دراسة تأثير درجة الحرارة على قيم التوصيلية الحرارية لمتراكبات بوليمرية هجينة

أ.م.د.علي حسن رسن

الجامعة المستنصرية / كلية التربية / قسم الفيزياء

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مواد خليطية بوليمرية و متراكبة وهجينة دقائقية تحوي مادة أساس واحدة هي الخليط البوليمري [راتنج الايبوكسي والبولي اثيلين عالي الكثافة] مقواة بأنواع مختلفة من الدقائق (مسحوق اسود الكاربون ومسحوق اوكسيد المغنيسيوم). والمواد الخليطية والمتراكبة والهجينة التي تم تحضيرها هي :

- Blend = EP + HDPE
- Blend + CB
- Blend + MgO
- Blend + CB + MgO

مع العلم إن الكسر الحجمي لجميع المواد المحضرة كانت بقيمة (٢٥%) .

إن جميع العينات الخاصة بالاختبار الحراري (التوصيلية الحرارية) كانت قد حُضرت بأستخدام الطريقة الميكانيكية واستخدمت طريقة القولبة اليدوية في تحضير القوالب.

أجريت الاختبارات الحرارية (التوصيلية الحرارية) في درجات حرارة مختلفة للتعرف على تأثير درجات حرارة على تلك الخاصية .

أوضحت النتائج زيادة في قيم التوصيلية الحرارية مع زيادة درجات الحرارة .

الكلمات الافتتاحية : التوصيلية الحرارية (**K**) ، درجة الحرارة (**T**) ، راتنج الايبوكسي (**EP**) .

The effect of temperature on the thermal conductivity of hybrid polymer blends

Asst.Prof.Dr. Ali Hassan Ressen
University of mustansiriyah / Faculty of education / Physics Department

Abstract

In this work polymer blends and particles hybrid composite materials were prepared containing one matrix of polymer blend (Epoxy + High-density polyethylene) reinforced by different reinforcing particles (Carbon black powder + Magnesium oxide) with one value of volume fraction (25%) .

The Polymer blends and hybrid composite materials prepared are:

- Blend = EP + HDPE
- Blend + CB
- Blend + MgO
- Blend + CB + MgO

All samples related to thermal test were prepared by hand lay up process.

The results show that thermal conductivity values increase with an increase of temperature for all samples.

Key Words: Thermal conductivity (K) , Temperature (T) , Epoxy Resin (EP).

• المقدمة Introduction

لقد استخدمت المادة المقواة (المتراكبة) الراتنجات النباتية الصمغية منذ فجر التاريخ.وتشير الأدلة التاريخية على استخدام المواد المتراكبة في حضارة بلاد وادي الرافدين قبل أكثر من ثلاثة آلاف سنة ، وبالرغم من إن العديد من المواد المتراكبة تعتبر عادة مواداً حديثة إلا أننا سوف نكون مقصرين إذا لم نذكر إن المفاهيم الأساسية للمواد المتراكبة تّعرف عليها المصريون في وقت مبكر (حوالي١٥٠٠سنة قبل الميلاد). حيث استفاد الحرفيون القدماء من مبادئ التدعيم بالألياف (Fiber Reinforcement) والترقيق (Lamination) وفي تطبيقات كانت شائعة آنذاك مثل صناعة الأقواس والفولاذ الدمشقي وسيوف الساموراي. واستخدم المصريون مبدأ تحنيط المومياء بألياف القطن والكتان المشبعة بالراتنجات الطبيعية وتعد طريقة لف الخيوط في إنتاج أنابيب البلاستك المسلح الحديثة اقتباساً لفكرة تحنيط المومياء. كذلك استخدم المصريون القدماء القش وإضافته إلى الطين في تصنيع الطابوق لمنعه من التشقق أثناء عملية التجفيف [٢،١].

في نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين ظهرت استخدامات صناعية للمواد المتراكبة بشكل واسع وسريع، ففي سنة ١٨٥١ استخدم الباحث Nelson Good year أوكسيد الزنك

كمادة مقوية في متراكبات المطاط (الايبونايت Eponite) وفي عام ١٩٠٤ استخدم S.C.mote اسود الكربون لأول مرة في تصنيع الإطارات كما استخدمت الحبيبات الزجاجية وخاصة مع الراتنجات المتصلدة لغرض تقليل الوزن وزيادة متانة المادة وتحسين مقاومتها للصدمة [٣].

وفي عام 2004 قامت الباحثة رغد الجنابي [٤] بدراسة بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للمواد المتراكبة المكونة من الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج ومسحوق الألمنيوم والمدعم أيضا بألياف الزجاج ومسحوق السليكا بالإضافة إلى ذلك الايبوكسي المدعم بمسحوق الألمنيوم مرة ومسحوق السليكا مرة، وقد أظهرت النتائج إن أفضل خواص ميكانيكية كانت للمتراكبات الهجينة المدعمة بالألياف والدقائق حيث أنها امتلكت أعلى قيم لمعامل المرونة ومقاومة الصدمة ومقاومة الانضغاطية في جميع ظروف الجوية التي تعرضت لها.

وفي عام 2005 قامت الباحثة هناء العزاوي [٥] بدراسة بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية لراتنج الايبوكسي المدعم بألياف الصوف الصخري ودقائق أسود الكربون وبكسر حجمي مقداره (20%) لكل منهما وقد تم الاختبار في ظروف مختلفة شملت الظروف الطبيعية ، والمحاليل الكيميائية.

درس الباحث علي حسن [٦] تأثير الحرارة والمحاليل على قيم الخصائص الميكانيكية لمواد متراكبة هجينة مكونة من الخليط البوليمري (راتنج النوفولاك + الايبوكسي) كمادة أساس مقواة بخليط من الدقائق والألياف (الالومينا + السيليكا + الاسبستوس) واستنتج الباحث انه عند زيادة قيمة الكسر الحجمي تزداد قيم الخصائص الميكانيكية كذلك كان للمحاليل تأثير سلبي على قيم الخصائص الميكانيكية .

تعد المواد المتراكبة وبالأخص ذات الأساس اللدائني (البوليمري) من المواد الحديثة التي تلعب دوراً في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية ، إذ أن استخدام هذه المواد يتطلب امتلاكها متانة جيدة وأداء" تقنياً عالٍ لتقاوم الأجهادات الخارجية المؤثرة عليها والظروف المحيطة بها من ضغط ودرجة حرارة ورطوبة وغيرها [٨،٧] .

المواد المتراكبة خليط مكون من مادتين أو أكثر ذات مواصفات مختلفة، تتحد هذه المواد مع بعضها لتعطي التركيب المرغوب وكذلك المواصفات الجديدة الجيدة المرغوبة ولكل مادة داخلة فيها والمكونات يمكن أن تكون مواداً عضوية أو غير عضوية ، معدنية (طبيعية أو صناعية) على شكل دقائق قضبان ألياف صفائح رغويات Etc [٩] .

أو يمكن تعريف المواد المتراكبة Composite على أنها المواد المتركبة من نوعين مختلفين من المواد مرتبطة مع بعضها وكمثال على المواد المتراكبة هي ألياف الزجاج أو دقائق الزجاج في المواد البوليمرية أو دقائق سيراميكية في المعدن والتي تعرف بـ (Cermet) أو قضبان الفولاذ في

الكونكريت والتي تعرف بعملية تقوية الكونكريت فمثلا الخشب Wood عبارة عن مواد متراكبة طبقية تتألف من أنابيب من السيليلوز في البوليمر والذي يعرف بـ (Lignin) .

- **الموصلية الحرارية Thermal Conductivity :-**

الحرارة كما نعرفها نوع من الطاقة شأنها شأن باقي الطاقات مثل الطاقة الحركية والطاقة الكهربائية والطاقة الصوتية وغيرها .وأنه إذا تولدت حرارة فأن ذلك يكون بقدر الشغل المبذول في توليدها حيث تنتقل الحرارة من الموضع الساخن إلى الموضع البارد ببعض أو كل الطرائق التالية [١٠].

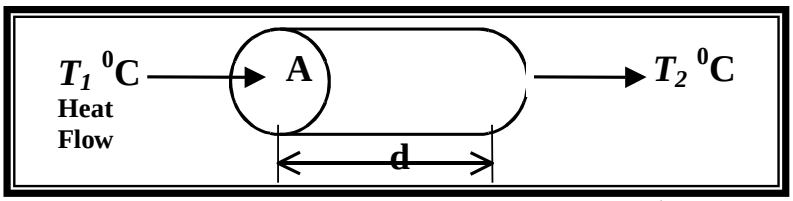
(a) التوصيل Conduction .
(b) الحمل Convection .
(c) الإشعاع Radiation .

فمن الجدير بالذكر أن انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل البطيء بالنسبة لانتقال الحرارة بالإشعاع لأن سرعة الإشعاع هي سرعة الضوء $C = 3x10^8$ m/s

وهنا سوف يتم تسليط الضوء على انتقال الحرارة بالتوصيل لأن انتقال الحرارة بالحمل لا يحدث ألا في السوائل والغازات حيث تكون الجزيئات حرة الحركة .

لذلك نفترض أن لدينا شريحة متوازية الوجهين من مادة ما وأن سمك هذه الشريحة هو (d) يقاس بـ (m) ومساحة أحد الوجهين (A) مقاسه بـ (m^2) وأن درجة حرارة الوجه الساخن (T_1) ودرجة حرارة الوجه الآخر (T_2) وأن هذه الدرجات ثابتة لا تتغير وأن $T_2<T_1$ وكما موضح في الشكل (١).

في هذه الحالة تسمى بالحالة الثابتة **Steady State** تنتقل بمعدل ثابت من الوجه الساخن إلى الوجه البارد عمودياً على الوجهين وأن كمية الحرارة (Q) المقاسة بـ (**Joule**) التي تنتقل في زمن معين (t) مقاسة بـ (الثانية) تتناسب طردياً مع الزمن (t) والمساحة (A) وفرق درجة الحرارة ($T_1 - T_2$) وعكسياً مع السمك (d) .



الشكل (١) كيفية انتقال الحرارة من الوجه الساخن الى الوجه البارد عمودياً على الوجهين.

$$Q = K \cdot A \cdot \left(\frac{T_1 - T_2}{d} \right) \cdot t \qquad \text{.....(1)}$$

حيث K ثابت يختلف باختلاف المادة ويسمى بالموصلية الحرارية أو معامل التوصيل الحراري ويمكن تعريفه بالشكل التالي : هو كمية الحرارة التي تنتقل بالتوصيل في الثانية الواحدة من ($1m^2$)من أحد وجهي شريحة متوازية الوجهين سمكها ($1m$) والفرق في درجة الحرارة بين وجهيها ($1K$)في الحالة الثابتة ووحدات K هي (watt/m.K) وتسمى الكمية $(T_1-T_2)/d$ بالانحدار الحراري **Temperature Gradient** .

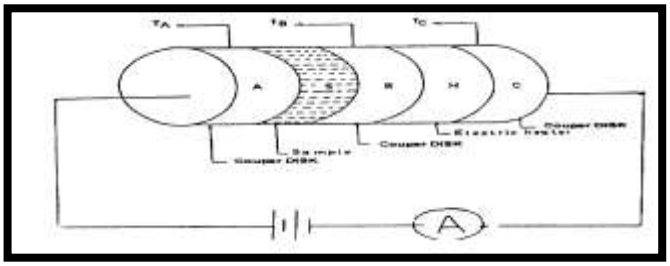
أن المعادلة (1) يعرف بقانون فورير والتي يمكن كتابتها بالصيغة الأخرى

$$+q = -K\Delta T \qquad \ldots\ldots(2)$$

ويوجد نظامان أساسيان لحساب التوصيلية الحرارية (K) للمواد وهما (٢):-

١- **نظام سيرول Searles System** : يستخدم لحساب قيمة **k** لنماذج من مواد موصلة محضرة بشكل قضبان .

٢-**نظام قرص لي Lee Disk System** : يستخدم لحساب قيم K لنماذج من مواد عازلة قرصية الشكل حيث يوضع النموذج S بين قرصين من النحاس (A,B) ويمس القرص B ا لمسخن الكهربائي H ثم يليه قرص النحاس C وكما موضح في الشكل (2) الذي يمثل مخطط جهاز التوصيلية الحرارية (**قرص لي**) .



الشكل (2) يبين مخطط جهاز قياس الموصلية الحرارية (قرص لي).

حيث أن سمك قرص العينة يساوي عدة ملمترات، في حين أن سمك ألواح النحاس هو سنتمتر أو اكثر.

يعبّر عن كمية الحرارة المستلمة في الثانية الواحدة في القرص A بالمعادلة الآتية:-

$$= \left(\pi r^2 + 2\pi r d_A\right)\cdot e \cdot T_A = \mathbf{Q} \qquad \ldots\ldots(3)$$

كمية الحرارة التي تستلمها العينة S في الثانية الواحدة والتي تنتقل إلى الهواء أن تنتقل إلى القرص A هي :-

$$\mathbf{Q} = \left(\pi r^2 + 2\pi r d_A\right)\cdot e \cdot T_A + 2\pi r ds \cdot e \cdot \frac{1}{2}\cdot\left(T_A + T_B\right) \quad \ldots\ldots(4)$$

إذا كانت الموصلية الحرارية للقرص S هي كمية الحرارة المنتقلة خلاله أي :

$$\pi r^2 \cdot K\left(\frac{T_B - T_A}{ds}\right) = \mathbf{Q} \qquad \ldots\ldots(5)$$

أن كمية الحرارة المنتقلة خلال S هي المتوسط الحسابي لكمية الحرارة المنتقلة إليها (المستلمة) والمنتقلة منها ،بعبارة أخرى فأن الكمية في المعادلة (٦) تساوي نصف مجموع كميات المعادلتين (٤) (٥)

$$K = \left(\frac{T_B - T_A}{ds}\right) = e \cdot \left(T_A + \frac{2}{r}\left(d_A + \frac{1}{4}ds\right)T_A + \frac{1}{2r} \cdot ds \cdot T_B\right) \quad \ldots\ldots(6)$$

وتحسب e من كمية الحرارة المسلطة

$$H = I \cdot V = \pi r^2 \cdot e \cdot (T_A + T_B) + 2\pi r \cdot e \cdot (d_A \cdot T_A + \frac{ds}{2}(T_A + T_B) + d_B \cdot T_B + d_c \cdot T_c \quad \ldots\ldots(7)$$

حيث H: المعدل الزمني للطاقة المسلطة على ملف التسخين .
e: كمية الحرارة المفقودة في ثانية واحدة للسنتمتر المكعب .
d: سمك القرص .
r: نصف قطر الاقراص **(A,B,C)** .

- **الجانب العملي**
- **المواد المستخدمة**
- **المادة الأساس Matrix :-**
- **راتنج الايبوكسي (Epoxy Resin)**

من نقاط الضعف في هذا البوليمر تقصفه العالي (Brittleness) ونظرا لما يمتاز به هذا البوليمر من خواص فهو يستخدم في العديد من التطبيقات الهندسية أهمها استخدامه مع أنواع مختلفة من الألياف حيث يعطي مادة متراكبة قوية (Strong) وصلبة (Hard) تستخدم في ابدان الطائرات والسيارات والزوارق فضلا عن استخدامه في الطلاءات والاصباغ استخدم في هذا البحث راتنج الايبوكسي نوع (LEYCO– POX 103) على هيئة سائل لزج يتحول إلى الحالة الصلبة بعد اضافته المصلد نوع (Metaphenenylene Diaminc MPDA) اليه بنسبة (١:٣) وبدرجة حرارة الغرفة.

- **البولي إثيلين عالي الكثافة**

بولي الإيثيلين عالي الكثافة أو **البولي إثيلين عالي الكثافة** (بالإنجليزية: High–density polyethylene – HDPE) أو (بالإنجليزية: –(polyethylene high–density – PEHD HDPE)) مادة لدائنية مصنوعة من مكثور متعدد الإثيلين الحراري البترولي. يُستهلك ١،٧٥ كيلوغرام من البترول لتوفير الطاقة والمواد الخام اللازمة لصناعة كيلوغرام واحد من بولي الإيثيلين عالي الكثافة.

يعاد تدوير لدائن بولي الاثيلين العالي الكثافة عادة، ويحمل عندها الرقم "٢" ITS كرمز لإعادة التدوير.

- **مواد التقوية Reinforcement Materials** :- استخدمت الدقائق **(particles)** كمادة لتقوية الوسط الراتنجي (خليط بوليمري من الايبوكسي والبولي اثيلين عالي الكثافة) وهي على نوعين :-

١ ـ مسحوق اسود الكاربون Carbon black : خصائص هذه المادة موضحة في الجدول التالي :

جدول رقم (١) الخصائص الفيزيائية لمادة مسحوق اسود الكاربون

الخصائص الفيزيائية	
الطور	صلب
الكثافة (عند درجة حرارة الغرفة)	لا بلوري ، (١,٨-٢,١) g/cm^3
الكثافة (عند درجة حرارة الغرفة)	الكرافيت ، (٢,٢٦٧) g/cm^3
الكثافة (عند درجة حرارة الغرفة)	الماس ، (٣,٥١٥) g/cm^3
درجة حرارة التسامي	3915^0C, K 3642
السعة الحرارية) عند $٢٥\ ^0C$	8.517غرافيت ، 6.155 ألماس ،j/mol.K
المغناطيسية	مغناطيسية معاكسة
معامل يونغ	1050 Gpa
معامل القص	478 Gpa
معامل الحجم	442 Gpa
نسبة بواسون	0.1

٢ ـ مسحوق اوكسيد المغنيسيوم MgO_2 : خصائص هذه المادة موضحة في الجدول التالي :

جدول رقم (٢) الخصائص الفيزيائية لمادة مسحوق اوكسيد المغنيسيوم

الخصائص الفيزيائية	
الطور	صلب
صيغة جزيئية	MgO
الكتلة المولية	40.3044 g/mol
المظهر	White powder
الرائحة	Odorless
الكثافة	3.58 g/cm³
نقطة الانصهار	2852 ^OC
نقطة الغليان	3600 ^OC

الذوبانية في الماء	0.0086 g/100 mL (30 °C)
الذوبانية	Soluble in acid, ammonia , insoluble in alcohol
حموضة(pK_a)	10.3
فجوة الطاقة	7.8 eV
معامل الانكسار(n_D)	1.736
البنية البلورية	(cubic), cF8Halite
مجموعة فراغية	Fm3m, No. 225
التنسيق الهندسي	Octahedral (Mg^{2+}); octahedral (O^{2-})

- **عملية تهيئة القوالب Mold Preparation**

١.لغرض صب الخليط تم تصنيع قالب وهو عبارة عن لوحين من الحديد المغلون وبالأبعاد **(28x28) cm^2**

٢.بعد تهيئة القالب أجريت عملية تنظيف دقيقة تبعتها عملية التجفيف .

٣.لضمان عدم التصاق الراتنج على القالب بعد التصلب تم تغطية الوجه الداخلي من كل قالب بطبقة رقيقة من مادة النايلون التجاري بديلاً عن الشمع وبديلاً عن مادة البولي فينل الكحول **(PVA)** كمادة عازلة بعدها اصبح القالب جاهزاً لعملية الصب .

- **نسب الإضافة Addition Ratio's**

تم تصنيع متراكبات هجينة وبكسر حجمي مقداره **25 %** وذلك بالاعتماد على العلاقات التالية [١١].

$$\phi = \frac{1}{1+\frac{1-\psi}{\psi}\left(\frac{\rho_f}{\rho_m}\right)} \qquad \text{.....(8)}$$

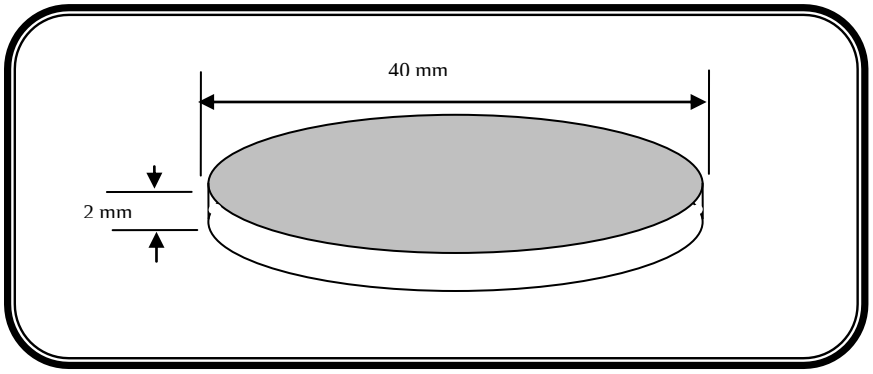
حيث ψ :- الكسر الوزني للدقائق في المادة المتراكبة هي تعتمد على قيمة الكسر الحجمي .

ρ_f , ρ_m :- كثافة الألياف والمادة الأساس على التوالي .

ϕ :- الكسر الحجمي للدقائق في المادة المتراكبة .

- **عينات اختبار التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity Test Specimens**

تم تقطيع عينات دائرية مناسبة لاختبار التوصيلية الحرارية بطريقة قرص لي ذات قطر **40mm** وسمك يتراوح **(2–3) mm** وذلك بعد إجراء عملية التنعيم باستخدام ورق التنعيم وذلك للتخلص من العيوب السطحية ويمثل الشكل (٣) نماذج عينات التوصيلية الحرارية .



الشكل (٣) أبعاد عينة اختبار التوصيلية الحرارية .

- **جهاز قياس التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity Test instrument**

لحساب معامل التوصيل الحراري لجميع النماذج استخدم جهاز قرص لي المصنع من قبل شركة **Griffen and Gearge**، وكما مبين في الشكل (٢) وفيه يتم انتقال الحرارة من المسخن إلى القرص الذي يليه حتى يصل إلى القرص الأخير .

وبالإمكان تحديد درجة حرارة الأقراص الثلاثة (T_A ، T_B ، T_C) باستخدام المحارير الموضوعة داخلها ومن المهم جداً إن يتم التأكد من نظافة سطوح الأقراص المصنعة من النحاس وان تكون متماسكة بصورة جيدة للحصول على افضل انتقال حرارة عبرها .

- **النتائج و المناقشة**

تم استخدام طريقة قرص لي **(Lee Disk)** في حساب الموصلية الحرارية ولكافة النماذج باستخدام العلاقة (٧) فقد حسبت قيمتها عند درجات حرارية والشكل (٤) يوضح تغير قيم الموصلية الحرارية مع تغير درجة الحرارة المستخدمة ولمواد متراكبة وهجينة .

وقد أظهرت النتائج إن المادة المتراكبة الهجينة **(H4)** اي المادة المقواة بخليط من مساحيق اوكسيد المغنيسيوم واسود الكاربون قد اعطت أعلى قيم للتوصيلية الحرارية يليها المادة المتراكبة المقواة بمسحوق اوكسيد المغنسيوم**(H3)** ثم المادة المقواة باسود الكاربون **(H2)** وأخيراً مادة الخليط البوليمري فقط **(H1)** والتي أعطت اقل قيم للتوصيلية الحرارية ويوضح الجدول (٣)، تغير قيم التوصيلية الحرارية للمواد المتراكبة والخليط في درجات حرارية مختلفة.

عموما فإن التقوية بالدقائق أدت إلى زيادة الموصلية الحرارية وهذه الزيادة في قيمة الموصلية الحرارية إختلفت في المواد المتراكبة اعتمادا على التوصيل الحراري للدقائق ولكنها تختلف من نوع إلى آخر ويعتمد ذلك على قابلية التوصيل الحراري للمادة . لذلك نلاحظ أن المادة المتراكبة **(H4)** أعطت قيمة توصيلية أعلى من قيم التوصيلية الحرارية للمواد المتراكبة الاخرى وهذا يعني أن إضافة خليط الدقائق للمواد الخلائطية البوليمرية يؤدي إلى زيادة قابلية التوصيل الحراري لكون الخليط سوف يكون مواداً ذات قابلية توصيل حراري عالٍ [١٢] .

أما الخليط البوليمري **(EP + HDPE)** فإن موصليته الحرارية كانت اقل من باقي النماذج وذلك لعدم التقوية بمواد التقوية .

إن آلية انتقال الطاقة الحرارية عبر المادة الصلبة (التوصيل الحراري) تمثل أحد الظواهر الفيزيائية الأساسية التي من خلالها يمكن دراسة وتفسير كيفية تأثر المادة بالحرارة . فالتوصيل الحراري يعد عملية مماثلة لعمليات انتقال الطاقة الأخرى ويحصل عند وجود فرق في درجات الحرارة والذي يقود إلى تولد فيض حراري يستمر حتى يصبح مقدار الانحدار **(Gradient)** في درجات الحرارة مساوياً إلى الصفر نتيجة انتقال الطاقة من الجانب ذي الدرجة الحرارية الأعلى [٢] .

إن إضافة المساحيق لجميع أنواعها تعمل دائماً على رفع قيمة التوصيلية الحرارية للبوليمرات [١٢].

بصورة عامة تتأثر قيم التوصيلية الحرارية للمواد العازلة بصورة رئيسة بقيم السعة الحرارية النوعية (C_v) لها عند درجات الحرارة الواطئة بينما تتناسب قيم (K)عكسياً مع درجة الحرارة عند درجات الحرارة العالية ذلك لان الفونونات **(Phonons)** التي تمثل اهتزازات الشبيكة هي المسؤولة عن انتقال الحرارة في المواد الصلبة العازلة . لذا فان عملية تصادم الفونون مع آخر تعد عملية مهمة عند تلك الدرجات التي عندها يزداد عدد الفونونات المشاركة في عملية التصادم . وهذا يعني ان

التوصيلية الحرارية في هذه الحالة تعتمد كلياً على معدل المسار الحر للفونونات (معدل المسافة التي يقطعها الفونون بين تصادمين متتاليين) [١٢].

ولهذا نجد إن قيم التوصيلية الحرارية للمادة المتراكبة المقواة بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم متفوقة على التوصيلية الحرارية للمادة المتراكبة المقواة بمسحوق اسود الكاربون. وكذلك فأن المتراكب الثاني يحوي مواداً عازلة و كما ذكرنا سابقاً فان التوصيل الحراري في المواد العازلة كهربائياً يكون بالفونونات التي تعد من النواقل الوحيدة للطاقة والتي تلعب دوراً رئيساً في عملية التوصيل الحراري ولجميع أنواع المواد الصلبة عند درجات الحرارة العالية [١١]. .

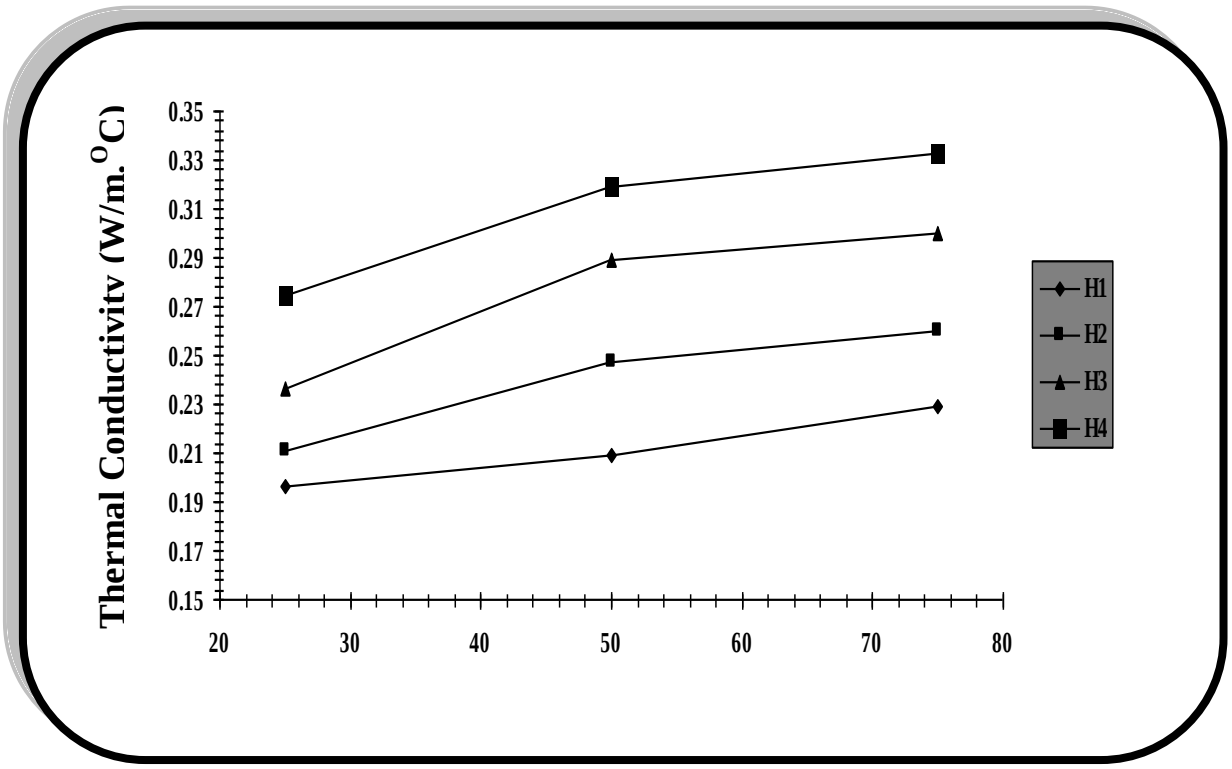
١. ان السبب في كون المادة المتراكبة (**CB + MgO**) كانت قد أعطت أعلى قيم للتوصيلية ويعود إلى كثافة التراص العالية لهذه الدقائق حيث إن (***K***) تعتمد على كثافة العوازل [١٢]. مولدةً بذلك موصلية عالية . لذلك فإن عملية إنتقال الطاقة الحرارية ينتج عن تأثيرين :

١) هجرة الألكترونات الحرة .

٢) الموجات الاهتزازية للشبيكة .

وهذان التأثيران مجتمعان (**Additive**) وهذا يعني أن الموصلية الحرارية هي (مجموع المركبة الألكترونية والمركبة الشبكية) . ففي المواد الموصلة للحرارة (المعادن) تكون المركبة الألكترونية أكبر بكثير من المركبة الشبكية . أما في المواد العازلة فتتحدد التوصيلية الحرارية بالمركبة الشبيكية التي تعتمد على تردد التفاعلات المتبادلة بين ذرات الشبيكة ونتيجة لازدياد هذا التردد مع درجة الحرارة فإن قيمة المركبة الشبكية تزداد مع ازدياد درجة الحرارة . ولأنتظام الشبيكة تأثير مهم على المركبة الشبكية فمثلا المواد البلورية مثل الكوارتز لها موصلية أعلى مما للمواد الغير متبلورة مثل الزجاج[١٢]. .

إن لوجود السطوح البينية دوراً مهماً في التوصيلية الحرارية فالحرارة في المواد البوليمرية (اللدائنية) والمواد السيراميكية تنتقل بهيئة موجات مرنة ضمن البنية ولوجود السطوح البينية تحصل إعاقة لحركة ومرور هذه الموجات وإن إنتقال الطاقة الحرارية بهيئة موجة مرنة تبقى عملية صعبة ومعقدة بسبب وجود إنقطاع في البنية والتحول من بنية إلى أخرى . أي أن الموجة تخسر جزءً من طاقتها عند السطوح البينية ما بين المادة اللدائنية الأساس ومادة الدقائق وجزء آخر من الطاقة يضيع أثناء انتقال الموجة من دقيقة إلى دقيقة آخرى مختلفة عن الأولى .



الشكل (٤) يوضح التغير في قيم التوصيلية الحرارية للمواد المحضرة باختلاف درجات الحرارة المسلطة .

جدول (٣) التوصيلية الحرارية للمواد المحضرة في درجات الحرارة المسلطة

Composite Material	Thermal conductivity (W/m.°C)		
	Temperature (°C)		
	25	50	75
H_1	0.1961	0.2088	0.2293
H_2	0.2105	0.2472	0.2598
H_3	0.2.361	0.2895	0.2996
H_4	0.2749	0.3192	0.3326

- **الاستنتاجات**

١ – تزداد قيم التوصيلية الحرارية ولكافة العينات المحضرة مع زيادة درجة الحرارة .

٢ – اعطت العينة الهجينة اعلى قيم توصيلية حرارية ثم المواد المتراكبة واخيرا الخليط البوليمري وهذا يدل على اهمية التقوية كذلك التجانس ما بين المواد التقوية في حالة المواد المتراكبة الهجينة

المصادر

1 - Work W.J., Horie K. & Hess M.," Polymer Blends Definitions", International union of pure & applied chemistry, October (2004).

2 - Suryasarathi Bose and P.A.Mahanwar," Effect of Particle Size of Filler on Properties of Nylon-6", Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering,Vol. 3,No. 1,pp.(23-31), 2004.

3 - A.H.AL-Azzawi , M.Sc thesis, Applied science department, University of Technology, 2002.

4 - رغد حسين محمد الجنابي "دراسة تأثير ظروف التجوية (الإشعاع والمحاليل الكيميائية) على بعض خصائص متراكبات الايبوكسي " رسالة ماجستير الجامعة التكنولوجية،(٢٠٠٤).

5 - هناء علي مجيد العزاوي "دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمتراكبات من الصوف الصخري واسود الكربون" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية ،(2005).

6 - A.H.AL-Azzawi ,"The effect of some solutions on the physical properties of particulated composites " PhD thesis, Applied science department, University of Technology, 2008.

7 - د.حسن شاكر مجدي، د.بلقيس محمد ضياء . "دراسة تأثير الحرارة على الخصائص الميكانيكية والحرارية لمادة متراكبة وأخرى هجينة"، مجلة التقني ، العدد ٧٨ ، ٢٠٠١ .

8 - شيلان رفيق عارف ، "دراسة تأثير عدد طبقات متركب الايبوكسي المدعم بالياف الزجاج العشوائية المتعامدة والمتوالفة في متانة الكسر والتوصيلية الحرارية " رسالة ماجستير– جامعة بغداد .(٢٠٠٣) .

9 - رسل عبد الامير غازي، "تأثير زيادة الجرع الاشعاعية لأشعة كاما على بعض الخصائص البصرية والكهربائية لبوليمر كاربوكسي مثيل سليلوز"، مجلة جامعة بابل/للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد.148-193 (2012)22

10 - Ehssan Dhiaa, "The Effect of Time Factor On Some Physical Properties For Polystyrene Irradiation And Dissolved In Toluene", Journal of Babylon University/Pure and Applied Sciences, Vol.21 .٩٦٥-٩٥٤ (٢٠١٣)

11 - Abdullah Al Kafi, M Z Abedin, M D Beg, K L Pickering, Mubabak Khan, "Study on the Mechanical Properties of Jute/Glass Fiber-reinforced Unsaturated Polyester Hybrid Composites: Effect of Surface Modification by Ultraviolet Radiation "Journal of Reinforced Plastics and Composites 2006,

12 - Youssef Mobarak , & M. Almutawa " Materials Selection, Synthesis and Dielectrical Properties of PVC Nano-composites" Advances in Materials Science and Engineering Volume 2013 , Article ID 149672, 6 pages , (2013).