

تأثير إضافة مادة معيقة للهب على الموصلية الحرارية لمادة مركبة بوليميرية مقواة بالألياف⁺

EFFECT OF FLAME RETARDANT MATERIAL ADDITION ON THERMAL CONDUCTIVITY OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL REINFORCED BY FIBERS

سليم جاسم عباس *

المستخلص:

تم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة مادة معيقة للهب وهي أوكسيد الأنتيمون الثلاثي (Sb_2O_3) على الموصلية الحرارية لمادة مركبة مكونة من راتنج الإيبوكسي نوع كونبسترا (EP-10) المقوى بألياف الزجاج بشكل ظفائر محاكة ثنائية الإتجاه ($0^\circ - 45^\circ$) نوع (E-Glass) ذات كثافة سطحية ($600g/cm^3$). لقد تم إضافة أوكسيد الأنتيمون الثلاثي بنسب مختلفة (10%, 20%, 30%) إلى المادة المركبة النهائية وقياس مدى تأثير الموصلية الحرارية لهذه المادة عن طريق إستخدام معادلة فورير لحساب التغير في قيمة معامل التوصيل الحراري (k) للمادة المركبة قبل وبعد إضافة المادة المعيقة للهب ، ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها تحسنت قيمة الموصلية الحرارية بعد إضافة الأوكسيد الثلاثي إليها وأفضل زيادة في الموصلية كانت عند نسبة (30%) من أوكسيد الأنتيمون الثلاثي .

الكلمات الدالة : مادة معيقة للهب ، الموصلية الحرارية ، مادة مركبة .

Abstract :

This research studied the effect of flame retardant material addition namely antimony trioxide (Sb_2O_3) on thermal conductivity of composite material consist of conbextra epoxy (EP-10) resin reinforced biaxially by woven roving E-type glass fibers ($0^\circ - 45^\circ$) with density ($600g/cm^3$). The effect of different percents of antimony trioxide (10%, 20%, 30%) on thermal conductivity was investigated by using Fourier equation to calculate the thermal conductivity coefficient (k) for this composite material before and after addition of flame retardant material ,where the thermal conductivity value improved after added trioxide and the best increment in conductivity was at (30%) from antimony trioxide .

Keywords:- Flame Retardant Material , Thermal Conductivity , Composite Material .

المقدمة :

تُعرّف المواد المعيقة للهب على إنها مواد كيميائية لها القدرة على تحمل اللهب المباشر حيث تعمل على منع نفاذه داخل المادة وكذلك منع إنتشاره وحتى إخماده بشكل كامل ،وتضاف إلى مواد ليس لها القدرة على مقاومة اللهب لتحسين خواصها الحرارية، وتضاف المواد المعيقة للهب أثناء أو بعد تصنيع المواد المراد حمايتها من الإحترق ،

⁺ تاريخ استلام البحث ٢٠٠٩/١٢/٢٢ ، تاريخ قبول النشر ٢٠١١/٣/١٦ .

* مدرس مساعد / المعهد التقني - بابل

ومن الأمثلة على معيقات اللهب أكاسيد الأنتيمون وخاصة أكسيد الأنتيمون الثلاثي والمواد التي تحتوي على عناصر الكلور و البروم التي تدعى بالمركبات الهالوجينية مركبات كل من الفسفور والبورون والنتروجين [1] .
يمتلك أكسيد الأنتيمون الثلاثي الصيغة الكيميائية (Sb₂O₃) أو (Sb₄O₆) ويكون ذا لون أبيض أو عديم اللون اعتماداً على تركيبه الداخلي ، حيث يكون التركيب المكعب عديم اللون، بينما يكون التركيب المعيني ذا لون أبيض. يكون أكسيد الأنتيمون الثلاثي المكعب مستقراً تحت درجة حرارة (570°C) ، في حين إن أكسيد الأنتيمون الثلاثي المعيني يكون مستقراً فوق درجة حرارة (570°C) [2]. يُستخدم أكسيد الأنتيمون الثلاثي في كثير من الصناعات وأهم هذه الصناعات هو استخدامه كمحفز لإعاقة اللهب في المواد المركبة اللدائن والأنسجة ، والمطاط ، والألياف [1] .
تتكون المادة المركبة من دمج مادتين أو أكثر مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزيائية و عملية الدمج هذه تؤدي إلى الحصول على مادة جديدة ذات خواص هندسية و فيزيائية تختلف عن خواص المواد الداخلة في تركيبها. و لتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين هما [3]: المادة الأساس (Matrix Material) وتكون مواد الأساس أما مواد معدنية أو قد تكون مواد سيراميكية أو تكون المادة الأساس مواد بوليميرية . مادة التقوية (Reinforcing Material) حيث هناك عدة طرق للتدعيم منها التدعيم بالدقائق ، كذلك يتم التدعيم بالنتشت، أما أكثر أساليب التدعيم شيوعاً فهو التدعيم بالألياف نظراً لما يتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية [4].
إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو دراسة السلوك الحراري لأوكسيد الأنتيمون الثلاثي في درجات الحرارة الواطنة حيث يعتبر هذا الأوكسيد من المواد المعيقة للهب لذلك فإن سلوكه الحراري مختلف كلياً في هكذا درجات واطئة وهو ما تم إثباته في النتائج التي تم الحصول عليها من إختبار الموصلية الحرارية .

المواد المستخدمة في البحث:

تم في هذا البحث استخدام المواد التالية :

١- أكسيد الأنتيمون الثلاثي (Antimony Trioxide) .

تم إضافة أكسيد الأنتيمون الثلاثي كحشوة إلى المادة المركبة بنسب وزنية مقدارها (10%، 20%، 30%) . أكسيد الأنتيمون الثلاثي مجهز من قبل شركة (BDH Chemical Ltd Pool England) وبحجم حبيبي مقداره (10μ) وبنقاوة (99,5%) .

٢- راتنج الإيبوكسي نوع كونيسترا (EP-10) .

يتصف هذا الراتنج بخواص مميزة عديدة منها لزوجه المنخفضة وخاصة التصاق عالية ويتميز بمعدل زحف واطئ تحت تأثير الأحمال الدائمة ويكون متماسكاً ولا يحدث إنكماش بعد صبه في القالب وتصلبه . تم استخدام المصلد (Metaphenylene Diamic) الذي يضاف إلى الراتنج بنسبة [3:1] حيث يحدث التفاعل معهما في درجة حرارة الغرفة .

٣- ألياف الزجاج (Glass Fibers) .

في هذه البحث تم استخدام حصيرة من ألياف الزجاج ثنائية الإتجاه (0°- 45°) نوع (E-Glass) كمادة تقوية وبكثافة سطحية (600g/cm³) . الجدول رقم (1) يوضح مكونات هذا النوع من الألياف .

الجدول رقم (1) : مكونات ألياف الزجاج ونسبها المئوية

Compound	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O & K ₂ O	MgO	CaO ₂	TiO ₂	FeO
Content (%)	0.1	52-56	12-16	5-10	0-2	0-5	16-25	0-1.5	0-0.8

تحضير المادة المركبة :

تتكون المادة المركبة المصنعة من (40%) نسبة وزنية من راتنج الإيبوكسي نوع كونيكسترا (EP-10) و(60%) نسبة وزنية من ألياف الزجاج ثنائية الإتجاه، إن هذه النسب الوزنية تُشير فقط إلى كمية الراتنج والألياف وبدون المادة المعيقة للهب. تم تهيئة قطع دائرية من الألياف الزجاجية وبقطر (25mm) ، أما راتنج الإيبوكسي نوع كونيكسترا (EP-10) فقد تم خلطه بالمادة المصلدة (Metaphenylene Diamic) وهو مادة سائلة تضاف بنسبة (3:1) إلى الراتنج ويخلط جيداً بعدها يُضاف إلى الخليط (راتنج+ المادة المصلدة) نسب مختلفة من أوكسيد الأنثيمون الثلاثي (10%، 20%، 30%) ، وتخلط هذه المواد جيداً .

تحضير عينات إختبار الموصلية الحرارية:

تكون هذه العينات بقطر (25mm) وسمك (3mm) وهي تحضر كآتي : يتم وضع كمية من راتنج الإيبوكسي نوع كونيكسترا (EP-10) المخلوط بالمادة المصلدة وأوكسيد الأنثيمون الثلاثي على سطح القالب الداخلي ثم توضع عليها طبقة من ألياف الزجاج ثنائية الإتجاه وتكرر هذه العملية لحين الوصول إلى السمك المطلوب بعدها تكبس هذه الطبقات وتترك في القالب لتتصلب بشكل نهائي .

قياس الموصلية الحرارية:

تم إستخدام قانون فورير (Fourier Law) لحساب 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 بوحدة (W)

k = معامل الموصلية الحرارية ويقاس بوحدة (W/m.°C)

A = مساحة مقطع إنسياب الحرارة وتقاس بوحدة (m²)

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

النتائج والمناقشة :

من خلال النتائج التي حصلنا عليها والمبينة في المخططات التي تمثل علاقة الموصلية الحرارية بدرجة الحرارة نلاحظ في جميع هذه المخططات زيادة الموصلية الحرارية للمادة المركبة المكونة راتنج الإيبوكسي نوع كونيكسترا (EP-10) المقوى بألياف الزجاج ثنائية الإتجاه والمضاف إليها أوكسيد الأنثيمون الثلاثي بزيادة درجة الحرارة المطلقة

ويعود السبب في ذلك إلى كون أكسيد الأنثيمون الثلاثي من المواد المعيقة للهب التي تستخدم في التطبيقات التي تتعرض لدرجات الحرارة العالية وليس من المواد العازلة .

الشكل رقم (1) والذي يمثل العلاقة بين معامل التوصيلية الحرارية (k) ودرجة حرارة الإختبار للمادة المركبة المكونة من راتنج الإيبوكسي نوع كونبسترا (EP-10) المقوى بألياف الزجاج ثنائية الإتجاه نلاحظ بأن التوصيلية الحرارية لهذه المادة المركبة تبدأ بالارتفاع مع زيادة درجة الحرارة المسلطة من قبل جهاز التوصيلية الحرارية وبشكل بطيء وتدرجي ويرجع السبب في ذلك إلى أن ألياف الزجاج تعمل على زيادة التوصيل الحراري للمادة المركبة بسبب قابلية الألياف على التوصيل الحراري مقارنة مع المادة الأساس .

الشكل رقم (2) يمثل التوصيلية الحرارية للمادة المركبة مضافاً إليها (١٠%) من أكسيد الأنثيمون الثلاثي حيث تبدأ التوصيلية الحرارية للمادة بالزيادة بإضافة أكسيد الأنثيمون الثلاثي إلى المادة المركبة والذي يعتبر من المواد المعيقة للهب ويرجع السبب في هذا السلوك إلى كون أكسيد الأنثيمون الثلاثي من المواد المعيقة للهب والعازلة في درجات الحرارة العالية ولكنه في درجات الحرارة الواطئة يعمل على توصيل الحرارة مثل سلوك أغلب العوازل الحرارية في هذه الدرجات الواطئة ، إضافة إلى وجود ألياف التقوية التي تعمل سوية مع أكسيد الأنثيمون الثلاثي على رفع قيمة معامل التوصيل الحراري للمادة المركبة [٥]. وبزيادة نسبة أكسيد الأنثيمون الثلاثي المضافة إلى (٢٠%) يزداد التوصيل الحراري مع ارتفاع درجة الحرارة ولنفس السبب السابق حيث تزداد نسبة ذرات أكسيد الأنثيمون الثلاثي المهترزة والتي تعمل على نقل الحرارة بشكل أكبر داخل المادة المركبة إلى جانب ألياف الزجاج وهذا واضح في **الشكل رقم (3)** [١]. إن معدل التوصيل الحراري في راتنج الإيبوكسي نوع كونبسترا (EP-10) المقوى بألياف الزجاج يزداد وبشكل كبير عند زيادة نسبة الأوكسيد المضافة إلى (٣٠%) وكما في **الشكل رقم (4)** والسبب يرجع إلى كون أكسيد الأنثيمون الثلاثي هو مادة موصلة في درجات الحرارة المنخفضة على الرغم من كونه مادة عازلة في درجات الحرارة العالية [٦]. **الشكل رقم (5)** يوضح مقارنة بين الحالات الأربعة من التوصيلية الحرارية .

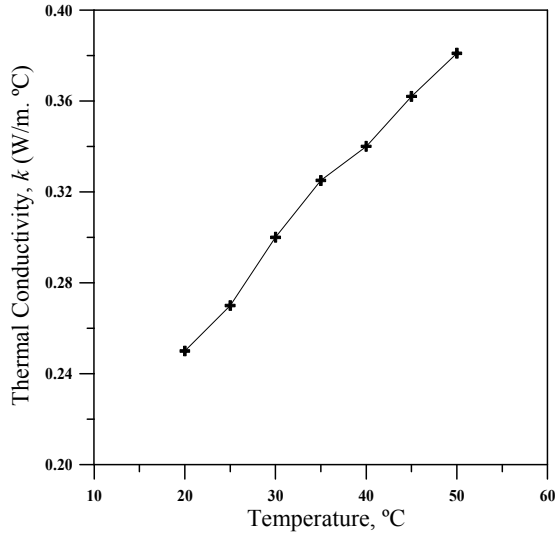
الإستنتاجات :

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من إختبار التوصيلية الحرارية والموضحة في المخططات البيانية بين معامل التوصيلية الحرارية ودرجة الحرارة ، نستنتج الآتي :

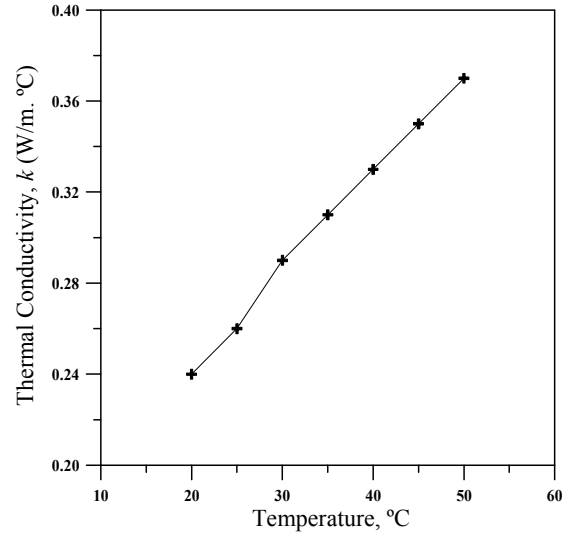
١- زيادة التوصيلية الحرارية للمادة المركبة بإرتفاع درجة الحرارة بسبب قابلية ألياف الزجاج للتوصيل الحراري والتي هي أفضل من التوصيلية الحرارية لراتنج الإيبوكسي نوع كونبسترا (EP-10).

١- إرتفاع قيمة التوصيل الحراري للمادة المركبة بإضافة أكسيد الأنثيمون الثلاثي إليها . بسبب كون أكسيد الأنثيمون الثلاثي هو موصل للحرارة في درجات الحرارة الواطئة على الرغم من إنه مادة عازلة في درجات الحرارة العالية حيث ينعكس هذا السلوك في درجات الحرارة المنخفضة .

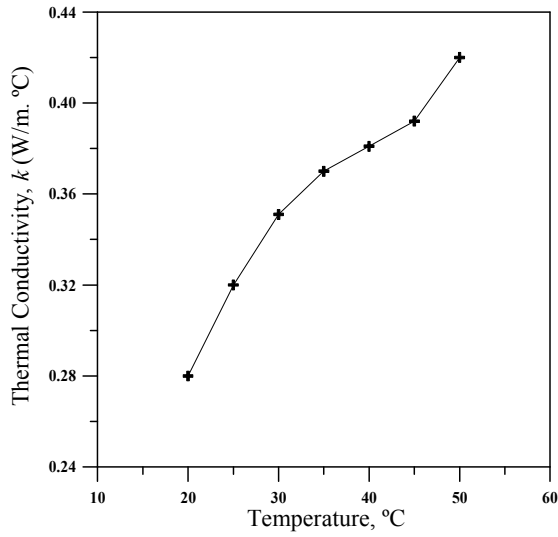
٢- تزداد التوصيلية الحرارية بزيادة نسبة الأوكسيد المضافة .



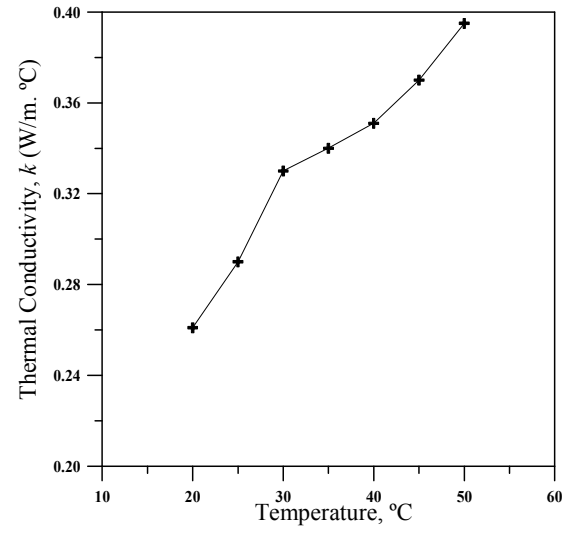
الشكل رقم (٢) : المادة المركبة + 10% Sb₂O₃



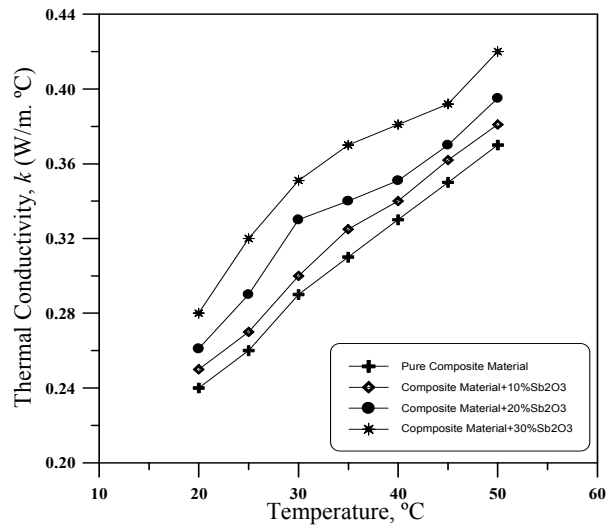
الشكل رقم (١) : الموصلية الحرارية للمادة المركبة



الشكل رقم (٤) : المادة المركبة + 30% Sb₂O₃



الشكل رقم (٣) : المادة المركبة + 20% Sb₂O₃



الشكل رقم (٥) : مقارنة بين الحالات الأربعة

- 1- Moslem A. I. “ *Study Using of Antimony Trioxide Material as a Flame Retardant Material* ”, MSC Thesis , Engineering College , Babylon University , Iraq ,2003.
- 2-Chemserve Company Limited “ *Antimony Trioxide* ”, 2000. (www.chemserve.com).
- 3- Mallick P.K., “ *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design* ” , 3rd Edition , CRC Press, 2007.
- 4- M. Biron “ *Thermoplastics and Thermoplastic Composites* ” , First Edition , Elsevier , 2007
- 5- E-S. Lee, S-M. Lee, D. J. Shanefield, W.R. Cannon “ *Enhanced Thermal Conductivity of Polymer Matrix Composite Via High Solid Loading of Aluminum Nitride in Epoxy Resin*” *Journal of the American Ceramic Society* ,Vol 91 ,No 4, PP1169-1174, 2008 .
- 6- V. Bogomolov , N. Kartenko “ *Thermal Conductivity of the Opal- Epoxy Resin Nanocomposite* ” *Physics of the Solid State* , Vol 45, No 5, PP.957-960, 2003.