مجلة جامعة بابل / العلوم الهندسية/ المجلد 9/ العدد 5 : 2004

دراسة السلوك الحراري لمادة مركبة مكونة من راتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف النخيل وألياف الزجاج

قحطان خلف الخزرجي
الجامعة التكنولوجية

علي إبراهيم الموسوي
كلية الهندسة–جامعة بابل

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة السلوك الحراري لمادة مركبة مكونة من راتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف النخيل ومقارنتهامع مادة أُخرى مقواة بألياف الزجاج ثم جُمعَ بين هذين النوعين من الألياف لتكوين مادة مركبة هجينة وتم حساب مدى موصليتها الحرارية أيضاً، وقد تم إستخدام معادلة فورير لحساب معامل التوصيل الحراري للمادة المركبة الناتجة وكما موضح في المخططات التي تمثل علاقة معامل التوصيل الحراري مع درجة الحرارة.

الكلمات الدالة: المادة المركبة،المُوصِلية الحرارية،راتنج البولي أستر غير المشبع،ألياف النخيل، ألياف الزجاج، مادة هجينة.

1-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 .

تختلف آلية التوصيل الحراري بإختلاف حالات المادة (صلبة ، سائلة ، غازية) والذي من خلاله تصنف المادة على إنها عازلة أم موصلة للحرارة . تعتمد الموصلية الحرارية في المواد المعدنية على إنتقال الإلكترونات الحرة ، أما في المواد المركبة فيعتمد التوصيل الحراري على توجيه الألياف (Fibers) Orientation حيث تبدي المواد المركبة موصلية قوية بالإتجاه الطولي للألياف (In-Plane) وموصِلية أضعف بإتجاه السُمكْ(Through the Thickness) .

أما في المواد الراتنجية فتعتمد المُوصِلية الحرارية على توجيه الجزيئات(Molecular Orientation)، الحجم البلوري(Crystalline Size) ودرجة النقاوة(Purity (Degree . بشكل عام تزداد الموصلية الحرارية للراتنجات بعد التقوية بالالياف وهذه الزيادة متوقعة نظراً لقابلية الالياف للتوصيل الحراري مقارنة بالمادة الاساس (الراتنج) [6].

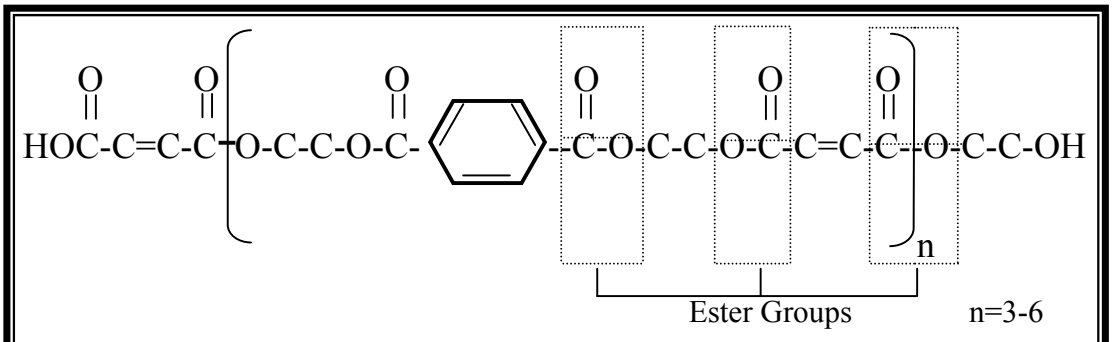
2- المواد المركبة (Composite Materials)

عُرفت تقنية تصنيع المواد المركبة بابسط صورها منذ قرون عدة استخدمها البابليون في بناء بيوتهم عن طريق خلط نشارة الخشب بمادة الطين لتقويته . تتكون المادة المركبة من جمع مادتين مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزياوية 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 تقوية الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً . و لتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين هما المادة الأساس (Matrix Material) ومادة التقوية(Reinforcement Material).

3- مواد الأساس (Matrix Materials).

تكون مواد الأساس أما مواد معدنية(Metallic Materials) متكونة من المعادن وسبائكها وتتميز بثقل وزنها ومتانتها العالية ،أو قد تكون مواد سيراميكية(Ceramic Materials) والتي تمتاز بخفة وزنها ومقاومتها المرتفعة لدرجات الحرارة العالية ولكنها ضعيفة المقاومة لقوى الصدم. كذلك تكون المادة الأساس مواد راتنجية(Resin Materials) وهي الأكثر إستعمالاً وإنتشاراً لِما تتميز به من خواص ميكانيكية وحرارية جيدة. ومن الأمثلة على المواد الراتنجية هو راتنج البولي أستر (Polyester Resin) .

يعتبر راتنج البولي أستر أحد أنواع الراتنجات المتصلدة بالحرارة(Thermosetting Resins) ويتم تحضيره من تفاعل مونومير الجليكول(Glycol Monomer) مع حامض غير مشبع ثنائي القاعدة (Dibasic Acid) ويشترط أن يمتلك أحد المونوميرين أو كليهما على رابطة مضاعفة في تركيبه،وبعد تكون البوليمر الخطي يمزج مع مونومير فنيل فعال مثل الستايرين(Styrene) بالإضافة إلى عامل مساعد يتكسر إلى شقوق حرة وبهذا تتم بلمرة مونومير الفنيل مع الروابط المزدوجة على طول سلسلة البوليمر وبذلك يتكون البولي أستر. والشكل رقم(1) يوضح التركيب الكيمياوي البولي أستر غير المشبع .



الشكل رقم(1)
التركيب الكيمياوي لراتنج البولي أستر غير المشبع[6]

يمتلك راتنج البولي أستر خواص حرارية جيدة إذ يتحمل الحرارة العالية(بالنسبة للراتنجات) ولغاية(260ºC) ولكنه يعاني تفككاً تلقائياً (Spontaneous Decomposition) عند درجة حرارة تقارب(300ºC) حتى بعدم وجود الأوكسجين.

وكذلك يمتاز بمقاومة كهربائية ممتازة ومقاومة كيمياوية للمذيبات والأحماض والأملاح ومقاوم للبلى والتأثيرات البيئية ،بالإضافة لكونه قليل الكلفة ولكنه يتصف بالضعف والهشاشية. ويضاف البولي أستر إلى الألياف الزجاجية لصناعة هياكل القوالب ومكونات أجسام الطائرات والسيارات وغيرها من الصناعات .

4- مواد التقوية (Reinforcement Materials).

يجب توفر ميزتين أساسيتين في هكذا مواد وهي المقاومة العالية والليونة المنخفضة حتى تستطيع تقوية المواد الأساس. هناك عدة طرق للتقوية منها التقوية بالدقائق(Reinforcing by Particulate) والتي تكون بقطر أكبر من (1 μm) وبأشكال مختلفة منها الإبرية والكروية والقِشرية، كذلك تتم التقوية بالتشتت(Reinforcing by Dispersed) ويكون قطر الدقائق أقل من (0.1μm) .

أما أكثر أساليب التقوية شيوعاً فهي التقوية بالألياف (Reinforcing by Fibers) 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 الزجاج وألياف الكاربون وألياف كفلر والألياف السليلوزية التي تستخدم بشكلها الخام أو تخضع لعمليات تصنيع لإستخراج نوع جديد من الألياف منها.

تمتلك الألياف الزجاجية الكثير من الخواص الفيزياوية والكيمياوية الجيدة ومنها امتلاكها لدرجة انصهار عالية ومقاومة كيمياوية جيدة. هنالك أنواع عدة من الألياف الزجاجية حيث تكون بشكل ظفائر محاكة (Woven Roving) أو بشكل ألياف مقطعة (Chopped Strand) أو بشكل نسيج زجاجي (Glass Fabric) . أو على شكل خيوط وأشرطة . الجدول رقم (1) يبين مكونات ألياف الزجاج ونسبها المئوية(التركيب الكيمياوي).

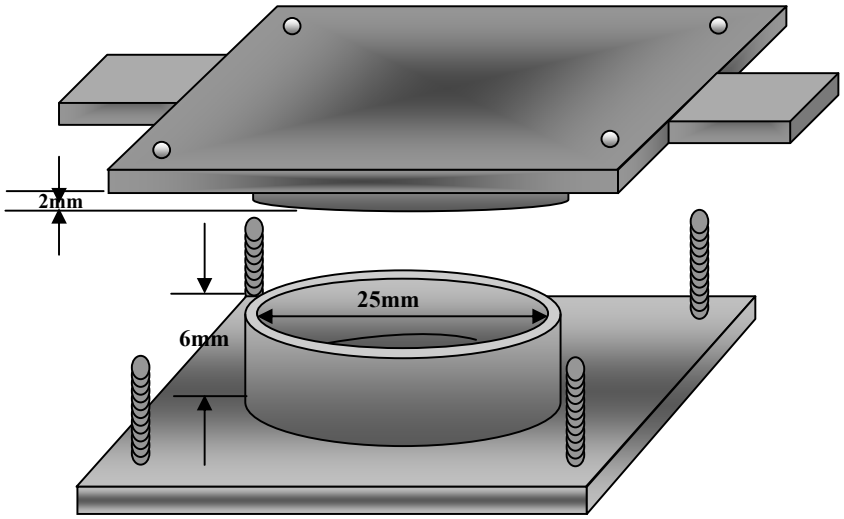
أما ألياف النخيل(Palms Fibers) فتنتمي ألى مجموعة الألياف السليلوزية(Cellulose Fibers) والسيليلوز عبارة عن سكر متعدد(Poly Saccaride) متكون من جزيئات الكلكوز المرتبطة مع بعضها بسلاسل خطية . تتوفر ألياف النخيل بكثرة في العراق نظراً لكونه البلد الأول من حيث عدد النخيل فيه . يمكن أن تستخدم الألياف السليلوزية 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.

5- الجزء العملي (Experimental Part).

تم إستخدام القولبة اليدوية في تحضير نماذج الإختبار ثلاثة الأول مقوى بألياف النخيل والثاني بألياف الزجاج والنموذج الثالث مقوى بكلا النوعين من الألياف. تم تهيئة قطع دائرية من الألياف الزجاجية وألياف النخيل وبقطر (25mm) تلائم القالب المستخدم في تصنيع النماذج والمبين في الشكل رقم (2). يرش القالب بمادة بولي فنيل الكحول (polyvinyl Alcohol) الذي يسهل فصل النماذج من القالب .

يتم إضافة المادة المعجلة إلى راتنج البولي أستر غير المشبع وتخلط جيداً معه تسمى هذه المادة (Cobalt Octoatel) والتي تحتوي على كوبالت فعال بنسبة (6%) بعدها تضاف إليه المادة المصلبة (MEKPO) وبنسبة(2%) .

توضع كمية من الراتنج على سطح القالب الداخلي وتنشر بفرشاة لضمان توزيعه بانتظام بعدها توضع الطبقة الأولى من الألياف ثم نضع كمية اخرى من الراتنج عليها وهكذا لبقية الطبقات لتتكون مادة مركبة بالسمك المطلوب وهو(4mm) ، ثم كبست هذه النماذج وتركت لتتصلب ، بعدها تم إخراجها من القالب ووضعت في فرن درجة حرارته (107ºC) لإكمال التصلب.



الشكل رقم(2)

القالب المستخدم في تصنيع نماذج إختبار الموصلية الحرارية

6- إختبار الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity Test).

تم إستخدام قانون فورير(Fourier Law) في حساب معامل المُوصِلية الحرارية (***k***) حيث ينص هذا القانون على:-

$$q = -k * A * \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right).$$

حيث:-

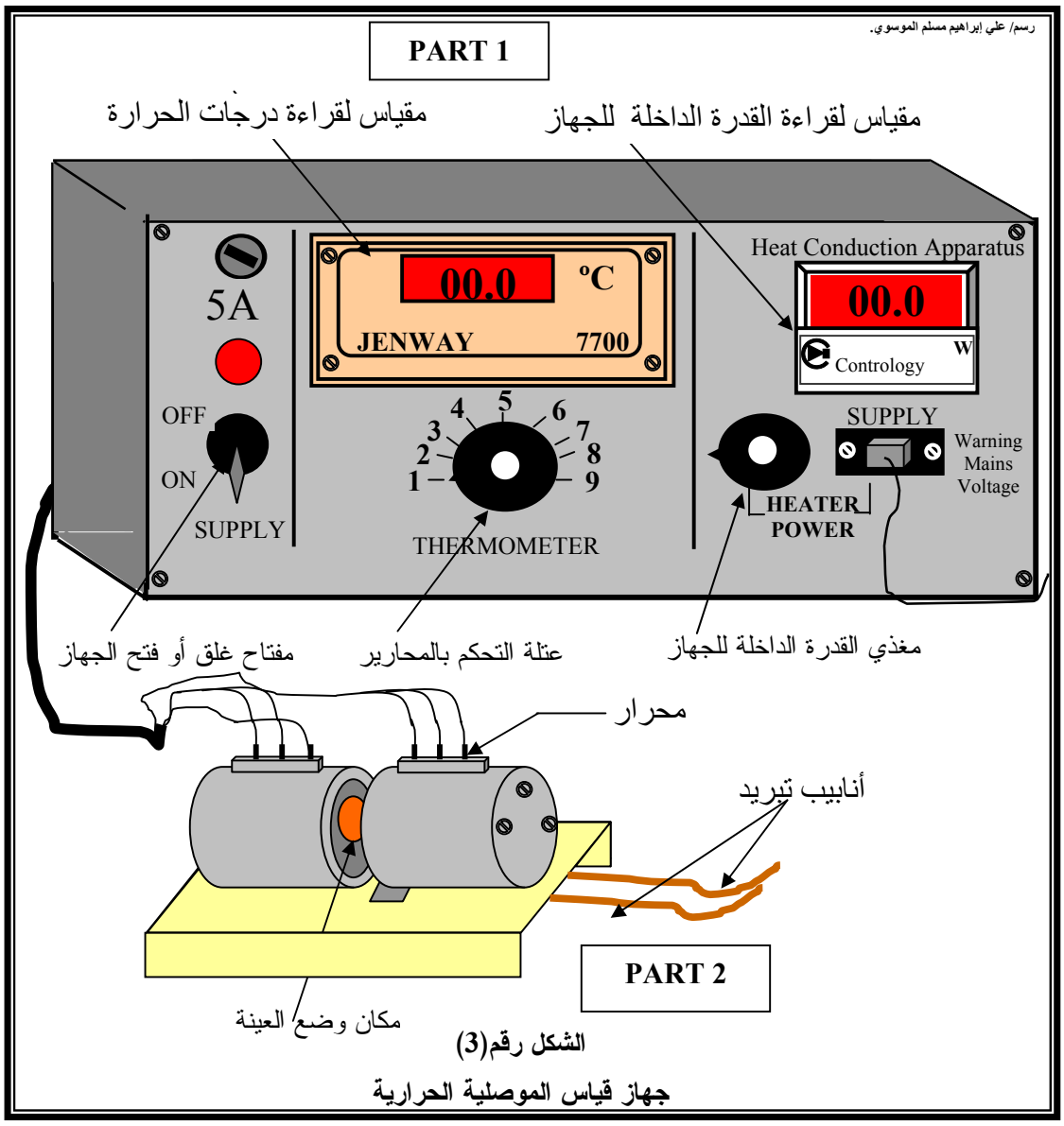
q= كمية الحرارة المارة بوحدة الزمن وتقاس بالواط (W).

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

A= مساحة مقطع انسياب الحرارة وتقاس بالمتر المربع (m^2).

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

كذلك تم إستخدام جهاز قياس المُوصِلية الحرارية الموضح في الشكل رقم (3) لقياس الحرارة المنتقلة عبر العينة الموجودة داخل الجهاز حيث يتكون الجهاز من جزئين الأول(PART 1) هو خاص بتسليط القدرة الكهربائية وكذلك قياس درجات الحرارة أما الجزء الثاني (PART 2) فيحتوي على مكان وضع العينة وكذلك على المحارير الإليكترونية وأنابيب تبريد العينة.



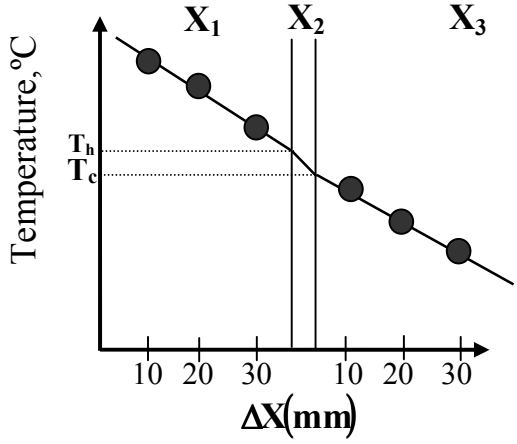
الشكل رقم(3)

جهاز قياس الموصلية الحرارية

يعتمد الجهاز في مبدأ عمله على تسليط قدرة كهربائية تعمل علىتسخين العينة الموجودة داخل الجهاز بعد ذلك تقوم المحاريرالإلكترونيةالموزعة على جانبي العينة وكل محرار يبعد عن الآخر بمسافة (10mm) تقوم بقياس التغير في درجات الحرارة على جانبي العينة ، ومن خلال درجات الحرارة التي يسجلها جهاز قياس

الموصلية الحرارية يمكن رسم المنحني المبين في الشكل رقم (4) والذي يبين كيفية حساب قيمة التدرج الحراري$(\Delta T/\Delta X)$الذي يطبق في معادلة فورير. تمثل (X3،X1) المسافة بين المحارير على جانبي العينة،أما(X2) فتمثل سمك العينة .

العينات المستخدمة قرصية الشكل وبقطر (25mm) وبسمك (4mm) ، تم صبها في قالب له نفس الأبعاد حيث يخلط الراتنج مع المصلد جيداً ثم يصب الخليط في قالب ويترك ليتصلب بعدها توضع المادة المتصلبة في فرن درجة حرارته (107ºC) لإكمال عملية التصلب .



الشكل رقم(4)

حساب قيمة التدرج الحراري $(\Delta T/\Delta X)$.

7- النتائج والمناقشة (Results & Discussion) .

تعمل الألياف التي تقوي المادة الأساس على زيادة الموصلية الحرارية للمادة المركبة نظراً لقابلية الألياف على التوصيل الحراري كما ذُكرَ سابقاً ، وهذا واضح من خلال مخططات الموصلية الحرارية . تم إحتساب قيمة معامل الموصلية الحرارية عن طريق تطبيق قيمة التدرج الحراري($\Delta T/\Delta X$) المستخرجة من الشكل رقم (4) في معادلة فورير.

الشكل رقم (5) يمثل الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع 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 التقوية بالألياف للحصول على خواص حرارية وميكانيكية جديدة غير متوفرة في الراتنجات حيث تتم التقوية بأنواع مختلفة من الألياف الصناعية .الشكل رقم (6) يبين تأثير التقوية بألياف النخيل على الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع ، حيث تبدأ الموصلية الحرارية للمادة المركبة 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

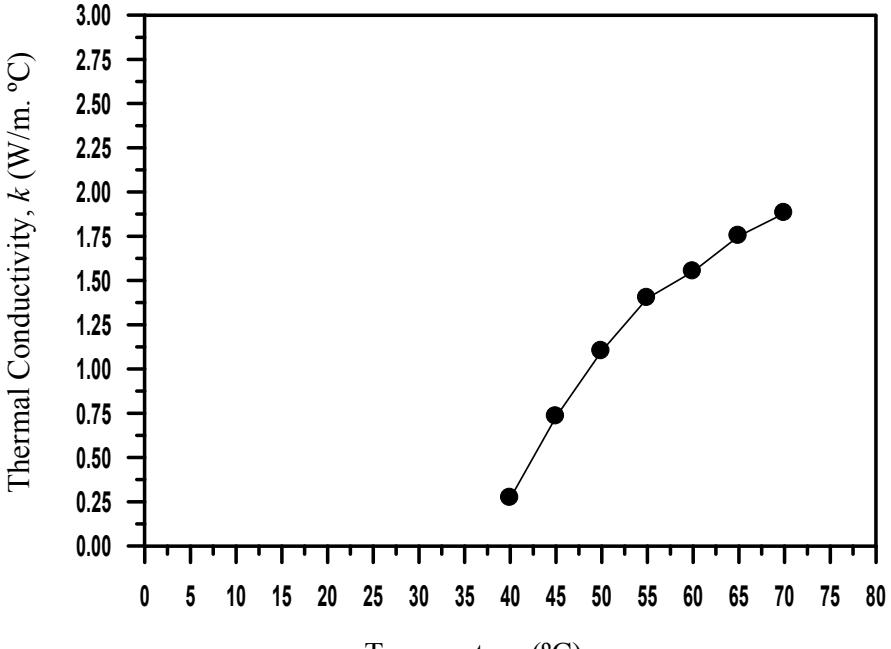
هذه الألياف على نقل الحرارة . الشكل رقم (7) يبين الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف الزجاج ،إذ تؤدي هذه الألياف إلى رفع الموصلية الحرارية للراتنج وهذه الزيادة في الموصلية متوقعة نظراً لقدرة الألياف على التوصيل الحراري مقارنة بالمادة الراتنجية. تكون الزيادة في الموصلية الحرارية في حالة التقوية بألياف الزجاج أقل مما هي حالة التقوية بألياف النخيل حيث إمتصاص الحرارة ومن ثم نقلها تكون أقل في الألياف الزجاجية لأنها تقاوم الحراة لمدى أعلى من ألياف النخيل. أما الشكل رقم (8) فيوضح التأثير المزدوج للتقوية بألياف النخيل وألياف الزجاج على الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع (مادة مركبة 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 الزجاج ، إذ تقوم ألياف الزجاج بالحد من الموصلية الحرارية لألياف النخيل بسبب الفرق في معامل الموصلية الحراري بينهما وبالتالي خفض الموصلية الحرارية للمادة المركبة ككل.

8- الإستنتاجات (Conclusions).

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

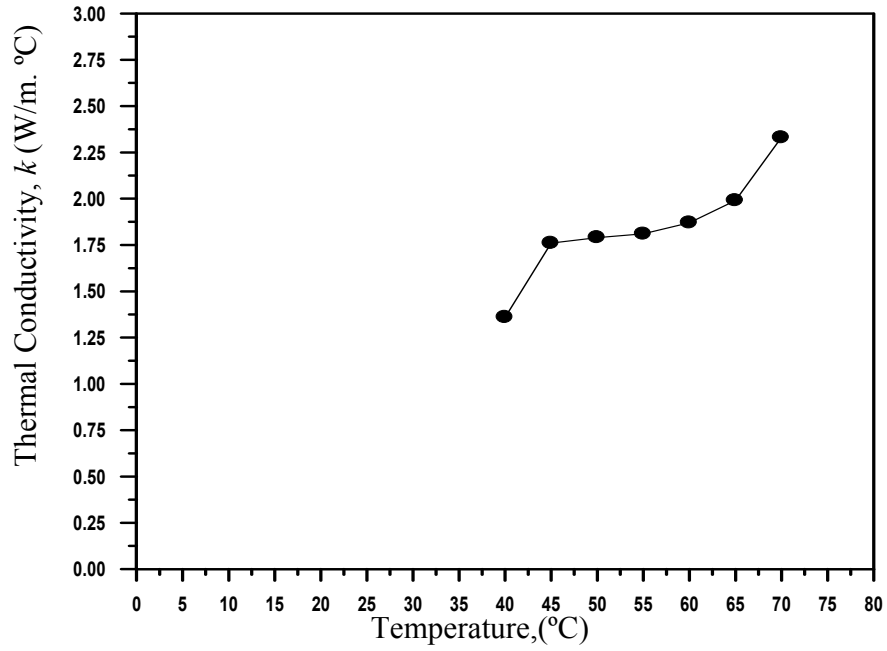
2- التوصيل الحراري لألياف النخيل هو أعلى منه في حالة التقوية بألياف الزجاج والألياف الهجينة .

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



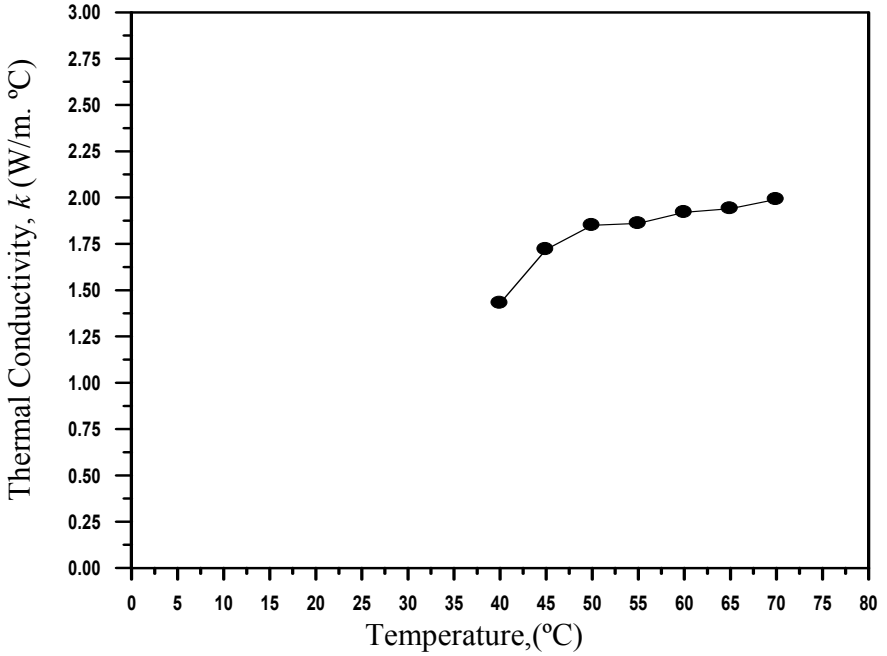
الشكل رقم(5)

الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع.



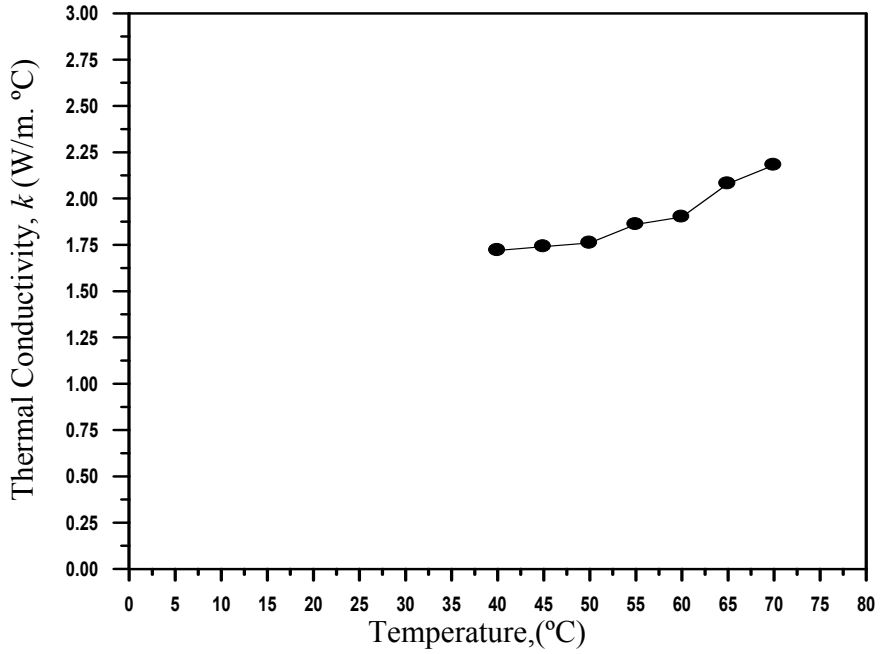
الشكل رقم(6)

الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف النخيل.



الشكل رقم(7)

الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف الزجاج.



الشكل رقم(8)

الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع المقوى بألياف النخيل و الزجاج (المادة المركبة الهجينة)

9- المصادر (References).

1- Sangeeta Nangia ,(2002) "Behavior of polyester Resin Composite (Mechanical properties) at Elevated Temperature" , TIFAC.

2- F.Rondeaux , ph. Bredy and J.M.Rey (July 16-20,2001) "Thermal Conductivity Measurements of Epoxy Systems at Low Temperature" , Cryogenic Engineering Conference (CEC), USA.

3- efunda Engineering Fundamentals ,(2001) " Polymer Material Properties " .

4- زهير جبار عبد الأميرالأسدي(2001) " تهيئة ألياف البولي أكريلونتريل والحرير الصناعي لإنتاج ألياف الكاربون" ، رسالة ماجستير ، جامعة بابل.

5- د. عبد الفتاح محمود طاهر، (2000) " أساسيات علم وتقنية البلمرات " دار المريخ للنشر ، الريـــاض – المملكة العربية السعودية .

6- علي هوبي حليم (1999)" تحسين خواص المواد اللدائنية المقساة " ، رسالة ماجستير، جامعة بابل.

7- Huy K. Tran , Christine E. Johnson , Daniel J. Rasky , and Frank C.L Hui, (April 1997) " phenolic Impregnated Carbon Ablators (PICA) as Thermal protection Systems for Discovery Missions ", NASA Technical Memorandum 110440 .

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

9- عادل محمد سويلم،(1994) " اللدائن ماهيتها – أنواعها – طرق تصنيعها – تشغيلها "، الطبعة الأولـــى، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

10- علي إبراهيم مسلم،(2003)" دراسة إستخدام مادة أُوكسيد الأنتيمون الثلاثي كمادة معيقة للّهَب"،رسالة ماجستير ،جامعة بابل.

STUDY OF THERMAL BEHAVIOR FOR COMPOSITE MATERIAL CONSISTED FROM UNSATURATED POLYESTER RESIN REINFORCED BY PALMS AND GLASS FIBERS

Abstract

In this work , thermal behavior for composite material consisted from unsaturated polyester resin reinforced by palms fibers is studied and compared it with another material reinforced by glass fibers 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 to obtained composite material and as illustrated in diagrams which represent the relation between thermal conductivity coefficient with temperature.

Keywords: Composite Material, Thermal Conductivity, Unsaturated Polyester Resin, Palms Fibers, Glass Fibers, Hybrid Material