Al- Khwarizmi
Engineering
Journal

Al- Khwarizmi Engineering Journal Vol.3 , No.3 , pp 17-25 (2007)

دراسة الخصائص الميكانيكيـة لمـادة مركبة ذات أساس بوليمري مقواة بدقائق من(Al) أو (Al_2O_3)

الدكتور علي حسين عتيوي الدكتور جواد كاظم عليوي سعد ميخائيل إيليا

الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة المـواد

(Received 4 April 2007; accepted 21 August 2007)

ملخص البحث

تم تحضير مادة مركبة بوليمرية مكونة من راتنج البولي استر غير المشبـع المقوى بدقائق من أوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) أو دقائـق معدنية من الألمنيوم (Al) وبحجم دقائق(30 µm) وبكسور وزنيه بنسب (5%, 10%, 15%, 20%).

أظهرت نتائج اختبار الشد بأن أعلى قيمة لمعامل المرونة بلغت (2400 MPa.) عند التقوية بدقائق (Al) وبلغت (1500 MPa.) عند التقوية بدقائق (Al_2O_3) عند كسر وزني (20 %).

أما عند أجراء اختبارات مقاومة الانحناء والصدمة فأظهرت النتائج بأن كل من مقاومة الانحناء (F.S) وأقصى أجهاد القص (τ_{max}) ومقاومة الصدمة (G_c) ومتانة الكسر (K_c) تزداد مع زيادة نسبة الكسر الوزني. حيث كانت نتائج العينات المقواة بدقائق (Al) أعلى من نتائـج العينات المقواة بدقائق (Al_2O_3) عند كسر وزني (20 %) بنسبة (45.45%, 25%, 41%) (45.43%, على التوالي. بينما صلادة العينات المقواة بدقائق(Al_2O_3) كانت أعلى من صلادة العينات المقواة بدقائق (Al) بنسبة (2.82 %) عند كسر وزني (20 %).

المقدمة:

تتكون المادة المركبة عن طريق تركيب مادتين أو أكثر لتكوين مادة جديدة تمتاز بصفات أفضل وتختلف عن مكوناتها الأصلية [1].

وتعد المواد المركبة ذات الأساس البوليمري من أقدم المواد المركبة[2،3]. أن التقوية بالدقائق تحدث عندما تعمل الحبيبات كعوائق لتشويه المادة الأساس بسبب صلادتها العالية وعدم تشويهها إثناء التحميل وتكون على عدة أنواع وأشكال منها الكروية والقشرية والأبرية والخيطية حيث تعمل الدقائق على زيـادة الجسـاءة (Rigidity) وزيـادة مقاومـة الصدمـة وتحسين معامل التمدد الحراري للمادة الأساس [4].

في عام 1981 قام الباحث ***Nicolais*** وجماعته بدراسة تأثير الكسر الحجمي على مقاومة الشد ومعامل المرونة وذلك عن طريق إجراء اختبار الشد على مادة مركبة مكونة من البولي ستايرين المقوى بدقائق من الزجاج ، وقد أظهرت النتائج زيادة بقيمة معامل المرونة ونقصان في مقاومة الشد مع زيادة الكسر القائق ،أن الدراسة هذه أهملت تأثير كل من حجم وشكل الدقائق [5].

أمـا فيمـا يتعـلق بمتانة الكسر (Fracture Toughness) (Kc) للمادة المركبة الدقائقية وكيفية تأثيرها بنوع الدقائق المضافة وحجمها وطبيعة الربط بين الأطوار فقد تمت معالجتها من قبل مجموعة من باحثين منهم ***Lipatay,*** ***Maik & Krysztafkiewicz*** حيث قاموا بدراسة التقوية بالدقائق ، واستنتجوا بان تفاعل الدقائق مع المادة اللدائنية بأي شكل يؤدي إلى الحصول على نتائج أفضل، وصنفت الدقائق على هذا الأساس إلى دقائق خاملة ودقائق فعالة،

وعن طريق معالجة الدقائق الخاملة بالمادة الرابطة تصبح أكثر فاعلية [6].

في عام 1983 اهتم الباحث ***Moloney*** وجماعته بحساب مقاومة الصدمة (G_c) ومتانة الكسر (K_c) للايبوكسي المحتوي على دقائق زجاجية وتوصلوا إلى أن متانة الكسر تقل بتحسين الربط بين الأطوار رغم زيادة مقاومة الشد . وبزيادة الكسر الحجمي تحصل زيادة بقيمة متانة الكسر[7].

في عام 1990 درس الباحث ***Amdouni*** وجماعته مادة مركبة مكونة من الايبوكسي المسلح بالكريات الزجاجية وبنسبة كسر حجمي مقداره (20%) وقد استنتج هؤلاء بأن هناك عدة طرائق لتحسين متانة الكسر أما باستخدام مادة رابطة بين الحشوات والمادة الأساس لزيادة الالتصاق أو بإضافة طور مطاطي إلى الايبوكسي للحصول على طور مطاطي مرن (elastomeric) [8].

وفي عام 2002 درس الباحث ***Kereem*** الخصائص الميكانيكية للايبوكسي المدعم بدقائق من النيكل وقد استخدم دقائق بأحجام مختلفة مع كسر حجمي متغير وقد وجد بانه قيم معامل المرونة ومقاومة الخضوع تزداد مع زيادة الكسر الحجمي للدقائق وكذلك زيادة حجم الدقائق قد حسن من الخواص ولغاية (32µm) [9].

وفي عام 2004 تم دراسة تأثير حجم الدقائق والكسر الحجمي على متانة الكسر لراتنج الايبوكسي المدعم بدقائق الالومينا الكروية وبحجوم دقائقية مختلفة فقد قام الباحث ***Marur*** وفريقه بحساب متانة الكسر فوجد أن لحجم الدقائق تأثيرا" مهما" في متانة الكسر فوجد عند حجم دقائقي مقداره (5µm) تزداد متانة الكسر مع الزيادة في الكسر الحجمي للدقائق[10].

الجزء النظري:

ظهرت المواد المركبة كنتيجة إلى التطور الصناعي والتقني ولتلبية الحاجة المتزايدة إلى مواد جديدة ذات مواصفات خاصة تدخل كبديل للمواد الهندسية الأخرى، وبذلك احتلت المواد المركبة على اختلاف أنواعها مكانة متقدمة في التطبيقات الصناعية منذ أول ظهور لها.أن اختيار المواد غالبا ما يكون على أساس ما تتمتع به المادة من خواص ميكانيكية.

ولغرض أجراء مقارنة بين الخواص الميكانيكية والحرارية لمادة بوليمرية مقواة بدقائق معدنية وسيراميكية فقد تم استخدام عدة اختبارات وهي اختبار الشد لغرض الحصول على معامل المرونة (E) (Modulus of Elasticity) ومقاومة الشد (Tensile Strength) للمادة المركبة ، واختبار الصدمة لغرض الحصول على مقاومة الصدمة (G_c) (Impact Strength) ومتانة الكسر (K_c) (Fracture Toughness) من المعادلات (1) و (2) على التوالي[12,11]:

$$G_c = \frac{U_c}{A} \qquad \text{.....(1)}$$

$$K_c = \sqrt{G_c E} \qquad \text{.....(2)}$$

حيث أن :

Uc : طاقة الصدمة (الطاقة الممتصة) (J). A : مساحة المقطع العرضي (m^2).

E : معامل المرونة (معامل يونك) (MPa.).

وقد استخدم اختبار الانحناء لغرض الحصول على مقاومة الانحناء(F.S) (Flexural Strength) من العلاقة (3) [13]، وأقصى أجهاد قص (τ_{max}) من العلاقة (4) [14] أما اختبار الصلادة فقد تم باستخدام طريقة (شور D) [15]:

$$F.S = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad \text{.....(3)}$$

$$\tau_{max} = \frac{3P}{4bd} \qquad \text{.....(4)}$$

حيث أن :

P : الحمل المسلط (N) ، L : طول العينة (m) b: عرض العينة (m) ، d : سمك العينة (m)

الجزء العملي:

أن المواد المستخدمة في تصنيع عينات البحث مكونة من مادة الأساس البوليمرية (البولي أستر غير المشبع) المقوى بدقائق من مادة معدنية (Al) ودقائق من مادة سيراميكية (Al_2O_3).

أن راتنج البولي أستر غير المشبع يمتاز بخواص ميكانيكية جيدة واستقرارية أبعاد، وقابلية ترابط جيدة مع مواد أخرى مختلفة ، وعازليه كهربائية وحرارية جيدة، وجودة سطح بعد التصلب، أما الألمنيوم فانه يمتاز بالمطيلية العالية والموصلية الحرارية والكهربائية العاليتين أما أوكسيد الألمنيوم فهو يمتاز بكونه صلد وهش وذو توصيلية حرارية اقل بكثير من الألمنيوم والجدول (1) يبين بعض خواص المواد المستخدمة[16,4].

جدول (1) يوضح خواص المواد المستخدمة في البحث [16,4].

المادة	الكثافة (kg/m^3)	التوصيلية الحرارية (W/m. ^oC)	مقاومة الشد (MPa.)	معامل المرونة (GPa.)
البولي أستر غير المشبع	1200	0.17	70.3 - 103	2.06– 4.41
مسحوق الألمنيوم	2700	247	60	71
مسحوق أوكسيد الألمنيوم	3720	39	282 - 551	304

تم تصنيع مواد مركبة بنسبة كسر وزني (5%، 10%، 15%، 20%) لكل من مواد التقوية وذلك بالاعتماد على العلاقات (5) و (6) [17].

$$W_p = \frac{W_p}{W_c} \times 100\% \quad .....(5)$$

$$W_m = \frac{W_m}{W_c} \times 100\% \quad .....(6)$$

حيث أن :

W_p , W_m : الكسر الوزني لمادة التقوية ومادة الأساس على التوالي.

w_p , w_m , w_c : وزن كل من مادة التقوية ومادة الأساس والمادة المركبة على التوالي.

تم أجراء عدة اختبارات على الماد المصنعة والجدول (2) يوضح الاختبارات التي استخدمت في البحث وحسب مواصفات كل نظام:

جدول (2) يوضح الاختبارات المستخدمة ونوع المواصفات والجهاز المستخدم لكل اختبار.

ت	اسم الاختبار	نوع المواصفات	الجهاز المستخدم
-1	اختبار الشد	حسب المواصفات الأمريكية (ASTM D – 638)	Instron 1195 Tensile Test
-2	اختبار الصدمة	حسب النظام العالمي (ISO - 179)	Charpy Impact Test
-3	اختبار مقاومة الانحناء	حسب المواصفات الأمريكية (ASTM D – 790)	Three Point Bending Test
-4	اختبار الصلادة	حسب المواصفات الأمريكية (ASTM D – 2240)	Shore D Test

النتائج والمناقشة:

1- اختبار الشد (Tensile Test):

يوضح الشكلين (1) و (2) العلاقة بين مقاومة الشد مع الكسر ال وزني لمادة مركبة من البولي أستر المقواة بدقائق من(Al) ودقائـق من (Al_2O_3) على التوالي.

فمن خلال الشكل(1) يبدو بأن مقاومة الشد للمادة المركبة المقواة بدقائق من الألمنيوم تزداد بعلاقة لاخطية مع زيادة الكسر الوزني ويعزى هذا إلى قوة الربط العالية بين مادة الأساس ومادة التقوية والذي يؤدي إلى تقليل الانزلاق أثناء الشد إضافة إلى المطيلية العالية لمادة الألمنيوم.

أن قيمة مقاومة الشد للبوليمر غير المقوى هي (31 MPa.) وقد تحسنت مقاومة الشد عند إضافة دقائق الألمنيوم حيث بلغت (48 MPa.) عند كسر وزني (20 %)، هذا يعني بأن المادة المركبة قد تحسنت بنسبة (54.84 %).

أما من خلال الشكل (2) فأنه نلاحظ بأن مقاومة الشد للمادة المركبة المقواة بدقائق من أوكسيد الألمنيوم تقل بعلاقة لاخطية مع زيادة الكسر الوزني ويعود السبب إلى أن الربط الضعيف يؤدي إلى الاحتكاك بين مادة التقوية ومادة الأساس والتي تسبب الانزلاق بين الدقائق [18]، بالإضافة إلى أن مادة أوكسيد الألمنيوم مادة سيراميكية هشة ذات مطيليه قليلة مما أدت إلى تقليل مقاومة الشد مقارنة مع المادة المركبة المقواة بدقائق من الألمنيوم . ومن الشكل نـلاحظ بأن مقاومة الشد قد انخفضت من (31 MPa.) في حالة البولي استر لوحده إلى (18 MPa.) عند إضـافة دقائق أوكسيد الألمنيوم بكسر وزني (20%) ،أي بنسـبة تخفيض مقدارها (41.9 %).

أما الشكل (3) يوضح مقارنة بين معامل المرونة للمادة المركبة مع الكسر ال وزني لمادة التقوية لكلا النوعين من التقوية الألمنيوم وأوكسيد الألمنيوم ومن خلال الشكل يبدو بأن معامل المرونة يزداد بعلاقات لاخطية مع زيادة الكسر الوزني لمادتي التقوية الألمنيوم وأوكسيد الألمنيوم ويعود ذلك إلى أن زيادة الكسر ال وزني يؤدي إلى تقليل حركة الجزيئات وبالتالي تؤدي إلى تقليل الانفعال [18].

أن أعلى قيمة لمعامل المرونة تم الحصول عليه هي عند كسر وزني (20 %) حيث بلغ معامل المرونة للمادة المركبة المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم (1500 MPa.) ومعامل المرونة للمادة المركبة المقـواة بدقائـق الألمنيوم (2400 MPa.) أي بنسبـة زيادة مقدارهـا(60 %) .

2- اختبار الصدمة:

أن الشكل (4) يوضح تأثير تغير الكسر ال وزني للدقائق المضافة إلى البولي أستر على مقاومة الصدمة(G_c) ونلاحظ من المخطط أن مقاومة الصدمة تزداد بزيادة الكسر ال وزني لكل من دقائق الألمنيوم ودقائق أوكسيد الألمنيوم بعلاقات لاخطية وذلك نتيجة عمل هذه الدقائق كحاجز أمام الشق النامي خلال المادة المركبة أي تعمل على إعاقة نمو الشق وهذا سيؤدي إلى تغير الشق من شكله واتجاهه مما يؤدي إلى تحوله إلى مجموعة شقوق ثانوية ،

أن هذا التغير في شكل الشق واتجاهه أدت إلى زيادة المساحة السطحية للكسر والطاقة المصروفة وهذه العوامل أدت إلى زيادة مقاومة المادة وهذه الحالة تحصل بشكل أفضل عندما يكون هناك ربط قوي بين المادة الأساس والدقائق كما هو الحال في دقائق الألمنيوم والمادة الأساس.

أما في حالة الربط الأقل قوة فأن التقوية تتم بآلية مختلفة تعتمد على ملاقاة الشق للسطوح البينية الضعيفة وضياع أوتحرر جزء من طاقته عندها [19]، وأن مقاومة الصدمة للمادة تتأثر بنوع الدقائق والكسر ال وزني للدقائق المضافة ، حيث امتلكت العينات المقواة بدقائق الألمنيوم أعلى مقاومة صدمة عند كسر وزني (20 %) حيث بلغت (12.5 kJ/m^2) بينما كانت أعلى مقاومة صدمة للعينات المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم المضافـة عند نفس الكسـر الوزني هي($10kJ/m^2$) وكما مبين في الشكل (4). ومن الأسباب الأخرى التي أدت إلى زيادة مقاومة الصدمة هي المطيلية العالية للألمنيوم مقارنة بمطيليه أوكسيد الألمنيوم حيث أن المادة المطيلية تحتاج إلى طاقة كسر أعلى من الطاقة المصروفة لكسر المادة الهشة.

أما متانة الكسر (K_c) فأنها تزداد مع زيادة الكسر ال وزني للدقائق المضافة وكما هو واضح
في الشكل (5) ، ويعود سبب زيادة متانة الكسر مع زيادة الكسر الوزني إلى زيادة معامل المرونة للمادة المركبة مع زيادة الكسر الوزني كما ان بزيادة الكسر الوزني يؤدي إلى زيادة متانة المادة المركبة(أي زيادة الطاقة الممتصة) .
أن أعلى متانة كسر تم الحصول عليها عند كسر وزني (20%) حيث بلغت (5.5 $MPa.m^{0.5}$) للمادة المركبة المقـواة بدقائـق الألمنيوم بينمـا بلغت (3.9 $MPa.m^{0.5}$)للمادة المركبة المقواة بدقائق اوكسيد الألمنيوم أي بنسبة تحسن مقدارها (41%).

3- اختبار مقاومة الانحناء:

يوضح الشكل (6) تأثير الكسر ال وزني للدقائق المضافة على مقاومة الانحناء وقد أعطت المادة المركبة المقواة بدقائق الألمنيوم مقاومة انحناء أعلى من المادة المركبة المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم، ويعود السبب إلى قوة الترابط بين البولي أستر غير المشبع تكون عالية مع دقائق الألمنيوم وتكون هذه القوة اقل مع دقائق أوكسيد الألمنيوم، أن أعلى قيمة لمقاومة كانت عند كسر وزني (20 %) حيث بلغـت (765 MPa.) للمادة المركبة المقـواة بدقائق الألمنيوم بينما عند إضافة دقائق أوكسيد الألمنيوم وعند نفس الكسر ال وزني بلغت مقاومة الانحناء (526 MPa.).
أن قوة الترابط بين المادة الأساس ومادة التقوية كان لها ايضاً اثر بالغ في أعطاء العينات أقصى أجهاد قص(Maximum Shear Stress) والتي أدت إلى امتلاك عينات البولي استر المقواة بدقائق الألمنيوم أعلى من عينات البولي استر لوحده وعينات البولي استر المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم . فقد امتلكت عينات المادة المركبة المقواة بدقائق الألمنيوم أقصى أجهاد قص مقدارها (9.6 MPa.) عند كسر وزني (20 %) أما عينات المادة المركبة المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم فأقصى أجهاد قص كان عند نفس الكسر الوزني وهو (6.6MPa.) أي أن بأضافة دقائق الألمنيوم حصلنا على نسبة تحسن (45.45%) عند كسـر وزني (20%) أذا ما قورنت مع المادة المركبة التي تم تقويتها بدقائق أوكسيد الألمنيوم عند نفس الكسر الوزني ،كما مبين في الشكل (7) الذي يبين تأثير الكسر ال وزني على أقصى أجهاد قص.

4- اختبار الصلادة:

يتضح من الشكل (8) بأن الصلادة لمادة البولي استر غير المشبع تزداد بإضافة كل من دقائق الألمنيوم ودقائق أوكسيد الألمنيوم وتستمر الصـلادة بالزيـادة مع زيادة الكسـر الوزني وأن لنـوع الدقائق المضافة تأثير كبير على صلادة المادة المركبة الناتجة واعتماداً على صلادة الدقائق المضافة.
أن صلادة البولي أستر غير المشبع لوحده (87 Shore D) ولكن عند إضافة دقائق الألمنيوم فأن المادة المركبة امتلكت أعلى صلادة عند الكسر ال وزني (20 %) وهي (88.7 Shore D) ولكن عند إضافة دقائق أوكسيد الألمنيوم فأن المادة المركبة امتلكت صلادة بلغت (91.2 Shore D)عند نفس الكسر ال وزنـي ، أي بنسبة تحسن مقدارها (2.82 %) أذا ما قورنت مع المادة المركبة المقواة بدقائق الألمنيوم ، وهذه الزيادة في صلادة البولي أستر غير المشبع المقوى بدقائق من أوكسيد الألمنيوم تعود إلى أن هذه الدقائق هي دقائق سيراميكية والتي تمتاز بالصلادة العالية.

الاستنتاجات

فيما يلي عرض لأهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها:

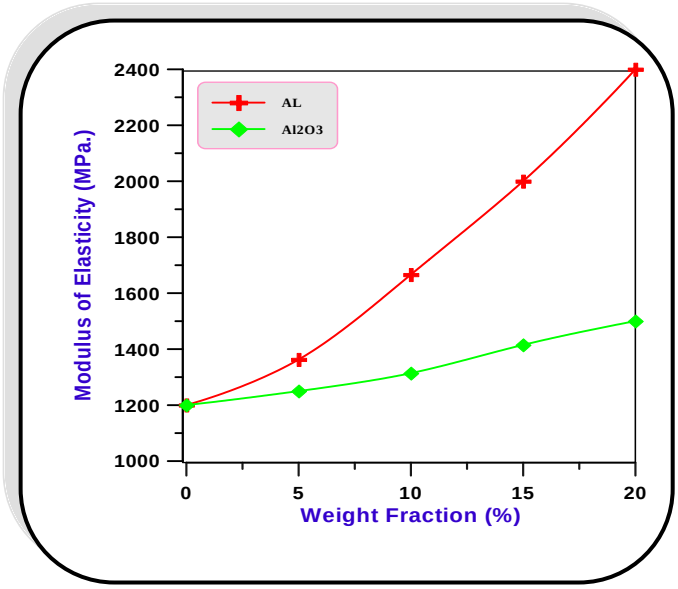
1 - حصول زيادة في مقاومة الشد لمادة مركبة من البولي استر المقوى بدقائق الألمنيوم مع زيادة الكسر الوزني بنسبة (% 54.84) وزيادة معامل المرونة بنسبة (60%)عند كسر وزني (% 20)، بينما تقل مقاومة الشد للمادة المركبة المقواة بدقائق أوكسيد الألمنيوم مع زيادة الكسر الوزني بنسبة (% 41.9) عند نفس الكسر الوزني ولنفس حجم الدقائق.

2 - عند زيادة الكسر الوزني للدقائق المضافة تزداد مقاومة الصدمة (G_c) ومتانة الكسر

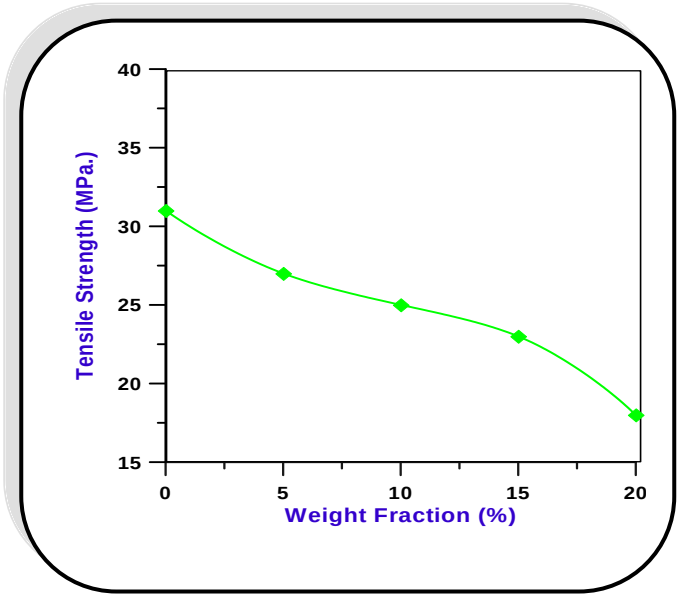
3 - (K_c) وتكون هذه الزيادة أعلى في حالة المادة المركبة المقواة بدقائق الألمنيوم حيث بلغت (12.5 kJ/m^2) عند كسر وزني (% 20).

4- تزداد مقاومة الانحناء وأقصى أجهاد قص مع زيادة الكسر الوزني عند حجم دقائق ثابت للمادة المركبة ، حيث بلغت أعلى مقاومة للانحناء (.526 MPa) وبلغ أقصى أجهاد قص (.9.6 MPa) عند كسر وزني (20 % للمادة المركبة المقواة بـ (Al).

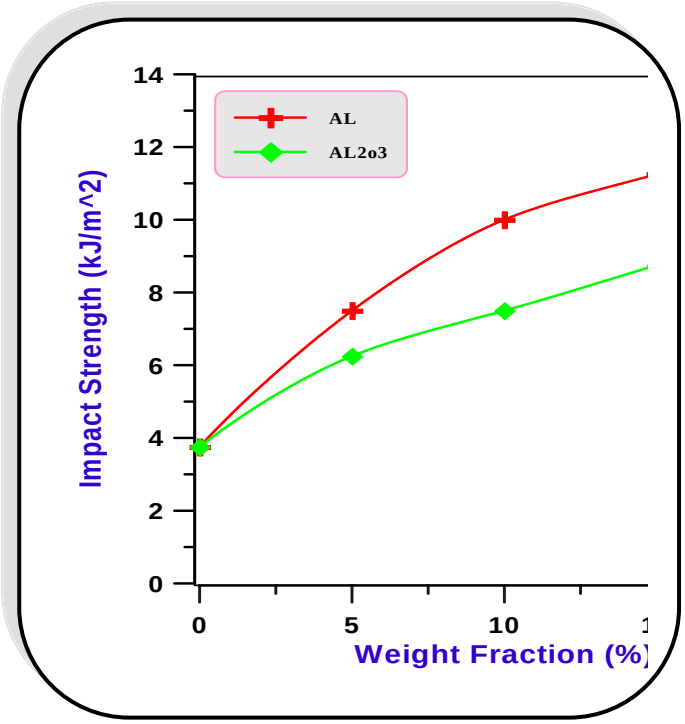
5- تزداد صلادة المادة البوليمرية مع زيادة الكسر الوزني للدقائق المضافة ، حيث بلغت أعلى صلادة (91.2 Shore D) للمادة المركبة المقواة بدقائق اوكسيد الألمنيوم عند كسر وزني (% 20) أي بنسبة تحسن (% 2.82) مقارنة مع المادة المركبة المقواة بدقائق الألمنيوم.



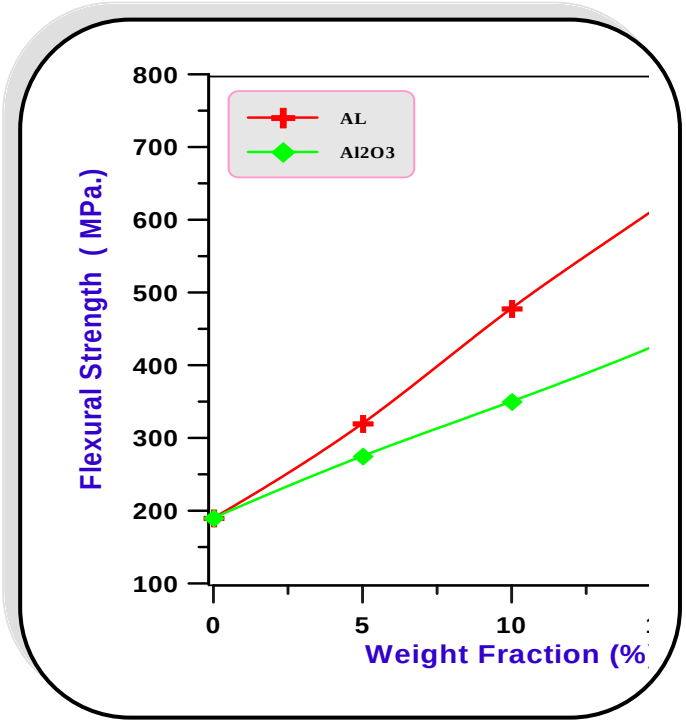
شكل(1) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد مع الكسر الوزني للمادة المركبة من البولي أستر المقواة بدقائق من الألمنيوم.



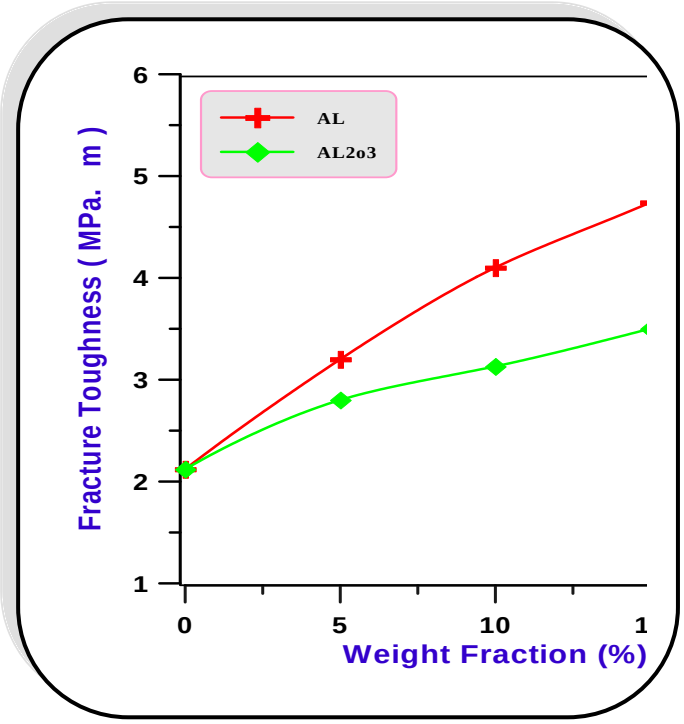
شكل(2) يوضح العلاقة بين مقاومة الشد مع الكسر الوزني للمادة المركبة من البولي أستر المقواة بدقائق من اوكسيد الألمنيوم.



شكل(4) يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة(G_c) والكسر الوزني للدقائق المضافة إلى البولي أستر.

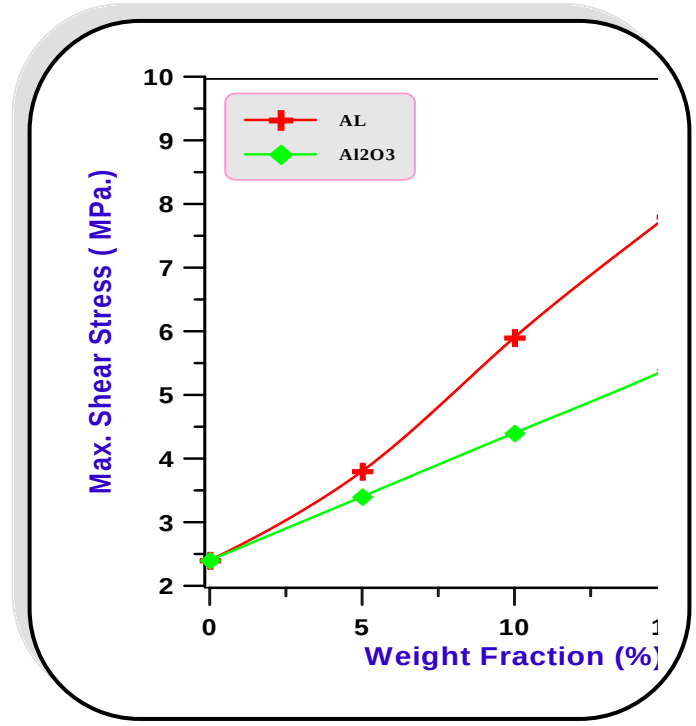


شكل(3) يوضح العلاقة بين معامل المرونة (E) والكسر الوزني للدقائق المضافة إلى البولي أستر المقواة بدقائق من الالمنيوم واوكسيد الالمنيوم.

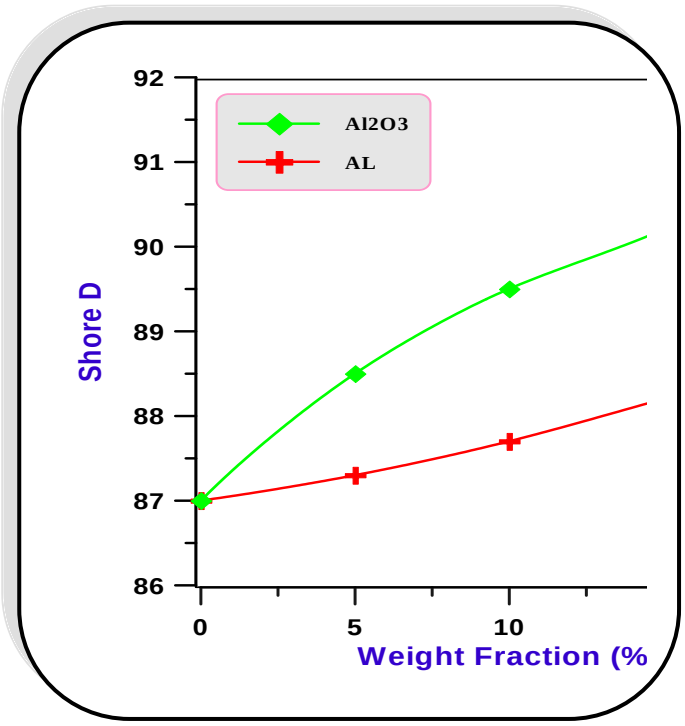


شكل(5) يوضح العلاقة بين متانة الكسر(K_c) والكسر الوزني للدقائق المضافة إلى البولي أستر.

شكل (6) يوضح العلاقة بين مقاومة الانحناء والكسر الوزني لمادة مركبة من البولي أستر المقواة بدقائق الألمنيوم وأوكسيد الألمنيوم.



شكل (7) يوضح العلاقة بين االقصى اجهاد قص والكسر الوزني لمادة مركبة من البولي أستر المقواة بدقائق الألمنيوم وأوكسيد الألمنيوم



شكل (8) يوضح العلاقة بين الصلادة والكسر الوزني لمادة مركبة من البولي أستر المقواة بدقائق الألمنيوم وأوكسيد الألمنيوم

Reference

1- L. Holliday **"Composite Material"**, Elsevier Publishing, London, 1966.

2- J. W. Weeton, M. P. Dean, L.T. Karyn, '' **Engineering's Guide to Composite Material**'', Published by American Society for Metals,(1987).

3- N. L. Hancox, " **Metals and Material** "Vol.2 (1986).

4- W.D.Callister,Jr**.,"Materials Science and Engineering An Introduction"** 6th ed., John Wiely and Sons,Inc. 2003.

5- L**.** Nicolais, G. Guerra, C.Migliaresi, L. Niccdemo & A. Dibeenedetto, **"Mechanical Properties of Glass – Bead Filled Polystyrene Composite",** Journal of Composite, Vol.12 (1981).

6- M. Maik & A. Krysztafkiewicz,'' **Effect of Fillers on the Properties of Urethane Polymers**'', International Journal Polymer Science and Technology, Vol.8 (1981).

7- A. C. Moloney, H. H. Kuszh & H. R. Stieger, " **The Fracture of Particulaate - Filled Epoxiede Resins** ",Part1 Journal of Materials Science, Vol.18 (1983).

8- N. Amdouni , H. Sautereau , J. F. Gerard , F. Fernagut , G. Coulon & J. M. Lefebvre'' **Coated Glass Beads Epoxy Composites: Influence of the Interlayer Thickness on Pre–Yielding & Fracture Properties**'', Journal of Materials Science**,** Vol.25,(1990).

9- H. A. Kereem,'' **Study the Influence of Adding Nickel Powder to a Thermosetting Epoxy Resin on the Mechanical Properties**'',M. Sc. Thesis, University of Technology,(2002).

10- P. R. Marur , R. C. Batra, G. Garcia & A. C. Loos ,''**Static & Dynamic Fracture Toughness of Epoxy /Alumina Composite with Submicron Inclusions** '', Journal of Material Science, Vol.39, (2004).

11- R. J. Crawford,**" Plastic Engineering"**, 2nd ed., Pergamonl Press, U.K, (1987).

12- D. R. Askeland & P. P. Phule ," **The Science & Engineering of Materials"**4th ed., (2003).

13- B. R. Sanders & T. L. Weintraub, **" Matel Hand Book Mechanical Testing "** ,Vol.8 , 9th ed. ,USA, (1985).

14- N. G. Mccrum, C. P. Buckley & C. B. Bucknall **"Principles of Polymer Engineering"**, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, (1997).

15- Annual Book of ASTM Standards, 1986, Vol. 08.01, D2240-86.

16- I. J. McColm **" Ceramic Science for Materials Technologists ",** Leonard Hill, New York, 1983.

17- A. C. Moloney, H. H. kausch & H. R. Beer, **" Review Parameters Determining the Strength & Toughness of Particulate Filled Epoxide Resins"**, Journal of Materials Science, Vol.22, No. 2, 1987.

18- G. Piatti,**"Advances in Composite Materials"**, Applied Science Publishers LTD, 1978.

19- J. Spnoudakis & R. J. Young, **"Crack Propagation in a Glass Particle- Filled Epoxy Resin"**, Journal of Materials Science ,Vol.19, 1984.

Study of Mechanical Characteristics for Polymer Composite Reinforced by Particles of (Al_2O_3) or (Al)

Dr. Ali Hussein Ataiwi **Dr.Jawad Kadhim Uleiwi** **Saad M. elIa**
University of Technology \ Mat. Eng.Depart

Abstract
A particulate polymer composite material was prepared by reinforcing with the Aluminum Oxide (Al_2O_3) or Aluminum (Al) metallic particles with a particle size of (30) µm to an unsaturated Polyester Resin with a weight fraction of (5%, 10%, 15%, 20%).
Tensile test results showed the maximum value of elastic modulus reached (2400MPa.) in the case of reinforcing with (Al) particles with weight fraction (20%) and (1500 MPa.) in the case of reinforcing with (Al_2O_3) particles of the same weight fraction.
When the impact and the flexural strength tests were done, the results showed that flexural strength (F.S), maximum shear stress (τ_{max}), impact strength (G_c) and fracture toughness (K_c) were increased with the increase of weight fraction, where the results of the samples of (Al) particles were higher than that of (Al_2O_3) particles reinforced at a weight fraction of (20%) at ratios of (45.43%, 45.45%, 25%, 41%) respectively. While the hardness of the samples reinforced with (Al_2O_3) particles was higher than that reinforced with (Al) particles with a ratio of (2.82%) at a weight fraction of (20%).