

دراسة تأثير الكسر الحجمي على قيم الموصلية الحرارية لمتراكبات البولي أستر الدقائقية

عبد الله فياض عبد السادة
المعهد التقني – بابل
رئيس مهندسين

علي جاهل سلمان
المعهد التقني – بابل
مدرس مساعد

علي إبراهيم الموسوي
المعهد التقني – بابل
مدرس

الخلاصة .

يهدف البحث الحالي إلى دراسة التغير في الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع عند إضافة مادة السليكا (SiO_2) كحشو وبكميات وزنية مختلفة (10%، 20%، 30%) إلى هذا الراتنج ودراسة مدى تأثير هذه الإضافة على معامل التوصيل الحراري (k) لهذه المادة الراتنجية . ولتقويم مدى التغير في الخواص الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع فقد استخدمت معادلة فورير لحساب التغير في قيمة معامل التوصيل الحراري (k) للراتنج قبل إضافة مادة السليكا وبعدها ، إذ أظهرت النتائج زيادة العزل الحراري للراتنج عن طريق إنخفاض قيمة معامل التوصيل الحراري بعد إضافة هذه المادة . وازدادت قيمة العزل الحراري مع زيادة نسبة السليكا المضافة كما موضح في المخططات البيانية التي تمثل العلاقة بين التوصيل الحراري و درجة الحرارة .

الكلمات الدالة : راتنج البولي أستر غير المشبع ، العزل الحراري ، مادة السليكا، الموصلية الحرارية .

Study the effect of volume fraction on thermal conductivity values for polyester particles composites

Ali I. Al-Mosawi
Tech Institute-Babylon
Lecturer

Ali J. Salaman
Tech Institute-Babylon
Assist lecturer

Abdullah F. Abdul sadah
Tech Institute-Babylon
Engineers Chief

Abstract

The objective of present research is to study the changing in thermal conductivity thermal of unsaturated polyester resin by additive the silica material (SiO_2) as a filler with different Weight amount (10%, 20%, 30%) to resin and study the effect of this additive on thermal conductivity coefficient (k) of the resin . Fourier equation was used to calculate the changing in thermal conductivity coefficient (k) for unsaturated polyester resin before addition silica material and after ,where the results show increased thermal insulation of the resin by reduced thermal conductivity coefficient value after addition this material . Also the value of thermal insulation increased with increasing of additive percentage of silica as illustrated in diagrams which represent the relation between thermal conductivity coefficient with temperature.

Keywords: Unsaturated polyester resin , Thermal Insulation, Silica Material, Thermal Conductivity .

1-المقدمة (Introduction).

يمكن تعريف المواد العازلة (Insulation Materials) بأنها المواد التي تمنع أو تُعيق إنتقال الحرارة من السطح المعرض للحرارة إلى السطح الآخر من جسم معين ، ويعتمد مبدأ العزل الحراري (Thermal Insulation) على خفض إنتقال الحرارة عن طريق إستبدال ممر إنسياب الحرارة القصير ذي المقاومة الحرارية المنخفضة بممر طويل ذي مقاومة مرتفعة ، وتُعد الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity) من أهم الخواص التي تُراعى في حالة إختبار نوع العازل هي الخواص الحرارية ومن أهمها التي يجب أن تكون قيمتها واطئة في الكثير من التطبيقات [1] .

يمكن أن تضاف المواد العازلة إلى المواد الراتنجية على شكل حشوات (Fillers) أو طبقة طلاء (Coating) لخفض الموصلية الحرارية في درجات الحرارة العالية نسبياً . وبشكل عام تكون الموصلية الحرارية للراتنجات منخفضة بسبب إنعدام الإنتقال الإلكتروني فيها والذي هو أحد أساليب إنتقال الحرارة [2].

2-المواد المتراكبة (Composite Materials).

تتكون المادة المتراكبة من دمج مادتين أو أكثر وتشمل الخلائط (Blends) والبلاستيك (Reinforced Plastic) مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزيائية . إن عملية الدمج هذه تؤدي إلى الحصول على مادة جديدة ذات خواص هندسية وفيزيائية تختلف عن خواص المواد الداخلة في تركيبها . يعتمد الإستخدام العام للمادة المتراكبة بشكل كبير على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المواد لذلك فإن دراسة هذه الخواص تحت تأثير القوى والأحمال في ظروف مختلفة يكتسب أهمية كبيرة لمعرفة مدى ملائمة هذه الخواص لمكان عمل هذه المواد . يوجد في الطبيعة الكثير من الأمثلة على المواد المتراكبة ومنها ألياف السليلوز مع مادة الخشب [3]. أما في الصناعة فإن تقوية الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً . ولتصنيع مادة متراكبة يجب توفر مادتين هما :

1- المادة الأساس (Matrix Material) .

تكون مواد الأساس إما مواد معدنية متكونة من المعادن وسبائكها وتتميز بثقل وزنها ومتانتها العالية أو قد تكون مواد سيراميكية والتي تمتاز بخفة وزنها ومقاومتها المرتفعة لدرجات الحرارة العالية ولكنها ضعيفة المقاومة لقوى الصدم . كذلك تكون المادة الأساس مواد بوليميرية وهي الأكثر إستعمالاً وإنتشاراً لما تتميز به من خواص ميكانيكية وحرارية جيدة ، ومن الأمثلة على المواد البوليميرية راتنج البولي أستر ، الإيبوكسي و الفينول [4].

2- مادة التقوية (Reinforcing Material) .

يجب توفر ميزتين أساسيتين في هكذا مواد وهي المقاومة العالية والمطيلية المنخفضة حتى تستطيع تقوية المواد الأساس . هناك عدة طرق للتقوية منها التقوية بالدقائق (Particulate) والتي تكون بقطر أكبر من $(1\ \mu\text{m})$ وبأشكال مختلفة منها الإبرية والكروية والقشرية، كذلك تتم التقوية بالتشتت (Dispersed) ويكون قطر الدقائق المستخدمة أقل من $(0.1\ \mu\text{m})$. أما أكثر أساليب التقوية شيوعاً فهي التقوية بالألياف (Fibers) نظراً لما تتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية ، وتكون الألياف بأنواع وأشكال مختلفة فمنها ما يكون بشكل مستمر أو مقطّع أو بشكل ظفائر محاكة [5].

3-راتنج البولي أستر (Polyester Resin) .

تنتج راتنجات البولي أستر ومن ضمنها الغير مشبع إلى مجموعة الراتنجات المتصلدة بالحرارة حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها إلى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل بوليميرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالربط التشابكي (Cross Linking) . يستخدم في تحضير راتنجات البولي أستر ومن ضمنها غير المشبع أحماض غير مشبعة ثنائية القاعدة (Dibasic Acids) مثل (Terephthalic ، Orthophthalic ، Isophthalic) تتفاعل هذه الأحماض مع كحوليات ثنائية الهيدروجين (Dihydric Alcohol) مثل (Ethylene Glycol ، Propylene Glycol) ثم يُدَوَّب هذا الخليط في مونومير فعال مثل الستايرين (Styrene) . يتصف راتنج البولي أستر بخواص حرارية جيدة إذ يتحمل الحرارة لغاية (260°C) ويمتاز بمقاومة كهربائية ممتازة ومقاومة كيميائية للمذيبات والأحماض والأملاح ومقاوم للتآكل والتأثيرات البيئية ولكنه يتصف بالضعف والهشاشة [4].

تستخدم راتنجات البولي أستر بشكل عام في المجالات التي ترتفع فيها درجة الحرارة إلى مدى كبير نسبياً ، و تستخدم في التطبيقات التي تتطلب جودة عالية في السطح حيث يعمل البولي أستر على منع تكون الإنكماش التفاضلي (Differential Shrinkage) الذي يسبب عدم إنتظام السطح في المواد المتراكبة ، وتضاف إلى الألياف الزجاجية لصناعة هياكل القوالب ومكونات أجسام الطائرات والسيارات وغيرها من الصناعات . يعاني تركيب البولي أستر تفككاً تلقائياً (Spontaneous Decomposition) عند درجة حرارة تقارب (300°C) حتى بعدم وجود الأوكسجين . وتعتمد درجة حرارة التحلل ونوع الشظايا الناتجة (Fragment) على تركيب البولي أستر المستخدم. [4].

إلى أخرى وحسب حالة المادة (صلبة، سائلة، غازية) والذي من خلاله تُصنف المادة على إنها مُوصلة أو عازلة [10]. تعتمد المُوصلية 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 [3].

6-الجزء العملي (Experimental Work)

يتضمن الجزء العملي على ما يلي :

أولاً- المواد المستخدمة في البحث .
يستخدم في هذا البحث المواد الآتية :

- 1- راتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) :يُصلد هذا الراتج بإضافة مادة بيروكسيد مثيل أثيل كيتون (MEKP) إليه بنسبة (2%).
- 2- السليكا (SiO_2): إستخدمت السليكا أو أوكسيد السليكون والتي تُعد من الأكاسيد السيراميكية بحجم حبيبي ($8 \mu\text{m}$) ونقاوة (99.5%).

ثانياً- تحضير نماذج إختبار الموصلية الحرارية .

تكون هذه النماذج بقطر (25mm) وسمك (3mm) وهي تحضر كالآتي : تُخلط كمية من راتنج البولي أستر غير المشبع مع المادة المعجلة والتي تحتوي على دقائق الكوبالت الفعال بنسبة (0.5%) بعدها تضاف المادة المصلدة (MEKP) بنسبة (2%). ويضاف أوكسيد المغنيسيوم إلى الخليط بنسب وزنية مختلفة (10%، 20%، 30%) ويخلط هذا المزيج جيداً ثم يصب في قالب وتترك فيه لتتصلب بشكل نهائي ، بعدها تستخرج من القالب وتوضع في فرن درجة حرارته (75°C) ولمدة ساعتين لإكمال التصلب . الشكل رقم (4) يوضح نماذج إختبار الموصلية الحرارية.

ثالثاً- قياس الموصلية الحرارية .

يمكن إستخدام قانون فورير (Fourier Law) في حساب معامل التوصيل الحراري (k) وينص هذا القانون على :

$$-k = \frac{Q}{A \times (\Delta T / \Delta X)} \quad (\text{W/m}^\circ\text{C})$$

حيث :

k = معامل الموصلية الحرارية ويقاس بوحدات
 Q = كمية الحرارة المارة بوحد الزمن وتقاس بوحدات
 A = مساحة مقطع إنسياب الحرارة وتقاس بوحدات
 $\Delta T / \Delta X$ = التدرج الحراري نسبة للمسافة .

4-الحشوات (Fillers) .

يمكن تعريف الحشوات على إنها مواد معدنية أو لا معدنية تضاف إلى المواد الراتنجية بنسب مختلفة لتغيير خواصها والحصول على خواص جديدة ومن الخواص التي يتطلب تغييرها وحسب الحاجة هي المقاومة، الجساءة، المتانة، المقاومة الحرارية والكهربائية وغيرها من الخواص. تضاف الحشوات إلى راتنج البولي أستر لغرضين الأول لتقليل الكلفة نظراً لكلفتها المنخفضة مقارنة مع الراتنج والغرض الثاني هو إستخدامها في تقوية الراتنج. تساعد الحشوات على إستخدام درجات حرارية عالية للتقسية حيث تعمل على خفض درجة الحرارة المنبعثة عن طريق تقليل المواد الفعالة ، كذلك تقلل ميل الراتنج للتشقق خلال التقسية وخفض نسبة الإنكماش ومساعدتها على إنتاج سطوح مقبولة ناعمة [6]. تعتبر الحشوات المضافة إلى الراتنجات أحد أهم المواد السيراميكية والتي تعتبر من الحشوات الجيدة لصلادتها المرتفعة ومقاومتها العالية للبلل ورديئة التوصيل للحرارة وتستخدم في العوازل الحرارية ومستقرة كيميائياً وإستقرارها في درجات الحرارة العالية. ومن المواد السيراميكية أوكسيد السليكون (السليكا)، أوكسيد المغنيسيوم، الألومينا وغيرها.

قام الباحثان قطان وعلي بدراسة تأثير أوكسيد المغنيسيوم على المُوصلية الحرارية لراتنج البولي أستر غير المشبع حيث تم زيادة العزل الحراري لهذا الراتنج بعد إضافة الأوكسيد إليه [7]. قامت الباحثات شيما جابر ، سندس عباس ، وحنين زهير بدراسة تأثير التقوية بدقائق الألمنيوم على الموصلية الحرارية ومقاومة الصدمة لراتنج الفينيل أستر غير المشبع [8]. قام الباحثون علي، علي ، وعبد الله بإضافة أوكسيد المغنيسيوم إلى راتنج الإيبوكسي نوع كونيسترا (EP-10) من أجل تحسين عزله للحرارة حيث أظهرت النتائج تحسن العزل الحراري للراتنج عن طريق إنخفاض قيمة الموصلية الحرارية بعد إضافة هذا الأوكسيد [9]. درس الباحثان توشي فومي وكيث أثر طلاء راتنج بولي فنيل سلفايد المقوى بألياف الكربون بمادة أوكسيد الألمنيوم - الغني بالأمينات الكالسيوم على خواص المادة المترابكة حيث أظهرت النتائج تحسن الخواص الميكانيكية والحرارية ومقاومة التآكل بعد الإضافة [2].

5-المُوصلية الحرارية (Thermal Conductivity)

يُعبّر عن قدرة المادة على التوصيل الحراري بالمُوصلية الحرارية وهي مرتبطة بوجود فرق في درجات الحرارة بين سطحين حيث تنتقل الحرارة من السطح الأعلى حرارة درجة إلى السطح الأقل الحرارة . وعلى هذا الأساس يمكن تعريف المُوصلية الحرارية على إنها كمية الحرارة المنتقلة عبر وحدة المساحة خلال وحدة الزمن عند وجود تدرج حراري بين سطحين مقداره درجة حرارية واحدة. تختلف آلية التوصيل الحراري من مادة

السبب في ذلك إلى الإهتزازات في الهيكل الداخلي للراتنج التي تزداد بارتفاع درجة الحرارة [11].

إن هذه الإهتزازات تبدأ بالإنخفاض عند إضافة الحشوات إلى الراتنج والتي تعمل على إعاقه الإهتزاز وبالتالي انخفاض قيمة الموصلية الحرارية .

الشكل رقم (4) يمثل الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) مضافاً إليه (10%) من مادة السليكا ، إذ تزداد نسبة العزل الحراري نتيجة لإعاقه الإهتزاز الهيكل الداخلي من الأوكسيد ، إضافة إلى إن مادة السليكا رديئة التوصيل للحرارة نظراً لكونها من الأكاسيد السيراميكية [7].

وتزداد قيمة العزل الحراري ونسبة إعاقه الإهتزازات مع زيادة نسبة السليكا المضافة وكما هو واضح من **الشكل رقم (5)** والذي يمثل الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) مضافاً إليه (20%) من مادة السليكا ، إذ تزداد العوائق لانتقال الحرارة مع زيادة دقائق أوكسيد المغنيسيوم [12]. إن هذا السلوك يستمر مع زيادة نسبة أوكسيد المغنيسيوم المضافة وكما في **الشكل رقم (6)** والذي يمثل الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) مضافاً إليه (30%) من مادة السليكا .

7- الإستنتاجات (Conclusions) .

من خلال النتائج التي حصلنا عليها من إختبار الموصلية الحرارية المطبق على راتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) قبل إضافة مادة السليكا وبعدها تم التوصل إلى عدد من الإستنتاجات هي :

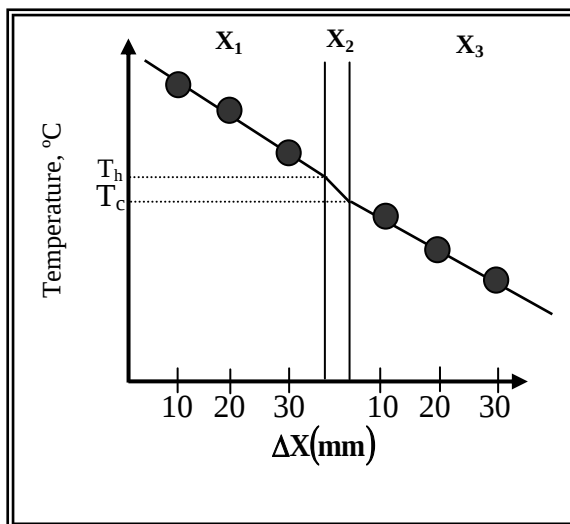
- 1- إرتفاع قيمة الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) مع زيادة درجة الحرارة .
- 2- إنخفاض الموصلية الحرارية للراتنج بإضافة مادة السليكا إليه .
- 3- زيادة معدل العزل الحراري مع زيادة نسبة السليكا المضافة إلى الراتنج .

الشكل رقم (1) يوضح جهاز قياس الموصلية الحرارية (Heat Conduction Unit) والمصنع من قبل شركة (P.A.Hilton Ltd England) .



الشكل رقم (1) : جهاز قياس الموصلية الحرارية

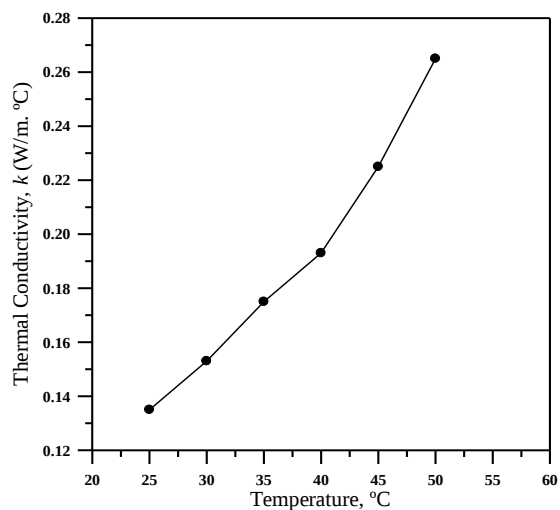
يعتمد الجهاز في مبدأ عمله على تسليط قدرة كهربائية تعمل على تسخين النموذج الموجودة داخل الجهاز بعد ذلك تقوم المحارير الإلكترونية الموزعة على جانبي النموذج وكل محرار يبعد عن الآخر بمسافة (10mm) تقوم بقياس التغير في درجات الحرارة على جانبي النموذج ، ومن خلال درجات الحرارة التي يسجلها جهاز قياس الموصلية الحرارية يمكن رسم المنحنى المبين في الشكل رقم (2) والذي يبين كيفية حساب قيمة التدرج الحراري $(\Delta T / \Delta X)$ الذي يطبق في معادلة فوريير. تمثل (X_3, X_1) المسافة بين المحارير على جانبي النموذج ، أما (X_2) فتتمثل سمك النموذج .



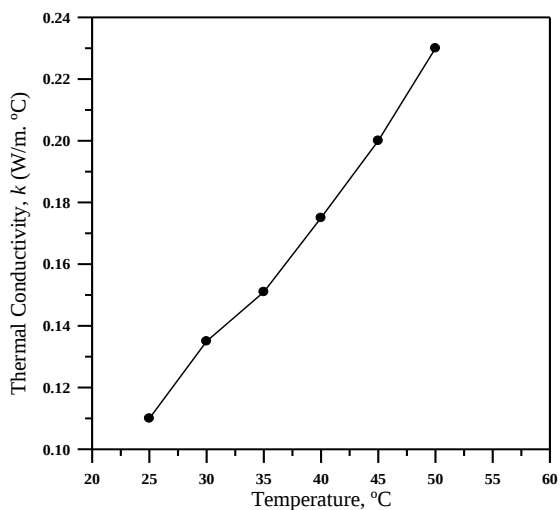
الشكل رقم(2): حساب قيمة التدرج الحراري $(\Delta T / \Delta X)$

8-النتائج والمناقشة (Results & Discussion)

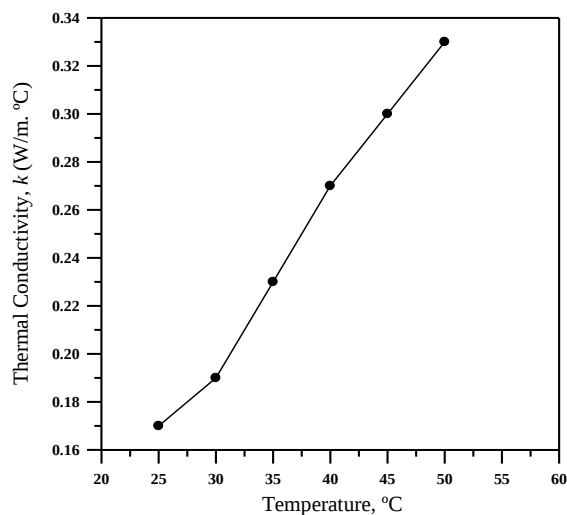
الشكل رقم (3) والذي يمثل الموصلية الحرارية لراتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) ، حيث تبدأ الموصلية بالارتفاع مع زيادة درجة الحرارة ويرجع



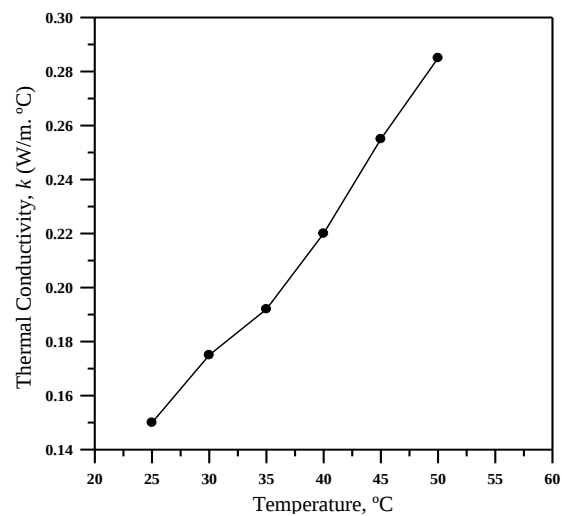
الشكل رقم (5) : راتنج + SiO₂ (%20)



الشكل رقم (6) : راتنج + SiO₂ (%30)



الشكل رقم (3) : راتنج البولي أستر غير المشبع (SIROPOL 8340-PI)



الشكل رقم (4) : راتنج + SiO₂ (%10)

9-المصادر (References)

- 10 - Incropera F.P and DeWitt D.P., "Introduction to Heat Transfer", 3rd Edition, John Wiley & Sons, 1996.
- 11- Bogomolov V. and Kartenko N. "Thermal Conductivity of the Opal-Epoxy Resin Nanocomposite", Physics of the Solid State, Vol 45, No 5, PP.957-960, 2003.
- 12- P. L. Teh, M. Jaafar, H. M. Akil, K. N. Seetharamu, A. N. R. Wagiman, K. S. Beh, "Thermal and mechanical properties of particulate fillers filled epoxy composites for electronic packaging application", Polymers for Advanced Technologies, Volume 19, Issue 4, PP. 308-315, 2008.
- 1- Ali Ibrahim Moslem "Study Using of Antimony Trioxide Material as a Flame Retardant Material", MSC Thesis, Babylon University, Iraq, 2003.
- 2- Joshifumi Sugama and Keith Gawlik "Filler Materials for Polyphenylenesulphide Composite Coatings", Conference, California, August, 2001.
- 3- Halem, Ali Hoby "Improvement Properties of Reinforced Plastic Materials", M.SC Thesis, Engineering College, Babylon University, Iraq, 1999.
- 4- Michel Biron "Thermoplastics and Thermoplastic Composites", 1st Edition, Elsevier, 2007.
- 5- Autar K. Kaw "Mechanics of Composite Materials", 2nd Edition, Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
- 6- E.P. DeGarmo, J.T. Black, and R.A. Kohser "Materials and processes in Manufacturing", 10th Edition, John Wiley & Sons, 2008.
- 7- Dr. Kahtan K. Al-Khazraji, Ali I. Al-Mosawi "Effect Study of Magnesium Oxide on Thermal Conductivity of Unsaturated Polyester Resin", Journal of Babylon University, Engineering Sciences, Vol 9, No 5, pp.867 – 876, 2004.
- 8- شيماء جابر، سندس عباس، حنين زهير "دراسة الموصلية الحرارية ومقاومة الصدمة لمادة البولي أستر غير المشبع المقواة بدقائق من الألمنيوم"، المجلة العراقية للهندسة الميكانيكية وهندسة المواد، عدد خاص بالمؤتمر العلمي الأول لكلية الهندسة/جامعة بابل 17-18-مايس/2009 العدد (أ)، صفحة 83-94.
- 9- علي إبراهيم الموسوي، علي جاهل سلمان، عبد الله فياض عبد السادة "إستخدام الحشوات السيراميكية لتحسين العزل الحراري للراتنجات المتصلبة بالحرارة"، وقائع المؤتمر العلمي العالمي لهيئة التعليم التقني/الكلية التقنية – النجف، 12-14- نيسان-2010 صفحة 75-82.