التسليح بألياف هجينة وتأثيرها على التوصيل الحراري لمادة متراكبة بولميرية

م.م. علي إبراهيم الموسوي

المعهد التقني – بابل

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى البحث في تأثير التسليح بألياف هجينة مكونة من ألياف النخيل الطبيعية وألياف الكاربون على السلوك الحراري لراتنج الإرلدايت(AY103) . تم تسليح الراتنج بألياف النخيل الطبيعية ومقارنتها مع مادة أُخرى مقواة بألياف الكاربون أحادية الإتجاه(٠°) ذات كثافة سطحية ($1.75g\cm^3$) ، بعدها تم دمج هذين النوعين من الألياف في أرضية واحدة لتكوين مادة متراكبة هجينة والتي تم حساب معامل التوصيل الحراري لها أيضاً. إستخدمت معادلة فورير لحساب معامل التوصيل الحراري(*k*) للمادة المتراكبة الناتجة. لقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من إختبار الموصلية الحرارية إن قيمة التوصيل الحراري لألياف النخيل الطبيعية هو أعلى منه في حالة التسليح بألياف الكاربون والألياف الهجينة .

الكلمات الدالة: مادة متراكبة،المُوصلِية الحرارية، ألياف هجينة.

REINFORCING BY HYBRID FIBERS AND ITS EFFECT ON THERMAL CONDUCTING FOR POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL

Ali I. Al-Mosawi

Technical Institute-Babylon

ABSTRACT .

The aims of this study is to investigation the effect of reinforcing with hybrid fibers included natural palms fibers and carbon fibers on thermal behavior of araldite resin(AY103) . This resin was reinforced with natural palms fibers is studied and compared it with another material reinforced by carbon fibers(٠°)with ($1.75g/cm^3$) density ,and then these two types of fibers combined together in same matrix to make a hybrid composite material and also calculated the range of it's thermal conductivity coefficient .Fourier equation used to calculate the thermal conductivity coefficient(*k*) to obtained composite material and. the results obtained from thermal conductivity test show that the thermal conducting value of natural palms fibers higher than reinforcing with carbon and hybrid fibers .

Keywords: Composite Material, Thermal Conductivity, Hybrid Fibers .

المقدمة (Introduction).

عند وجود فرق حراري بين سطحين سوف تنتقل الحرارة من السطح ذو درجة الحرارة الأعلى إلى السطح ذو درجة الحرارة الواطئة ، وتُعرف هذه الظاهرة بالمُوصِلية الحرارية . وعلى هذا الأساس يمكن تعريف المُوصِلية الحرارية على إنها معدل إنسياب الحرارة عبر وحدة المساحة خلال وحدة الزمن عند وجود إنحدار حراري بين سطحين مقداره درجة مئوية واحدة [1] . تختلف آلية التوصيل الحراري من مادة إلى أخرى وحسب حالة المادة(صلبة،سائلة،غازية) والذي من خلاله تُصنف المادة على إنها مُوصلة أو عازلة. تعتمد المُوصِلية الحرارية في الراتنجات على عدة عوامل هي : توجيه الجزيئات ،الحجم البلوري ، ودرجة النقاوة. في المواد غير المعدنية ومن ضمنها الراتنجات يكون إنتقال الإلكترونات ضعيفاً (وهو أحد أساليب إنتقال الحرارة) أو لا يكون هناك إنتقال إلكتروني لذلك فإن التوصيل الحراري يتحدد بالإهتزازات الهيكلية (Structure Vibration) وهذا السبب هو الذي يجعل من المواد الراتنجية أقل توصيلاً للحرارة من المعادن [2].

المواد المتراكبة (Composite Materials) .

تتكون المادة المركبة من جمع مادتين أو أكثر مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزيائية والغرض من هذا الجمع هو إستنباط خواص جديدة لم تكن متوفرة في المواد الأصلية. يوجد في الطبيعة الكثير من الأمثلة على المواد المركبة ومنها ألياف السليلوز مع مادة الخشب . أما في الصناعة فإن تسليح الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً [3]. و لتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين هما [4]:

١- مواد الأساس(Matrix Material) : وتكون أما مواد معدنية أو سيراميكية أو مواد راتنجية وهي الأكثر إستعمالاً وإنتشاراً لِما تتميز به من خواص ميكانيكية وعزل حراري جيد . ومن الأمثلة على المواد الراتنجية هو راتنج الفينول ، الإيبوكسي ، وراتنج البولي أستر.

٢- مادة التسليح (Reinforcement Material): هناك عِدة طرق للتسليح منها التسليح بالدقائق ، التسليح بالتشتت ، والتسليح بالألياف وكمثال على أنواع الألياف المستخدمة هي ألياف الكاربون وألياف كيفلار و ألياف الزجاج . يعتبر التسليح بالألياف (Reinforcing by Fibers) أكثر مواد التسليح شيوعاً نظراً لِما تتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية،وتكون الألياف بأنواع وأشكال مختلفة فمنها ما يكون بشكل مستمر أو مقَطعْ أو بشكل ظفائر محاكة

راتنج الإرلدايت (AY103) (Araldite Resin (AY103)) .

ينتمي راتنج الإرلدايت (AY103) إلى راتنج الإيبوكسي والذي يقع ضمن مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة . يحتوي راتنج الإيبوكسي على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكسايد (Epoxide) التي تتألف من ذرة أُوكسجين مرتبطة مع ذرتي كاربون ترتبط مجموعة الإيبوكسي كيميائياً مع الجزيئات الأُخرى لتشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد ذات ربط تشابكي بعملية المعالجة (Curing) [5]. تتميز راتنجات الإيبوكسي بالصلادة والمقاومة الكيميائية العاليتين نسبياً إضافة إلى ذلك يمتلك هذا الراتنج قابلية إلتصاق نوعي عالي بسبب التركيب الكيميائي لهذا الراتنج والمتمثل في مجموعة الإيثرات والهيدروكسيل والمجاميع القطبية التي تعطي متانة وإلتصاق عالية وتكسب المادة صلادة وقوة .

تستعمل راتنجات الإيبوكسي في التطبيقات التي تتطلب إداءاً وظيفياً عالياً. تتفاعل هذه الراتنجات مع المصلدات أثناء المعالجة ويكون التفاعل غير مصحوب بإنبعاث الماء أو تحرر أي منتجات ثانوية مما يجعل التقلص الحجمي قليل جداً (أقل من ٢%) وبالتالي يكتسب الراتنج قوة وخواص ميكانيكية عالية إضافة إلى ذلك تمتلك راتنجات الإيبوكسي المعالجة متانة عالية نتيجة للبعد بين نقاط الربط التشابكي ووجود السلاسل الإليفانية المتكاملة [4]. **الشكل رقم (١)** يوضح التركيب الكيميائي لراتنج الإرلدايت (AY103).

ألياف الكاربون (Carbon Fibers) .

تمتلك ألياف الكاربون العديد من المزايا منها :الخمولية حيث تمتلك مقاومة عالية ضد الرطوبة ولأغلب المواد الكيميائية الشائعة ، موصلية كهربائية وحرارية عالية على طول محور الألياف ، وثبات الأبعاد وإنخفاض التمدد الحراري المحوري ،وإمتلاكها لدرجة إنصهار عالية. تعاني جميع أنواع ألياف الكاربون من الكسر الهش تحت تأثير الإجهاد وهذا متوقع نظراً لإرتفاع مقاومتها وإنخفاض مطيليتها . تتضمن ألياف الكاربون بلورات صغيرة من مادة (Turbostratic Graphite) والتي هي أحد الأشكال المتآصلة للكاربون. هنالك أنواع عدة من ألياف الكاربون حيث تكون بشكل ظفائر محاكة (Woven Roving) أو بشكل ألياف مقطعة (Chopped Strand) أو على شكل خيوط وأشرطة [6] .

ألياف النخيل (Palms Fibers) .

تنتمي ألياف النخيل(Palms Fibers) إلى مجموعة الألياف السليلوزية(Cellulose Fibers) والسيليلوز عبارة عن سكر متعدد(PolySaccaride) متكون من جزيئات الكلكوز المرتبطة مع بعضها بسلاسل خطية . تتوفر ألياف النخيل بكثرة في العراق نظراً لكونه البلد الأول من حيث عدد النخيل فيه . يمكن أن تستخدم الألياف السليلوزية ومن ضمنها ألياف النخيل بشكلها الخام في الصناعة لكلفتها المنخفضة وخواصها الميكانيكية والحرارية الجيدة ، أو يمكن أن يتم تحويلها إلى أنواع جديدة من الألياف ومنها الحرير الصناعي.

المواد المستخدمة في البحث .

تم في هذا البحث إستخدام المواد التالية :

١ -راتنج الإرلدايت (AY103) : يُصلد هذا الراتج بإضافة مادة (HY956) إليه بنسبة ٢% . هذا الراتنج مجهز من شركة (Ciba-Geigy) .

2- ألياف الكاربون (Carbon Fibers) : تم إستخدام ألياف الكاربون أُحادية الإتجاه (٠°) ذات كثافة سطحية ($1.75g/cm^3$) .هذه الألياف مجهزة من شركة (Hyfil Ltd .,UK) .

3- ألياف النخيل الطبيعية (Natural Palms Fibers) .تم إستخدام الألياف التي تحيط بقلب النخلة (الجزء الداخلي) .

تحضير نماذج إختبار الموصلية الحرارية .

تكون هذه النماذج بقطر(25*mm*) وسمك (3*mm*) وهي تحضر كالآتي : يتم خلط كمية من راتنج الإرلدايت (AY103) بالمادة المصلدة ثم توضع كمية من هذا الراتنج على سطح القالب الداخلي وتنشر بفرشة لضمان توزيعه بانتظام بعدها توضع الطبقة الأولى من الألياف ثم نضع كمية أخرى من الراتنج عليها وهكذا لبقية الطبقات لتتكون مادة متراكبة بالسمك المطلوب . تم إستخدام الطريقة الوزنية في حساب كمية كل من الألياف والراتنج والتي هي ٦٠% ألياف و٤٠% راتنج أما نسبة الألياف فهي ٥٠% ألياف كاربون + ٥٠% ألياف نخيل في المادة المتراكبة الهجينة ،بعدها تكبس هذه النماذج وتترك لتتصلب ، بعدها يتم إخراجها من القالب ووضعها في فرن درجة حرارته (75ºC) لإكمال التصلب .

قياس الموصلية الحرارية .

يمكن إستخدام قانون فورير (Fourier Law) في حساب معامل الموصلية الحرارية (k) وينص هذا القانون على :

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

حيث :

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

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

A = مساحة مقطع إنسياب الحرارة وتقاس بوحدات (m^2)

$\left(\Delta T / \Delta X \right)$ التدرج الحراري نسبة للمسافة ويقاس بوحدات ($^oC/m$)

الشكل رقم (2) يوضح جهاز قياس المُوصِلية الحرارية (Heat Conduction Unit) والمصنع من قبل شركة (P.A.Hilton Ltd England).

النتائج والمناقشة (Results & Discussion) .

الشكل رقم (3) يمثل الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت(AY103) وعلاقتها بدرجة الحرارة ، حيث تزداد هذه الموصلية بزيادة درجة الحرارة وهذا الإرتفاع في الموصلية الحرارية يعود إلى زيادة الإهتزازات في الهيكل الداخلي للراتنج نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة التي يتعرض لها . تستخدم التسليح بالألياف للحصول على خواص حرارية وميكانيكية جديدة غير متوفرة في الراتنجات حيث تتم التسليح بأنواع مختلفة من الألياف الصناعية [7].

الشكل رقم (4) يبين تأثير التسليح بألياف النخيل على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت ، حيث تبدأ الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة بالإرتفاع بزيادة درجة الحرارة ويعزى السبب في ذلك إلى إن ألياف النخيل تعمل على إمتصاص الطاقة الحرارية وبالتالي ترتفع درجة حرارتها ومن ثم إنتقال هذه الحرارة إلى الجهة الأُخرى من العينة(منطقة تدرج حراري)، ويكون الإنتقال الحراري عالي نسبياً بسبب قدرة هذه الألياف على نقل الحرارة .

الشكل رقم (5) يبين الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت المسلح بألياف الكاربون ،إذ تؤدي هذه الألياف إلى رفع الموصلية الحرارية للراتنج وهذه الزيادة في الموصلية متوقعة نظراً لقدرة الألياف على التوصيل الحراري مقارنة بالمادة الراتنجية. تكون الزيادة في الموصلية الحرارية في حالة التسليح بألياف الكاربون أقل مما هي حالة التسليح بألياف النخيل حيث إمتصاص الحرارة ومن ثم نقلها تكون أقل في الألياف الكاربونية لأنها تقاوم الحرارة لمدى أعلى من ألياف النخيل.

الشكل رقم (٦) يوضح التأثير المزدوج للتسليح بألياف النخيل وألياف الكاربون على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت (مادة متراكبة هجينة)، وكما هو واضح من الشكل فإن الموصلية الحرارية تبدأ بالإرتفاع مع زيادة درجة الحرارة ولكن بنسبة أقل مما في ألياف النخيل وأعلى بقليل نسبياً في حالة ألياف الكاربون ، إذ تقوم ألياف الكاربون بالحد من الموصلية الحرارية لألياف النخيل بسبب الفرق في معامل الموصلية الحراري بينهما وبالتالي خفض الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة ككل [8].

الإستنتاجات (Conclusions).

١- إرتفاع الموصلية الحرارية للراتنج بعد التسليح بالألياف ولحالات التسليح الثلاث(ألياف النخيل ، ألياف الكاربون ، الألياف الهجينة).

٢- التوصيل الحراري للمادة المتراكبة المقواة بألياف النخيل هو أعلى منه في حالة التسليح بألياف الكاربون والألياف الهجينة .

٣- إمكانية إستخدام التسليح بالألياف الهجينة من الناحية الإقتصادية وكذلك موصليتها الحرارية المعتدلة .

المصادر (References).

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

2- Halem, Ali Hoby,1999 " *Improvement Properties of Reinforced Plastic Materials* ", MSC Thesis , Engineering College , Babylon University , Iraq.

3- Moslem,Ali Ibrahim ,2003 " *Study Using of Antimony Trioxide Material as a Flame Retardant Material* ", MSC Thesis , Babylon University , Iraq .

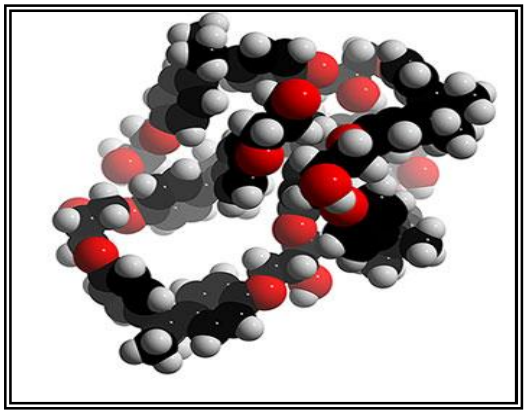
4- Mallick ,P.K. ,2007 "*Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design*" Third Edition , CRC Press, Nov.

5- Michel Biron, 2007 " *Thermoplastics and Thermoplastic Composites* " , First Edition , Elsevier.

6- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser, 2008 " *Materials and processes in Manufacturing* " , 10th Edition , john Wiley & Sons.

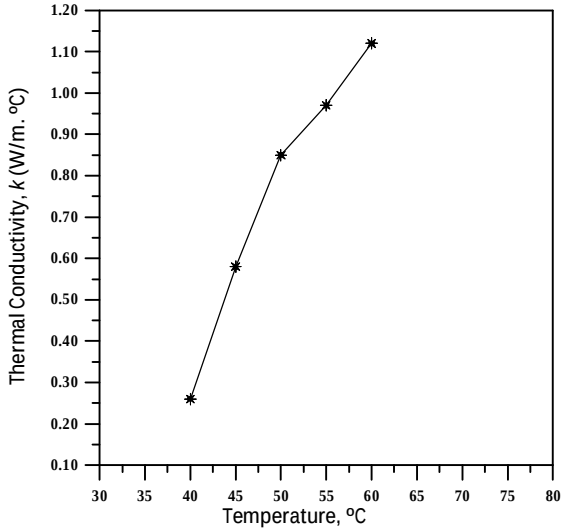
7- Bogomolov V. and Kartenko N. , 2003 "*Thermal Conductivity of the Opal- Epoxy Resin Nanocomposite* " , Physics of the Solid State , Vol 45,No 5,PP.957-960.

8- Craig W. Ohlhorst Wallace L. Vaughn, Philip O. Ransone, and Hwa-Tsu Tsou, 1997 "*Thermal Conductivity Database of Various Structure Carbon-Carbon Composite Materials* ",NASA Technical Memorandum 4787 , November.

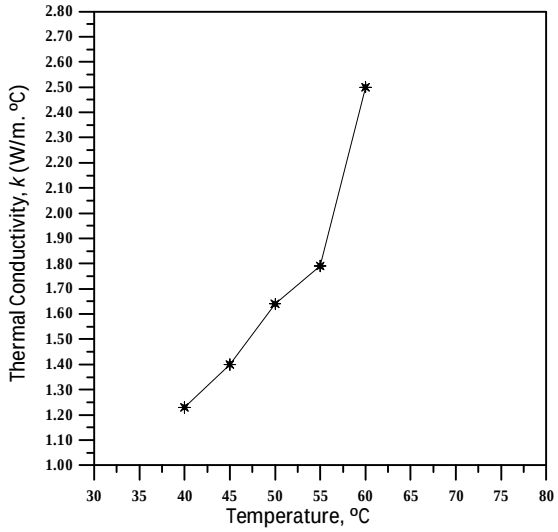


الشكل رقم (١) : التركيب الكيميائي لراتنج الإرلدايت (AY103) [4]

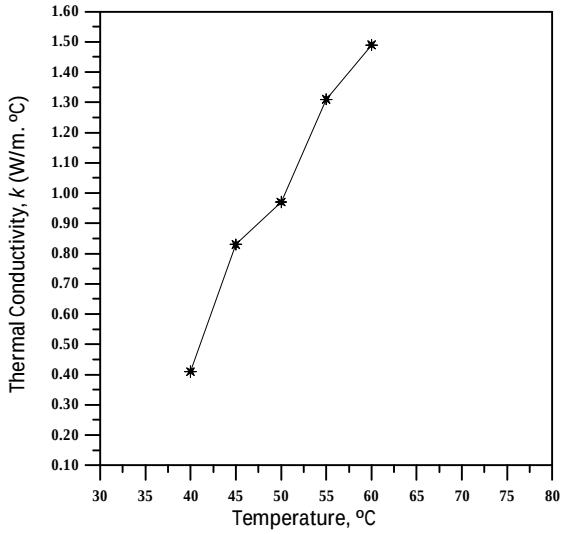
الشكل رقم (٢) : جهاز قياس الموصلية الحرارية



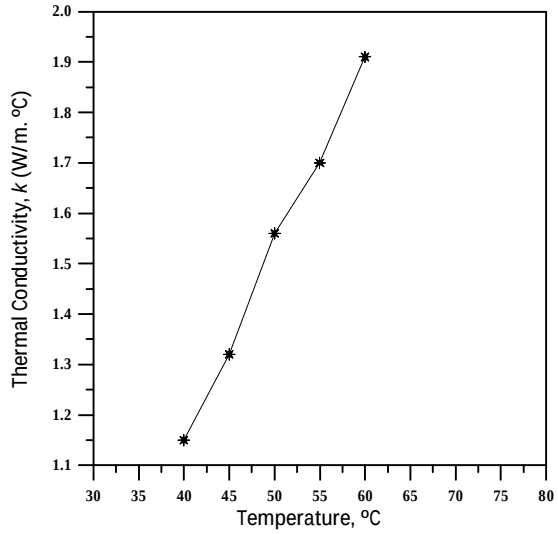
الشكل رقم (٣) : التوصيل الحراري لراتنج الإرلدايت



الشكل رقم (٤) : راتنج + ألياف النخيل



الشكل رقم (٥) : راتنج + ألياف الكاربون



الشكل رقم (٦) : راتنج + ألياف هجينة