان سبب الشذوذ حاصل نتيجة عدم التجانس التام لمكونات النموذج ) اما بخصوص الحديد فان افضل قيمة لهذه المقاومة هي عند النسبة ( 10 % ) . المخططات ( 1 - 7 ) تمثل العلاقة بين القوة المسلطة لسحب النماذج و مقدار الاستطالة الحاصلة بالنماذج الحاوية على نسب مختلفة من كل من مائي الالمنيوم و الحديد ومقارنتها بالنموذج الخالي من اي اضافة (بولي استر نقي ) .

اما ( Sn ) فتتمثل مقدار المطاوعة ( Strain ) وتحدد بالمعادلة التالية :-

$$S_n = \Delta L / L \dots\dots\dots ( 2 )$$

حيث ان :

$\Delta L$  : مقدار التغير في طول النموذج .

L : الطول الاصلي للنموذج .

## 3- قياس مقاومة الحني

تم قياس مقاومة الحني ( F<sub>s</sub> ) باستخدام نفس المنظومة الموصوفة في الفقرة (1) السابقة حيث سجلت القياسات لكل نموذج الى ان يكسر وكما موضح في الجدول ( 4 ) في النتائج .

## 4- قياس الانضغاطية

قيست الانضغاطية باستخدام منظومة الشد المبينة سابقا و النتائج موضحة في الجدول (5).

## 5- قياس الصلادة

استخدم جهاز قياس الصلادة نوع ( Shore-D ) صيني من شركة (Landtek) الخاص بالبوليمرات و مترابكاتها بعد اجراء عمليات التعبير اللازمة له حيث تم اجراء فحص الصلادة لجميع العينات تحت التجربة وسجلت النتائج في الجدول ( 6 ) .

## الفحوص الحرارية

اجريت عدد من الفحوص الحرارية باستخدام منظومة التحاليل الحرارية الميكانيكية ( T M A ) نوع ( Linseis ) موديل ( PT-1000 ) المانية الصنع وكما موضح في ادناه .

## 1 - قياس معامل التمدد الحراري

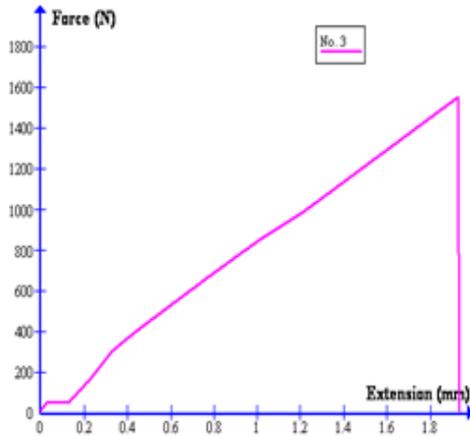
يمثل معامل التمدد الحراري للمادة (  $\alpha$  ) مقدار التغير الحاصل في الطول (  $\Delta L$  ) الى الطول الاصلي ( L ) نتيجة التغير في درجة الحرارة (  $\Delta T$  ) اي ان :

$$\alpha = \Delta L / L * 1 / \Delta T \dots\dots\dots ( 3 )$$

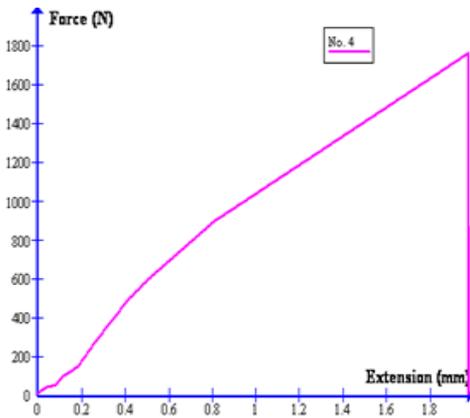
قياس هذا المعامل مرة عند درجة 20 °م وهي الدرجة التي يعطى عندها هذا العامل في اغلب النشريات ومرة عند درجة 50 °م وهي معدل الدرجة

جدول ( 2 ) قسيم مقاومة الشد المقابلة للنسبة المنوية للمالي في المتراكب

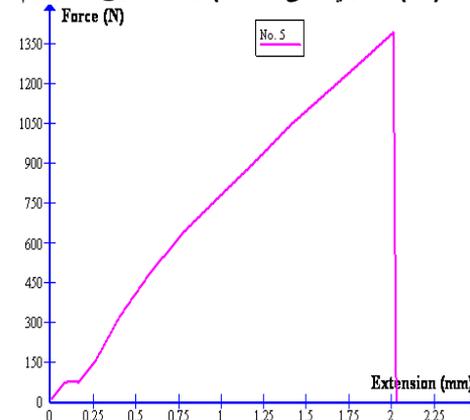
رقم النموذج	النسبة المنوية للمالي	مقاومة الشد لنماذج الالمنيوم (MPa)	مقاومة الشد لنماذج الحديد (MPa)
1	0	25.04	25.04
2	10	45.20	51.50
3	20	37.43	47.63
4	30	47.49	25.95



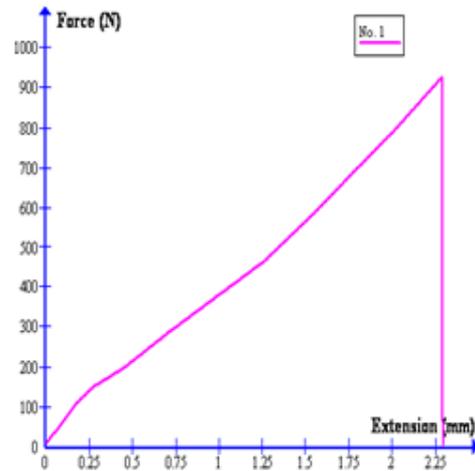
شكل (3) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات (N) ومقدار الاستطالة بوححدات (mm) للنموذج (3) الحاوي على 20% من مسحوق الالمنيوم .



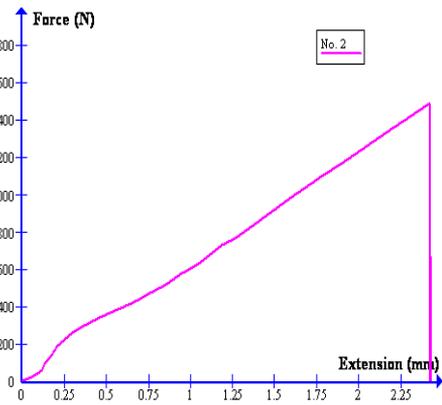
شكل (4) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات (N) ومقدار الاستطالة بوححدات (mm) للنموذج (4) الحاوي على 30% من مسحوق الالمنيوم .



شكل (5) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات (N) ومقدار الاستطالة بوححدات (mm) للنموذج (2) الحاوي على 10% من مسحوق الحديد .



شكل (1) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات (N) ومقدار الاستطالة بوححدات (mm) للنموذج (1) الخالي من أية إضافة من المالي (بولي استر



خالص )

شكل (2) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات (N) ومقدار الاستطالة بوححدات (mm) للنموذج (2) الحاوي على 10% من مسحوق الالمنيوم

## نتائج فحص مقاومة الحني

الجدول ( 4 ) يبين قيم مقاومة الحني للنماذج الحاوية على نسب مختلفة من مسحوق الالمنيوم و الحديد على التوالي في المتراكب . يلاحظ جليا تأثير نسبة المائي المعدني من خلال هذه القيم حيث ان اضافة الالمنيوم للمتراكب ادى الى نقصان واضح في تلك القيم بينما النماذج الحاوية على الحديد زادت قيم تلك المقاومة بزيادة نسبته بشكل واضح وبالاخص للنموذج الاخير، مما يعني ان هذه النسبة لها افضلية واضحة في الاستخدامات الصناعية التي تتطلب مقاومة حني عالية .

جدول ( 4 ) قيم مقاومة الحني المقابلة للنسبة المئوية للمائي في المتراكب

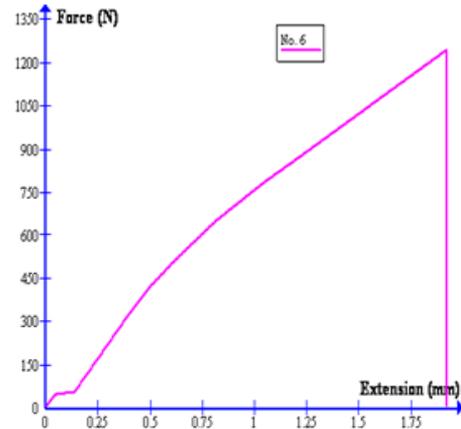
رقم النموذج	النسبة المئوية للمائي	مقاومة الحني (MPa)	مقاومة الحني (MPa)
1	0	98.4	98.4
2	10	83.7	83.4
3	20	91.7	85.6
4	30	203.6	69.1

## نتائج فحص الانضغاطية

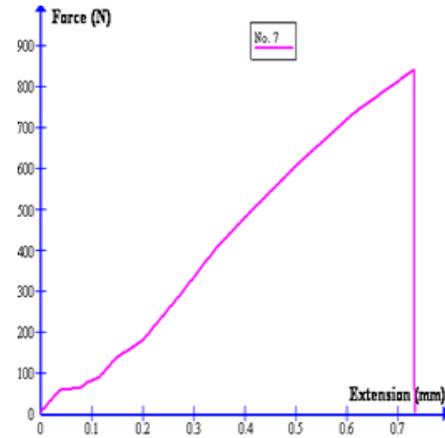
الجدول ( 5 ) يبين نتائج قياس الانضغاطية للنماذج المحضرة حيث سلطت على كل نموذج قوة لقياس صموده قبل ان يتحطم ، تمثل القيم ادناه مقدار قوة تحمل النموذج الى وحدة المساحة . يلاحظ ان افضل نسبة لكل من المائين اعطت قوة تحمل كانت للنماذج الحاوية على ( 10 % ) بالنسبة للالمنيوم وعلى ( 30 % ) بالنسبة للحديد .

جدول ( 5 ) قيم مقاومة الانضغاطية المقابلة لنسب مختلفة للمائي في المتراكب

رقم النموذج	النسبة المئوية للمائي المعدني	معامل المرونة (GPa)	معامل المرونة (GPa)
1	0	0.507	0.507
2	10	0.751	0.905
3	20	1.087	0.99
4	30	2.237	1.264



شكل ( 6 ) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات ( N ) ومقدار الاستطالة بوححدات ( mm ) للنموذج ( 3 ) الحاوي على ( 20 % ) من مسحوق الحديد .



شكل ( 7 ) العلاقة بين القوة المسلطة بوححدات ( N ) ومقدار الاستطالة بوححدات ( mm ) للنموذج ( 4 ) الحاوي على ( 30 % ) من مسحوق الحديد .

جدول ( 3 ) قيم معامل المرونة (  $Y_M$  ) المقابلة لنسب مختلفة للمائي في المتراكب

جدول (5) قيم مقاومة الانضغاطية المقابلة لنسب مختلفة للمالي في المترابك

رقم النموذج	النسبة المئوية للمالي المعدني	مقاومة الانضغاطية لنماذج الالمنيوم (MPa)	مقاومة الانضغاطية لنماذج الحديد (MPa)
1	0	114.4	114.4
2	10	165.8	128.2
3	20	103.7	111.6
4	30	159	141.3

الاولى 20 °م اما الدرجة جدول (7) معامل التمدد الحراري ( $\alpha$ ) للنماذج الثانية فلان المواد التي يتوقع ان تستخدم كمواد بناء مثلا تتعرض لمثل هذه الدرجة كمعدل محتمل. يتضح من النتائج ان اضافة الالمنيوم تقلل من قيمة هذا العامل وان اقل قيمة له هي عند اضافة 20% من الالمنيوم عند درجة 20 °م بينما كانت هذه النسبة قد زادت من قيمة العامل عند درجة 60 °م اما فيما يخص اضافة الحديد فان اضافة 10% منه قد اعطت اقل قيمة لهذا العامل عند درجة 20 °م بينما عند الدرجة 60 °م كانت النسبة المضافة منه والتي اعطت اقل قيمة للعامل هي 30%. معلوم ان النسب التي تعطي اقل قيمة لمعامل التمدد الحراري لها الافضلية في عموم التطبيقات الصناعية فمعرفتها تكون مهمة جدا قبل تصميم الكثير من المشاريع الصناعية. نتائج قياس النسبة المئوية للتمدد الحراري الطولي

الجدول (8) يبين نتائج قاسات النسبة المئوية للتمدد الحراري الطولي للنماذج المحضرة. يلاحظ من الجدول ان اضافة اي من المائتين للبوليمر قد قلل من التمدد الحراري النسبي لجميع النماذج باستثناء النموذج الحاوي على 20% من الحديد عند درجة 20 °م، هذه النتائج تبين تحسين هذه النماذج بتلك الاضافات المعدنية لتؤخذ بنظر الاعتبار في التطبيقات الصناعية.

#### نتائج قياس درجة حرارة التحول الزجاجي

الجدول (9) درجة حرارة التحول الزجاجي للنماذج المحضرة. يلاحظ من الجدول ان اضافة الالمنيوم للبوليمر قد اثر على قيم ال Tg ففي البداية قلت قيمتها ثم ازدادت فكانت اعلى قيمة لها للنماذج الحاوية على ما مقداره 20% من المالي، اما اضافة الحديد للبوليمر فانه على العموم قلل قيمة هذه الدرجة المميزة للمواد.

#### نتائج قياس الصلادة

الجدول (6) يبين نتائج قياس الصلادة نوع (Shore-D) للنماذج تحت الدراسة حيث يتضح ان مقدار التغير في النتائج ضئيل جدا و مع ذلك تم ادراج النتائج ادناه لتوثيق العمل المنجز والاستفادة من هذه النتيجة.

جدول (6) قيم الصلادة نوع (Shore-D) المقابلة لنسب مختلفة للمالي في المترابك

رقم النموذج	النسبة المئوية للمالي المعدني	الصلادة (Shore-D) لنماذج الالمنيوم	الصلادة (Shore-D) لنماذج الحديد
1	0	92	92
2	10	90	91
3	20	91	90
4	30	90	91

#### ثانيا : نتائج فحوص الخواص الحرارية

##### نتائج قياس معامل التمدد الحراري

الجدول (7) يبين نتائج قياس هذا العامل لكلا المائتين (الالمنيوم و الحديد) في المترابك عند درجتي الحرارة 20 , 60 °م. سجلت النتائج عند درجتي حرارة 20 , 60 °م مئوية على التوالي لان معظم الادبيات تعطي النتائج لهذا العامل عند الدرجة

جدول ( 7 ) معامل التمدد الحراري (  $\alpha$  ) للنماذج.

رقم النموذج	النسبة المئوية للمائى المعدني	التمدد الحراري النسبي $10^{-2} (\%)$ للمائى الالمنيوم At 20 °C	التمدد الحراري النسبي $10^{-2} (\%)$ للمائى الالمنيوم At 60 °C	التمدد الحراري النسبي $10^{-2} (\%)$ للمائى الحديد At 20 °C	التمدد الحراري النسبي $10^{-2} (\%)$ للمائى الحديد At 60 °C
1	0	0.7	39	0.7	39
2	10	0.2	34.4	0.3	33.6
3	20	0.2	32.6	0.9	37
4	30	0.5	34.3	0.4	30.3

جدول ( 8 ) النسبة المئوية للتمدد الحراري الطولي.

رقم النموذج	النسبة المئوية للمائى المعدني	معامل التمدد الحراري $10^{-6} (1/^{\circ}\text{K})$ للمائى الالمنيوم At 20 °C	معامل التمدد الحراري $10^{-6} (1/^{\circ}\text{K})$ للمائى الالمنيوم At 60 °C	معامل التمدد الحراري $10^{-6} (1/^{\circ}\text{K})$ للمائى الحديد At 20 °C	معامل التمدد الحراري $10^{-6} (1/^{\circ}\text{K})$ للمائى الحديد At 60 °C
1	0	31.43	126.32	31.43	126.32
2	10	8.51	129.75	12.90	84.79
3	20	3.93	135.05	33.70	87.40
4	30	24.87	125.08	19.57	74.70

جدول ( 9 ) درجة حرارة التحول الزجاجي.

رقم النموذج	النسبة المئوية للمائى المعدني	درجة حرارة التحول الزجاجي (°C) للمائى الالمنيوم	درجة حرارة التحول الزجاجي (°C) للمائى الحديد
1	0	86.6	86.6
2	10	83.3	80
3	20	86.9	82
4	30	80.4	80.8

Halit S.; Thomas J.; Fiske and Dilhan ,M. ,(1993) Effect of Particle Shape and Size Distributions of Nickel / Polyethylene Composites", J. Appl. Poly. Sci., 50, 1891-1901.

Konieczny, N. and G. Marom .(1977). "Bromostyrene-Crosslinked Polymers. III. Electrical Properties", J. Appl. Polymer Science, 21, 1801-1811.

Luyt, A. S.; J. A. Molefi and H. Krump .(2006). "Thermal, Mechanical and Electrical Properties of Copper Powder Filled Low-density Polyethelene Composites", Polymer Degradation and Stability, (91)1629-1636 .

Moon , T.J.; Kim, J.H. and Choi, C.H . (1983) Physical Properties and the Polymer / Metal Composites, Polymer, 7 (6), 1380- 1389.

Olesky M.; Heneczowski M. and Galine H. (2005) Unsaturated Polyester Resin Compositions Containing Modified Smectites, J. Appl. Polymer Sci., 96, 793-801.

Seymour, R. B. ,(1990) Polymer Composites", 1<sup>st</sup> Published, The Alden Press, UK, pp29 .

Seymour, R. B. ,(1975) Modern Plastic Technology", Reston Publishing Company, USA, 200.

Verbeek, C. J. R. ,(2003) The Enfluence of Interfacial Adhesion , Particle Size and Size Distribution on the Predicted Mechanical Properties of Particulate Thermoplastic Composites , Materials Letters , 57 , 1919-1924

Zou H. ; Wu S. and Shen J. ,(2008) Polymer / Silica Nanocomposites : Preparation, Characterization, Properties, and Applications", Chemical Rev., 108, 3893-3957.

### الاستنتاجات

ان الاضافات المعدنية قد حسنت عددا هاما من الخواص الميكانيكية و الحرارية للنماذج المترابطة والتي يكون تحديدها حاسما في الكثير من التطبيقات الصناعية ، تبين عدم تأثر صلادة النماذج بمقدار

الاضافة لاي من المالمين حيث يمكن ان يعزى السبب الى ان جهاز القياس يختص بالفحص السطحي وبالتالي فهو يقيس صفات البوليمر الغالبة على السطح بسبب ظروف تحضير وتصليد النماذج

### التوصيات

ان الدراسة اشرت بوضوح عددا من المواصفات الميكانيكية و الحرارية المهمة للمادة المترابطة وتأثرها بعدد من العوامل ( نوع المالمى ونسبته )، لذلك فالنتائج جديرة بان تكون اساسا يمكن الاعتماد عليه في مثل تلك المشاريع .

نوصي باجراء بحوث اخرى باستخدام معادن لم تتمكن من شمولها بهذا البحث لتكون الدراسة اكثر شمولية وفائدة

### References

Bolton, W., (1998) Engineering Materials Technology, 3<sup>rd</sup> Edition ,Publisher: Newnes , 98.

Brady and Clauser .(1986)." Materials Handbook", 12<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill Book Company, 188.

Du, T.; M. Lio; S. Seghi; K. J. Hsia; J. Economy and J. K. Shang .(2001). "New Technique for Determining Mechanical Property of Polymer / Metal Interface", Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 661, 3066-3070.