دراسة متانة وطاقة الكسر للمواد المركبة المدعمة بالألياف الزجاجية والنباتية

علي محمد فرحات و سعد عبد القادر عبد العزيز الشيخ

قسم الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للميكانيكا والكهرباء

ص ب: 61160، هون، ليبيا

ABSTRACT

There is an increasing world demand for engineering materials of special specification. For example, material of high degrees of toughness, light weight and good fabricability in addition to availability with reasonable cost are needed.

Such materials play an important role in fulfilling the needs of new industries like aircraft and motorcar body manufacturers, storage and transporting piping systems of fluids like water…etc. In this investigation, Charpy impact test was used to measure the fracture energy and fracture toughness (U_c, K_c) of three composite materials: unsaturated un-enforced polyester, palm-tree fibers reinforced polyester and glass fibers reinforced polyester at different temperatures (0, 30, 60^{o}C). It was noted that the energy required to fracture (fracture energy (U_c)) for un-enforced polyester increases with decreasing depth of notch (x) and with increasing temperature. For palm tree fibers reinforced polyester, the fracture energy increased by values that exceeded those of un-enforced polyester. The natural fibers absorbed most of the impact energy. Accordingly, fracture toughness was greatly increased for all testing temperatures. At 30 ^{o}C, the toughness of polyester increased from 2.37 kJ/m^2 to 12.7 kJ/m^2 after being reinforced with palm tree fibers and to 17.1 kJ/m^2 after reinforcement with glass fibers. Fracture toughness (K_c) of polyester has also increased from 1.97 to 4.48 $MN/m^{3/2}$ after being reinforced by palm tree fibers and to 5.97 after reinforcement with glass fibers. These differences may be due to the higher density and elasticity of glass fibers. However, the small difference between the properties of the two composites is encouraging to treat palm tree fibers in order to improve their density and accordingly to widen their application.

الملخص

كانت الحاجة وما تزال إلى مواد ذات متانة عالية وخفيفة الوزن وسهلة التشكيل وغير مكلفة بالإضافة إلى توفرها وبما أن للمواد المركبة خواص هندسية مرغوب فيها فهي تلعب دورا مهما في تلبية هذه الحاجة في الصناعات الحديثة كأبدان الطائرات والسيارات والزوارق وخزانات وأنابيب حفظ ونقل المياه ..الخ.

في هذا البحث، أجريت اختبارات مقاومة الصدمة بطريقة (Charpy) لثلاث أنواع من المواد المركبة (الراتنج بولي إستر غير المشبع وغير مدعم والراتنج المدعم بألياف النخيل، والراتنج المدعم بالألياف الزجاجية) لحساب طاقة ومتانة الكسر لها (U_c, K_c) ومقارنة النتائج المتحصل فيما بينها لدرجات حرارية مختلفة 0 و 30 و 60 درجة مئوية، إذ لوحظ بأن الطاقة اللازمة للكسر (U_c) لعينات من الراتنج (غير المدعم) تزداد بنقصان عمق الشق (x) المعمول في العينة وبزيادة درجة الحرارة وتبعا لذلك تزداد متانة المادة (G_c). أما في حالة تدعيم الراتنج بألياف النخيل فأن الطاقة اللازمة للكسر ازدادت وبمقدار اكبر مما هو عليه في عينات الراتنج غير المدعم حيث امتصت الألياف الجزء الأكبر من طاقة موجة الصدمة لذا زادت متانتها بمقدار كبير ولجميع درجات الحرارة، ففي درجة حرارة المختبر(30 درجة مئوية) زادت المتانة من 2.3 إلى 12.7 كيلو جول لكل متر مربع عند تدعيمه بألياف النخيل، في حين كانت متانة الراتنج المدعم بالألياف الزجاجية أكبر من متانة الراتنج المدعم بألياف النخيل بمقدار قليل حيث بلغت 17.1 كيلو جول لكل متر مربع ولنفس درجة الحرارة، نظرا للمرونة والكثافة العاليتين التي تمتلكها الألياف الزجاجية ولكنها في نفس الوقت مادة مكلفة وغير متوفرة. كذلك لوحظ زيادة متانة الكسر (K_c) للراتنج من $1.97MN/m^{3/2}$ إلى $4.48MN/m^{3/2}$ بعد تدعيمه بألياف النخيل، في حين كانت K_c للراتنج المدعم بالألياف الزجاجية تبلغ $5.97MN/m^{3/2}$، وهذا الفارق البسيط بين متانة الكسر للمركبين يشجعنا على معالجة ألياف النخيل لزيادة كثافتها وبالتالي استخدامها في مختلف التطبيقات الصناعية في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: متانة الكسر ، طاقة الكسر ، الألياف الزجاجية ، ألياف النخيل ، المواد المركبة ، اللدائن المدعمة.

المقدمة

في الآونة الأخيرة استخدمت اللدائن المدعمة أو المقواة بمواد تقوية مختلفة (حسب الاستخدام أو التطبيق) في مختلف المجالات سعيا وراء توفير مواد ذات مواصفات هندسية جيدة ضرورية للبناء والصناعة، كالمتانة في مقاومة الصدمات وخفة الوزن ومقاومة الحرارة والتآكل .. الخ. فتحضير المواد المركبة يتم من خلال تركيب مادتين أو أكثر بهدف الجمع بين الخواص الميكانيكية الجيدة للمواد حسب الاستخدام المطلوب, إذ تدعى المادة الأساس الرابطة لاجزاء المادة الأخرى الداخلة في التركيب بالوسط (Matrix) والتي قد تكون مادة معدنية أو لدائن أو

سيراميك تعمل على احتواء مادة التقوية التي قد تكون بهيئة دقائق أو ألياف، إذ ابتكرت طـــرق متعددة لعملية الربط بين تلك المواد حيث يتم تقوية مواد ذات مرونة ملائمة بمواد ذات مطيليه منخفضة. وتعتبر طريقة التقوية بالألياف هي الأكثر شيوعا في تحضير المـــواد المركبـــة, لأن مقاومة الشد ومعامل المرونة لها أكبر مما هي في مادة الوسط التي تعمل على توزيع الحمـــل على الألياف [1].

لقد أنصب الاهتمام في السنوات الأخيرة على الألياف الصناعية التي تطـــورت ســـريعا وتعددت أنواعها وخواصها وطرق تحضيرها لما تتمتع به من مميزات مـــن حيـــث مقاومتهـــا للحرارة والرطوبة، حيث استخدمت في العديد من التطبيقات الصناعية التي أثبتت كفاءة عاليـــة عند استخدامها في تحضير المواد المركبة، إلا أن معظم هذه الألياف غير اقتصادية في البلدان النامية ومن هنا جاءت فكرة البحث الحالي والمتمثلة باستخدام الألياف الطبيعية بدلا من الألياف الصناعية في تصنيع المواد المركبة الحديثة وخاصة ذات الوسط اللـــدائني، وتعتبـــر الأليـــاف النباتية من اكبر مصادر الألياف الطبيعية وأكثرها انتشارا ويعتبر السليلوز أساسا في تركيبهـــا وبالرغم من قابليتها على الاشتعال والتلف بواسطة الأحماض إلا إنها تتميز باكتـــسابها بعـــض الصفات التكنولوجية الخاصة عند معاملتها بالقلويات ، كذلك تمتاز باحتفاظها بالمتانـــة العاليـــة والتي يمكن زيادتها عند غمرها بالسوائل الملائمة وتختلف عن الألياف الزجاجية بقلـــة معـــدل استطالتها [2].

في هذا البحث، تم استخدام مادة الراتنج بولي إستر غير المشبع وهو من اللدائن المصلدة حراريا التي تعرف بالراتنجات (Resins), لتحضير مادة مركبة مدعمة بألياف نباتية من نـــوع ألياف النخيل حيث تمتاز تلك الألياف بالمتانة العالية ومقاومتها للشد وقلة اســـتطالتها وتحملهـــا لدرجات الحرارة العالية بالإضافة إلى وفرتها وكلفتها القليلة (وهو سبب اختيارهـــا) وإجـــراء اختبار مقاومة الصدمة لها بطريقة (Charpy) لحساب طاقة ومتانة الكسر لها (K_c ، U_c) ومقارنة النتائج مع مواد من نفس النوع لكن مدعمة بالألياف الزجاجية نوع (E-glass) الغيـــر متـــوفرة والغالية الثمن.

الجانب النظري

تقاس قوة المادة بقدرتها على مقاومة الصدمات الخارجية دون أن تبـــدي خـــضوعا أو تكسرا وتتغير مقاومة المادة بدرجة كبيرة من جراء طريقة التشويه، والمادة التي تبدي مقاومـــة ومطاوعة تحت الحمل الساكن ربما تبدو ضعيفة أو هشة تحـــت تـــأثير الإجهـــادات الـــسريعة

كالصدمة والتي تؤدي إلى الكسر، وتفسر ميكانيكية الكسر بأنها انفصال المادة إلى عدة أجـزاء بسبب التأثير الخارجي عليها بقوة حيث ينتج عن عملية الانفصال هذه، سطوح جديدة. والكسر على نوعين؛ النوع الأول كسر هش ويحدث بسرعة دون أن يسبقه تشوه لدن، ويعتمـد علـى درجة حرارة الانتقال الزجاج (T_g). والنوع الآخر كسر مطيلي وهو أقل خطورة مـن النـوع الأول لأن كمية كبيرة من الشغل سوف تصرف عن طريق التشويه اللدن في المنطقة المحيطة بحافة الكسر الحقيقي [3].

لقد وضع جرفث (Griffith) [4] المبادئ الأساسية لميكانيكية الكسر المرن الخطـي فقـد وجد بأن الحالة التي يتجاوز فيها الإجهاد قيمته الحرجة سوف تكون هناك طاقة كافيـة لجعـل الشق يتقدم وتسمى بطاقة التمزيق فعند فرض حدوث شق طوله (x) في مـادة ذات سـمك (t) يتقدم بمقدار ∂x ، عندئذ يكون الشغل المبذول بالتحميل الخارجي:

$$\partial w \geq \partial U_e + t\, \partial x\, G_c \qquad (1)$$

حيث إن U_e : الطاقة المخزونة في الوسط و G_c: الطـاقة الممتصة في وحدة مساحة الـشـق وهي $(t\, \partial x)$ وتدعى بمتانة المادة وهي خاصية من خواص المادة.

بعدها أعقبه إرون (Irwin) [5] في تحليل طاقة الكسر فقد فحص معدل الاجهادات قـرب الكسور في المادة ولاحظ أنها تتناسب طردياً مع الجذر التربيعي للمقدار (πx) حيث (x) نصف طول الشق لذا فأن معامل شدة الإجهاد (K) يمكن تعريفه بالمعادلة التالية:

$$K = y\, \sigma\, (\pi x)^{1/2} \qquad (2)$$

حيث (σ) الإجهاد و(y) معامل الشكل الهندسي.

يمكن تسمية معامل شدة الإجهاد (K) بمتانة الكسر ويرمز له (K_c) عند الإجهاد الحـرج والـذي يعرف:

$$K_c = (E\, G_c)^{1/2} \qquad (3)$$

حيث E معامل المرونة.

أصبح من الممكن استخدام اختبار الصدمة لفحص المواد المركبة ذات الأساس اللـدائني المصلد حراريا وحساب الطاقة الممتصة عند الكسر U_c بدلالة القـوة المـسلطة F_c وإزاحـة التشويه الحاصل للمادة (δ) التي تعطى بالمعادلة الآتية :

$$U_c = F_c \ (\delta/2) \qquad (4)$$

وإذا فرضنا أن عينة من مادة مركبة يعمل فيها شق حاد في المنتصف بعمق x وسمك B خاضعة لقوة F فأن الطاقة المرنة المخزونة U_1 ستكون:

$$U_1 = F \ (\delta/2) \qquad (5)$$

وإذا أمتد الكسر بمقدار صغير ∂x فإن تغيراً سيحصل في الحمل والانحراف وتصبح الطاقة المخزونة U_2:

$$U_2 = (F + \partial F)(\delta + \partial \delta)/2 \qquad (6)$$

وعليه يكون التغير في الطاقة كالآتي:

$$\partial U = U_2 - U_1 \qquad (7)$$

وبما أن:

$$\partial w = (F\partial F + \partial F \partial \delta)/2 \qquad (8)$$

إذا فعند اشتقاق المعادلات بدلالة المطاوعة C فأن الشغل المنجز سيتحول إلى طاقة مرنة (∂w) ممتصة في المادة وتتولد سطوح جديدة من الكسور ونجد أن:

$$\partial(w-U)/\partial x \geq 2\gamma B \qquad (9)$$

حيث γ الطاقة السطحية لوحدة المساحة و $G_c = 2\ \gamma$ معدل طاقة الإنفعال الحرجة المتحررة.
بتعويض المعادلات (7) و(8) في (9) نحصل على:

$$G_c = (F_c^2/2B)\partial c/\partial x \qquad (10)$$

حيث (F_c) القوة المطبقة عند الكسر وعندما يكون عرض العينة (D) فإن:

$$G_c = U_c / Y \qquad (11)$$

بحيث أن ($Y=B.D.\Phi$) والذي يمثل المساحة المعرضة للصدمة ويعرف بمعامل الشكل الهندسي وأن (Φ) دالة الشكل الهندسي ويمكن حسابها عن طريق تحليل العنصر المحدد للمادة

(Finite Element Analysis) وتعتمد قيمتها على النسبة بين طول العينة إلـــى عرضـــها، فـــإذا كانت S/D = 4 فأن [6]:

$$\Phi=0.135(x/D)^{-0.77} \qquad (12)$$

أن مقاومة الصدمة (طاقة الصدمة لوحدة المساحة) تعتمد على نوع المادة وفي الراتجات تكون المتانة منخفضة لكن يمكن زيادتها بتدعيمها بمواد تقوية وإن الغاية من بحثنا الحالي هـــو تحضير مادة مركبة مدعمة بألياف نباتية (ألياف النخيل) – ألياف متواصلة مقطعة خـــام غيـــر معالجة ومحاولة المقارنة بهدف تحسين خاصية المتانة باستخدام مواد متوفرة رخيـــصة قياســـا بالألياف الزجاجية والكربونية والكفلر.

وفي درجات الحرارة المقاربة لدرجة الانتقال الزجاجي (T_g) فأن الراتنجات تمتلك لدونه مناسبة حيث تؤدي قابلية الحركة مابين السلاسل على إمتصاص جزء كبير من طاقة الـــصدمة وبالتالي تكون متانتها عالية. أما عند زيادة درجة الحرارة فوق (T_g) للراتنجات عموما يـــؤدي إلى التلف التدريجي في حالتي وجود أو غياب الأوكسجين ويحصل ما يدعى بـــالإنحلال فـــي السلاسل الإبتدائية بصورة سريعة في النقاط الضعيفة في السلسلة وبالتالي في مواضع التفـــرع والإرتباط [7].

الجانب العملي

تحضير العينات

تم تصنيع قالب من الألمنيوم بشكل مجرى ذو مساحة مقطع 10x10 مم^2 وعند الطرفين موضع لتثبيت الألياف كما مبين هو في شكل (1) ويتم طلائه بمادة شمعية قبل الاستخدام. تثبت الألياف بنوعين (كل على انفراد) من ألياف النخيل والألياف الزجاجية في القالب بشكل طولي ثم تصب خلطة الراتنج مع مادة التصليد بالقالب بكسر وزن (% 0.05). يوضع القالب على جهاز هزّاز لفترة مناسبة للحصول على توزيع متجانس لمادة العينة وبعد مرور (8 ساعات) تجف العينات ويتم إخراجها من القالب وتقطع بأطوال 50 مم. تنظف سطوح العينات بعناية ثم يعمل في منتصف أحد الأوجه شق (ثلم حاد) وبأطوال مختلفة. راتنج البولي أستر غير المشبع (UP) المصلد حراريا الشائع استخدامه في صناعة أبدان السيارات والزوارق والأنابيب يعتبر المادة الوسط في تحضير المادة المركبة ومواصفاته (شبه شفاف، مقاوم للظروف المناخية مع مرور الزمن ويستخدم في درجات الحرارة أقل من 80 درجة مئوية) [8].

الشكل 1: مخطط للقالب المستخدم الخاص بالعينات

القياسات والمخططات

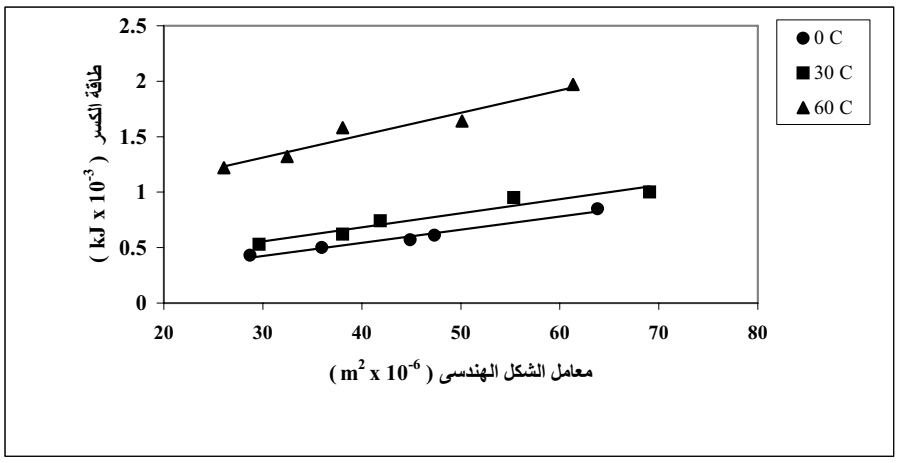
استخدم جهاز شاربى (charpy) شكل (2) لفحص طاقة الصدمة (U_c) وطاقة الكسر لخمسة عينات من مادة راتنجية غير مدعمة في درجة حرارة الصفر 0 مْ بتغير عمق الشق. تكرر العملية في على عينات أخرى ولدرجات الحرارة 30 و 60 درجة مئوية. فحصت عينات أخرى بنفس الطريقة المذكورة ولكن لمواد مركبة من الراتنج المدعم بألياف النخيل (UP/Pal F) ومادة مركبة من الراتنج المدعم بالألياف الزجاجية (UP/GF). تم رسم مخططات بيانية بين طاقة الكسر (U_c) ومعامل الشكل الهندسي (Y) للحالات الثلاث ولثلاث درجات حرارية يمثل الميل فيها متانة المادة (G_c). وبمعلومية مرونة المادة (من إختبار الإنحناء) أمكن استخدام المعادلة (3) لحساب متانة الكسر (K_c).

الشكل 2: يوضح جهاز شاربى

مناقشة النتائج

إن متانة المواد ومقاومتها للكسر يتم تحديدها من قياس الطاقة اللازمة لكسر النموذج لوحدة المساحة تحت ظروف مختلفة من نوع المادة وعمق الشق ودرجة الحرارة، فقد وجدنا بأن:

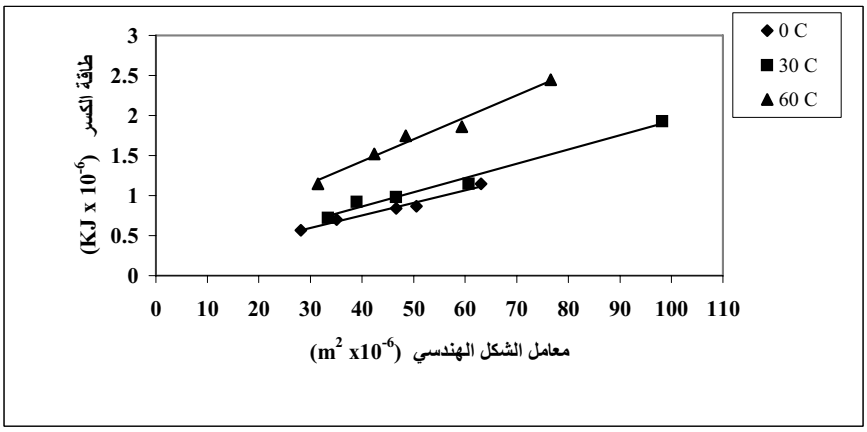
تأثر راتنج البولي إستر غير المشبع بالصدمة على درجة من الحساسية لكونه هش صلد لذلك نلاحظ من القياسات بأن الطاقة اللازمة للكسر تكون بصورة عامة قليلة، وتقل مع زيادة عمق الشق المعمول كما مبين في شكل (3) المرسوم لطاقة الكسر (U_c) مقابل معامل الشكل الهندسي Y لدرجات حرارة مختلفة فقد لوحظ بإن متانة المادة (G_c) تزداد مع زيادة درجة الحرارة للعينات المعرضة للاختبار بسبب إمتلاك المادة نوع من المطيلية حيث كانت الطاقة المستهلكة للكسر أكبر وعدد الكسور الناجمة أقل لأن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى إرتخاء الروابط الجزيئية وزيادة قابليتها على الحركة الأنزلاقية وهذا يعطيها إمكانية امتصاص جزء من الطاقة في سلوك لدن بعدها تشويه ثم كسر وهذا يعني زيادة طاقة الكسر ضمن هذه المراحل. أما في درجات الحرارة المنخفضة فتقل متانة المادة لأن حركة الجزيئات سوف تتقيد وتصبح الروابط في حالة شد (مقاومتها ضعيفة) وتتكسر بسرعة عند تعرضها للصدمة [7,9] .



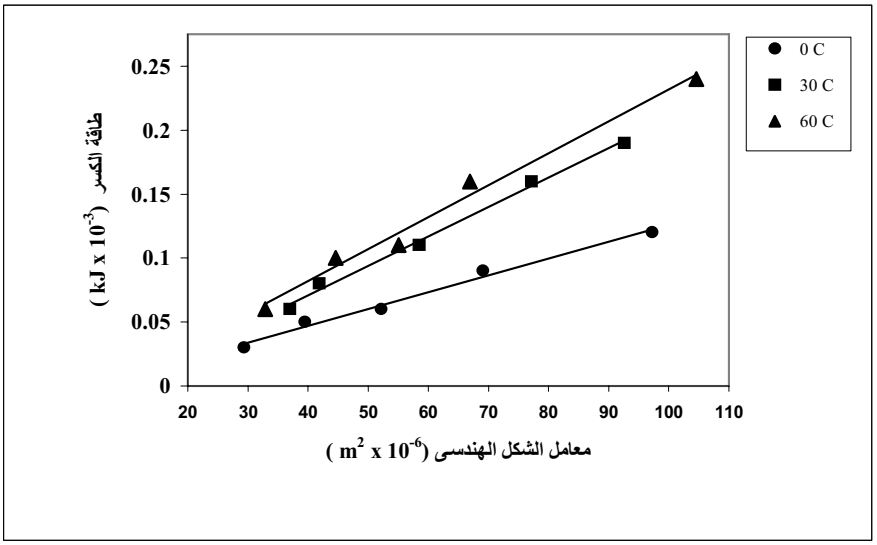
الشكل 3: العلاقة بين طاقة الكسر ومعامل الشكل الهندسي لراتنج البولي إستر(UP) مع تغير درجات الحرارة

تتغير متانة المادة ومقاومتها للصدمة عند تدعيمها بمواد تقوية مثل الألياف كما في الأشكال (5,4) حيث تزداد الطاقة اللازمة للكسر وبالتالي متانة المادة لأن الألياف تعمل كمعوقات لانتشار الكسر (Crack Stoppers) وتتحمل الجزء الأكبر من إجهادات الصدمة حيث تمتص طاقة الصدمة

ولم يحدث فصل في أجزاء المادة كما حصل مع المادة الراتنجية بدون تدعيم، بل ظهرت خطوط منحنية متتالية من الكسور تميز جبهات موجة الصدمة وتبدو أكثر وضوحا في درجات الحـــرارة المنخفضة وتقل هذه الظاهرة مع زيادة درجة الحرارة حيث تقل هشاشية المادة المركبة [10,11]، لاحظ شكل (6).



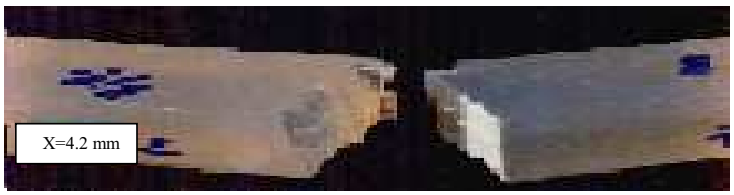
الشكل 4: العلاقة بين طاقة الكسر ومعامل الشكل الهندسي لمركب من(UP/Pal.F) مع تغير درجات الحرارة.



الشكل 5: العلاقة بين طاقة الكسر و معامل الشكل الهندسي لمركب من (UP/GF) مع تغير درجات الحرارة.

في درجة حرارة (0) مْ

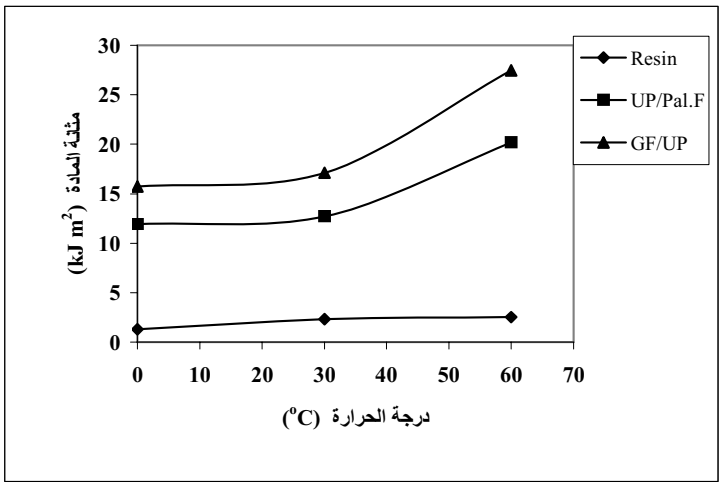
في درجة حرارة (30) مْ



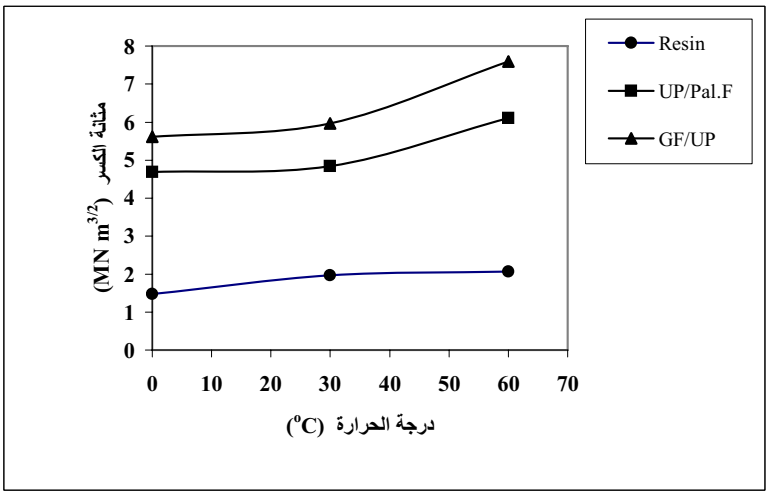
في درجة حرارة (60) م°

الشكل 6: صور فوتوغرافية لعينات من مادة مركبة (UP/Pal.F) في إختبار الصدمة بإستخدام جهاز شاربي لعمقـــي شق لكل درجة حرارية.

تزداد طاقة الكسر وبالتالي متانة المادة G_c بارتفاع درجة الحرارة لجميع المواد (الراتنجية أو الراتنجية المدعمة بالألياف)، فقد كانت للراتنجات بحدود 2.3 كيلو جول لكل متر مربع في درجة حرارة المختبر وهي 30 درجة مئوية وأصبحت 12.7 كيلو جول لكل متر مربع عند تدعيم الراتنج بألياف النخيل ولغرض المقارنة فإن متانة الراتنج المدعم بالألياف الزجاجية قد بلغت 17.1 كيلو جول لكل متر مربع. كما هو موضح في شكل (7).



الشكل 7: العلاقة بين متانة المادة Gc ودرجات الحرارة للرا تنج UP وللمركب Up/Pal.F وللمركب GF/UP



الشكل 8: العلاقة بين متانة الكسر Kc ودرجات الحرارة للراتنج UP والمركب UP/Pal.F والمركبGF/UP

كذلك الحال بالنسبة إلى متانة الكسر (K_c) فمن ملاحظة شكل (8) نجد أن متانة الكسر للمادة الراتنجية في درجة الحرارة 30 درجة مئوية هي $1.97MN/m^{3/2}$ وللمركب (UP/ Pal.F) أصبحت $4.84\ MN/m^{3/2}$ في حين كانت للمركب (UP/GF) بحدود $5.97\ MN/m^{3/2}$ ولكن الفرق بين القيمتين للمركبين ليس كبيرا ويمكن تقليله مستقبلا عن طريق معاملة ألياف النخيل بمواد تعمل على تجانس الوسط معها لدرجة أعلى وزيادة كثافتها.

الاستنتاجات

في اللدائن المصلدة حراريا (الراتنجات) تعتبر فحوصات مقاومة الكسر من القياسات الضرورية لتحديد قوتها تحت تأثير الأجهادات عند السرع العالية وهذا مهم من الناحية التطبيقية حيث تتعرض تلك المواد للصدمات من جراء الإستخدام لذا يتم تدعيمها بمواد تقوية مختلفة حسب الاستخدام ولغرض تقليل الكلفة في توفير هذه المادة المركبة أستخدمنا ألياف النخيل في تدعيم راتنج (UP)، ولكن بعد إجراء إختبار الصدمة ومن خلال القياسات وتحليل النتائج وملاحظة طبيعة الكسور بشكل مباشر أستنتجنا الآتي:

- إن قوة التلاصق بين الليف والراتنج تحدد نوع الفشل (الكسر) في المادة بعد الصدمة فكلما كانت كبيرة قل احتمال حدوث الانسلاخ بين الليف والوسط الرابط أو التكسر السريع لمادة الوسط نفسها حيث يظهر ذلك عند تركيز الإجهاد على المناطق الضعيفة سواء كانت شقوق معمولة أو عيوب تصنيعية وهذا ما تؤكده نتائج البحث والأبحاث المنشورة في هذا المجال.

- تزداد طاقة الكسر وبالتالي متانة المادة (G_c) بإرتفاع درجة الحرارة لجميع المواد (الراتنجية أو الراتنجية المدعمة بالألياف)، كما لاحظنا بأن متانة المادة المركبة المدعمة بألياف النخيل (UP/Pal.F) جيدة نوعا ما ولجميع درجات الحرارة بالمقارنة مع المركب (UP/GF) وهذا يشجع على تطوير صناعة تحضير هذا المركب مستقبلا لوفرته وامكانية استثماره صناعياً.

- إن سب إختلاف متانة الكسر(K_c) بين المركبين يعود إلى الاختلاف في كثافة مادة التقوية بالإضافة إلى المحتوى الكمي للألياف، ولما كانت كثافة الألياف النباتية أقل من كثافة الألياف الزجاجية أصبحت متانة الكسر للمركب (UP/Pal.F) أقل من متانة الكسر في مركب (UP/GF) لذا يمكن زيادة المحتوى الكمي (زيادة كسر الحجم أو الوزن) لألياف النخيل باستخدام تقنيات الكبس الحديثة لهذه الألياف بالإضافة إلى المعاملة الكيميائية التي

من شأنهما زيادة كثافة الألياف والتي تعمل على زيادة معامل المرونة للمركب وتحسين خواص السطح لإكساب الألياف قابلية عالية على التلاصق مع الوسط الراتنجي وبالتالي زيادة متانة المركب.

المراجـــع

[1] Vinson, J.R.," Composite Materials and their use in Structures ", App. Sc. Pub. Ltd., London, 1975.

[2] Ali, H.A., "Vegetative Fibers", Published by Al-Mousel University, Iraq, 1980.

[3] Herrmann, K.P. and Larsson, L.H.," Fracture of Nonmetallic Materials", Brussels, 1987.

[4] Griffith A.A., Proc. First internal, Conger App. Mech., Biezeno, 1924.

[5] Irwin, G.R. "Fracturing of Metals cleveland ", J. Appl. Mech., Vol.24, 1957.

[6] Avestson J., Cooper G.A. "Properties Fiber Composites", Publi. P.C. Sci. Press Guid U.K, 1987.

[7] Abed, K. and Ali, H., "Technology of Polymers Chemistry", Published by Basra University, Iraq, 1983.

[8] Derek Hull," An introduction to composite materials", 1st Publ. Cambridge solid- state since series, 1981.

[9] Tahir, J.,"Engineering Materials: Properties and Applications", University of Technology, Iraq, 1990.

[10] Bell C.F. and Lott, K. A.," Impact Strength, Falling weighty Methods", Part 3, 1970.

[11] AL-Sudani, A.R., "Mechanical Study of Damage for Composite Polymers Reinforced Fibers", M.Sc. thesis, Baghdad University, 1990.