

## دراسة الخواص الحرارية لمادة متراكبة ذات اساس بوليمري مدعمة بدقائق النحاس

عبيد فاروق عباس\* و سحر حسين احمد\*

تاريخ التقديم: 2009/8/20

تاريخ القبول: 2010/6/30

## الخلاصة

نظرا للتطورات في التطبيقات الصناعية التي حصلت في السنوات الأخيرة والحاجة إلى استخدام المواد المتراكبة بشكل عام والمتراكبة البوليمرية بشكل خاص في مختلف التطبيقات الصناعية المتقدمة. تناول هذا البحث دراسة الخصائص الحرارية لمادة متراكبة بوليمرية مادتها الأساس (بولي استر غير مشبع) مدعم بدقائق النحاس لعينة دائرية الشكل بأبعاد خاصة للفحص بجهاز (قرص لي) وباستخدام الكسور الوزنية التالية (7%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%، 35%، 45%، 50%، 75%). لاحظنا ازدياد الموصلية الحرارية بازدياد الكسر الوزني المستخدم وعند مقارنة قيم التوصيلة الحرارية لراتنج البولي استر لوحده بدون اضافة تبلغ ( $0.17 \text{ w/m.c}^\circ$ ) وعند كسر وزني 7% تكون ( $1.049 \text{ w/m.c}^\circ$ ) وتبدأ قيم الموصلية الحرارية بالزيادة مع زيادة الكسور الوزنية المستخدمة في البحث حيث تبلغ التوصيلية الحرارية ( $1.838 \text{ w/m.c}^\circ$ ) عند كسر وزني 30% وتندرج بالزيادة إلى أعلى قيمة ( $7.269 \text{ w/m.c}^\circ$ ) عند كسر وزني 75% يوضح ذلك التأثير الايجابي لدقائق النحاس على المادة المتراكبة البوليمرية ويؤدي إلى زيادة وتحسين الخواص الحرارية للمادة البوليمرية.

## Study The Characteristics Thermal For Polymer Matrix Composite Reinforced By Copper Particles

### Abstract

In view of the developments of industrial applications, this happened in recent years and the need to use composite materials in general and polymer composite especially in the various industrial applications developed. this research deals with the study of the thermal characteristics for polymer composite and its matrix material is (unsaturated polyester) reinforced by copper particles for circular form of spacemen with Special dimension to examine in Lees Disk Apparatus by using the following weight fracture (7%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 75%). we found increasing in the thermal conductivity with increase of weight fracture and when comparing the values of thermal conductivity to resin unsaturated polyester without any additions the value is ( $0.17 \text{ w/m.c}^\circ$ ) and when at the weight fracture 7% the value is ( $1.049 \text{ w/m.c}^\circ$ ) and the values of the thermal conductivity begin to increasing with the increasing of the Wight fracture which used in this research were the value of thermal conductivity is ( $1.838 \text{ w/m.c}^\circ$ ) at weight fracture 30% and still increasing to the highest value to ( $7.269 \text{ w/m.c}^\circ$ ) at the weight fracture 75% , its mean the positive effect of copper particles on the polymer composite materials and returns to increasing and improve the thermal characteristics of polymer material .

التطبيقات الصناعية الذي يتميز بالموصفات جدول (1) وهو عبارة عن سائل لزج شفاف عند درجة حرارة الغرفة والذي يتحول الى الحالة الصلبة عند اضافة المصلد بيروكسيد (مثيل اثيل الكيتون)

2. مادة التقوية وهي المواد التي تضاف لتقوية المادة الاساس وتحسين خواصها وتكون على انواع اما معدنية او بولمرية او سيراميكية وتم استخدام دقائق النحاس النقي ذات الحجم الحبيبي تتراوح بين (53 - 25)  $\mu\text{m}$  وموافظاته حسب الجدول (2) ويعتبر النحاس من المعادن اللا حديدية ذات الخواص فيزيائية و تشغيلية ممتازة تجعله في مقدمة المواد الهندسية المستخدمة في عمليات التصنيع و الأغراض الصناعية و ذلك للأسباب التالية:

- 1- ممتاز التوصيل للحرارة و الكهرباء
  - 2- لدين و مطيل جدا حيث يمكن درفلته إلى رقائق أو سحبه إلى أسلاك رقيقة
  - 3- مقاوم للتآكل و التأكسد
  - 4- قابلية كبيرة للتلاحم
- نحصل على سبائك النحاس بإضافة عناصر تسابك أخرى كالزنك و القصدير و الفوسفور و الألمونيوم و النيكل

ولدراسة الخواص الحرارية نبدا بتعريف التوصيل بانه انتقال الطاقة الحرارية من الجزيئات الأكثر نشاطاً (الأعلى درجة حرارة) إلى الأقل نشاطاً (الأوطأ درجة حرارة) لمادة ما نتيجة للتفاعل التبادلي بين جزيئاتها. عندما نتكلم عن انتقال حرارة بواسطة التوصيل على انها انتشار للطاقة وتكون الحالة في الغازات نفسها في السوائل على الرغم من ان الأخيرة أكثر تقارباً من بعضها البعض والتفاعل الجزيئي اقوي واكثر تكراراً. وبالمثل في الجسم الصلب يمكن ان تعزو التوصيل الى النشاط الجزيئي على اهتزاز التشابكية. فالنظرة الحديثة تعزى انتقال الحرارة إلى الموجات التشابكية المستحدثة الحركة الذرية ففي الجسم الغير موصل يكون انتقال الحرارة مقتصرأ على هذه الموجات التشابكية أما في الجسم الموصل فتكون علاوة على ذلك نتيجة

## المقدمة

تعتبر المواد المترابكة ذات الاساس

البوليمري من المواد الحديثة في مجال التكنولوجيا والتطبيقات الهندسية والانتاج الصناعي لما تتميز به من خصائص هي:

1. سهولة تشكيلها بابعاد دقيقة واحجام واشكال مختلفة بخفة الوزن والمتانة العالية
2. ذات مقاومة عالية للتحلل البيئي والصدا
3. ذات مقاومة جيدة للاهتزازات والاصوات
4. كلفة واطنة

والمواد المترابكة تعرف بانها عملية دمج اكثر من مادة مختلفة الخواص لاعطاء مادة ذات مواصفات وخصائص لا يمكن الحصول عليها لو تم استخدام كل مادة على حدة وهو علم قديم حيث تم استخدامه في عمليات البناء كتدعيم طبقات البناء بالياف القصب او في الخلط للقص مع الطين ك(طابوق) في بناء المنازل وفي تسليح الزوارق باستخدام القار والقصب والبردي واستعملها المصريون في التحنيط باستعمال الياف القطن والكتان.

## الجزء النظري

تم في هذا البحث استخدام مادة مترابكة ذات اساس بوليمري والمواد المترابكة هي مادة تتكون من جزاين اساسين هما:

1. المادة الاساس والتي تقوم بربط مادة التقوية وتكون على انواع اما سيراميكية او فلزية او بولمرية, ويكون اختيارها على اساس تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية وقد تم استخدام مادة البولي استر غير المشبع ينتمي البولي استر غير المشبع إلى مجموعة البلاستيك المتصلب حرارياً (البولي فورمالدهيد - اليوريا فورمالدهيد - الفينول فورمالدهيد - الميلامين فورمالدهيد - راتجات الايبوكسي وتظهر الدراسات أن استخدامات البولي استر غير المشبع في الحياة العملية متنوعة وعديدة. فالخواص المميزة لهذه المادة جعلتها تلقى رواجاً في الكثير من

4. يتم وضع القالب النموذجي شكل (2) على منضدة مستوية ويطلق من الداخل بمادة الفازلين او (PVA)
5. يتم صب المزيج السائل على شكل سيل من احدى جوانب القالب وذلك لتجنب حدوث فقاعات هوائية في المصبوبة حيث يسيل المزيج بصورة مستمرة ومنتظمة الى كافة انحاء القالب حتى يمتلئ بالمستوى المطلوب
6. الانتظار (24) ساعة حتى تتصلب المكونات بشكل نهائي ثم اخراج العينة
7. توضع العينة في فرن التجفيف عند درجة حرارة (55)مئوي مدة ساعة واحدة لغرض اكمال البلمرة والحصول على افضل تشابك ولازالة الاجهادات المتولدة من عملية التصنيع
8. تعاد نفس العملية للعينات الاخرى حتى نحصل على (9) عينات ذات الاوزان الكسرية المطلوبة شكل (3)

9. يتم اخذ العينات المصنعة ويعمل لها عملية صقل وذلك لازالة النتوءات وجعل العينة متجانسة الشكل ولغرض فحصها بجهاز التوصيلية الحرارية (قرص لي) حيث توضع العينات ما بين قرصي الجهاز (A,B) كما في الشكل (5)

10. ويتلخص عمل الجهاز بوضع النموذج المراد قياس التوصيلية الحرارية له بين القرصين من النحاس ويتم تجهيز الحرارة بملف التسخين الموصل إلى مجهز قدرة. ويوضع الجهاز في مكان محكم الغلق لتثبيت درجة حرارة المحيط وبعد مرور فترة من الزمن يصل القرصان إلى حالة التوازن وأن اى عدم انتظام في قرص العينة (النموذج) يحد من الوصول إلى حالة التوازن. وإذا علمت درجات الحرارة للأقرص والطاقة الحرارية المارة عبر الملف يمكن حساب التوصيلية الحرارية من العلاقة الآتية :

للحركة الانتقالية للالكترونات الطليقة يتم قياس التوصيلية بمعامل لتوصيل الحراري (K) ويتم اخذ عينة دائرية ذات مقطع مسطح من معدن له مساحة سطحية (A) وسمك (Δx) درجات الحرارة لسطحين متعاكسين هي (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>) بالتعاقب. على فرض ان معدل الطاقة الحرارية او الانسياب الحراري (ΔT) / (ΔQ) ويعتمد على العوامل التالية

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} a A \quad \dots\dots (1)$$

$$a - \Delta T \quad \dots\dots \quad \dots\dots (2)$$

$$a \frac{1}{\Delta x} \quad \dots\dots \quad \dots\dots \quad \dots\dots (3)$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} a - A \frac{\Delta T}{\Delta x} \Rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -KA \frac{\Delta T}{\Delta x} (4)$$

تم صناعة المادة المتراكبة البوليمرية المقواة بدقائق النحاس والتي مادتها الاساس هي (البولي استر غير المشبع) كما يلي

1. تم وزن كمية من مادة الاساس (بولي استر غير مشبع) حسب حجم القالب المستخدم ويتم اضافة المصلد بنسبة (2%).
2. يتم وزن كمية من مادة التقوية (دقائق النحاس) وحسب الكسور الوزنية المطلوبة
3. تبدأ عملية المزج اليدوي في درجة حرارة الغرفة وتكون بصورة بطيئة ومستمرة لتجنب الارتفاع في درجات الحرارة الذي يؤدي الى حصول فقاعات والتي تسبب المسامات وتكون مدة المزج (5-10) دقائق ونتوقف لحين ملاحظة تجانس الخليط كما نلاحظ هنا ارتفاع درجة الحرارة دليل على بدء عملية التفاعل ويجب ان يكون للمكون لزوجة عملية معينة لغرض حماية الدقائق من الترسيب

$$e = \frac{VI}{\left[ a_A T_A + a_s \frac{T_A + T_B}{2} + 2a_H \frac{T_B + T_C}{2} + a_B T_B + a_C T_C \right]} K = \frac{ed_s}{2pr^2(T_B - T_A)} \left[ a_s \frac{T_A - T_B}{2} + 2a_A T_A \right]$$

ويتم حساب ( e ) من العلاقة التالية

$$e = \frac{VI}{\left[ a_A T_A + a_s \frac{T_A + T_B}{2} + 2a_H \frac{T_B + T_C}{2} + a_B T_B + a_C T_C \right]}$$

ويتم الحصول على النتائج المدرجة في  
الجدول  
رقم ( 3 )

### النتائج والمناقشة

عند قياس التوصيلية الحرارية نلاحظ  
كما في جدول رقم ( 1 ) حيث تبلغ قيمة  
التوصيلية الحرارية لعينة البولي استر بدون  
اضافة دقائق النحاس (0.17 w/mc°)، اما  
عند اضافة دقائق النحاس اليه زادت قابلية  
المادة المتراكبة على التوصيل الحراري حيث  
بلغت قيمتها (1.049 w/mc°) عند كسر  
وزني مقداره (7%) ثم تبدا التوصيلية  
الحرارية بالزيادة في قيمتها (1.06 w/mc°)  
عند استخدام كسر وزني (10%) اما عند  
كسر وزني (15%) فبلغت قيمة التوصيلية

(1w/mc°) وعند كسر وزني (20%) تبلغ  
(1.381 w/mc°) وعند استخدام كسر وزني  
(25%) تبلغ التوصيلية (1.773 w/mc°)  
وبلغت التوصيلية اعلى قيمة لها (7.269  
w/mc°) عند كسر وزني (75%) حيث تبدأ  
التوصيلية الحرارية بالزيادة في قيمتها مع  
زيادة الكسور الوزنية المستخدمة وذلك لكون  
دقائق النحاس التي تمتاز بالتوصيل الحراري  
الجيد كما موضح خواصه في جدول رقم  
(2) حيث امتلكت عينات البولي استر المدعمة  
بدقائق النحاس أعلى قيم للتوصيلية الحرارية  
بالمقارنة مع عينات البولي استر لوحده من  
غير إضافات، وهكذا كلما أزدت الكسور  
الوزنية أزدت قيم التوصيلية الحرارية كما في  
جدول رقم ( 3 ) ومن ملاحظة الأشكال

12. يتم اخراج العينة من الجهاز وادخال عينة  
ذات كسر وزني اصغر واعادة نفس الخطوات  
السابقة وبعد الانتهاء من فحص العينات يتم  
رسم العلاقة ما بين الزمن والقراءات (T<sub>A</sub> ,  
T<sub>B</sub> , T<sub>C</sub>) المسجلة من فحص العينات

### الحسابات

لغرض حساب الكسور الوزنية (W<sub>m</sub> , W<sub>p</sub>)  
لمادة التقوية ومادة الاساس على التوالي  
نطبق العلاقة التالية

$$w_p = \frac{m_p}{m_c} \% \dots\dots\dots ( 6 )$$

$$w_m = \frac{m_m}{m_c} \% \dots\dots\dots ( 7 )$$

$$w_p + w_m = 1 \dots\dots\dots ( 8 )$$

وبعد تطبيق العلاقات الرياضية الخاصة  
بالتوصيلية الحرارية وهي

$$K = \frac{ed_s}{2pr^2(T_B - T_A)} \left[ a_s \frac{T_A - T_B}{2} + 2a_A T_A \right]$$

- reinforced by Fipers&particles  
"M.Sc. , Thesis , materials Eng  
Dept, UOT, pp56,2008.
- [2].A.Apicell Et al,"Composites" , V3  
,No 4, pp (406-410) , 1982 .
- [3]. Department of Defense.  
"Composite Materials Handbook,  
metal matrix composites", PDF  
volume 4,1999.  
<http://www.google.net>
- [4]. Kadolph . S & angford .A .  
" Unsaturated polyester", 8th  
Edition, 1998.  
[http://encyclopedia.thefreedictionar  
y.com](http://encyclopedia.thefreedictionar<br/>y.com)
- [5]. " Polymer Composites with  
Enhanced Thermal Conductivity",  
PDF  
<http://www.advceramics.com>
- [6]. Hackett.M." Polymer-Matrix  
Composites", Technology Analyst,  
2007. <http://www.google.net>
- [7]. EPRI Center for Materials  
Production, "Composites",2000.  
<http://www.google.net>
- [8]. H.S.Jaufman ,"Introduction to  
polymers science &technology:SPE  
text book ", 1977.

الخاصة بالفحص المجهرى للعينات تم  
ملاحظة التوزيع المتجانس لدقائق النحاس  
داخل المادة المتراكبة وازدياد الكسور الوزنية  
بزيادة الدقائق المضافة وادى ذلك بالنتيجة الى  
زيادة التوصيل الحراري للمادة المتراكبة  
بازدياد قيم الكسور الوزنية.

#### الاستنتاجات

تم الاستنتاج من خلال ملاحظة  
الجدول (3) الخاص بنتائج فحص التوصيلية  
الحرارية ان اضافة دقائق النحاس ادت الى  
تحسين الخواص الحرارية وزيادة قيمتها للمادة  
المتراكبة البوليمرية المقواة بدقائق النحاس  
حيث كانت الزيادة في قيم التوصيلية الحرارية  
من (0.17 w/mc<sup>0</sup>) لعينات البولي استر غير  
مشبع لوحده الى قيمة (1.773w/mc<sup>0</sup>) عند  
كسر وزني (25%) وصولا لاعلى قيمة  
(7.269w/mc<sup>0</sup>) عند (75%) ولذلك لخاصية  
التوصيل الحراري الجيد التي تتمتع بها مادة  
النحاس بعكس مادة البولي استر التي تكون  
ضعيفة التوصيل الحراري بالمقارنة مع  
النحاس فعند اضافته لراتنج البولي استر غير  
المشبع ادى الى تحسين خاصية التوصيل  
الحراري للمادة المتراكبة وباستمرار زيادة  
الكسور الوزنية لمادة التقوية يتم زيادة الخاصية  
الحرارية للمادة المتراكبة وتحسين الخواص  
الحرارية لها

#### المصادر

- [1]. Hamad , Q , A ."Studying the  
mechanical & physical properties  
for polymer matrix composite

جدول (1) يبين الخواص الميكانيكية والفيزيائية لراتنج البولي استر غير المشبع

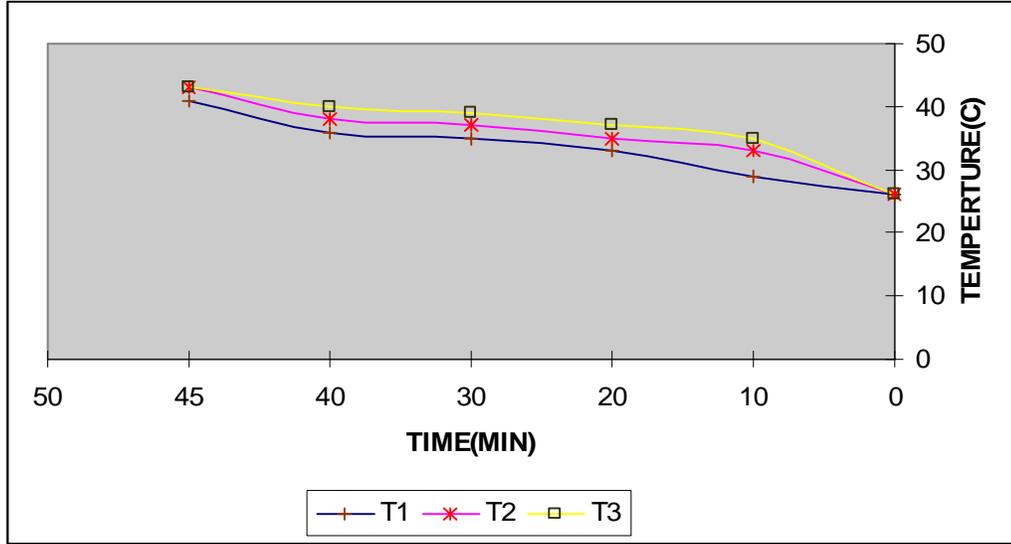
Percent Elongation (El%)	Modulus Of Elasticity Gpa	Tensile Strength Mpa	Fracture Toughness Mpa/m <sup>0.5</sup>	Specific Heat J/kg.k	Thermal Conductivity W/m.c <sup>o</sup>	Density gm/cm <sup>3</sup>
<2.6	2.06-4.41	41.4-89.7	0.6	710-920	0.17	1.2

جدول (2) يبين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للنحاس النقي

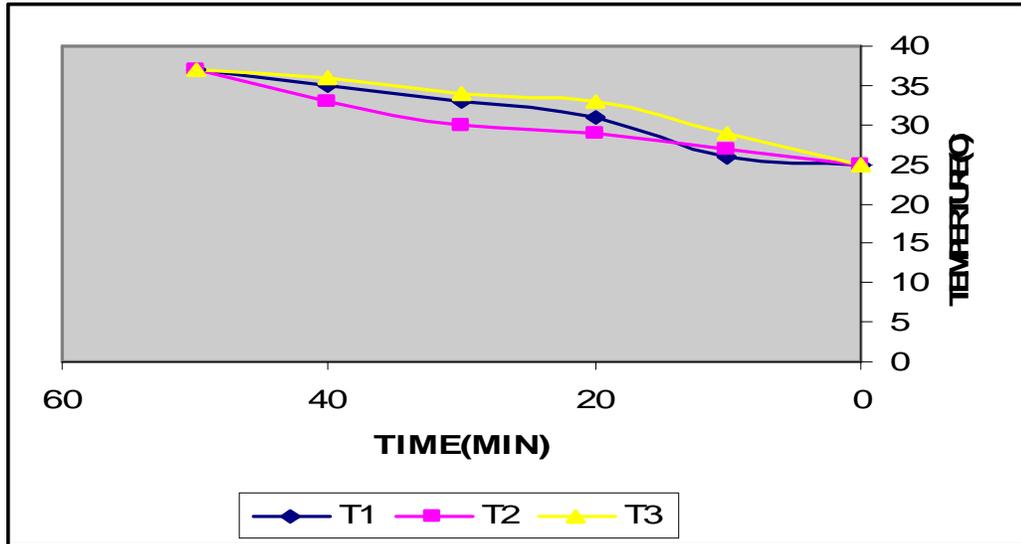
Boiling degree C <sup>o</sup>	Shear stress Gpa	Thermal Conductivity W/m.c <sup>o</sup>	Modulus Of Elasticity Mpa	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Density Gm/cm <sup>3</sup>
2562	48	401	110	220	8.90

جدول (3) يبين نتائج التوصيلية الحرارية ( k ) مع نسب الكسر لوزني ( W<sub>p</sub> % )

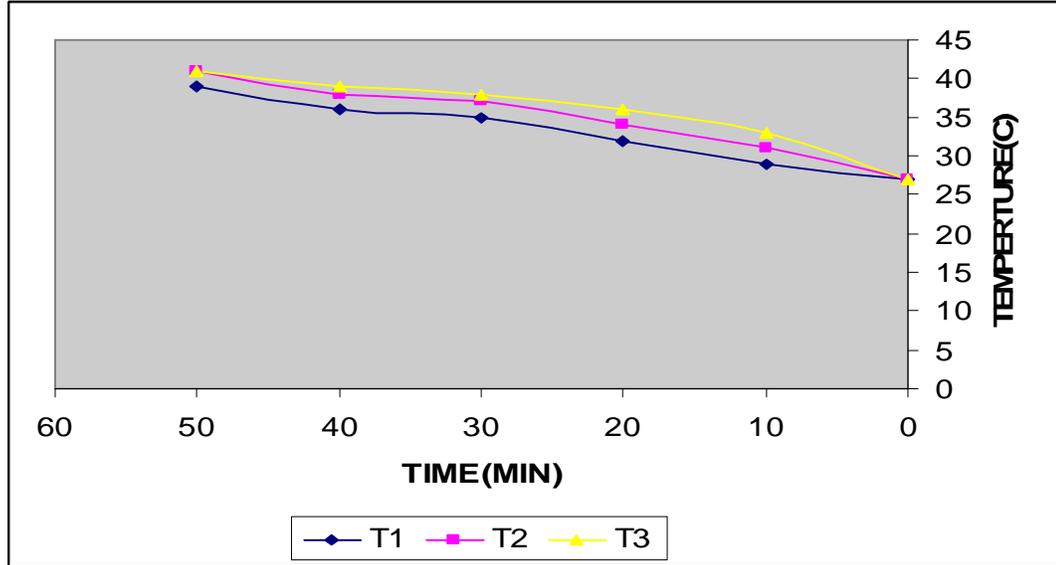
W <sub>p</sub> %	7	10	15	20	25	30	35	45	50	75
Thermal Conductivity (K) w/m.c <sup>o</sup>	1.049	1.06	1	1.381	1.773	1.838	1.998	2.328	3.57	7.27



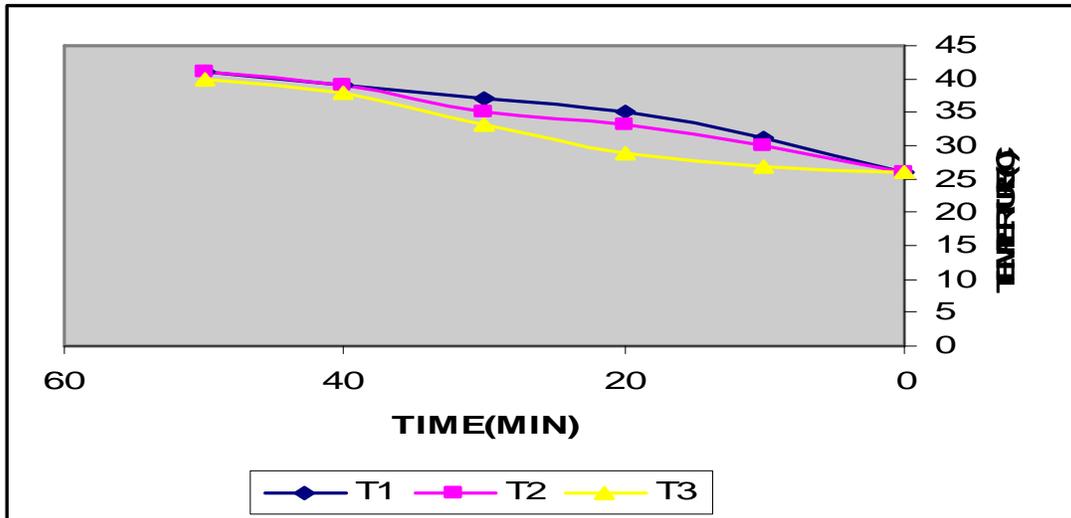
شكل (1-1) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني (Wp7%)



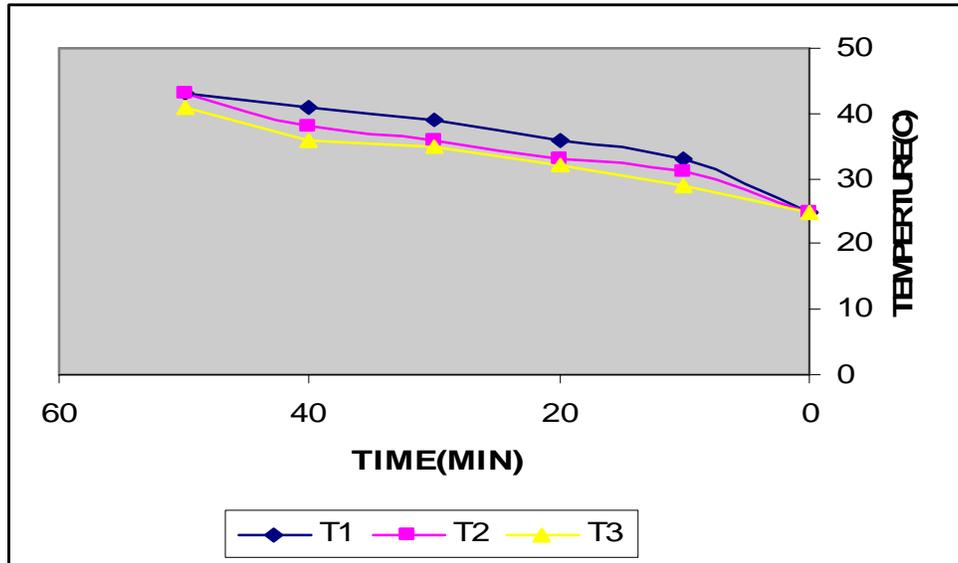
شكل (1-2) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني (Wp10%)



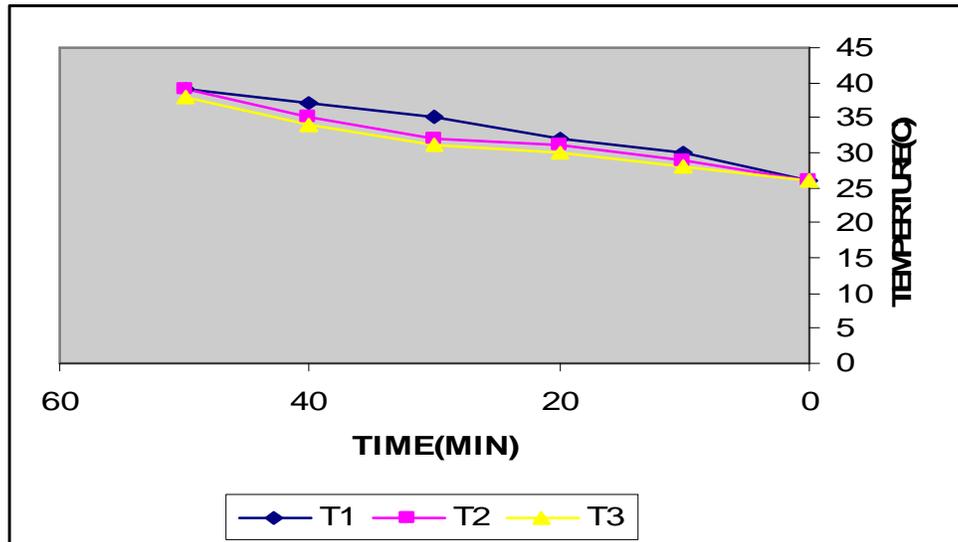
شكل (1-3) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني (Wp 15%)



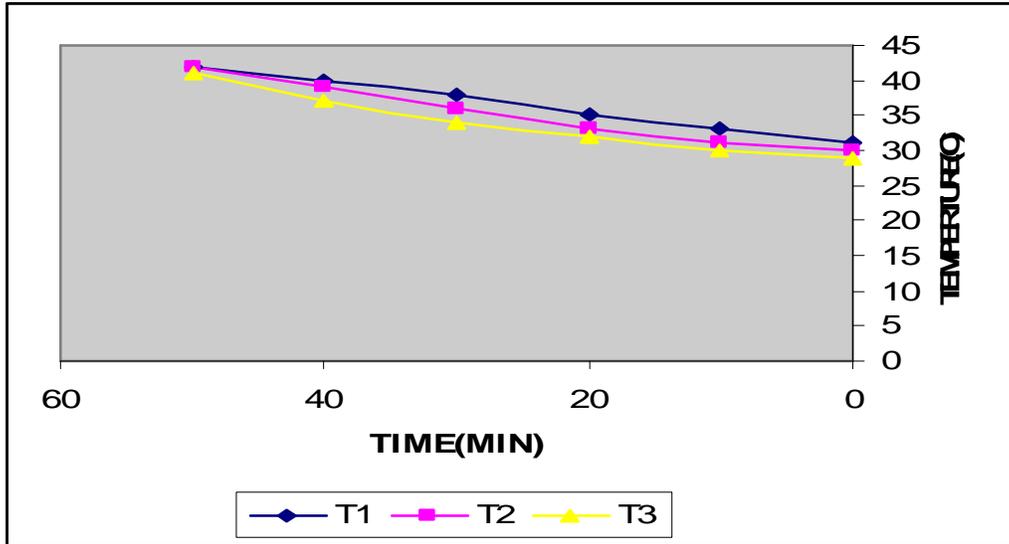
شكل (1-4) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني (Wp 20%)



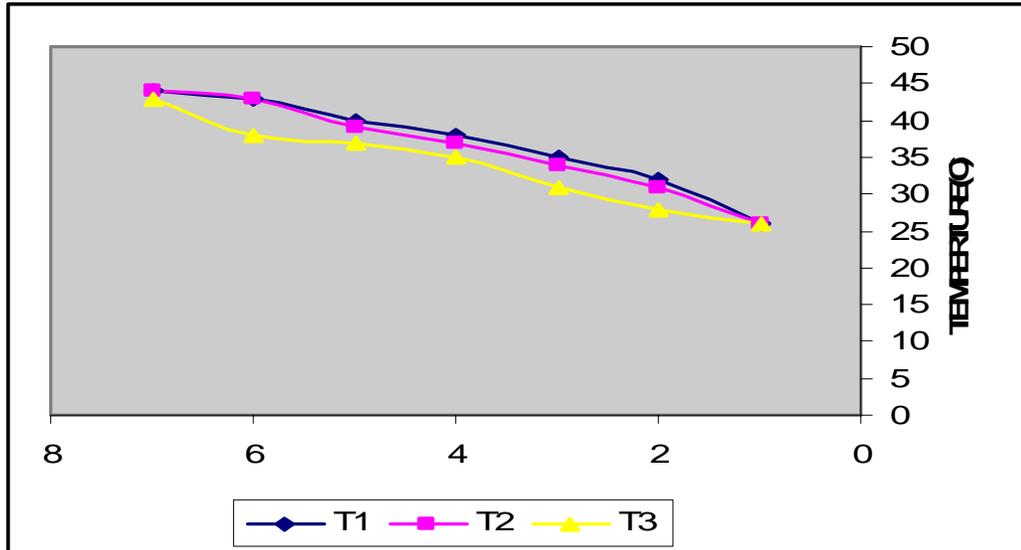
شكل (1-5) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللنكسر الوزني (Wp25%)



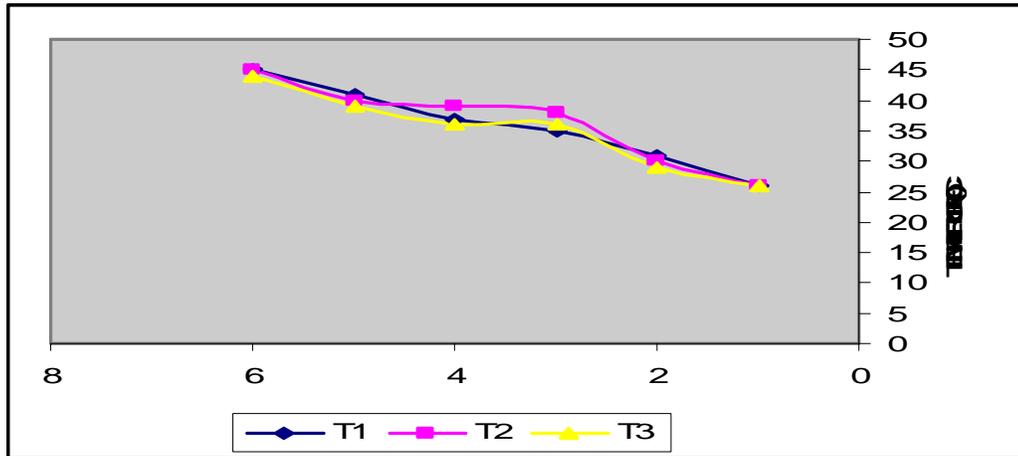
شكل (1-6) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللنكسر الوزني (Wp30%)



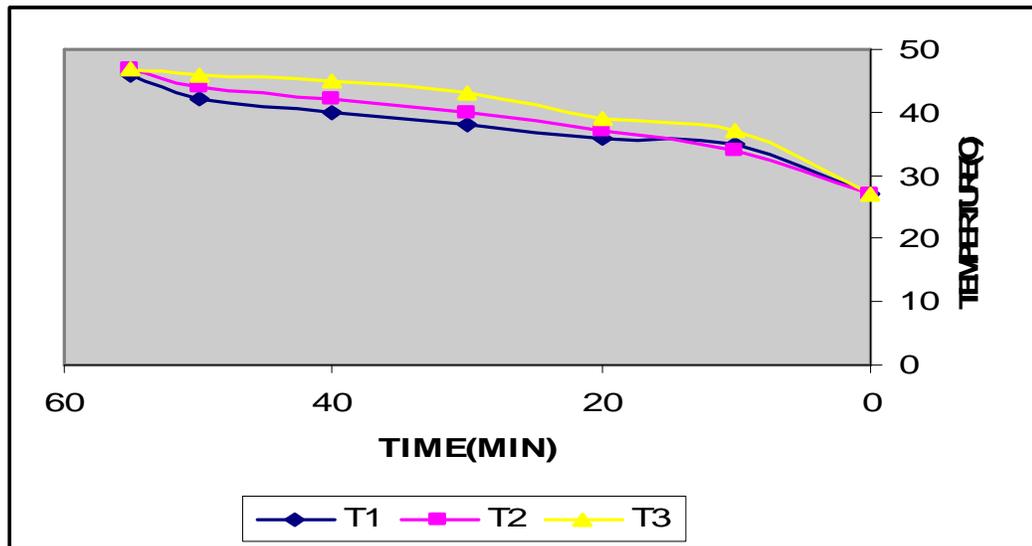
شكل (1-7) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني ( Wp35%)



شكل (1-8) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن وللکسر الوزني (Wp45%)



شكل (1-9) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) وللکسر الوزني (Wp50%)



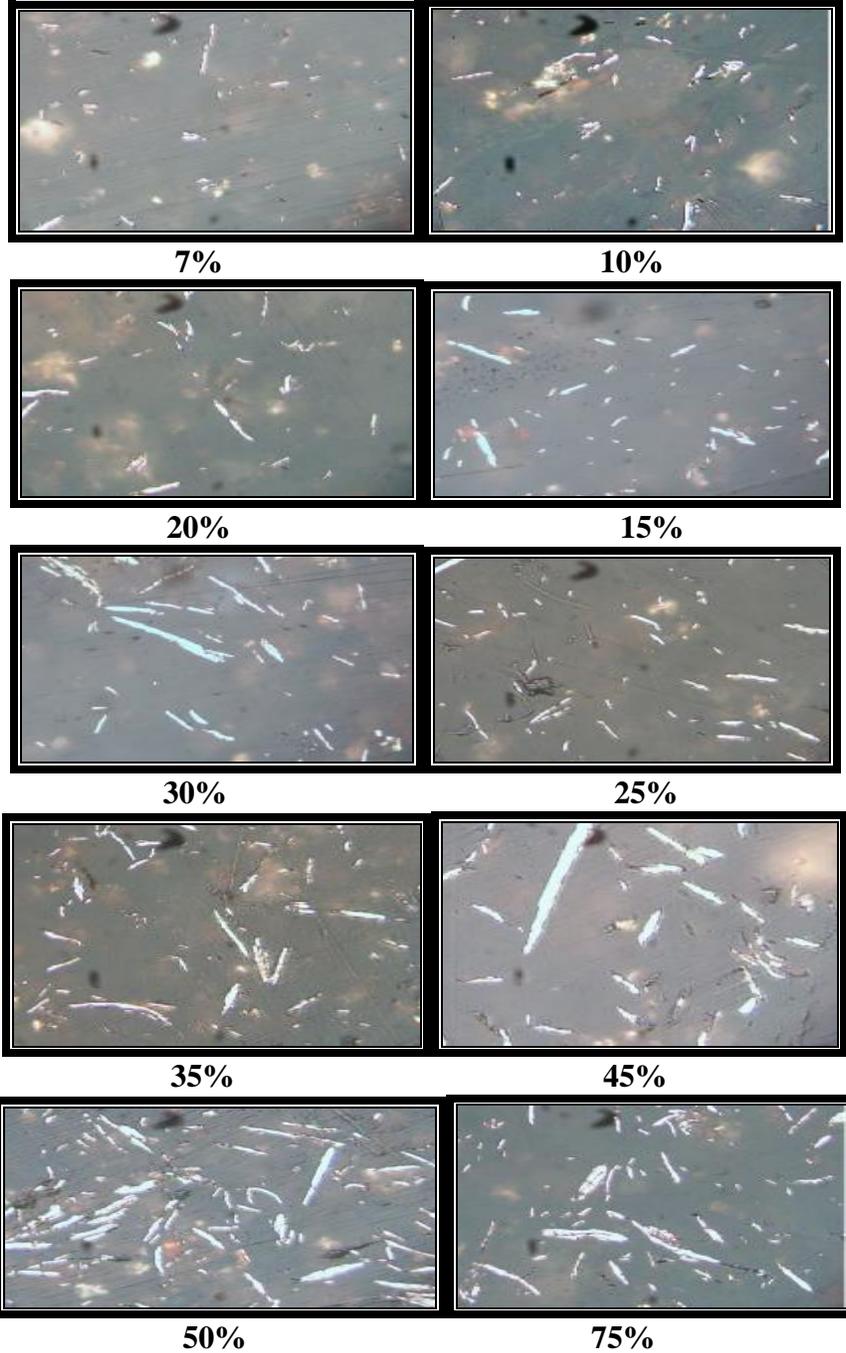
شكل (1-10) يبين العلاقة بين درجات الحرارة (T1,T2,T3) والزمن و للکسر الوزني (Wp75%)



شكل (2) بين القالب المستخدم



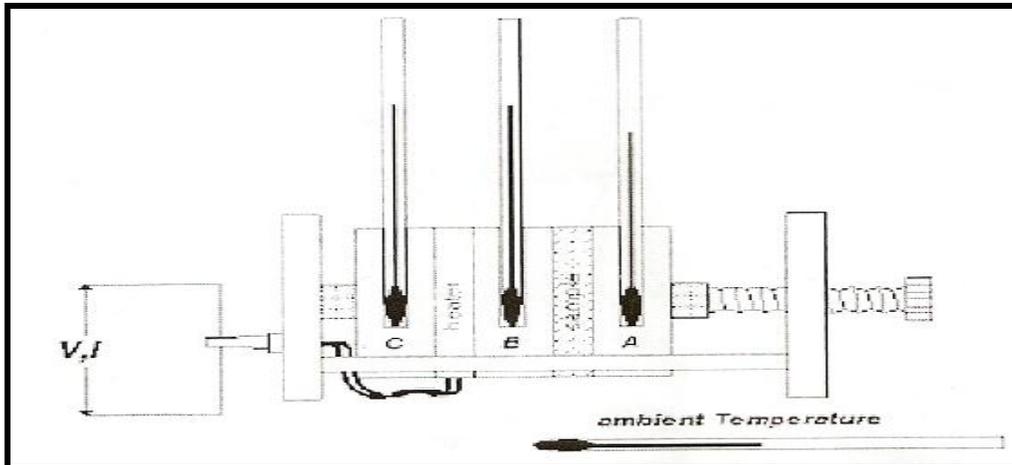
شكل (3) يبين العينات المستخدمة في البحث



شكل (4) يبين التصوير المجهرى للعينات عند تكبير 100X



شكل (5) تبين شكل جهاز التوصيلية المستخدم



شكل (6) يبين جهاز قرص لي