

دراسة تأثير درجة الحرارة على بعض الخواص الميكانيكية لمتراكبات منفردة وهجينة

مصطفى زيد عبدالله عزيز ، عبد الحميد رحيم الصراف ، بلقيس محمد ضياء الدباغ*
 قسم الفيزياء ، كلية التربية - ابن الهيثم ، جامعة بغداد
 *قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية
 استلم البحث في: 16 شباط 2010
 قبل البحث في: 30 حزيران 2010

الخلاصة

درس في هذا البحث مقاومة الصدمة والأنحاء ومقاومة الانضغاط لمتراكبات مكونة من الايبوكسي بوصفه مادة اساس مع دقائق الخشب (الاحمر الجاوي والابيض الروسي)، ومسحوق الزجاج، وألياف الصوف الصخري بوصفها مواد تدعيم وبكسر حجمي (20%) ولجميع النماذج واجراء المقارنة في ظروف مختلفة بدرجات الحرارة، بينت النتائج حصول زيادة في مقاومة الصدمة عند تدعيم الراتنج بالدقائق والافاياف وكذلك تزداد مقاومة الصدمة عند الزيادة بدرجات الحرارة ولجميع النماذج، ولوحظ ايضا حصول زيادة في معامل المرونة للمواد المتراكبة المدعمة بالدقائق فقط وانخفاض معامل المرونة للمواد المتراكبة المحشوة بالدقائق والألياف فضلا عن حصول انخفاض في معاملات المرونة ولجميع النماذج عن الزيادة بدرجات الحرارة، اما عند اجراء اختبار مقاومة الانضغاط تبين حصول زيادة في مقاومة الانضغاط عند درجة حرارة الغرفة ولجميع النماذج وتناقص هذه المقاومة مع زيادة درجات الحرارة.
كلمات مفتاحية: راتنج الايبوكسي، متراكبات، خواص ميكانيكية، ألياف الصوف الصخري، دقيق الخشب

المقدمة

أهتم العديد من الباحثين بدراسة الخصائص الميكانيكية للمواد المتراكبة بشكل عام ومن بينها مقاومة الصدمة والأنحاء والانضغاط لما لها من أهمية بالغة في تحديد نوعية المادة الملائمة للتطبيقات الصناعية المختلفة. ففي عام (1982) درس الباحث (Sumite) وجماعته تأثير الدقائق في خصائص المرونة للمواد المتراكبة الدقائقية وذلك باستعمال انواع مختلفة من الدقائق السيراميكية تمتزج مع البولي بروبيلين فقد تبين ان معامل يونك للمتراكبات المحشوة بدقائق صغيرة يزداد مع زيادة محتوى الحشوة ولكنه يتناقص مع زيادة حجم الدقائق، اما بالنسبة الى المتراكبات المحشوة بدقائق كبيرة فإن معامل يونك يتناقص مع زيادة محتوى الحشوة وحجم الدقائق [1]، وفي عام (1987) قام الباحث (Chand) وجماعته بدراسة متراكبات راتنج البولي أستر المحشو برماد قشرة الرز وحساب الصدمة (Impact) للمادة المتراكبة. اذ تبين عند اضافة الحشوة الى البولي أستر فإن مقاومة الصدمة تزداد لكنها تتناقص بزيادة الكسر الحجمي للحشوة [2]. وفي عام (1999) قامت الباحثة (ايناس) بدراسة الخواص الميكانيكية للبولي أستر غير المشبع والمدعم بدقائق سيراميكية مختلفة، وقد وجد حصول زيادة في معامل المرونة الى أربع أضعاف بالنسبة الى البولي أستر غير المدعم وكذلك حصول زيادة في قيم مقاومة الأنحاء [3]، وفي عام (2003) قام الباحث (Matsumura) وجماعته بدراسة الخواص الميكانيكية للأيبوكسي بوصفه مادة أساس والمدعم بدقائق الكاربون الأسود والسليكا، وقد تبين أن معامل المرونة يزداد بأضافة هذه الدقائق لكن ضمن المنطقة المطاطية ويقل عند الاقتراب من الحالة الزجاجية [4]. وفي عام (2007) قام الباحث (أحمد) بدراسة مقاومة الأنضغاط والأنحاء لمواد متراكبة مكونة من الأيبوكسي بوصفه مادة أساس والمحشو بدقائق قشرة جوز الهند، وقد أظهرت النتائج حصول زيادة في قيم متانة الأنحاء ومقاومة الأنضغاطية لجميع النماذج المدعمة بالدقائق ذي الحجم الحبيبي الذي يمتد بين (0.3-0.063)mm [5].

الجانب النظري

(1) اختبار مقاومة الصدمة (Impact Strength Test): اختبار مقاومة الصدمة يعد من الفحوصات المهمة المستعملة لدراسة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى سريعة، إذا استعمل اختبار الصدمة بطريقة جارية الذي يمثل إحدى صور فحص الانحناء ثلاثي النقاط ولكن بنوعه الحركي، ان الإجهاد المسلط وتأثيرات المحيط تؤدي دوراً رئيساً في تحديد متانة الصدمة للمواد، إذ ان الطاقة الكامنة للمطرقة تتغير ويحدث تحول للطاقة ويتم انجاز شغل على الجزء الذي تصل إليه الصدمة أي ان جهاز اختبار الصدمة يتضمن تحول الطاقة وامتصاصها ومن ثم التشتت، لذلك فان الطاقة الممتصة تحدد صفات وميزات المادة الواقعة تحت أحمال الصدمة، إذ ان طاقة الصدمة تمثل المتانة (Toughness) وتعرف بأنها الشغل المنجز لكسر الأنموذج، فالمادة ذو المتانة العالية تتطلب طاقة اكبر من المادة ذي المتانة الأقل [6]. ويمكن استخراج مقاومة الصدمة من العلاقة الآتية:

$$\text{مقاومة الصدمة} = \text{الطاقة اللازمة للكسر} / \text{مساحة المقطع العرضي للعينة} \dots\dots\dots (1)$$

هناك بعض البوليمرات تتميز بمتانة جيدة لكن أداءها يكون ضعيفاً عند إخضاعها لاختبار الصدمة. لقد لاقى اختبار الصدمة اهتماماً كبيراً من الباحثين لان هناك خطراً يكمن في ان المواد البوليمرية قد تكون مطيلية (Ductile) تحت تأثير الاجهادات الساكنة ولكنها قد تبدو هشة (Brittle) تحت تأثير الاجهادات السريعة [7].

(2) اختبار الانحناء (Bending Test): تعرف المرونة بأنها مقدرة المادة على الانحناء تحت الحمل المسلط. إذ ان المرونة (Flexibility) تمثل إحدى أهم الخواص التي تتمتع بها البوليمرات عن غيرها من المواد سواء أكانت مطاوعة ام متصلدة حرارياً، وكذلك تعرف المرونة بأنها قابلية المادة على تحمل التشوه المرن دون ضعف او تحطم وهي ميزة مهمة جداً تعتمد عليها الكثير من التطبيقات مثل العجلات المسننة والطائرات والسفن كذلك يمكن تعريف مقاومة الانحناء بانها قدرة المادة على مقاومة الفشل. وان معامل المرونة للمواد المتراكبة يتأثر بعدد من العوامل منها (نسق او اتجاهية الجزيئة للمادة الأساس البوليمرية، حجم الدقائق والكسر الحجمي للحشوة، العيوب الناتجة عن الفجوات المتكونة في اثناء تحضير المتراكبات، معامل مرونة الدقائق المدعمة) [6]. يعد هذا الاختبار من الاختبارات الأساسية للمواد الهشة وذلك لتحديد خواص المرونة واللدونة للمادة وهناك عوامل عديدة تؤثر في نتيجة هذا الاختبار ومنها نوع ومعدل التحميل والمسافة ما بين المسندين وإبعاد المقطع العرضي للأنموذج، إذ هناك طريقتان اختبار لقياس متانة الانحناء وهي الاختبار ثلاثي النقاط والاختبار رباعي النقاط، إذ شاع استخدام الاختبار ثلاثي النقاط في قياس مقاومة الانحناء وذلك لسهولة وساطته أكثر من النوع الثاني الذي يتميز من سابقه لأنه يقلل من احتمالية ان تتأذى عينة الاختبار نتيجة لاجهاد الضغط [8]، فالأنموذج في هذا الاختبار يتعرض الى أربع قوى الأولى قوة انضغاط (في طبقات المقطع العليا)، والثانية قوة شد (في طبقات المقطع السفلي)، والثالثة قوة قص، والرابعة قوة زحف، لذا فهو معيار للدونة المادة [9]. إذ ان اختبار الانحناء يعد من الاختبارات المناسبة للحصول على منحنى (الكتلة- الانحراف) وبذلك يمكن حساب معامل المرونة (E) حسب العلاقة الآتية [10]:

$$E = \left(\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right) \left(\frac{gl^3}{48I} \right) \dots\dots\dots (2)$$

اذ ان:

$$\left(\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right) : \text{تمثل الميل (Slope) المحسوب من منحنى (Mass- Deflection)، (g): التعجيل الأرضي}$$

$$(I): \text{المسافة بين نقطتي الأرتكاز، (I) :يمثل عزم الانحناء الهندسي والذي يعطى بالمعادلة الآتية (10):}$$

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots\dots\dots (3)$$

اذ أن : (b) عرض الأنموذج ، (d) : سمك الأنموذج.

(3) اختبار مقاومة الانضغاط (Compressive Strength Test) : مقاومة الانضغاط هي أعظم إجهاد تقاومه المادة الجسوة (Rigid Material) تحت الضغط العمودي، وهذه المقاومة تقاس عن طريق قسمة الحمل المسلط على وحدة المساحة للمقطع العرضي الابتدائي المعرض للحمل [8]. وتعطى مقاومة الانضغاط بالعلاقة [10]:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(4)$$

اذ ان: (σ) :مقاومة الانضغاط(MPa) ، (p) :الحمل المسلط(N) ، (A) :المساحة (mm^2).

اما مضغوظة المادة (Compressibility) فتعطى بالعلاقة الاتية[10]:

$$\varepsilon_{com} = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \dots\dots\dots (5)$$

اذ ان:

$(\Delta \ell)$: التغير بالطول(mm) ، (ℓ_0) : الطول الابتدائي (mm) ، (ε_{com}) : الانفعال عند لحظة التشوه.

يستعمل هذا الاختبار بشكل واسع لفحص المواد الهشة، مثل الكونكريت، والزجاج، والراتنجات المتصلدة بالحرارة مثل الايبوكسي والبولي استرلتي تمتاز بمقاومة انضغاط عالية مقارنة بمقاومتها لاجهادات الشد ويعود السبب في ذلك الى وجود الاجهادات الجديدة المتولدة نتيجة لوجود الشقوق في المادة، فمقاومة الشد لهذه المواد تعتمد على توزيع العيوب داخل المادة، اذ تعمل هذه العيوب بوصفها مناطق لتركيز الاجهادات وتتمو بالاتجاه العمودي لقوة الشد لذلك نلاحظ ان لهذه المواد مقاومة عالية للانضغاط، كذلك يمكن تعريف إجهاد الانضغاط بأنه مقاومة الانضغاط عند الفشل او نقطة الخضوع للانضغاط[8]، ان ميكانيكية التدعيم بالدقائق ذي تأثير مهم لتحسين الخصائص الميكانيكية للبوليمرات وذلك بالاعتماد على عدة متغيرات هي (الطبيعية الكيميائية للبوليمر والحشوة، بنية او تركيب الحشوة، الالتصاق ما بين البوليمر وسطح الحشوة، القولية وظروف التصلد للبوليمر [5] ، فاذا كان السطح البيئي قوياً ومتيناً فان متانة الانضغاط سوف تتحسن بشكل ملحوظ وتصل تقريباً الى متانة الشد. بينما في حالة كون هذا السطح ضعيفاً فان المادة المدعمة سوف تنفصل بسهولة عن المادة الأساس ومتانة الانضغاط لاتصل ابدًا الى مستوى متانة الشد (اختبار الانضغاطية ذو سلوك مشابه الى اختبار الشد فيما عدا ان القوة العاملة في اختبار الانضغاط تكون في دفع نهايات العينة بعضها الى البعض[8].

الجانب العملي

(1) **المواد المستعملة** : المادة الأساس المستعملة في هذا البحث هي راتنج الأيبوكسي نوع (Quickmast 105) وهو أحد أنواع الراتنجات المتصلدة بالحرارة والمصنع بوساطة (Ayla Construction Chemicals) وبأمتياز من شركة (dcp) الأنكليزية ، يتمتع الأيبوكسي الذي سوف يرمز له (Ep) المستعمل في هذا البحث بخواص تميزه من باقي الأنواع وهي لزوجته الواطئة التي تسمح بخلطه مع مواد التدعيم بصورة جيدة لحين الوصول الى التشبع التام ما بين المادة الأساس ومادة التدعيم، كذلك فهو يمتلك خاصية التصاق عالية، فضلا عن عدم حدوث انكماش بعد صب القالب وتصلبه، اما المحلول المصلد (Hardener) فهو مادة سائلة خفيفة القوام ذو لون شفاف، يضاف المصلد الى الراتنج بنسبة (5: 1) ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة، أما مواد التدعيم فقد أستعمل نوعان من دقيق الخشب (Wood Flour) وهما دقيق الخشب الأبيض الجام الروسي الذي يرمز له (W.W.F) الذي يمتلك كثافة مقدارها (521.757 Kg/m^3)، ودقيق الخشب الأحمر الجاوي الذي رمزه (R.W.F) وكثافة مقدارها (495.544 Kg/m^3) ، وكلا نوعي الدقائق من النوع الناعم الذي يمتد حجمه الدقائقي بين (100-140) مايكرون، كذلك استعمل مسحوق الزجاج (Glass Powder) من نوع (Soda-lime glass) الذي سوف يرمز له (G.p) اذ يمتلك حجم حبيبي مقداره ($35\mu\text{m}$) وكثافة (2480 Kg/m^3) وألياف الصوف الصخري (Rock Wool) التي رمزها (R.W) تمتلك كثافة مقدارها

(0.7 gm/cm^3) وتتميز بلونها الأخضر. وتعد هذه الألياف من العوازل الحرارية نظراً لما تمتاز به من مقاومة حرارية عالية لمستوى يصل الى (800°C) وتمتاز بمقاومة كيميائية عالية.

(2) **تحضير العينات** : اتبعت تقنية القولية اليدوية في تحضير العينات في هذه المرحلة اذ تم تهيئة قالب خاص لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون وبأبعاد $(21*21)\text{cm}$. وبعد تهيئة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة ثم تبعتها عملية تجفيف، ثم بعد ذلك ولضمان عدم التصاق الراتنج على القالب وسهولة أستخراج المصبوبات بعد أكمال عملية التصلب وضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب بوصفه مادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهزاً لعملية الصب . بعدها قطعت القوالب الخاصة بالفحوصات اذ حضرت ستة أنواع من المواد وكما يأتي :

- الأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأحمر (الجاوي) فقط بوصفه مادة متراكبة منفردة $(\text{Ep}+\text{R.W.F})$ ، والأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأحمر ومسحوق الزجاج بوصفه مادة متراكبة هجينة $(\text{Ep}+\text{R.W.F}+\text{G.p})$.
- الأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأبيض (الجام) الروسي فقط بوصفه مادة متراكبة منفردة $(\text{Ep}+\text{W.W.F})$ ، والأيبوكسي المدعم بدقائق الخشب الأبيض (الجام) الروسي ومسحوق الزجاج بوصفه مادة متراكبة هجينة $(\text{Ep}+\text{W.W.F}+\text{G.p})$.
- الأيبوكسي المدعم بألياف الصوف الصخري وكلا نوعي دقائق الخشب بوصفه مادة متراكبة هجينة $(\text{Ep}+\text{R.W}+\text{R.W.F}+\text{W.W.F})$ ، والأيبوكسي غير المدعم للتعرف على خصائصه (Ep) .

وحسب المواصفات القياسية الموضحة في جدول -1- والشكل -1- يبين صور فوتوغرافية لجهاز اختبار الصدمة المصنع من قبل شركة (Testing Machines INC, Amityville- New York) وجهاز اختبار الأثناء المصنع من شركة (Phywe) الألمانية، والمكبس الهيدروليكي نوع (Ley Bold Harris No.36110) لإجراء اختبار الانضغاطية، اذ صنعت مواد متراكبة بكسر حجمي مقداره (20%) وذلك من خلال العلاقات الآتية [8]:

$$\Psi = \frac{w_f}{w_c} \times 100 \% \dots\dots\dots (6)$$

$$w_c = w_f + w_m \dots\dots\dots (7)$$

$$\phi = \frac{1}{1 + \frac{1 - \Psi}{\Psi} \cdot \frac{\rho_f}{\rho_m}} \dots\dots\dots (8)$$

اذ ان :

$\Psi =$ الكسر الوزني لمادة التدعيم ، ϕ : الكسر الحجمي لمادة التدعيم ، ρ_m, ρ_f : كثافة المادة الأساس والحشوة على التوالي ، w_c, w_m, w_f : وزن المادة المتراكبة والمادة الأساس والحشوة على التوالي.

النتائج والمناقشة

(1) **اختبار مقاومة الصدمة** : من ملاحظة النتائج التي توصلنا اليها لجميع النماذج المحضرة في البحث المبينة بالجدول -2- تبين حصول زيادة في مقاومة الصدمة ولجميع النماذج المدعمة المنفردة والهجينة عند درجة حرارة الغرفة $(20 \pm 2^\circ\text{C})$ ، حيث عند إضافة الدقائق الى راتنج الأيبوكسي الذي يعد من المواد البوليمرية الهشة (Brittle Polymer) ذي متانة قليلة ومقاومة صدمة واطئة [11]، تعمل هذه الدقائق على زيادة متانة المادة المتراكبة لأن وجودها يؤدي الى انحراف الشق، اذ ان ملاقات الشق للدقائق في أثناء تقدمه خلال المادة سيولد أعاقه في حركته من هذه الدقائق التي تعد حواجز امام الشق وتعمل على تثبيته في مراكز تواجد الدقائق، ولكي يتجاوز الشق هذه الحواجز ويستمر بالنمو سيغير من شكله ويتحول الى مجموعة شقوق ثانوية صغيرة محولاً بذلك المرور بين الدقائق، وهذا الأمر يؤدي الى زيادة في سطح الشق وبذلك تزداد الطاقة المطلوبة لحصول الكسر [11]. كما تبين لنا ان المادة المدعمة الهجينة

($E_p+R.W.F+G.p$) امتلكت أعلى مقاومة صدمة ثم تلتها المادة المدعمة الهجينة ($E_p+W.W.F+G.p$) ومن ثم المواد المدعمة المنفردة ($E_p+R.W.F$)، ($E_p+W.W.F$) على التوالي، ومن هنا نلاحظ أنه عند إضافة مسحوق الزجاج إلى المواد المدعمة يؤدي إلى زيادة مقاومة الصدمة أي زيادة في متانة المادة المتراكبة، وهذا يتفق مع الباحث (Owen) ، إذ لاحظ أن مسحوق الزجاج يعطي متانة كسر وصلابة للمادة البوليمرية الأساس [12]، أما المادة المدعمة الهجينة ($E_p+R.W+R.W.F+W.W.F$) فقد أمتلكت أقل مقاومة صدمة بالنسبة إلى النماذج المدعمة وذلك لأن الألياف الصوف الصخري تتميز بكثافة واطئة جداً (0.7 gm/cm^3) أي أنه يتضمن فجوات التي تعمل بوصفها نقاط ضعف داخل المادة المدعمة وتكون مركزاً للأجهادات ، وكذلك تعمل هذه الألياف على زيادة المسافة الداخلية بين الدقائق إذ إن طاقة الكسر للمواد الهشة المدعمة بالدقائق تزداد عندما يتم التناقص في المسافة الداخلية بين الدقائق [13]، أما عند إجراء اختبار الصدمة عند درجات حرارة مختلفة ويوضح الشكل 2- العلاقة بين مقاومة الصدمة لجميع النماذج عند درجات حرارة مختلفة ، فنلاحظ زيادة مقاومة الصدمة بزيادة درجة الحرارة ولجميع النماذج، إذ عند درجة حرارة ($40 \pm 2^\circ \text{C}$) نلاحظ أن الزيادة تكون طفيفة، وقد تكون بسبب زيادة قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة البوليمرية الأساس نتيجة لحدوث أستكمال للتفاعلات التشابكية [14]، أما عند درجة ($60 \pm 2^\circ \text{C}$) فنلاحظ أن هناك زيادة كبيرة في مقاومة الصدمة بسبب ارتخاء الأواصر بين جزيئات المادة البوليمرية وزيادة حركتها الأنزلاقية وهذا يعطيها إمكانية أكبر لأمتصاص الطاقة مما يؤدي إلى زيادة طاقة الكسر [15] ، وسبب ارتخاء الأواصر بين جزيئات المادة البوليمرية يرجع إلى أن الأواصر الموجودة بين الجزيئات هي أواصر ثانوية التي تتميز بأنها أواصر ضعيفة مقارنة بالأواصر الأولية إذ تضعف هذه الأواصر عند ارتفاع درجات الحرارة، وكذلك فإن الهشاشة عند معدلات التحميل العالية ليست خاصية مطلقة للبوليمرات لأن البوليمر الذي يكون هشاً عند درجة حرارة الغرفة فإنه يصبح مطيلاً عند درجات حرارة مرتفعة [7].

(2) اختبار الأنحاء : هذا الاختبار يختلف عن اختبار الصدمة بمعدل الأجهاد، إذ تخضع العينة في هذا الاختبار لمعدل أجهاد بطيء [9]، والهدف الرئيس من هذا الاختبار هو التعرف على السلوك الخطي أو ما يدعى في أغلب الأحيان (Hooken Behavior) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط بالاتجاه العمودي على المستوى السطحي للمادة. إذ لاحظنا أن الانحراف (Deflection) يتناسب طردياً مع الحمل المسلط، فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأولى ويستنتج من ذلك أن المادة تخضع لقانون هوك (Hook Law). و يستعرض الجدول 3- قيم معامل المرونة لجميع النماذج عند درجات حرارة مختلفة فعند درجة الحرارة الغرفة ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) نلاحظ أن المادة المدعمة الهجينة ($E_p+R.W.F+G.p$) امتلكت أعلى معامل مرونة ومن ثم المادة المدعمة المنفردة ($E_p+R.W.F$) تلتها المواد ($E_p+W.W.F$)، و ($E_p+W.W.F+G.p$)، و (E_p)، و ($E_p+R.W+R.W.F+W.W.F$) على التوالي، إذ نلاحظ أن التدعيم بالدقائق ولاسيما دقائق الخشب يعمل على زيادة معامل المرونة وهذا يتفق مع الباحثين (Lee and Ohkita) [16] ، وإن هذه الزيادة ناشئة من احتمالية أن الدقائق قد أصبحت في تماس (Contact) مع بعضها الآخر من دون وجود الطبقة المستمرة للمادة الأساس بينها أو إلى أن صفوف الدقائق تحاط بوساطة قشرة من المادة الأساس وهذا يتفق مع الباحثين (Ishai and Cohen) [13][17]. كذلك يمكن القول أن وجود الدقائق يؤدي إلى التقيد أو التحديد لمرونة الجزيئات الكبيرة للمادة الأساس والتراكيب الجزيئية المضافة التي يتم تكوينها خلال وجود الدقائق مما يجعل عملية الأسترخاء أكثر صعوبة ومن ثم يؤدي إلى زيادة معامل المرونة للمادة المتراكبة [18][19]. وإن سبب أمتلاك المادة المدعمة الهجينة ($E_p+R.W.F+G.p$) معامل مرونة أعلى من المادة المدعمة المنفردة ($E_p+R.W.F$) يعود إلى أن دقائق مسحوق الزجاج (Glass Powder) تكون ذا حجم حبيبي صغير جداً ($35 \mu\text{m}$)، إذ تعمل هذه الدقائق الصغيرة على زيادة معامل المرونة فكلما قلَّ حجم الدقائق أدى إلى زيادة معامل المرونة وهذا يتفق مع الباحث (Sumita) [1]. أما المادة المدعمة الهجينة ($E_p+R.W+R.W.F+W.W.F$) فقد أعطت مادة بخواص جديدة وهي بأمتلاكها معامل مرونة أوطأ من معامل مرونة المادة الأساس غير المدعمة، ويعود ذلك إلى أن ألياف الصوف الصخري

تكون ذا كثافة واطئة (0.7gm/cm^3) ، لذلك فإن هذه الألياف سوف تؤدي الى تكوين فجوات (Voids) داخل المادة المدعمة، إذ تعمل هذه الفجوات على تقليل معامل المرونة وهذا يتفق مع الباحث (Kulkarni) وجماعته، وان هذه الفجوات تكون مركزاً للأجهادات [20]، وعند اجراء هذا الأختبار عند درجات حرارة مختلفة لوحظ انخفاض قيم معامل المرونة ولجميع النماذج المحضرة ويعود سبب ذلك الى ضعف قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس ومن ثم تصبح مادة لينة عند ارتفاع درجات الحرارة ويحدث فيها انفعال كبير مؤدياً بذلك الى انخفاض معامل المرونة [18]، في حين عند انخفاض درجات الحرارة يحدث هناك شد في الروابط الموجودة بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس مما يؤدي الى تقيد حركتها، إذ حيث تصبح المادة صلدة وذات معدلات انفعال واطئة مما يزيد من معاملات مرونتها [21]، فضلاً عن ذلك وجود الفجوات في المواد المدعمة التي تحتوي على غازات محصورة داخل هذه الفجوات فعند ارتفاع درجات الحرارة تؤدي الى تمدد هذه الغازات وبالتالي تكوين أجهادات داخلية تقلل من جساءة المادة، وان الأختلاف في معاملات المرونة بين المادة الأساس ومواد التدعيم يؤدي كذلك الى خلق اجهادات داخلية تقلل من جساءة المادة ، وهذا يتفق مع الباحث (Young) [17]. وان جميع المواد المدعمة المنفردة والهجينة بقيت تمتلك أعلى معاملات مرونة عند ارتفاع درجات الحرارة ، ويوضح الشكل -3- العلاقة بين معاملات المرونة لجميع النماذج المحضرة عند درجات حرارة مختلفة .

(3) اختبار مقاومة الانضغاط : يعد سلوك الأنضغاط للمواد المتراكبة من الخواص الميكانيكية المهمة، ومن ملاحظة الجدول -4- الذي يوضح قيم مقاومة الأنضغاطية لجميع النماذج عند درجات حرارة مختلفة، نلاحظ أن التدعيم بالدقائق أدى الى زيادة مقاومة الأنضغاطية (Compression Strength) ولجميع النماذج عند درجة حرارة الغرفة ($20\pm 2^\circ\text{C}$)، إذ امتلكت المادة المدعمة الهجينة ($E_p+R.W.F+G.p$) اعلى قيمة لمقاومة الأنضغاطية ومن ثم المادة المدعمة المنفردة ($E_p+W.W.F$) وتلتها المواد المدعمة المنفردة والهجينة على التوالي ($E_p+R.W.F$)، و($E_p+W.W.F+G.p$)، و($E_p+R.W.F+R.W.F+W.W.F$) وجاء في المرتبة الأخيرة راتنج الأيبوكسي (E_p) الذي أمتلك أوطأ قيمة لمقاومة الأنضغاطية، وان زيادة مقاومة الأنضغاطية عند التدعيم بالدقائق يعود الى ان الدقائق تعمل بوصفها معوقات لنمو الشقوق والصدوع وحدوث الفشل [22] ، إذ ان متانة أية مادة متعلقة وبصورة أساسية بوجود العيوب التي تتضمنها المادة ومن الجدير بالذكر أن متانة المادة المتراكبة يمكن السيطرة والتحكم بها وذلك عن طريق السيطرة على خصائص بداية نمو العيب [22]، وعند اجراء هذا الأختبار عند درجات حرارة مختلفة نلاحظ حصول انحدار لقيم مقاومة الأنضغاطية مع ارتفاع درجات الحرارة، وهذا يعزى الى ضعف المادة الأساس وقوة الربط بينها وبين الدقائق، إذ ان الحرارة تجعل الراتنج أكثر ليونة مما يضعف مقاومة المادة لحمل الأنضغاطية [15]، إذ ان البوليمرات تظهر سلوك مطيلي عند ارتفاع درجات الحرارة [7]. كذلك يمكن تفسير انخفاض قيم اجهاد الخضوع عند ارتفاع درجات الحرارة بسبب الأختلاف في معامل التمدد الحراري بين المادة الأساس والدقائق، إذ ان الأيبوكسي يتمدد عند هذه الدرجات الحرارية بينما الدقائق تبقى من دون تمدد وهكذا تكون الدقائق بوصفها نقاط ضعف للمادة الأساس مما يعطي للمادة المدعمة مقاومة واطئة للكسر [7]، وهذا ما يفسر امتلاك الأيبوكسي غير المدعم اعلى مقاومة انضغاط عند ارتفاع درجات الحرارة، إذ يتحول الى مادة مطيلية (Ductile). ويوضح الشكل -4- العلاقة بين قيم مقاومة الأنضغاطية لجميع النماذج عند درجات حرارة مختلفة.

الاستنتاجات

بعد اجراء البحث والدراسة حول تأثير التدعيم ودرجة الحرارة في بعض الخواص الميكانيكية تم استنتاج الاتي:

1- التدعيم بالدقائق أدى الى زيادة ملحوظة في الخواص الميكانيكية ولجميع النماذج عند درجة حرارة الغرفة، فضلا عن حصول زيادة في مقاومة الصدمة بارتفاع درجة الحرارة بينما يقل معامل المرونة ومقاومة الانضغاط بارتفاع درجات الحرارة.

2-امتلاك عينات الأيبوكسي غير المدعم أعلى قيم لمقاومة الصدمة والانضغاط عند الدرجات الحرارية المرتفعة.

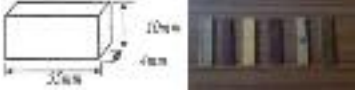


3- وجود ألياف الصوف الصخري مع الدقائق يعمل على تقليل التدعيم الذي تضيفه الدقائق الى المادة المتراكبة، اما عند اضافة مسحوق الزجاج الى المادة المتراكبة الدقائقية المنفردة تؤدي الى زيادة مقاومة الصدمة الى ما يقارب ثلاثة اضعاف،

4- أظهرت المادة المدعمة (بنوعين من الخشب وألياف الصوف الصخري) الهجينة مواصفة جديدة تمثلت بامتلاكها معامل مرونة أوطأ من معامل مرونة عينات الأيبوكسي غير المدعمة.

المصادر

1. Sumita, M.; Ookuma, T.; Miyasaka, K. and Ishikawa, K. (1982), Journal of Materials Science, Effect of Ultra Fine Particles on the elastic properties of oriented Polypropylene composites, 17(10):2869 -2877.
2. Chand, N.; Dan, K.T Verma .S and Rohatgi, P.K. (1987), Journal of Materials Science Letters, Rice hush ask filled-polyester resin composites, 6 (6): 733-735.
3. هادي، ايناس محي، (1999)، دراسة الخواص الميكانيكية و الحرارية للبولي استر غير المشبع و المدعم بدقائق سيراميكية، رسالة ماجستير، علوم تطبيقية - الجامعة التكنولوجية.
4. Matsumura, T.; Ochi, M and Nagata, K. (2003) Journal of Applied Polymer Science, Thermomechanical Properties, Structure, & conductivity of Organic / Inorganic Hybrid Material Filled with a conductive Filler, 90: 1980-1984.
5. احمد احمد سرحان، (2007)، دراسة الخصائص الميكانيكية و الحرارية لمتراكبات بوليميرية من قشور جوز الهند، رسالة ماجستير، علوم تطبيقية - الجامعة التكنولوجية.
6. Gupta, M.C. and Gupta, A.P. (2005), Polymer Composite, Published by New Age International (P) Ltd, New Delhi.
7. Bhatnagar, M .S. (2004), Chemistry & Technology of polymers, 3, published by S.Chand & Company LTD, New Delhi.
8. Hull, D. (1980), An Introduction to composite Materials, 1st edition, first published, Cambridge University Press U.k.
9. عليان، نجلاء رشدي محمد، (2000)، تصنيع و دراسة الخواص الميكانيكية و الحرارية لخطات بوليميرية و اخرى مدعمة، رسالة دكتوراه، قسم العلوم التطبيقية - الجامعة التكنولوجية.
10. Tolf, G, and Clarin, P. (1984), Fiber Science & Technology, Comparison Between Flexural & Tensile Modulus of Fiber Composites, 21(4): 319-326.
11. Broutman, L.J. (1974), Composite Materials, Fracture & Fatigue, 5, Academic Press Inc.
12. Owen, A.B. (1979), Journal of Materials Science, Direct Observations of debonding at crack tips in glass bead - filled epoxy, 14(10): 2521- 2523.
13. Young, R.J. and Beaumont, P.W.R, (1977), Journal of Material Science, Failure of Brittle Polymers by Slow crack growth - part 3 : Effect of composition upon the fracture of silica particle - filled Epoxy resin compositions, 12(4):(684-692).
14. Tavakoli, S.M.; Palfrey, R.A. and Phillips, M.G. (1989), composites, 20(20): 159 – 165.
15. Grawford, R.J. (1987), Plastics engineering, Second Edition, Pregmon Press, New York.
16. Seung – Hwan Lee & Ohkita, T. (2003), Journal of Applied Polymer Science, Mechanical & thermal Flow Properties of Wood Flour - Biodegradable Polymer Composites, 90: 1900 – 1905.
17. Young, R.J.; Maxwell, D.L. and Kinlock, A.J. (1986), Journal of Materials Science, The deformation of hybrid - particulate composites, 21(2): 380 -388.

18. Vladkova ,T.; Vassilera ,St. and Natov, M .(2003),Journal of Applied Science, Wood Flour A New Filler for the Rubber Processing Industry . I . Cure Characteristics & Mechanical Properties of Wood Flour - Filled NBR & NBR/PVc Compounds, 90: 2734 – 2739.
19. Stepek, J. and Daoust ,H. (1983), Additives for Plastics, Springer - Verlag New York Heidelberg Berlin.
20. Kulkarni ,S.; Dha,D.; Murthy,C and Kishore, (2002), Bulletin of Materials Science, Analysis of filler - Fiber Interaction in Fly Ash Filled Short Fiber- Epoxy Composites Using Ultrasonic NDE, 25(2): 137-140.
21. Mccrum, N.G.; Buckley,C.P. and Bucknall ,C.Bb , (1997), Principle of Polymer Engineering, Second Edition, Jhon Wiley & Sons, New York.
22. Pand , J and Sharma ,D. (1984), Fiber Science & Technology, Fracture Toughness of Short Glass Fiber & Glass Particulate Hybrid Composites, 21(4): 307-317.

جدول (1): يبين الأبعاد القياسية للعينات		
المواصفات القياسية	الأبعاد القياسية للعينات	نوع الاختبار
ANSI/ASTM-D790		أختبار الصدمة Impact test
ISO-179		أختبار الأنحاء Bending test
ASTM-D695		أختبار الانضغاط Compression test

جدول (2): يبين قيم مقاومة الصدمة عند درجات حرارية مختلفة			
Material	Impact Strength (KJ/m ²)		
	20±2°C	40±2°C	60±2°C
Ep+R.W.F+G.p	8.2	8.35	13.1
Ep+R.W.F	2.8	3.1	9.4
Ep+R.W+R.W.F+W.W.F	2.5	3.7	11.4
Ep+W.W.F+G.p	6.2	6.4	8.5
Ep+W.W.F	2.7	3.1	6.5
Ep	2.1	5.6	67.3

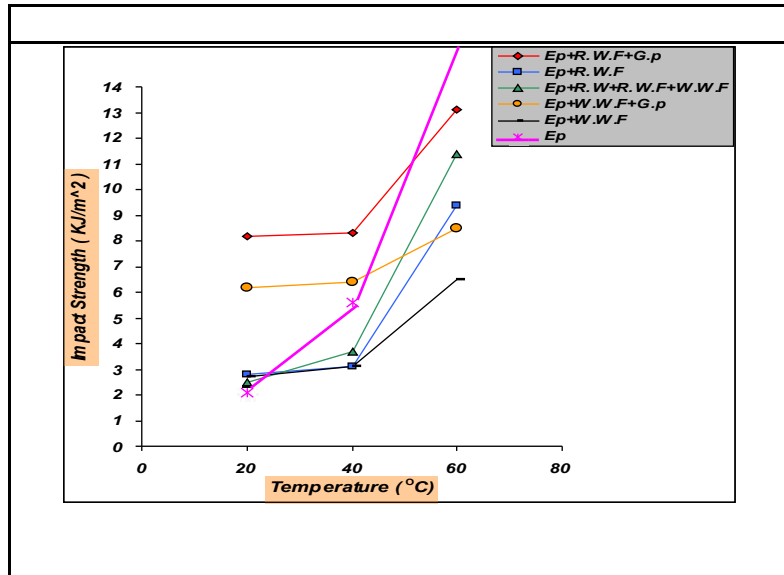
جدول (3): يبين قيم معاملات يونك عند درجات حرارية مختلفة			
Material	Young's Modulus (Mpa)		
	20±2°C	40±2°C	60±2°C
Ep+R.W.F+G.p	2307.56	274.91	23.72
Ep+R.W.F	1944.07	228.98	20.67
Ep+R.W+R.W.F+W.W.F	1297.98	248.39	110.64
Ep+W.W.F+G.p	1608.05	259.95	159.14
Ep+W.W.F	1846.64	297.73	21.21
Ep	1415.41	20.41	18.48

جدول (4): يبين قيم مقاومة الانضغاط عند درجات حرارية مختلفة
--

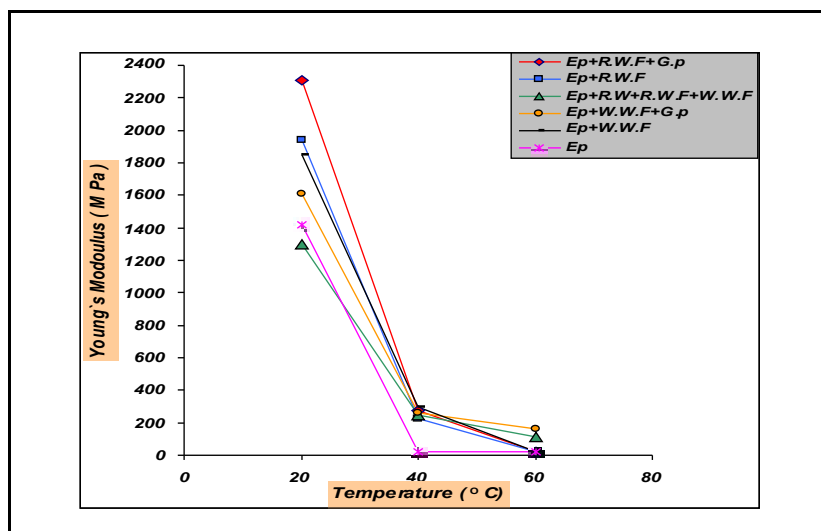
Material	Compression Strength (MPa)		
	20±2°C	40±2°C	60±2°C
Ep+R.W.F+G.p	96.26	53.65	46.97
Ep+R.W.F	92.11	42.71	36.02
Ep+R.W+R.W.F+W.W.F	74.48	46.56	41.97
Ep+W.W.F+G.p	87.51	45.94	37.83
Ep+W.W.F	93.57	45.93	43.37
Ep	73.86	63.15	61.38



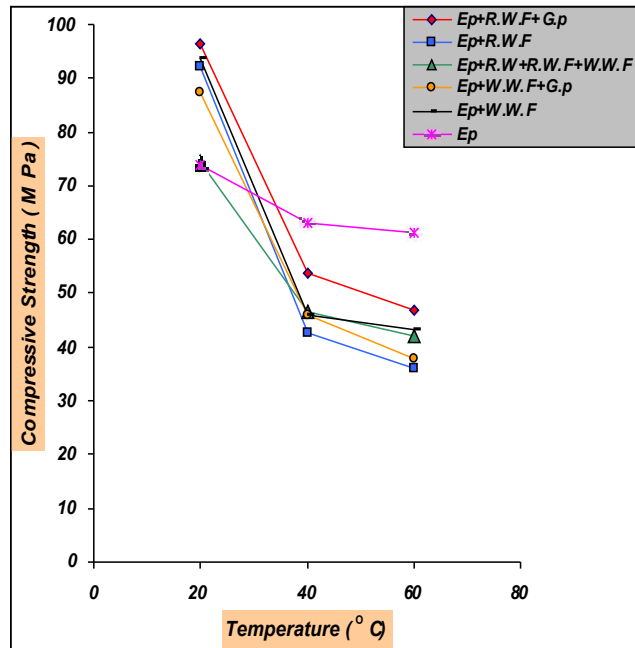
شكل (1): يبين الاجهزة المستخدمة في الفحوصات



شكل (2): يبين العلاقة بين قيم مقاومة الصدمة عند درجات حرارة مختلفة



شكل (3): يبين العلاقة بين قيم معاملات يونك عند درجات حرارة مختلفة



شكل (4): يبين العلاقة بين قيم مقاومة الانضغاط عند درجات حرارة مختلفة

M. Z. Abdullah, A. R. Al-Sarraf, B. M. Dhiaa*

Department of Physics, College of Education Ibn Al-Haitham, University of Baghdad

*** Department of Application Sciences, University of Technology**

Received in: 16, February, 2010

Accepted in: 30, June, 2010

Abstract

In this research, we studied impact strength, bending and compression strength of composites including the epoxy resin as a matrix, with gawaian red wood flour, Russian white wood flour, glass powder and rock wool fibers as reinforcement materials with volume fraction (20%) for all samples, and compared them in different conditions of temperatures.

The results have shown that the impact strength increased with the reinforcement with (particles and fibers), and at high temperatures for all samples prepared, and also observed an increase in elasticity coefficient of epoxy composites filled with (different particles) and decreased in elasticity coefficient of epoxy composites filled with (particles and fibers), on the other hand the elasticity coefficient of all the samples prepared decreased at high temperatures, and increased in compression strength of all samples at room temperature, but at high temperatures compression strength of all samples decreased.

Key words: epoxy resin, composites, mechanical properties, Rockwool Fibers, Wood flour