A study of sintering temperature effect on the thermal conductivity of Polystyrene – Bentonite Composite

دراسة تأثير درجة حرارة الحرق على التوصيلية الحرارية لمتراكب بولي ستايرين – بنتونايت

وسن كامل حسن
جامعة كربلاء / كلية العلوم / قسم الفيزياء

الخلاصة :-

تم تحضيرنماذج المواد المتراكبة باستخدام المواد الاولية , البولي ستايرين (مادة اساس) وبنتونايت الصفرة (مادة مالئة) وبولي فنيل الكحول (مادة محفزة للبنتونايت) مع استخدام مادة محفزة لسطح البوليمر (poly oxy glycols) المذاب مع مادة مانع التاكسد (bis dimethyl benzyl) di phenyl amine مع المادة الرابطة Tris(hydroxyl methyl) methyl amine وبنسب مختلفة .

وبعد تهيئة مسحوق البنتونايت تم انتقاء حجم حبيبي اقل من (75 μm) بعد اجراء عملية التلدين للمسحوق بدرجات حرارة مختلفة (100,200,300,400)°C اجريت عليها عملية تحفيز البنتونايت باستخدام بولي فانيل الكحول .

إن هذه العينات المعاملة حراريا" والمحفزة باستخدام بولي فاينيل الكحول تم إضافتها إلى مادة البولي ستايرين المذابة باستخدام البنزين بنسب معينة وبدرجة حرارة (70-80)°C كما تم استخدام مواد محفزة لسطح البوليمر ومادة مانع التأكسد ومادة رابطة وتمت دراسة تأثير تلك المضافات في الخواص الحرارية.

Abstract :

Samples of composite materials have been prepared by using raw material like poly styrene as matrix material , Bentonite AL-Sufrra (Filler material) ,poly vinyl alcohol (surfactant material to Bentonite) and using surfactant material to dissolved polymer surface with Anti-oxidant (bis dimethyl benzyl diphenyl amine) and binder material (Tris hydroxy methyl methyl amine) with different ratios.

After preparing Bentonite powder, it had been choose particle size smaller than (75μm) after conducting the annealing process to powder with different temperature (100,200,300,400)°C and surfactant process of Bentonite have been done on them by using poly vinyl Alcohol.

These samples which have been treated by heat and surfactant by using poly vinyl Alcohol have been added to dissolved poly styrene material in benzene with the state ratios and temperature degrees (70-80)°C have been used also surfactant materials to polymer surface and anti-oxidant material and binder material , and the study of effects because of these additions upon Thermal Conductivity.

المقدمة :-

تعد المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري واحدة من أكثر أنواع المواد المتراكبة شيوعا" حيث زاد الاهتمام بهذه المواد بشكل كبير في الآونة الأخيرة إذ استخدمت في تطبيقات كثيرة ابتداء" من تصنيع القوارب و أجزاء من الطائرات وذلك لما تمتاز به من خفة الوزن والمتانة العالية التي قادت إلى الحصول على مواد مثالية كلفتها قليلة واستهلاكها للطاقة قليل ، ونتيجة لذلك اكتسبت الراتنجات المسلحة شهرة واسعة كمادة حديثة تدخل في الصناعة وعدت بدائل للمواد التقليدية وسبائكها في العديد من الاستخدامات والمتراكبات ذات الأساس البوليمري (PMCs) تمتلك خواص ممتازة عند درجة حرارة الغرفة وبكلفة واطئة ، وتتضمن المادة الأساس مختلف البوليمرات المتصلدة حراريا" ، ولاحقا" ،البوليمرات المطاوعة للحرارة .

إن المادة المتراكبة مزيج لمادتين إحداهما تسمى بطور التدعيم (Reinforcement Phase) ، وتكون بشكل ألياف أو رقائق أو صفائح وتكون مطمورة في مادة أخرى تسمى بالمادة الأساس (Matrix) [1] .

الجزء النظري :-

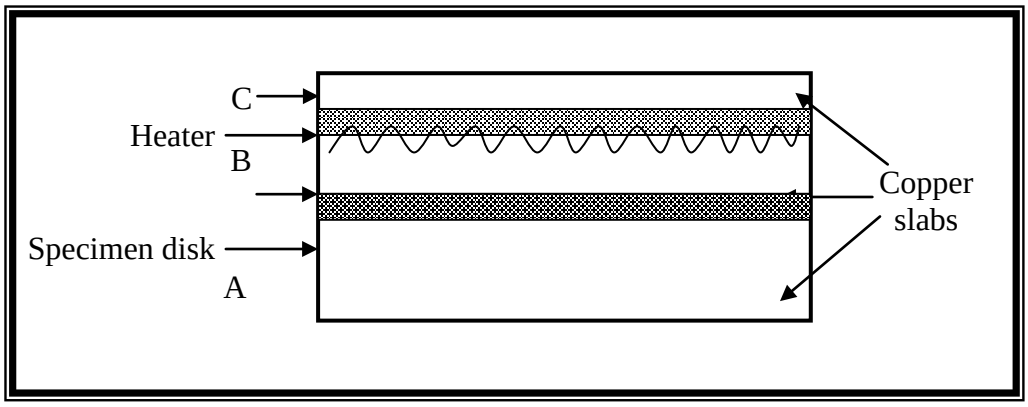
إن التوصيلية الحرارية تمثل مقياسا" لقدرة المادة على توصيل الحرارة فعندما يكون هناك اختلاف في درجة الحرارة بين نهايات المادة سيحصل انتقال مقدار من الطاقة على طول المادة، لذلك فان التوصيلية تعرف بصيغة كمية الحرارة المنتقلة خلال ثانية واحدة مقسومة على انحدار درجة الحرارة وكما يأتي[2] :-

$$\text{التوصيلية الحرارية (k)} = \frac{\text{كمية الحرارة/ثانية}}{\text{الانحدار الحراري}}$$

ووحداتها هي (W/m.°C) وتعد التوصيلية الحرارية من الخواص الفيزيائية المهمة في حسابات تصميم الأجهزة والمعدات الحرارية وعموما" فان التوصيلية الحرارية للمادة الصلبة اكبر مما هي عليه في المادة السائلة ، والأخيرة هذه اكبر مما في الحالة الغازية ، وهذه الطبيعة ناشئة بصورة رئيسة من الفرق بين الفراغات الجزيئية للحالتين ،إذ تنتقل الحرارة في المواد الصلبة بواسطة كل من الإلكترونات الحرة وموجات اهتزازات الشبيكة (الفونونات) وبذلك فان التوصيلية الحرارية للإلكترونات والفونونات الكلية هي مجموع الاسهامين[2]

ومن الطرائق العملية المتبعة لحساب قيمة التوصيلية الحرارية للمادة الصلبة العازلة تعريض أحد أوجه النموذج لمصدر حراري و حساب درجة الحرارة عند الوجه المقابل, إذ توضع العينة في انحدار حراري حتى يتم توازن انسياب الحرارة الواصلة الى الوجه الاخر وبذلك يتم حساب الخواص الحرارية بحساب العوامل المؤثرة ومن هذه الطرائق (قرص لي Lee's disk) التي تعتمد هذا المبدأ في حساب التوصيلية الحرارية (k) ويوضح الشكل (1) القرص المقصود بالاختبار (Specimen disk) بين أقراص النحاس (A , B) وهناك ملف تسخين (Heater) الذي يوصل إلى طرفي بطارية ما بين القرصين (B , C) وتقاس درجة حرارة الأقراص النحاسية (A ,B ,C) بواسطة محارير قياسية ويتطلب الأمر تأكيد ضرورة صقل أسطح أقراص النحاس بدرجة متساوية لإعطائها الانبعاثية نفسها وبعد قياس سمك كل من الأقراص (A, B, C, S) وكذلك درجات الحرارة (T_1 ,T_2 , T_3) يمكن عندئذ حساب الموصلية الحرارية من العلاقة الاتية [3]:-

$$K\left[\frac{T_2 - T_1}{d_S}\right] = E\left[T_1 + \frac{2}{r}(d_1 + \frac{1}{4}d_S)T_1 + \frac{1}{2r}d_S T_2\right] \quad \text{.....(1)}$$



الشكل (1) المخطط النظري لقرص لي [3].

حيث :-

d_s : سمك القرص

r : نصف قطر القرص

k : الموصلية الحرارية للقرص S

T_1 : درجة حرارة الوجه A

T_2 : درجة حرارة الوجه B

T_3 : درجة حرارة الوجه C

إذ يمكن حساب قيمة (E) من العلاقة الآتية:

$$H = IV = \pi r^2 E(T_1 + T_3) + 2\pi r E\left[d_1 T_1 + 1/2\, d_S(T_1 + T_2) + d_2 T_2 + d_3 T_3\right] \quad \text{.....(2)}$$

حيث E : تمثل الطاقة الحرارية للمادة عبر وحدة المساحة في وحدة الزمن ووحداتها ($W/m^2.°C$)

V: فرق الجهد المار خلال الملف (volt).

I : التيار (Amp)

الهدف من إجراء هذا البحث هو دراسة قابلية التوصيل الحراري للمادة البوليمرية المتراكبة وتأثير درجة الحرارة على قابلية التوصيل الحراري للمادة إذ يعد التوصيل الحراري من الظواهر الفيزيائية الأساس التي يمكن من خلالها دراسة كيفية تأثر المادة بالحرارة وتفسيرها [4].

الجزء العملي :-

المواد المستخدمة في هذه الدراسه قسمت الى :

المواد المستخدمة في هذه الدراسة هي :-

1) المادة الأساس Matrix Material

ان المادة الاساس المستعملة هي بوليمر البولي ستايرين (poly styrene) وهو من البوليمرات المطاوعة للحرارة ذي درجة انتقال زجاجي (80^oC) ويقاوم فعل الكثير من المواد الكيميائية كالحوامض والقواعد ويذوب في العديد من المذيبات .علما ان المذيب المستعمل هو البنزين بنسب معينة وبدرجة حرارة (^oC 80-70) والجدول (1) يوضح الخصائص النموذجية للبولي ستايرين المستخدم [5,6].

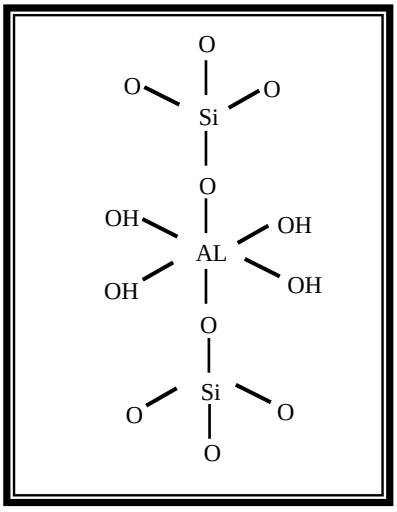
جدول(1) الخصائص النموذجية للبولي ستايرين	
درجة الانتقال الزجاجي Tg	100
درجةالانصهار البلوري Tm	240
قوة الشد kg/m^2	105
الاستطالة %	2.5-1.0
الكثافة gm/cm^3	1.04-1.09
معامل الانكسار	1.60-1.59
ثابت العزل الكهربائي	2.65-2.4
تأثير ضوء الشمس	اصفرار
تأثير الحوامض القوية والقواعد القوية	يهاجم من قبل الحوامض ولايتأثر بالقواعد

2) المادة المالئة Filler Material

اختيرت مواد محلية عراقية (بنتونايت الصفرة) كمادة مالئة لتشكيل المتراكب والجدول(2) يوضح التحليل الكيميائي لهذه المادة مع الرسم التخطيطي [7]:-

جدول (2) التركيب الكيميائي لخام البنتونايت العراقي			
SiO_2	56.77	K_2O	0.6
Al_2O_3	15.67	P_2O_5	0.65
Fe_2O_3	5.12	SO_3	0.59
CaO	4.48	CL	0.57
MgO	3.42	L.O.I	0.49
Na_2O	1.11	C	0.56

L.O.I: المواد التي تنفذ بالحرق.



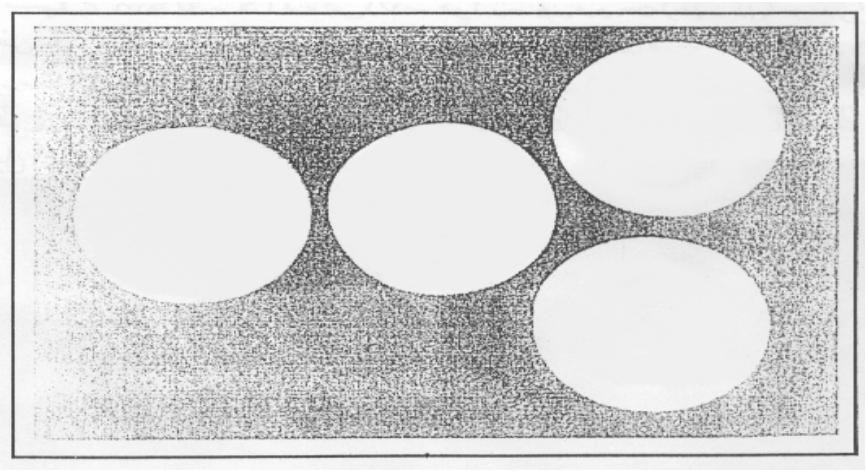
الشكل (2) رسم تخطيطي لتركيب طبقات البنتونايت[7]

3) **المادة الرابطة Binder Material**

هي مادة بولي فاينيل الكحول (P.V.A) وهي من البوليمرات الخطية غير المشحونة الذائبة في الماء وتكون معقدات مع المعادن الطينية لامتلاكها عدد هائل من المجاميع القطبية (المجاميع الفعالة) على امتداد سلسلتها التي تدخل في التفاعل مع سطح المعدن الطيني لتكوين طين معدل (modified clay) بعملية امتزاز المواد الطينية[8] .

تحضيرالنماذج :

1) تحضير الأطيان : اختيرت نماذج الاطيان الجيدة بالاعتماد على خواصها العامة من خفة وزنها وخلوها من الشوائب ومن ثم غسلها بالماء المقطر واجريت عملية التجفيف والطحن والنخل بمدى حجم حبيبي (D<100μm) بعدها حضرت اربعة مجاميع تم تلدينها الى اربع درجات حرارية (100,200,300,400^{o}C) في فرن كهربائي ولمدة ساعتين .
2) تحضير محلول P.V.A : يحضر المحلول باضافة (2.5 wt ٪) نسبة وزنية الى الماء المقطر (100ml) باستخدام خلاط مغناطيسي (magnetic stirrer) بسرعة (350 rpm) وبدرجة حرارة (60 ^{o}C) لمدة (15min) ويضاف له البنتونايت المحمص مع استمرار المزج ليكون رائقا ذا لزوجة عالية ونسبة المالئ إلى المذيب (5%, 7.5%, 10%, 15%, 20%). بعد ذلك يجفف ويطحن ويمرر عبر منخل بحجم حبيبي (D=100μm) وتعاد الطريقة للمجاميع الاخرى [9] .
3) تحضير متراكب بولي ستايرين- بنتونايت : ان العينات المعاملة حراريا والمضافة لمادة (P.V.A) بنسبة (2.5%) الى مادة البولي ستايرين المذابة في البنزين بدرجة حرارة (70-80 ^{o}C) وبعدها صبت في اطباق زجاجية وتركت في حاوية تفريغ لحين الجفاف ويجب ان تكون عناية كبيرة في عملية الصب لتجنب حصول الفقاعات الهوائية ويترك القالب لكي تتم عملية تصلب النماذج .قطعت النماذج المعدة للدراسة على شكل اقراص بسمك يتراوح (4 mm) ويوضح الشكل (3) نماذج من العينات المحضرة قبل التهيئة للفحص .



الشكل (3) يوضح عينات اختبار التوصيلية الحرارية للمواد المتراكبة

طريقة العمل :

لغرض قياس التوصيلية الحرارية للعينات ، تم استخدام طريقة قرص لي (Lee's disk) الخاصة بحساب التوصيلية الحرارية للمواد العازلة ، وباستخدام الجهاز المصنع من شركة (Griffen and George) لاقراص بسمك (4 mm) ونصف قطر (20 mm) في حساب قيم معامل التوصيل الحراري (التوصيلية الحرارية) (K) للمتراكبات البوليمرية وبدرجات الحرارة (100,200,300,400 °C) ويوضع القرص المقصود بالاختبار بين أقراص النحاس وتقاس درجة الحرارة (T_1 ,T_2 , T_3) يمكن عندئذ حساب الموصلية الحرارية من العلاقة الاتية :-

$$K\left[\frac{T_2-T_1}{d_S}\right]=E\left[T_1+\frac{2}{r}(d_1+\frac{1}{4}d_S)T_1+\frac{1}{2r}d_S T_2\right].....(3)$$

إذ:-

d_s : سمك القرص

r : نصف قطر القرص

k : الموصلية الحرارية للقرص S

T_1 : درجة حرارة الوجه A

T_2 : درجة حرارة الوجه B

T_3 : درجة حرارة الوجه C

حيث تحسب قيمة (E) من العلاقة (2) .
الهدف من إجراء هذا الاختبار هو تحديد قابلية التوصيل الحراري للمادة البوليمرية المتراكبة وتأثير درجة الحرارة على قابلية التوصيل الحراري للمادة [10].

النتائج والمناقشة :-

يوضح الجدول (3) إن المضاف من المادة المالئة والمحفزة بمادة P.V.A بنسبة 2.5% وبظروف تحميص (100-400 ºC) قد مكنت من تزايد التوصيلية الحرارية مع زيادة درجة حرارة تحميص المادة المالئة قبل تحفيز سطح البوليمر إذ ازدادت التوصيلية الحرارية من($0.127W/m.^oC$) للبولي ستايرين المعزز بالبنتونايت المحفز عند درجة تحميص 100^oC إلى قيمة ($0.292W/m.^oC$) بدرجة تحميص 400^oC التي بلغت أعلى توصيلية حرارية ولكون المادة المستخدمة هي بنتونايت الصفرة وان الحجم الحبيبي للمادة نفسها ونسبة الإضافة ثابتة يمكن أن يعزى ذلك إلى طبيعة مادة الطين بعد المعاملة الحرارية إذ يمكن أن تحدث تكتلات (Aggregate) ضمن مدى الحجم الحبيبي قيد الدراسة بسبب المعاملة الحرارية كذلك بسبب زيادة كثافة البوليمر نتيجة زيادة التراص بين السلاسل الجزيئية أي إن جزيئات المادة ستمس إحداهما الأخرى مولدة بذلك موصلية حرارية أعلى كما في الشكل (4) [11].

أما الشكل (5) فيوضح تأثير المضافات من المادة المحفزة لسطح البوليمر وبالنسب المؤشر إزاءها في الجدول(3) التي أدت إلى ارتفاع قيمة التوصيلية الحرارية إذ يمكن إجمال السلوك وكأنه تزايد ويعزى ذلك إلى طبيعة تأثير المادة المحفزة لسطح سلسلة البوليمر التركيبية ضمن التشكيل ، كما أن تأثير استخدام المادة الرابطة مع المادة المحفزة للمكون الذي يستخدم البنتونايت المحمص عند درجة 100^oC أعطت توصيلية حرارية تزيد عن تلك التي استخدم فيها المادة الرابطة والمانع للأكسدة بنسبة 15% وكذلك تزيد عن تلك التي استخدم فيها المادة المحفزة لسطح البوليمر فقط بنسبة .21% الموضحة بالشكل (6) [12].

أما الاشكال (7) و(8) تبين تأثير استخدام المادة المحفزة لسطح البوليمر للمكون الذي يستخدم البنتونايت المحمص بدرجة 400^oC أعطت توصيلية حرارية تزيد عن تلك التي استخدم فيها المادة المحفزة والرابطة والمانع للأكسدة مع البنتونايت بنسبة 10% ونسبة تزيد عن تلك التي استخدم فيها المادة الرابطة والمانعة للأكسدة بنسبة 26% ونسبه تزيد عن تلك التي استخدم فيها المادة المحفزة والرابطة بنسبة 51%. أن سبب التفاوت في النسب أن التداخل بين السلاسل الجزيئية للبوليمر مع المالئ يؤدي إلى زيادة درجة الحشو بين السلاسل الجزيئية و الذي يعطيها حرية في الحركة وبالتالي تزداد قابليتها على الحركة الاهتزازية.

كما أن التوصيلية تزداد بإضافة الدقائق السيراميكية فعلى الرغم من كون المادة السيراميكية عازلاً حرارياً حالها حال المادة اللدائنية إلا إنها تمتلك بنية بلورية تنتظم فيها الذرات على وفق شبيكة ثلاثية الأبعاد أما المادة اللدائنية فهي عشوائية ترتبط فيها السلاسل مع بعضها بشكل مستعرض وغير نظامي وان عدم الانتظام في البنية ووجود الفراغات بين السلاسل كل هذا يؤدي إلى جعل عملية انتقال الطاقة الحرارية من طرف إلى آخر عبر المادة اللدائنية عملية صعبة [13].

كذلك فان وجود السطوح البينية له دور مهم ومؤثر في قيمة التوصيلية الحرارية فالحرارة في المادة اللدائنية والسيراميك تنتقل بهيئة موجات مرنة ضمن البنية وبوجود السطوح البينية تحصل إعاقة لحركة مرور هذه الموجات ، وحتى عند معاملة الدقائق بالمادة الرابطة وتحسين الربط فان انتقال الطاقة الحرارية بهيئة موجة مرنة تبقى عملية صعبة ومعقدة بسبب وجود انقطاع في البنية والتحول من بنية إلى أخرى أي أن الموجة تخسر جزءاً من طاقتها عند السطح البيني بين المادة اللدائنية والرابطة وجزء آخر من الطاقة يضيع في أثناء انتقال الموجة من المادة الرابطة إلى الدقائق[14] .

للتركيب الكيميائي تأثير كبير في التوصيلية ، لان المواد ذات التركيب المعقد تميل بشدة إلى الاستطارة الحرارية للموجات الشبكية والتي تؤدي إلى اقل توصيلية حرارية فضلا عن أن متوسط المسار الحر للفونون في درجات الحرارة العالية يميل إلى الاقتراب من الأبعاد الشبكية في التراكيب المعقدة. فكلما كان التناظر البلوري كبيراً كان الاهتزاز توافقياً أي أن المادة موصل جيد للحرارة ، بينما تكون التوصيلية رديئة في المادة التي لا تمتلك انتظاماً ذرياً أو تحتوي أنواع عدة من الأواصر. لذلك تعد التأثيرات الهندسية مهمة جداً في تحديد متوسط المسار الحر ، وبذلك تعد الاستطارة بالحدود البلورية والتوزيع المتناظر للكتل في الطبيعة الكيميائية للمادة والشوائب الكيميائية والعيوب الشبكية والتراكيب غير المتبلورة Amorphous عوامل مؤثرة في التوصيلية الحرارية . من ذلك نستنتج إن التوصيلية الحرارية تكون أعظم ما يمكن للتراكيب بسيطة التكوين إذ تقل الاستطارة الحرارية للموجات . ومن الجدير بالذكر أن خواص المادة أو المسحوق تتاثر بصورة كبيرة بدرجة الحرارة أو ما يسمى المعاملة الحرارية إذ تعمل على زيادة الكثافة وتقليل المساحة السطحية Surface Area ومن ثم تؤثر في المسامية[15] .

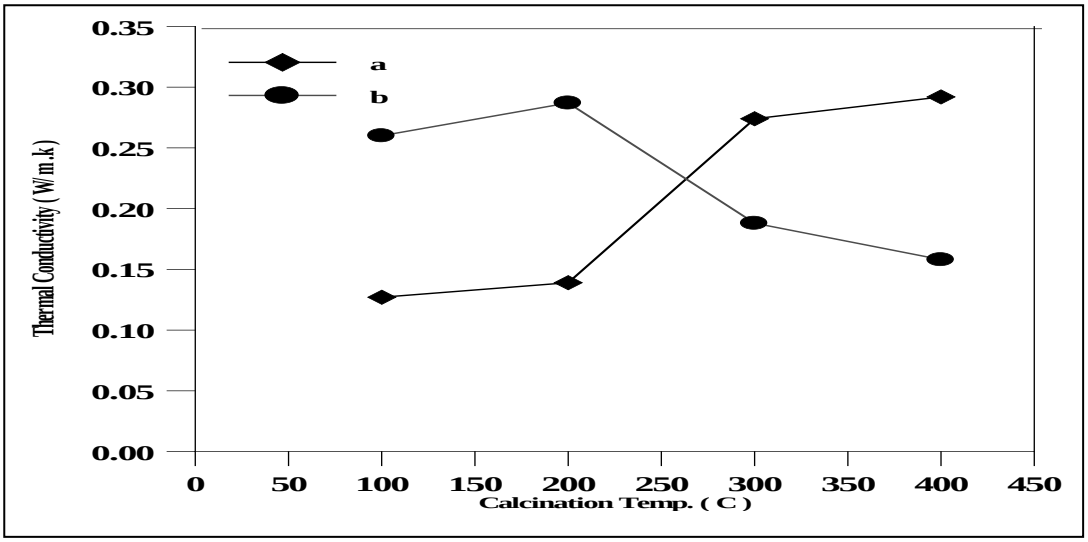
يمكن عد تأثير البنية والمسامية النموذجية للانموذج سوية كعامل مؤثر أساساً في التوصيلية الحرارية الذي يعود إلى العلاقة بين كمية المادة الصلبة والفجوات الهوائية بداخله التي تعيق انتقال الحرارة خلال مرورها بالجسم الصلب. ولكون الهواء عازل أفضل بكثير من أية مادة صلبة فانه كلما كانت نسبة الفجوات الهوائية داخل الانموذج عالية كان عامل العزل الحراري عالياً للمادة . لذلك فان المواد التي لها تركيب بلوري دقيق جداً ، أو بنية متراصة لها توصيلية أعلى بشكل كبير للبنية المفتوحة أو ذات التركيب البلوري الواسع. إن درجة حرارة الفحص لها تأثير في زيادة التوصيلية الحرارية للمواد بسبب زيادة اهتزازات الشبيكة ومن ثم زيادة عدد الفونونات المتولدة [8] .

الجدول (3) يوضح خواص التوصيلية الحرارية										
رقم النموذج	درجة حرارة التحميص °C	نسبة P.V.A المضاف %	نسبة الاضافة المادة المالئة %	محفز السطح		مادة رابطة		مانع تأكسد		التوصيلية الحرارية W/m.k°
				نسبة الاضافة %	المادة	نسبة الاضافة %	المادة	نسبة الاضافة %	المادة	
M1	100									0.127
M2	200									0.139
M3	300									0.274
M4	400									0.292
M5	100	2.5	5							0.260
M6	200	2.5	5							0.287
M7	300	2.5	5							0.188
M8	400	2.5	5							0.158
M9	100	2.5	5	1	2*					0.235
M10	200	2.5	5	1	2*					0.262
M11	300	2.5	5	1	2*					0.264
M12	400	2.5	5	1	2*					0.275
M13	100	2.5	5	1	2*	1	3*			0.285
M14	200	2.5	5	1	2*	1	3*			0.253
M15	300	2.5	5	1	2*	1	3*			0.246
M16	400	2.5	5	1	2*	1	3*			0.182
M17	100	2.5	5			1	3*	1	4*	0.247
M18	200	2.5	5			1	3*	1	4*	0.213
M19	300	2.5	5			1	3*	1	4*	0.207
M20	400	2.5	5			1	3*	1	4*	0.217
M21	100	2.5	5	1	2*	1	3*	1	4*	0.278
M22	200	2.5	5	1	2*	1	3*	1	4*	0.223
M23	300	2.5	5	1	2*	1	3*	1	4*	0.242
M24	400	2.5	5	1	2*	1	3*	1	4*	0.249

2* - Surfactant (Poly oxy glycols).

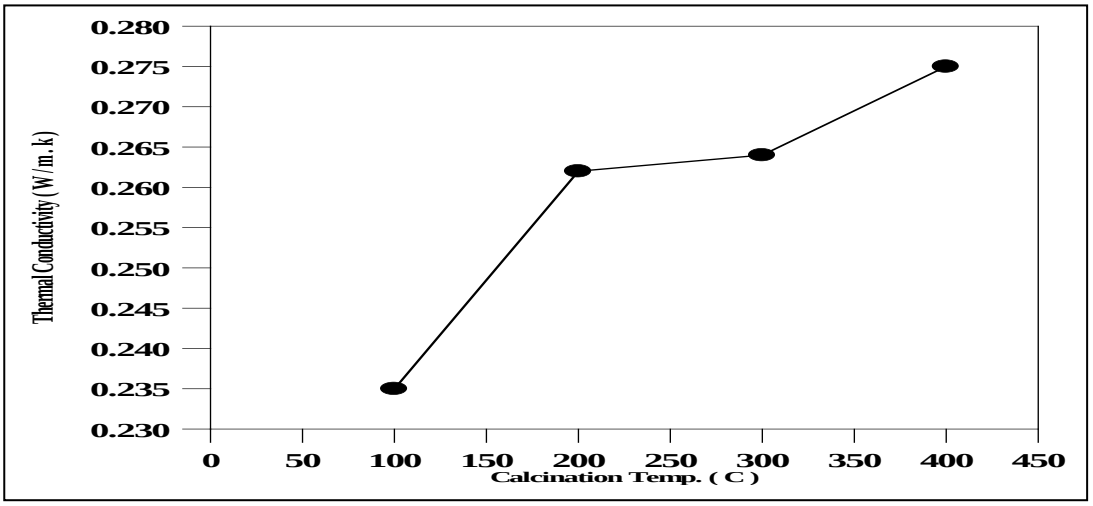
3* - Tris (hydroxyl methyl) methylamine.

4* - Antioxidant (bis di methylbenzyl) di phenyl amine.



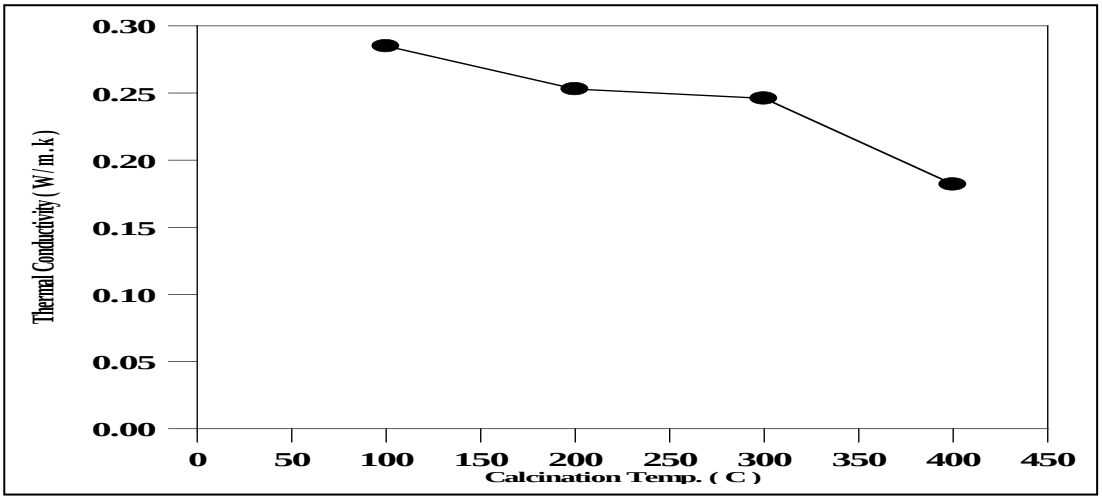
الشكل (4)

يبين منحني التوصيلية الحرارية – درجة حرارة التحميص للبنتونايت المحفز (b) + غير المحفز (a)



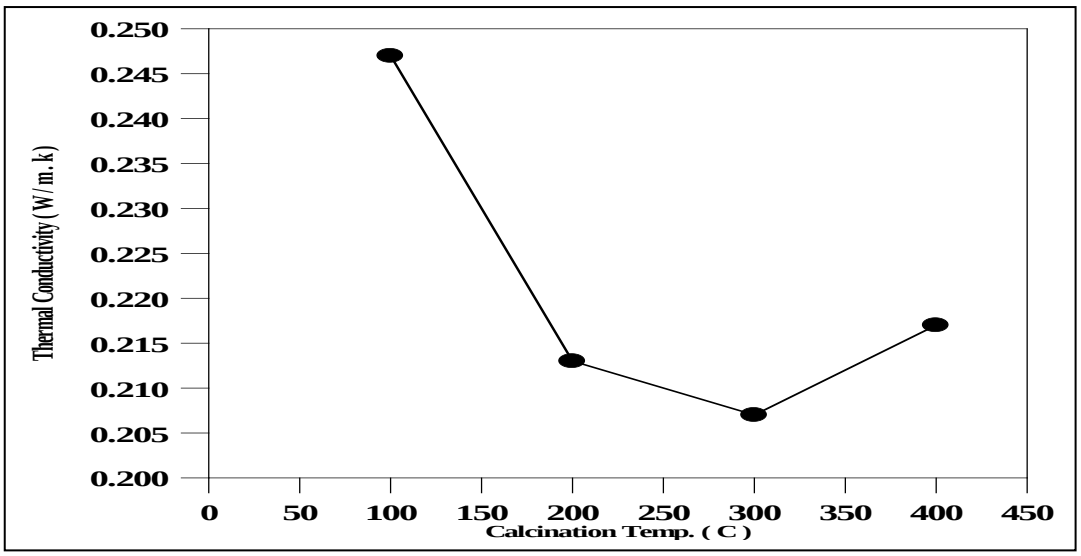
الشكل (5)

يبين منحني التوصيلية الحرارية – درجة حرارة التحميص للبنتونايت المحفز + محفز سطح البوليمر



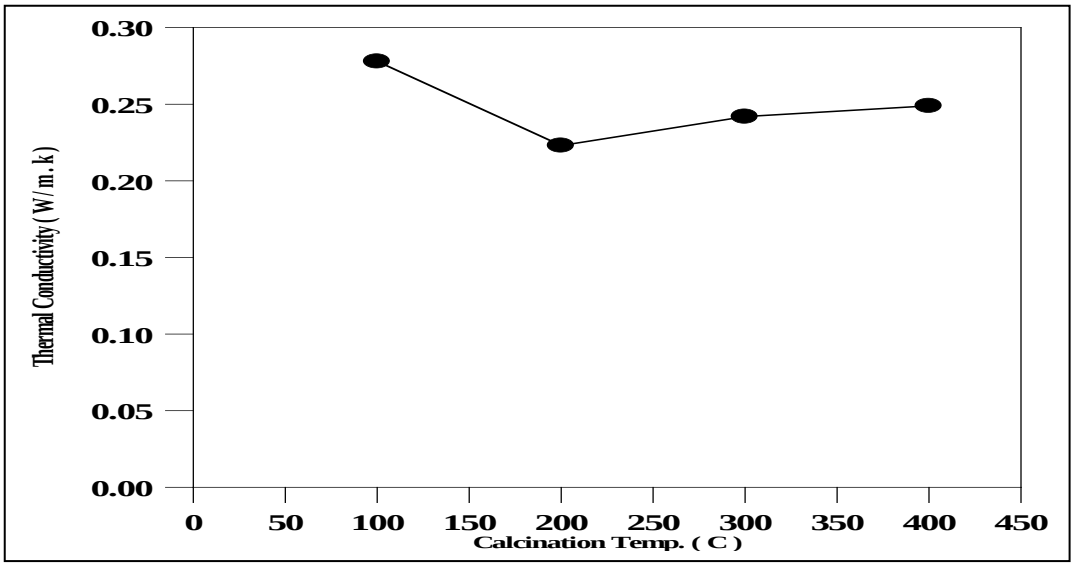
الشكل (6)

يبين منحني التوصيلية الحرارية – درجة حرارة التحميص للبنتونايت المحفز +محفز سطح البوليمر + مادة رابطة



الشكل (7)

يبين منحني التوصيلية الحرارية – درجة حرارة التحميص للبنتونايت المحفز + مادة رابطة + مانع تأكسد



الشكل (8)

يبين منحني التوصيلية الحرارية – درجة حرارة التحميص للبنتونايت المحفز + محفز سطح البوليمر + مادة رابطة + مانع تأكسد

الاستنتاجات :-

إن النتائج المحققة والمناقشة التي تناولت تأثير عوامل التحضير وخواص المواد المالئة في الخصائص الحرارية لبوليمر (البولي ستايرين) أعطت مايأتي :-

1- عند استعمال بنتونايت غير محفز وبولي ستايرين غير معالج كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 100°C ومقدارها (0.127w/m.k°) يعزى ذلك إلى طبيعة مادة الطين بعد المعاملة الحرارية إذ يمكن أن تحدث تكتلات (Aggregate) ضمن مدى الحجم الحبيبي قيد الدراسة بسبب المعاملة الحرارية.

2- عند استعمال بنتونايت محفز وبولي ستايرين غير معالج كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 400°C ومقدارها (0.158w/m.k°) بسبب زيادة كثافة البوليمر نتيجة زيادة التراص بين السلاسل الجزيئية أي إن جزيئات المادة ستمس إحداهما الأخرى مولدة بذلك موصلية حرارية أعلى .

3- عند استعمال بنتونايت محفز وبولي ستايرين محفز كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 100°C ومقدارها (0.235w/m.k°) ويعزى ذلك إلى طبيعة تأثير المادة المحفزة لسطح سلسلة البوليمر التركيبية ضمن التشكيل .

4 - عند استعمال بنتونايت محفز وبولي ستايرين محفز ومادة رابطة كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 400°C ومقدارها (0.182w/m.k°)ويعود الى ان المادة الرابطة احدثت ترابط تشابكي وبذلك ازدادت التوصيلية الحرارية .

5- عند استعمال بنتونايت محفز وبولي ستايرين غير معالج ومادة رابطة ومادة مانع تاكسد كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 300°C ومقدارها (0.207w/m.k°)بسبب ان اضافة مانع التاكسد سوف يمنع حوث عملية التاكسد التي تقلل من ترابط مادة التقوية مع المادة الاساس لكون البوليمر معرض للهواء اثناء الاستخدام فيحث تماس بين البوليمر الساخن والهواء الجوي اثناء عملية التصنيع فيحث نوع من الانحلال التاكسدي وتؤدي الى انحطاط كثير من خواص البوليمر وبذلك فان وجود مانعات التحلل التاكسدي تمنع حدوث هذه العملية ويحقق امكانية في مجال تثبيت البوليمرات .

6 - عند استعمال بنتونايت محفز وبولي ستايرين محفز ومادة رابطة ومادة مانع تاكسد كانت افضل نسبة عند درجة حرارة 200°C ومقدارها (0.223w/m.k°) كما موضح في الجدول (3) أن سبب التفاوت في النسب أن التداخل بين السلاسل الجزيئية للبوليمر مع المالئ يؤدي إلى زيادة درجة الحشو بين السلاسل الجزيئية و الذي يعطيها حرية في الحركة وبالتالي تزداد قابليتها على الحركة الاهتزازية.

المصادر :

1- R.J. Crawford, "Plastic Engineering", 2nd,pergamon press, N.Y, (1987).

2- W.Bolton, "Engineering Materials Technology", 3rd Ed, Butter worth, Heinemann, (1998).

3- Anthony, M.C. Dorek, J. Powney, "The Mechanical and Thermal properties of Materials ", ublished by Edward, Arnold, London, (1973) .

4- ال آدم ، كور كيس عبد ، البيريارديي ، ذنون محمد عزيز,"كيمياء الجزيئات الكبيرة المحدث" , جامعة الموصل ، كلية العلوم ، (1989) .

5- فويدم ، كريم حسين ،"استخدام أطيان البنتونايت والاتابلجايت المحلية في معالجة المطروحات الصناعية السائلة لمصنع الأحبار والعمل على تدويرها" ، أطروحة ماجستير ، جامعة بغداد ، كلية العلوم ، (2002).

6- J.Kotek,I.Klenar ," Preparation and Application in polymer-clay nano composites " , 46 , 4876-4881, (2005) .

7- B. M. Deya , M. S. Medhet,"Study of environment of effects on the mechanical and thermal properties of composite material" , Fourth international conference on physical of condensed matter , April 18th-20-2000 ,university of Jordan .

8- J. A. Brydson , "Plastic Engineering" , john wiely & sons , N.Y. , (1975) .

9- M. G. James , "Mechanical of Materials" , 6 Ed , homson , Canada , (2004) .

10- B. B. Johnsen , Kinloch A. J. & Tylor A. C. , "Polymer" , V.46 , 7352 , (2005) .

11- H. D. Geum , "Composite Structures" , V.68 , pp.(225-233) , (2005) .

12- B. Poon , C. Chum & A. Hilter ,"J. of Applied Polymer Science" , V.92 , pp.(109-115) , (2004) .

13- J.G Park ,"Thermal Conductivity of MWCNT/Epoxy Composite", Elsever ,50 , 2083-2090 , (2012)

14- A. E. Brauch , O. Regev , L. Bielenki , "Thermal Conductivity improvement of electrically nano conducting composite material " , (Reviews in Chemical Engineering) , 28 , 61-71 , (2012) .

15- D. Mishra , A. Satapathy , " Plastic and Polymer Technology " , Elsever , (2013) .