الخواص الحرارية والميكانيكية لمادة متراكبة بولميرية مقواة بالألياف

عبد نور جميل / مدرس مساعد

جامعة بغداد

الخلاصة .

إن الهدف من البحث الحالي هو دراسة تأثير نسب التقوية المختلفة بالألياف على الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية لمادة متراكبة بوليميرية مكونة من راتنج الإرلدايت المقوى بنسب تقوية متنوعة (20%،40%،60%) من الألياف الزجاجية غير المستمرة. إستخدام قانون فورير للتوصيل الحراري لحساب التغير في قيمة معامل التوصيل الحراري (k) . كذلك إستخدمت نسب التقوية (20% ,40% ,60%) في تصنيع نماذج الإختبارات الميكانيكية المتضمنة مقاومة الصدمة ، مقاومة الشد ، مقاومة الإن ضغاط ، وكما موضح في المخططات البيانية بين درجة الحرارة و معامل الموصلية الحرارية (k) وبين الخواص الميكانيكية ونسبة التقوية.

الكلمات الدالة: المادة المتراكبة، الخواص الميكانيكية، الموصلية الحرارية.

THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL

Abed N. Jameel / Assist lecturer

Baghdad university

Abstract :

The aim of present work is to study the effect of the change of reinforcement percentage by fibers on the thermal conductivity ofr polymeric composite material consist of araldite resin reinforced by different percentage (20%,40%,60%) of chopped glass fibers .Fourier law for thermal conducting was used to calculate the thermal conductivity coefficient (*k*). Also reinforcement percentages (20%,40%,60%) was used to manufactured the mechanical tests specimens included impact strength, tensile strength, compressive strength as illustrated in diagrams which represent the relation between thermal conductivity coefficient (*k*) with temperature and between mechanical properties and reinforcement percentages.

Keywords: Composite material, Mechanical properties, Thermal conductivity.

المقدمة :

بالنظر لامتلاك المواد المتراكبة بعض الخواص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية لذلك فأنها نالت مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة، حيث أن المواد المتراكبة تجمع بين خواص مادتين أو أكثر متجاوزة مساوئ كل مادة إضافة إلى ذلك فهي تمتلك إمكانية التحكم بخواصها سواء عن طريق نوع ونسب المواد المكونة لها أو من خلال تصميمها وطرائق تصنيعها. تمتاز المواد البوليمرية المتراكبة المقواة بأنواع مختلفة من الألياف الزجاجية والكاربونية والمعدنية باستعمالاتها الواسعة التي أخذت الحيز الأكثر من البحوث السابقة، ولكن من جهة أخرى لم تأخذ المواد البوليمرية المتراكبة المقواة بالدقائق الكثير من الاهتمام مقارنة مع المواد المقواة بالألياف[Michel,2007]. لذلك تبلور محور تركيز المصممين والمهندسين في الوقت الحاضر على الدور الفعال للمواد الهندسية التي دخلت في مختلف المجالات الصناعية، لذا فلقد تم اختيارها وتصنيعها بعمليات متعددة ومتعاقبة وفقا لتراكيب تصميمية وإنشائية تتلاءم مع الأداء الوظيفي فضلا" عن تحليل فشلها في ذلك الأداء. واستجابة لمتطلبات التطور والنهضة الصناعية والتي تبغي السير باتجاه تحسين أداء المنتج من ناحية التصميم والتصنيع، ففي الهندسة الإنشائية هناك مساعٍ لتشكيل تراكيب ذات قوة ومتانة وموثوقية من حيث جماليتها ومقاومتها للتآكل، أما في المجالات الكهربائية فنجد هناك الرغبة بإنتاج دوائر متكاملة فمثلا" تكون مفاتيح الحاسوب لحظية التفاعل وعازلة جيدة للكهربائية وتتحمل فولتية عالية، أما في مجال صناعة السيارات فقد تم استعمال مواد ذات وزن خفيف ومتانة عالية ، علاوة على ذلك تتطلب المجالات الفضائية مواد ذات وزن خفيف وأداء جيد لكي تقاوم الظروف الجوية للفضاء الخارجي [Autar,2006].

لقد لاحظ المختصون في مجال علم المواد الهندسية (كالمعادن والسيراميك والبوليمرات) وجود اختلاف في الخواص ونوع المواد المتوفرة والسلوك العام وأيضا في تأثير الظروف البيئية والخدمية في الأداء الوظيفي للمواد. فالبوليمرات هي مواد خاملة وخفيفة الوزن وعموماً تمتلك درجة عالية من المطيلية، وهي تمتاز بأنخفاض التوصيلية الكهربائية والحرارية لذلك تستعمل كعوازل كهربائية وحرارية، وعند مقارنتها مع المعادن فإنها تكون ذات كثافة واطئة واستطالة كبيرة عندما يكون هنالك تغير في درجات الحرارة، وتمتلك جساءة واطئة ومقاومة عالية للتآكل وهي لا تعد من المواد الصلدة. تعتمد الإستخدامات العامة والهندسية للمواد المتراكبة إلى حد بعيد على خواصها الميكانيكية والفيزيائية مثل مقاومة الشد والمرونة وقابلية المادة للإستطالة ومقاومتها للحرارة والظروف البيئية مثل الرطوبة وأشعة الشمس وغيرها من الخواص التطبيقية الأُخرى . إن جميع هذه الخواص تعتمد كثيراً على التركيب الجزيئي للراتنج وعلى وزنه الجزيئي وعلى القوى الجزيئية [Mallick,2007].

تُعبر مقاومة الصدمة عن قدرة المادة لمقاومة الكسر تحت تأثير حمل مفاجئ ، كما تعتبر مقياساً لمتانة المادة حيث المواد الأكثر متانة هي التي تبدي أعلى مقاومة للصدمة . ويمكن تحسين مقاومة الصدمة للراتنجات بإضافة بعض المحسنات مثل مطاط بيوتادين أو إضافة الملدنات أو بترتيب وتراصف السلاسل

البوليمرية ولكن أكثر الطرق فاعلية في تحسين مقاومة الصدمة هي التقوية بالألياف [Ali,2009]. أما مقاومة الشد فتعتبر مقياساً لقابلية المادة على مقاومة القوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها . تتكون المواد المتراكبة الليفية من ألياف قوية هشة مغمورة في المادة الأساس التي تتصف بكونها أكثر مطيلية. تبدأ المادة المتراكبة بالإستطالة بشكل خطي في البداية إستجابة للجهد المسلط ومع إستمرار التحميل يحصل إنحراف نتيجة لوصول المادة الأساس إلى نقطة الخضوع في حين تستمر الألياف بالإستطالة و المقاومة حتى تنهار مقاومتها.وعندما تتهشم المادة الأساس تفشل المادة المتراكبة كلياً. أما مقاومة الإنضغاط فتبين مدى تحمل المادة عند تعرضها إلى حمل إنضغاط ساكن قبل أن تتكسر ، وتقاس عادة بوحدات (MPa) والقيم العالية تُشير إلى كبر قوى التماسك بين جزيئات المادة [Autar,2006].

قام الباحث [Ali,2009] بدراسة تأثير تغيير نسبة التقوية بالألياف على الخواص الميكانيكية للمادة المتراكبة المكونة من راتنج الإيبوكسي نوع كونبكسترا (EP-10) المقوى بألياف كيفلار بشكل ظفائر محاكة ثنائية الإتجاه ($0°-45°$) وقد شملت هذه الخواص كل من مقاومة الصدمة ، مقاومة الشد ، مقاومة الإنثناء ، والصلادة .أما الباحثون [Abbas,Ali,2009] فقد قاموا بدراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لمادة متراكبة بولميرية مكونة من راتنج الإيبوكسي نوع كونبكسترا (EP-10) المقوى بالألياف الزجاجية ثنائية الإتجاه(0^o-45^o) نوع (S). كذلك قامت الباحثات [Shaima etal,2009] بدراسة مادة متراكبة ذات أساس بوليمري مقواة بدقائق من الألمنيوم بأحجام مختلفة و بكسر حجمي متغير تأثيره على الموصلية الحرارية ومقاومة الصدمة للمادة المتراكبة المصنعة.

الجزء العملي :

يشمل الجزء العملي النقاط التالية :

أولاً- المواد المستخدمة في البحث.

1- راتنج الإرلدايت (CY223): كثافته ($1.2\ g/cm^3$) [Ali etal,2011].

2- ألياف الزجاج : تم في هذا البحث إستخدام ألياف الزجاج غير المستمرة (العشوائية أو المقطعة) نوع (S) ذات كثافة ($2.49g\backslash cm^3$) [Ali etal,2011].

ثانياً- تحضير النماذج .

تم إستخدام القولبة اليدوية في تحضير النماذج ، حيث قبل وضع المادة البولميرية يتم مسح القالب بمادة بولي فنيل الكحول بشكل متجانس لضمان نزع المادة البوليميرية المقواة بدون كسر أو خدش . توضع كمية من الراتنج على سطح القالب الداخلي وتنشر بفرشاة لضمان توزيعه بانتظام بعدها توضع الطبقة الأولى من الألياف ثم نضع كمية أخرى من الراتنج عليها وهكذا لبقية الطبقات والتي عددها (5) طبقات لكل نموذج لتتكون المادة المتراكبة بالسمك المطلوب . نكبس النماذج و نتركها لتتصلب بشكل نهائي لمدة (24) ساعة ، بعدها تستخرج من القالب وتوضع في فرن درجة حرارته (75^oC) ولمدة ساعتين لإكمال التصلب .

ثالثاً- نماذج الإختبارات .

1- نماذج إختبار الموصلية الحرارية : وهي عبارة عن أقراص دائرية بقطر(25mm) وسمك (3 mm)

2- نماذج إختبار الصدمة: تم تصنيع نماذج إختبار الصدمة حسب المواصفات القياسية (ASTM-E23) والملائمة للفحص في جهاز الصدمة نوع شاربي (Charpy Impact) . عمق الحز في النماذج (0.5 mm) ونصف قطر قاعدة الحز(0.25 mm) وبزاوية حز مقدارها (45º). تم إستخدام جهاز فحص مقاومة الصدمة نوع شاربي (Charpy impact instrument) .

3-نماذج إختبار مقاومة الشد: تم إعتماد المواصفة القياسية (ISO-R-527) في تصنيع النماذج والتي تكون بمقطع دائري قطره (8 mm) وبطول (155.5 mm). أُستخدم هذا الإختبا ر لمعرفة خواص المادة المتراكبة تحت تأثير حِمل شد محوري بإتجاه واحد ، وإستخدام جهاز الإختبارات العام المجهز من شركة (ZheJinang TuGong Instrument Co., Ltd) وبحِمل (20 KN) .

4-نماذج إختبار مقاومة الإنضغاط : وهي مصنعة حسب المواصفة (ASTM-D618) وتكون بشكل منشور رباعي . يمكن قياس مقاومة الإنضغاط بطريقة الإختبار ثلاثي النقاط بإستخدام مكبس هيدروليكي متعدد الأغراض نوع (Leybold Harris No.36110) لقياس أقصى حمل مسلط على منتصف نموذج الإختبار .

تم إضافة نسب وزنية مختلفة من ألياف الزجاج غير المستمرة (20%,40%,60%) لتصنيع نماذج الإختبارات أعلاه وبواقع ثلاث نماذج لكل نسبة وزنية .

رابعاً- قياس الموصلية الحرارية.

تم إستخدام قانون فورير (Fourier Law) في حساب معامل التوصيل الحراري (k) والذي ينص على :[Incropera,1996]

$$k = -\frac{Q}{A \times \left(\frac{\Delta T}{\Delta X}\right)}$$

حيث :

k = معامل الموصلية الحرارية ويقاس بوحدات (W/m.ºC)

Q = كمية الحرارة المارة بوحدة الزمن وتقاس بوحدات الواط (W)

A = مساحة مقطع انسياب الحرارة وتقاس بالمتر المربع (m2)

$\left(\frac{\Delta T}{\Delta X}\right)$ = التدرج الحراري نسبة للمسافة ويقاس بوحدات (ºC/m)

جرت عملية قياس الموصلية الحرارية بإستخدام جهاز قياس الموصلية الحرارية للمواد الصلبة (Heat Conduction Apparatus, P. A. Hillton Ltd. ,England) والموجود في كلية الهندسة /جامعة تكريت.

النتائج والمناقشة:

من **الشكل رقم (1)** الذي يمثل الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة المكونة من (80%) راتنج و (20%) ألياف نلاحظ إن الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة تزداد مع إرتفاع درجة الحرارة. إن هذه الزيادة في الموصلية الحرارية راجعة إلى كون الألياف الزجاجية هي موصل جيد للحرارة . **الشكل رقم (2)** يمثل الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة المكونة من (60%) راتنج و (40%) ألياف حيث تزداد الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة ، وهذه الزيادة في الموصلية متوقعة نظراً لقدرة الألياف على التوصيل الحراري مقارنة بالمادة الراتنجية [Shaima etal,2009]. تزداد الموصلية الحرارية عند زيادة نسبة الألياف إلى(60%) وكما في **الشكل رقم (3)** والذي يمثل الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة المكونة من (40%) راتنج و (60%) ألياف والسبب في هذه الزيادة هو وجود نسبة كبيرة من الألياف داخل المادة المتراكبة والتي تعتبر موصل جيد للحرارة كما ذكرنا سابقاً وهذا السلوك يتوافق مع ما توصل إليه الباحثون [Abbas,Ali,2009].

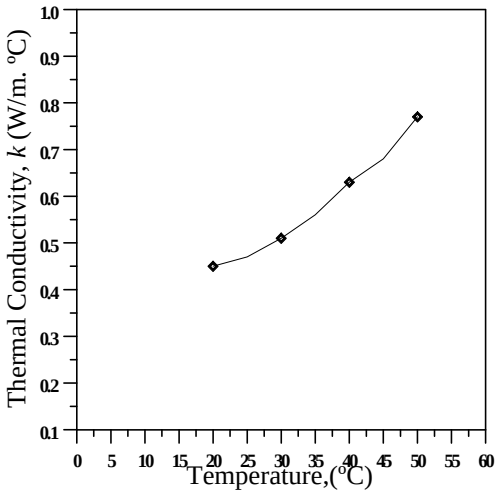
الشكل رقم (4) يوضح قيم مقاومة الصدمة مع نسبة التقوية بالألياف ، حيث تعتبر مقاومة الصدمة بشكل عام منخفضة للراتنجات نظراً لهشاشتها ولكن بعد تقويتها بالألياف تزداد قيمة مقاومة الصدمة ويرجع السبب في ذلك إلى كون الألياف سوف تتحمل الجزء الأكبر من طاقة الصدم المسلطة على المادة المتراكبة مما يُحسن هذه المقاومة . وهكذا تزداد مقاومة الصدمة مع زيادة نسبة التقوية بالألياف إلى(40%) و (60%) وهو يتفق مع ما توصلت إليه الباحثة [Azdhar,1992]. تعتبر الراتنجات من المواد الهشة حيث مقاومتها للشد منخفضة جداً وهذا ما نراه في الشكل **رقم (5)** ، ولكن عند إضافة الألياف إلى هذه المواد تتحسن مقاومتها للشد بصورة كبيرة حيث إن الجزء الأعظم من الجهد المسلط تتحمله الألياف مما يرفع مقاومة الشد للمادة المتراكبة وذلك لأن الألياف تتميز بمطيليتها المنخفضة . وتزداد مقاومة الشد بزيادة نسبة الألياف المضافة حيث تشغِل الألياف حيز أكبر داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع الحِمل المسلط عليها بشكل أفضل وهو يتفق أيضاً مع ما توصل إليه الباحث [Ali,1999]. إن التقوية المواد الراتنجية بالألياف يؤدي إلى إرتفاع قيم مقاومة الإنضغاط للمادة المتراكبة الناتجة من هذه التقوية وهذا واضح من خلال **الشكل رقم (6)** الذي يمثل إختبار مقاومة الإنضغاط لراتنج الإرلدايت المقسى بألياف الزجاج ، حيث مقاومة الإنضغاط ترتفع بشكل حاد عند التقوية بألياف الزجاج نظراً لتوزيع الحِمل على الألياف وكذلك كفاءة الربط بين المادة الأساس وألياف التقوية مما ويرفع قيم مقاومة الإنضغاط . وتزداد مقاومة المادة المتراكبة للإنضغاط مع زيادة نسبة الألياف المضافة وهذا السلوك يتوافق مع ما توصلت إليه الباحثات[Shaima etal,2009].

الإستنتاجات (Conclusions):

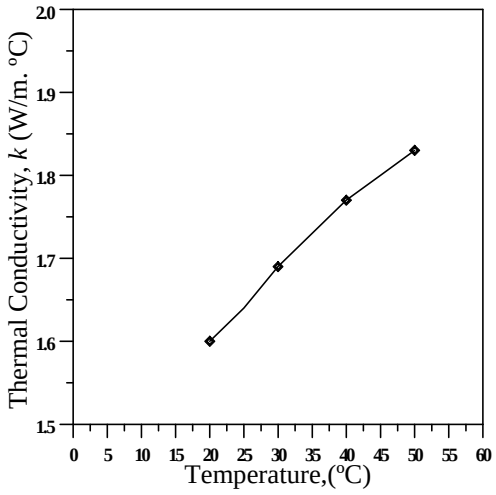
1- تحسن الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت بعد تقويته بألياف الزجاج .

2- زيادة الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة مع زيادة درجة الحرارة ونسبة التقوية بألياف الزجاج .

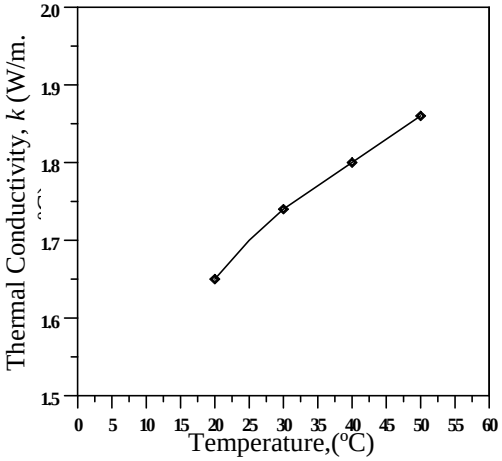
3- تحسُن قيم الخواص الميكانيكية للراتنج بعد تقويته بألياف الزجاج .



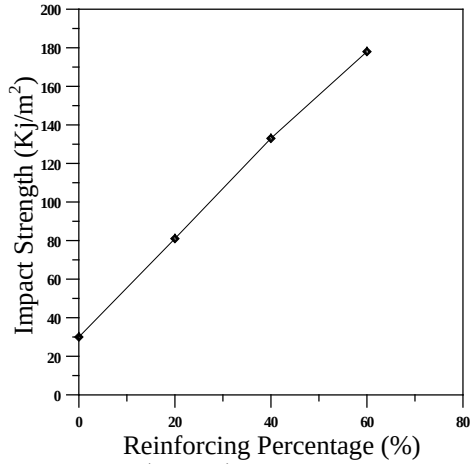
الشكل رقم (1): الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة (80% راتنج + 20% ألياف) نسبة وزنية



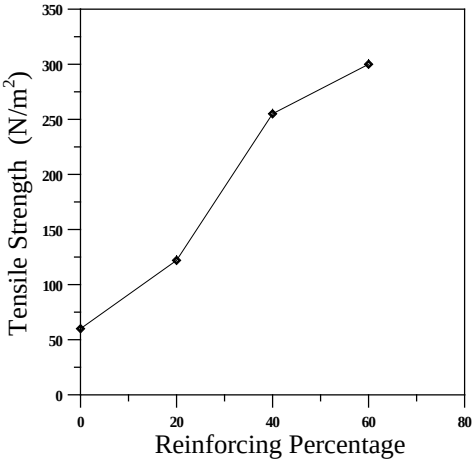
الشكل رقم (2): الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة (60% راتنج + 40% ألياف) نسبة وزنية



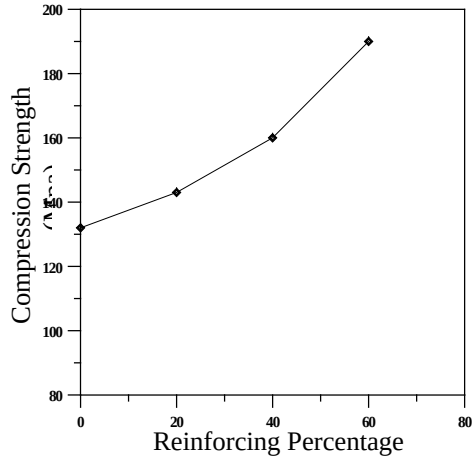
الشكل رقم (3): الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة (40% راتنج + 60% ألياف) نسبة وزنية



الشكل رقم (4) : إختبار مقاومة الصدمة للمادة المتراكبة



الشكل رقم (5) : إختبار مقاومة الشد للمادة المتراكبة



الشكل رقم (6) : إختبار مقاومة الإنضغاط للمادة المتراكبة

REFERANCES

Abbas A. Al-Jeebory, Ali I.Al-Mosawi "Effect of percentage of fibers reinforcement on thermal and mechanical properties for polymeric composite material ",Iraqi Journal of Mechanical and Materials Engineering , 1st Conference of Engineering College , 2009 .

Ali H.Halem " Improvement properties of reinforced plastic materials ", M.Sc Thesis , Engineering College , Babylon University , Iraq,1999.

Ali I.Al-Mosawi "Study of some mechanical properties for polymeric composite material reinforced by fibers " , Journal of Al-Qadisiya for Engineering Sciences , Vol 2 , No 1 ,pp.14 – 24 , 2009 .

Ali I.Al-Mosawi ,Haider K.Ammash ,Ali J.Salaman "Properties composite materials databook " , 1st Edition ,Misr -Mourtada publisher , 2011 .

Autar K. Kaw "Mechanics of composite materials" , 2nd Edition , Taylor & Francis Group, LLC , 2006.

Azdhar B.A. "Impact fracture toughness of fiber reinforced epoxy resin" ,M.Sc Thesis ,U.O.T ,1992 .

Incropera F.P and DeWitt D.P. "Introduction to Heat Transfer", 3rd Edition, John Wiley &Sons , 1996.

Mallick P.K. "Fiber-reinforced composites: materials, manufacturing, and design", 3rd Edition , CRC Press, Nov , 2007 .

Michel Biron " Thermoplastics and thermoplastic composites " , 1st Edition , Elsevier , 2007 .

Shaima j. Karim, Sundos A. Jasem, Hanin Z. Naji "Studying of thermal conductivity and impact strength for unsaturated polyester material reinforced by aluminum particles" , The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Special Issue (A) ,1st Conference of Engineering College , Babylon University .pp.83 – 94, 2009.