تأثير التقسية بالألياف الطبيعية والمصنعة على التوصيل الحراري للمواد المتراكبة

علي إبراهيم الموسوي
المعهد التقني – بابل

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى دراسة السلوك الحراري لمادة متراكبة مكونة من راتنج الإرلدايت(AY103) المقسى بألياف النخيل الطبيعية ومقارنتها مع مادة أُخرى مقساة بألياف الكاربون أحادية الإتجاه(0°) ذات كثافة سطحية ($1.75g/cm^3$) ثم جُمعَ بين هذين النوعين من الألياف لتكوين مادة متراكبة هجينة وحساب مدى موصليتها الحرارية أيضاً، وقد تم إستخدام معادلة فورير لحساب معامل التوصيل الحراري(*k*) للمادة المتراكبة الناتجة وكما موضح في المخططات التي تمثل علاقة معامل التوصيل الحراري مع درجة الحرارة .لقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من إختبار الموصلية الحرارية إن قيمة التوصيل الحراري عند أعلى درجة حرارية (60°C) لألياف النخيل الطبيعية والتي بلغت (2.5 W/m.ºC) هي أعلى منها في حالة التقسية بألياف الكاربون (1.49 W/m.ºC) والألياف الهجينة 1.91) .W/m.ºC)

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

Abstract

In this work , thermal behavior for composite material consisted from araldite resin(AY103) reinforced by natural palms fibers is studied and compared it with another material reinforced by carbon fibers(0°)with ($1.75g/cm^3$) density and then these two types of fibers combined together to make a hybrid composite material and also calculated the range of it's thermal conductivity . Fourier equation used to calculate the thermal conductivity coefficient(*k*) to obtained composite material and as illustrated in diagrams which represent the relation between thermal conductivity coefficient with temperature. The results obtained from thermal conductivity test show that the thermal conducting value at Maximum temperature (60°C) of natural palms fibers(2.5 W/m.ºC) higher than reinforcing with carbon fibers (1.49 W/m.ºC) and hybrid fibers (1.91 W/m.ºC).

Keywords: Composite Material, Thermal Conductivity, Hybrid Fibers .

المقدمة (Introduction).

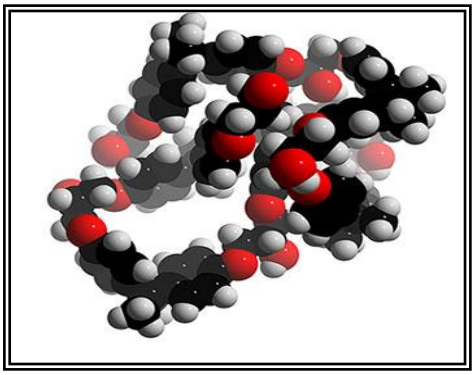
عند وجود فرق حراري بين سطحين سوف تنتقل الحرارة من السطح ذو درجة الحرارة الأعلى إلى السطح ذو درجة الحرارة الواطئة ، وتُعرف هذه الظاهرة بالمُوصِلية الحرارية . وعلى هذا الأساس يمكن تعريف المُوصِلية الحرارية على إنها معدل إنسياب الحرارة عبر وحدة المساحة خلال وحدة الزمن عند وجود إنحدار حراري بين سطحين مقداره درجة مئوية واحدة [Incropera,1996] . 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 [Halem,1999].

المواد المتراكبة (Composite Materials)

تتكون المادة المتراكبة من جمع مادتين 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 المتراكبة ومنها ألياف السليلوز مع مادة الخشب . أما في الصناعة فإن تقسية الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً [Ali,2003]. و لتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين هما [Mallick,2007]:

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

ينتمي راتنج الإرلدايت (AY103) إلى راتنج الإيبوكسي والذي يقع ضمن مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة . يحتوي راتنج الإيبوكسي على مجموعتين أو أكثر من مجاميع الإيبوكساید (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) [Michel,2007]. 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 2%) 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 [Michel,2007]. الشكل (1) يوضح التركيب الكيميائي لراتنج الإرلدايت (AY103).



الشكل (1) : التركيب الكيميائي لراتنج الإرلدايت

ثانياً- مادة التقسية (Reinforcement Material): هناك عِدة طرق للتقسية منها التقسية بالدقائق ، التقسية بالتشتت ، والتقسية بالألياف وكمثال على أنواع الألياف المستخدمة هي ألياف الكاربون وألياف كيفلار و ألياف

الزجاج . تعتبر التقسية بالألياف (Reinforcing by Fibers) أكثر مواد التقسية 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 وكمثال على أنواع الألياف هي ألياف الكاربون وألياف كيفلار والألياف السليلوزية التي تستخدم بشكلها الخام أو تخضع لعمليات تصنيع لإستخراج نوع جديد من الألياف منها.

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 . هنالك أنواع عدة من ألياف الكاربون حيث تكون بشكل ظفائر محاكة (Woven Roving) أو بشكل ألياف مقطعة (Chopped Strand) أو على شكل خيوط وأشرطة [DeGarmo,2008] .

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 :

1- راتنج الإرلدايت (AY103) : يُصلد هذا الراتج بإضافة مادة (HY956) إليه .

2- ألياف الكاربون (Carbon Fibers) : تم إستخدام ألياف الكاربون أُوحادية الإتجاه (0°) ذات كثافة سطحية ($1.75g/cm^3$) .

3- ألياف النخيل الطبيعية (Natural Palms Fibers) .

تحضير نماذج إختبار الموصلية الحرارية .

تكون هذه النماذج بقطر ($25mm$) وسمك ($3mm$) 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 المستخدمة في تصنيع المادة المتراكبة ،بعدها تكبس هذه النماذج وتترك لتتصلب ، بعدها يتم إخراجها من القالب ووضعها في فرن درجة حرارته (75ºC) لإكمال التصلب .

قياس الموصلية الحرارية .

إستخدام قانون فورير في حساب معامل الموصلية الحرارية (k) والصيغة الرياضية لهذا القانون هي:

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

حيث :

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

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

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

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

الشكل (2) يوضح جهاز قياس المُوصِلية الحرارية (Heat Conduction Unit) والمصنع من قبل شركة (P.A.Hilton Ltd England). يعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على تسليط قدرة كهربائية لتسخين العينة الموجودة داخل الجهاز وهي عينة قرصية الشكل . بعد ذلك تقوم محارير إلكترونية موزعة على جانبي العينة وكل محرار يبعد عن الآخر بمسافة (10mm) تقيس التغير في درجات الحرارة على جانبي العينة .

الشكل (2) : جهاز قياس الموصلية الحرارية

النتائج والمناقشة (Results & Discussion) .

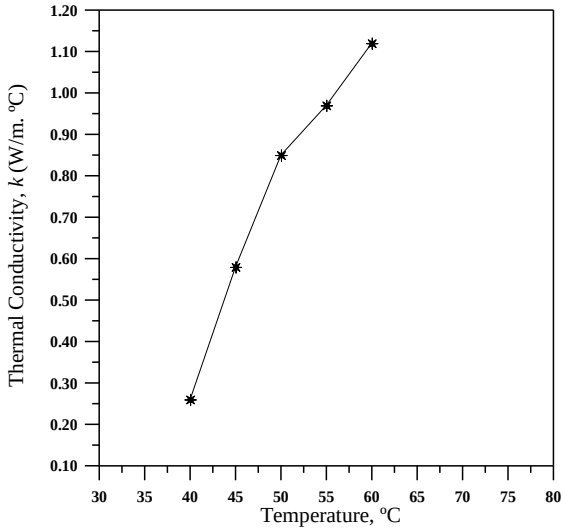
يمثل **الشكل (3)** الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت(AY103) وعلاقتها بدرجة الحرارة ، حيث تزداد هذه الموصلية بزيادة درجة الحرارة وهذا الإرتفاع في الموصلية الحرارية يعود إلى زيادة الإهتزازات في الهيكل الداخلي للراتنج نتيجة لإرتفاع درجة الحرارة التي يتعرض لها . تستخدم التقسية بالألياف للحصول على خواص حرارية وميكانيكية جديدة غير متوفرة في الراتنجات حيث تتم التقسية بأنواع مختلفة من الألياف الصناعية .[Bogomolov,2003]

يبين **الشكل (4)** تأثير التقسية بألياف النخيل على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت ، حيث تبدأ الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة بالإرتفاع بزيادة درجة الحرارة بسبب عمل ألياف النخيل 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 .

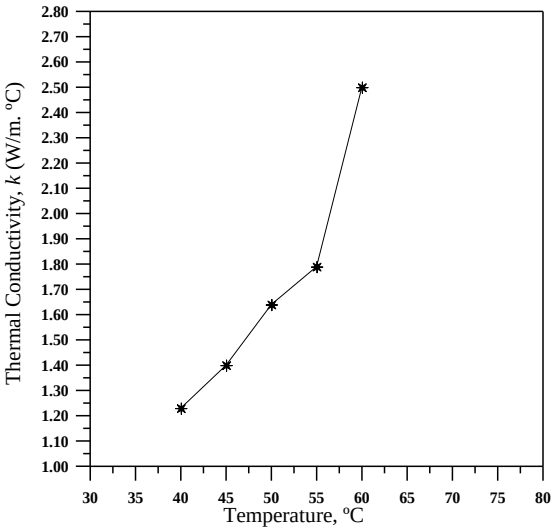
ويبين **الشكل (5)** الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت المسلح بألياف الكاربون ،إذ تؤدي هذه الألياف إلى رفع الموصلية الحرارية للراتنج وهذه الزيادة في الموصلية متوقعة نظراً لقدرة الألياف على التوصيل الحراري مقارنة بالمادة الراتنجية. تكون الزيادة في الموصلية الحرارية في حالة التقسية بألياف الكاربون أقل مما هي عليه في حالة التقسية

بألياف النخيل حيث إمتصاص الحرارة ومن ثم نقلها تكون أقل في الألياف الكاربونية لأنها تقاوم الحرارة لمدى أعلى من ألياف النخيل.

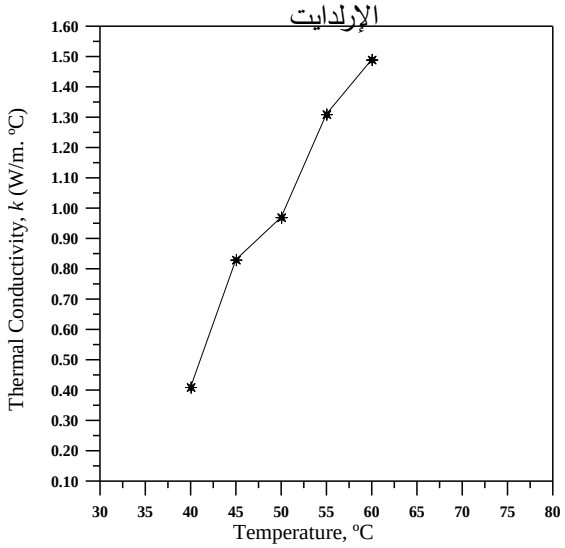
يوضح **الشكل (6)** التأثير المزدوج للتقسية بألياف النخيل وألياف الكاربون على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت (مادة متراكبة هجينة)، وكما هو واضح من الشكل فإن الموصلية الحرارية تبدأ بالإرتفاع مع زيادة درجة الحرارة ولكن بنسبة أقل مما في ألياف النخيل وأعلى بقليل نسبياً في حالة ألياف الكاربون ، إذ تقوم ألياف الكاربون بالحد من الموصلية الحرارية لألياف النخيل بسبب الفرق في معامل الموصلية الحراري بينهما وبالتالي خفض الموصلية الحرارية للمادة المتراكبة ككل [Craig,1997].



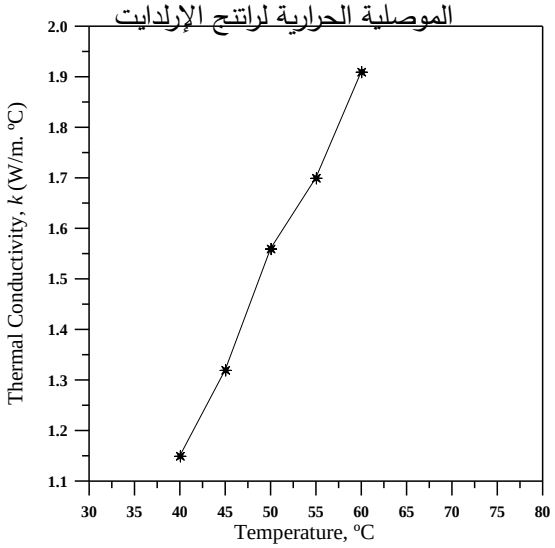
الشكل (3) : الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت



الشكل (4) : تأثير التقسية بألياف النخيل على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت



الشكل (5) : الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت المسلح بألياف الكاربون



الشكل (6) : التأثير المزدوج للتقسية بألياف النخيل وألياف الكاربون على الموصلية الحرارية لراتنج الإرلدايت

الإستنتاجات (Conclusions):

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

2- التوصيل الحراري لألياف النخيل هو أعلى منه في حالة التقسية بألياف الكاربون والألياف الهجينة .

3- إمكانية إستخدام التقسية بالألياف الهجينة من الناحية الإقتصادية وكذلك موصليتها الحرارية المعتدلة .

المصادر

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.

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.

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

Halem, Ali Hoby,(1999) " *Improvement Properties of Reinforced Plastic Materials* ", M.Sc. Thesis , Engineering College , Babylon University , Iraq.

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

Mallick ,P.K. ,(2007) "*Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design* " ,3rd, CRC Press, Nov.

Michel Biron, (2007) " *Thermoplastics and Thermoplastic Composites* " , 1st Edition , Elsevier.

Moslem,Ali Ibrahim ,(2003) " *Study Using of Antimony Trioxide Material as a Flame Retardant Material* ", M.Sc. Thesis , Babylon University , Iraq .