تأثير التقوية بنسب وزنية مختلفة من ألياف الزجاج على الخواص الميكانيكية لراتنج الفنيل أستر[+]

EFFECT OF REINFORCING BY DIFFERENT PERCENTAGE OF FIBERS ON MECHANICAL PROPERTIES OF VINYL ESTER RESIN

علي إبراهيم الموسوي [*] فائز جواد كاظم[**]

المستخلص:

يبين البحث الحالي دراسة بعض المفاهيم والخواص المهمة في تصنيع المواد المركبة المتقدمة المقواة بالألياف ، وتعد هذه المفاهيم مقدمة لبعض الخواص المهمة للمواد البولميرية المقواة بالألياف والمتعلقة بنسب مكوناتها من الألياف والمادة الأساس وبعض الخواص الميكانيكية (الشد ،الصدم ،الإنضغاط ،الإنثناء ،الصلادة وغيرها) . يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إستخدام نسب وزنية مختلفة من الألياف في التقوية على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة المكونة من راتنج الفنيل أستر المقوى بألياف الزجاج أحادية الإتجاه(٠°) نوع E- ذات كثافة سطحية ($2.6\ g/cm^3$)، وقد شملت هذه الخواص كل من مقاومة الصدم والشد والإنضغاط والإنثناء والصلادة حيث تم في البداية إستخراج الخواص الميكانيكية لراتنج الفنيل أستر قبل تقويته بالألياف بعدها تم إضافة نسب وزنية مختلفة من ألياف الزجاج إلى الراتنج (20%,40%,60%) و دراسة تأثير ذلك على الخواص المذكورة .

الكلمات الدالة : المادة المركبة ، الخواص الميكانيكية ، راتنج الفنيل أستر ، ألياف الزجاج .

Abstract:

In this proposal research , some aspects and important properties in manufacturing of advanced composite materials reinforced by fibers will be studied ,these aspects show as introduction to some important properties of polymeric composite materials reinforced by fibers related with its composition and some mechanical properties (Tension ,Impact, Compression, Flexural, Hardness, etc) .The objective of this research is to study the effect of using different reinforcement percentage of fibers on mechanical properties for composite material consist of vinyl ester resin reinforced by glass fibers(٠°) (E) type with (2.6 g/cm^3) density which included impact , tensile, compression , flexural strength , and hardness where we extracted the mechanical properties for vinyl ester resin before reinforced by fibers, then we reinforced the resin by different weight percentage from glass Fibers(20%,40%,60%) and studied its effect on the above mechanical properties .

Keywords:-Composite Material , Mechanical Properties, vinyl ester Resin , glass Fibers .

المقدمة :

تم تطوير المواد المركبة المتقدمة (*Advanced Composite Materials*) المقواة بالألياف للتطبيقات التي تحتاج الجمع الإستثنائي بين المقاومة ، الجساءة ، والوزن الخفيف . إن الهدف الرئيسي من التقوية بالألياف هو لتحسين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للراتنجات حيث تزداد مقاومة الشد والصدمة والصلادة بشكل كبير مما يسمح بإستخدام

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٩/١٠/١ ، تاريخ قبول النشر ٢٠١٠/٧/٢٩ .

[*] مدرس / المعهد التقني /بابل

[**] مدرس مساعد / المعهد التقني /بابل

هذه المواد المقواة في مجالات صناعية أوسع وتحت ظروف أقسى . في هذا النوع من المواد المركبة تتجاوز نسبة الألياف (٥٠%) كنسبة وزنية ومعامل المرونة عادة أعلى من (16×10^6 *psi*)[1] . إن الألياف في هذا النوع من المواد المركبة هي المسؤول الرئيسي عن تحمل الأحمال الخارجية ، ومن أكثر أنواع الألياف شيوعاً في مجال المواد المركبة المتقدمة هي ألياف الزجاج والكاربون وألياف كيفلار [1] .

إن الإستخدام العام للمادة المركبة يعتمد 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 [2] هنالك أربعة أنواع من المواد المركبة المتقدمة والمدرجة أدناه [3] :

١- المواد المركبة راتنجية الأرضية (*Resin-Matrix Composites*) : تستخدم عادة ألياف ذات مقاومة عالية ومعامل مرونة عالي مثل ألياف الكاربون ، كيفلار ، أو البورون ، إضافة إلى إمكانية إستخدامها إلى درجة(315 ºC).

٢- المواد المركبة معدنية الأرضية (*Metal-Matrix Composites*) : يمكن إستخدامها في درجات حرارة عالية (1250 ºC) حيث الظروف المطلوبة هي المقاومة العالية مقرونة مع المطيلية والمتانة .

٣- المواد المركبة كاربون- كاربون (*Carbon-Carbon Composites*) : وهي تتضمن ألياف كاربونية مطمورة في أرضية من الكاربون . تتحمل هذه المواد درجات حرارية عالية تصل إلى(3300 ºC) مع مقاومة أعلى بعشرين مرة من الكرافيت التقليدي وأقل كثافة بنسبة (٣٠%) .

٤- المواد المركبة السيراميكية (*Ceramic Composites*) : تتصف هذه المواد بالوزن الخفيف ومقاومة درجات الحرارة العالية وإستقرارية في الأبعاد وعدم تأثرها بالظروف البيئية .

<u>خواص المواد المركبة:</u>

تعتمد الإستخدامات العامة والهندسية للمواد المركبة إلى حد بعيد على خواصها الميكانيكية والفيزيائية مثل مقاومة الشد والمرونة وقابلية المادة للإستطالة ومقاومتها للحرارة والظروف البيئية مثل الرطوبة وأشعة الشمس وغيرها من الخواص التطبيقية الأُخرى . إن جميع هذه الخواص تعتمد كثيراً على التركيب الجزيئي للراتنج وعلى وزنه الجزيئي وعلى القوى الجزيئية [4] كما تعتمد هذه الخواص إلى حد كبير على مواد التقوية وعلى المواد المضافة مثل الحشوات والملدنات . ومن الخواص التي تمت دراستها ما يأتي :

١- مقاومة الصدم (Impact Strength) .

تُعبر مقاومة الصدم عن قدرة المادة لمقاومة الكسر تحت تأثير حمل مفاجئ ، كما تعتبر مقياساً لمتانة المادة حيث المواد الأكثر متانة هي التي تبدي أعلى مقاومة للصدمة [5].

٢- مقاومة الشد (Tensile Strength) .

تعتبر مقاومة الشد مقياساً لقابلية المادة على مقاومة القوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها . تتكون المواد المركبة الليفية من ألياف قوية هشة مغمورة في المادة الأساس التي تتصف بكونها أكثر مطيلية [6] .

٣- مقاومة الإنضغاط (Compressive Strength) .

تبين هذه المقاومة مدى تحمل المادة عند تعرضها إلى حمل إنضغاط ساكن قبل أن تتكسر ، وتقاس عادة بوحدات (MPa) والقيم العالية تُشير إلى كبر قوى التماسك بين جزيئات المادة [7] .

٤- مقاومة الإنثناء (Flexural Strength) .

وتعتبر هذه الخاصية مقياساً لمقاومة الإنحناء ، ويمكن تعرفها على إنها أقصى حمل ساكن يمكن تسليطه على نمـــوذج الإختبار قبل أن يخضع أو ينكسر وتقاس بوحدات (MPa) [1] .

٥- الصلادة (Hardness) .

تُعَرف الصلادة على إنها مقاومة المادة للخدش أو الإختراق ، وهنالك عِدة مقاييس عالمية مختلفة لتعيين صلادة المـــواد اللدائنية وأكثرها شيوعاً صلادة برينل وصلادة روكويل [1] .

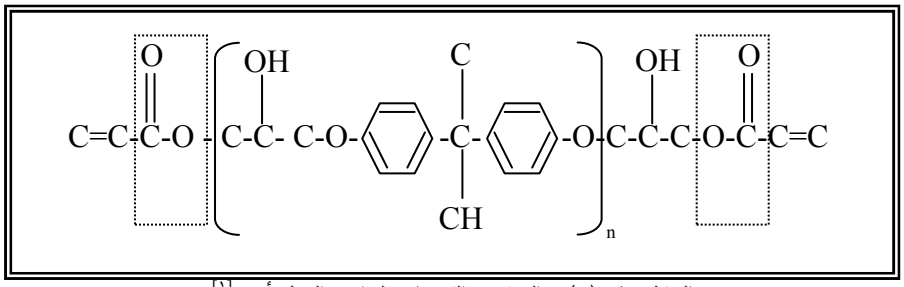
الجزء العملي:

يتضمن الجزء العملي تحضير المواد الأولية وكيفية تحضيرها إضافة إلى الإختبارات الميكانيكية التي تم إجراءها على المادة المركبة .

أولاً- المواد المستخدمة في البحث .

تم في هذا البحث إستخدام المواد التالية والتي تم تصنيع النماذج منها وهي :

1- راتنج الفنيل أستر (Vinyl Ester Resin) : تم إستخدام راتنج الفنيل أستر نوع (Deraken 510-a40) ذو كثافة ($1.21g/cm^3$) والشكل رقم (١) يوضح تركيبه الكيميائي.



الشكل رقم (١) : التركيب الكيميائي لراتنج الفنيل أستر[١]

2- ألياف الزجاج (Glass Fibers) : تم إستخدام ألياف الزجاج بشكل ظفائر محاكة أحادية الإتجاه (٠°) نـــوع – E ذات كثافة سطحية ($2.6g/cm^3$) .

ثانياُ- تحضير النماذج (Test Specimens Preparation) .

تم في هذا البحث تصنيع أربعة أنواع من النماذج خاصة بالإختبارات التي تم إجراءها وهي :

١- **نماذج إختبار الصدم** : تم تصنيع نماذج إختبار الصدم حسب المواصفات القياسية (ASTM-E23) ، عمق الحـــز في النماذج (0.5 mm) ونصف قطر قاعدة الحز(0.25 mm) وبزاوية حز مقدارها (٤٥°) .

٢- **نماذج إختبار مقاومة الشد:** تم إعتماد المواصفة القياسية (ISO-R-527) في تصنيع نماذج إختبار مقاومة الشد.

٣- **نماذج إختبار مقاومة الإنضغاط** : تم تصنيع نماذج إختبار مقاومة الإنضغاط حسب المواصـــفة(ASTM-D618) وهي بشكل منشور رباعي .

٤- **نماذج إختبار مقاومة الإنثناء** : أُعتمدت المواصفة القياسية (ASTM D790) في تصنيع نماذج الإختبار والتـــي كانت على شكل نماذج مستطيلة بأبعاد (10mm×135mm) .

٥- نماذج إختبار الصلادة : تم تصنيع نماذج إختبار الصلادة على شكل أقراص دائرية بقطر (25 mm) وسمك (10 mm) .

تم إضافة نسب وزنية مختلفة من ألياف الزجاج(20%,40%,60%) لتصنيع نماذج الإختبارات أعلاه وبواقع ثلاث نماذج لكل نسبة وزنية وأخذ معدل القراءات لتقليص الإنحراف الحاصل في النتائج إن وجد .

ثالثاً – الإختبارات الميكانيكية (Mechanical Tests) .

تم في هذا البحث إستخدام خمسة إختبارات ميكانيكية للتعرُف على خواص المادة المركبة ، وهذه الإختبارات هي :

١- إختبار مقاومة الشد (Tensile Test) : أُستخدم هذا الإختبار لمعرفة خواص المادة المركبة تحت تأثير حِمل شد محوري بإتجاه واحد ، حيث تم إستخدام جهاز الإختبارات العام والمجهز من شركة (ZheJinang TuGong Instrument Co., Ltd) الصينية في قياس هذه الخاصية بحِمل (20 KN) .

٢- إختبار مقاومة الإنضغاط (Compression Strength Test) : إستخدم مكبس هيدروليكي نوع (Leybold Harris No.36110) لتعيين أقصى حمل إنضغاط يتحمله النموذج وبقسمة هذا الحمل على مساحة مقطع النموذج قبل التشوه تم إحتساب مقاومة الإنضغاط للنماذج كافة .

٣- ومقاومة الإنثناء (Flexural Strength Test) : تم قياس مقاومة الإنثناء بطريقة الإختبار ثلاثي النقاط ويتم ذلك بإستخدام مكبس هيدروليكي متعدد الأغراض نوع (Leybold Harris No.36110) لقياس أقصى حمل مسلط على منتصف نموذج الإختبار .

٤- إختبار الصدم (Impact Test) أُستخدم جهاز فحص مقاومة الصدم نوع شاربي (Charpy Impact Instrument) للتعرُف على مدى مقاومة المادة المركبة لحِمل الصدم .

٥- إختبار الصلادة (Hardness Test) : تم إستخدام طريقة برينل (Brinell Hardness) لحساب صلادة المادة المركبة ، حيث أُستخدمت كرة فولاذية بقطر (5 mm) مع تسليط حِمل مقداره (10 Kg) لمدة (15 sec) وبعد زوال القوة المؤثرة يتم قياس قُطر الأثر الناتج على السطح .الجهاز المستخدم في القياس مجهز من قبل شركة (Uali Test Company) الصينية .

<u>النتائج والمناقشة:</u>

الشكل رقم (٢) يوضح قيم مقاومة الصدم مع نسبة التقوية بالألياف ، حيث يلاحظ إنخفاض مقاومة الصدم لراتنج الفنيل أستر نظراً لهشاشته ولكن هذه المقاومة تبدأ بالزيادة بعد تقويته بألياف الزجاج نتيجة لكون الألياف سوف تتحمل الجزء الأكبر من طاقة الصدم المسلطة على المادة المركبة مما يُحسن هذه المقاومة. وهكذا تزداد مقاومة الصدم مع زيادة نسبة التقوية بالألياف إلى(٤٠%) و (٦٠%) وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث (Ali I.Al-Mosawi) [8] بأن زيادة محتوى الألياف يرفع مقاومة الصدم .

الشكل رقم (٣) يمثل مقاومة الشد للمادة المركبة حيث تكون قيمة هذه المقاومة منخفضة جداً لراتنج الفنيل أستر بسبب كونه من المواد الهشة ولكن عند إضافة الألياف إلى هذه المادة تتحسن مقاومته للشد بصورة كبيرة حيث إن الجزء الأعظم من الجهد المسلط تتحمله الألياف مما يرفع مقاومة الشد للمادة المركبة وذلك لأن الألياف تتميز بمطيليتها

المنخفضة . وتزداد مقاومة الشد بزيادة نسبة الألياف المضافة حيث تشغِل الألياف حيز أكبر داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع الحِمل المسلط عليها بشكل أفضل وهو يتفق مع النتائج التي توصل إليها الباحثين (Abbas A. Al-Jeebory, Ali I.Al-Mosawi, Sajed A. Abdul Allah) [9] في كون إرتفاع قيمة مقاومة الشد بإضافة الألياف إلى راتنج الفنيل أستر .

الشكل رقم (٤) الذي يمثل إختبار مقاومة الإنضغاط للمادة المركبة حيث يلاحظ منه إرتفاع قيم مقاومة الإنضغاط للمادة المركبة الناتجة من التقوية بألياف الزجاج عما كانت عليه لراتنج الفنيل أستر ، حيث مقاومة الإنضغاط ترتفع بشكل حاد عند التسليح بألياف الزجاج نظراً لتوزيع الحِمل على الألياف وكذلك كفاءة الربط بين المادة الأساس وألياف التقوية مما ويرفع قيم مقاومة الإنضغاط . وتزداد مقاومة المادة المركبة للإنضغاط مع زيادة نسبة الألياف المضافة لنفس السبب المذكور أعلاه وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها الباحثين Abbas A. Al-Jeebory, Ali I.Al-Mosawi,) (Samara A. Al-Qurashi [10] في تحسن مقاومة الإنضغاط لراتنج الفنيل أستر مع إضافة الألياف وزيادة محتواها.

الشكل رقم (٥) الذي يمثل إختبار مقاومة الإنثناء لراتنج الفنيل أستر المقوى بألياف الزجاج حيث تكون قيمة مقاومة الإنثناء منخفضة قبل التقوية بالألياف ، ولكن هذه المقاومة تبدأ بالإرتفاع لهذا الراتنج بعد تقويته بألياف الزجاج ويعود السبب في ذلك إلى إرتفاع معامل مرونة هذه الألياف مما يؤدي إلى تحملها إلى الجزء الأكبر من الحمل المسلط على المادة المركبة مما يؤدي بدوره إلى زيادة مقاومة الإنثناء لهذه المادة المدعمة بالألياف . وتزداد هذه المقاومة مع زيادة نسبة التقوية بالألياف وهو يتفق أيضاً مع النتائج التي تم التوصل إليها من قبل الباحثين-Abbas A. Al Jeebory,) (Ali I.Al-Mosawi, Samara A. Al-Qurashi [10] .

الشكل رقم (6) يمثل إختبار الصلادة للراتنج قبل وبعد التقوية بالألياف حيث نلاحظ من تدني قيمة صلادة راتنج الفنيل أستر قبل التقوية بالألياف ، إلا إن قيمة الصلادة ترتفع بشكل حاد عند التسليح بألياف الزجاج نظراً لتوزيع الحِمل على الألياف مما يقلل معدل الإختراق لسطح المادة المركبة ويرفع قيم صلادتها . وتزداد صلادة المادة المركبة مع زيادة نسبة الألياف المضافة لنفس السبب المذكور أعلاه وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث (Ali Hoby Halem) [11] من زيادة الصلادة مع إضافة الألياف إلى الفنيل أستر .

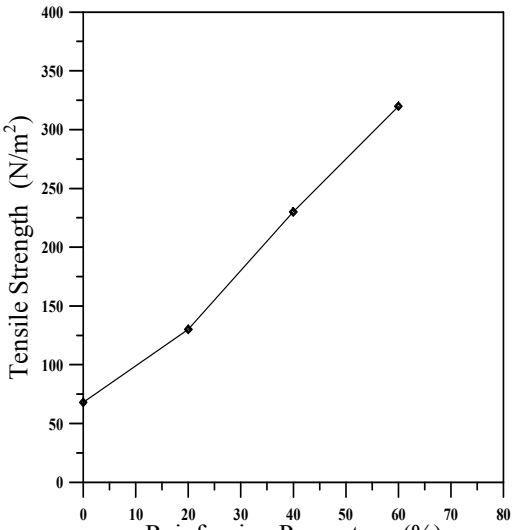
<u>الإستنتاجات:</u>

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يمكن الخروج بالإستنتاجات التالية :

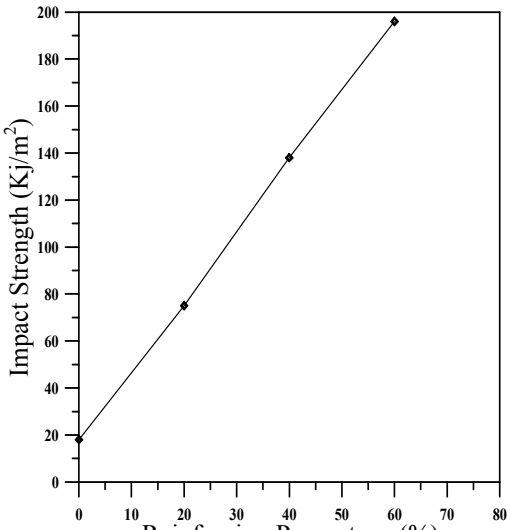
١- إنخفاض قيم الخواص الميكانيكية لراتنج الفنيل أستر كونه من المواد الهشة .

٢- تحسُن قيم هذه الخواص الميكانيكية لراتنج الفنيل أستر بعد تقويته بألياف الزجاج أحادية الإتجاه لأن الحِمل الأكبر المسلط على المادة المركبة الناتجة سوف تتحمله الألياف .

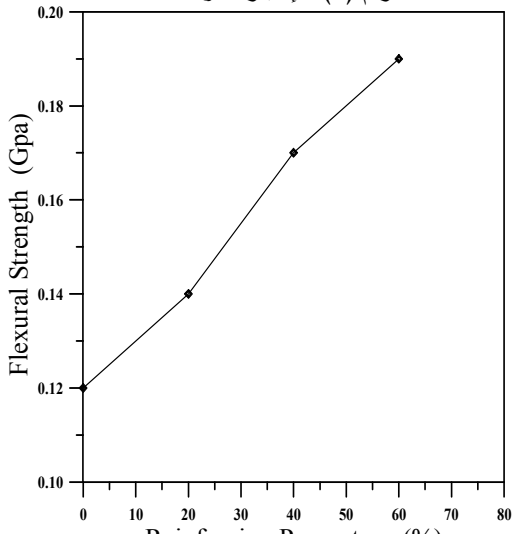
٣- تزداد قيم الخواص الميكانيكية مع زيادة نسبة الألياف المضافة .



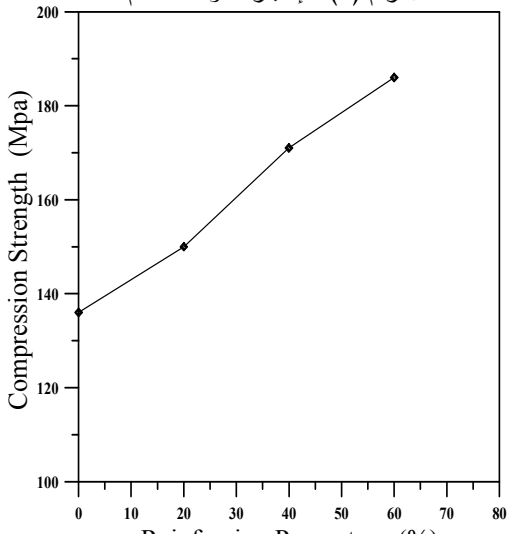
الشكل رقم (٣) : إختبار مقاومة الشد



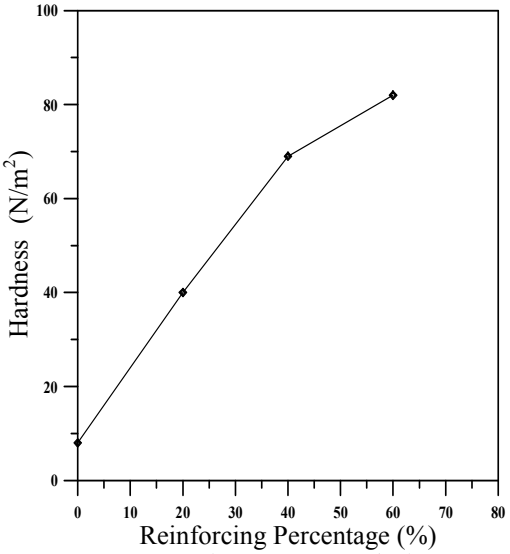
الشكل رقم (٢) : إختبار مقاومة الصدم



الشكل رقم (٥): إختبار مقاومة



الشكل رقم (٤) : إختبار مقاومة الإنضغاط



الشكل رقم (٦): إختبار الصلادة

المصادر :

1- P. Vincenzini and M. Singh "*Advanced Inorganic Fibrous Composites V* " , TransTech Publications, 2006

2- P.K. Mallick "*Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design*", 3rd Edition , CRC Press, 2007.

3- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , 10th Edition , john Wiley & Sons , 2008 .

٤- US Industry Forecasts to 2011 and 2016 "*Glass Fibers*", Freedonia , 2007.

5- B.A.Azhdar "*Impact Fracture Toughness of Fiber Reinforced Epoxy Resin*" ,M.SC Thesis ,U.O.T ,1992 .

6- N.G.McCrum, C.P.Buckley and C.B.Bucknal "*Principal of Polymer Engineering*" , Second Edition , Oxford University Press , 1997 .

7-***e***funda Engineering Fundamentals "*Polymer Material Properties*" ,2001. (www.efunda.com).

8-Ali I.Al-Mosawi "Study *of Some Mechanical Properties for Polymeric Composite Material Reinforced by Fibers* " , *Al-Qadessiyah Journal For Engineering Science* , Vol 2 , No 1 , 2009 . pp.14 – 24 .

9- Dr. Abbas A. Al-Jeebory, Ali I.Al-Mosawi, Sajed A. Abdul Allah "Effect *of Percentage of Fibers Reinforcement on Thermal and Mechanical Properties for Polymeric Composite Material* " , *The Iraqi- Journal for mechanical and materials Engineering* ,Special Issue, First Conference of Engineering College , Babylon University ,17-18 May, 2009 , pp.70 – 82 .

10- Dr. Abbas A. Al-Jeebory, Ali I.Al-Mosawi, Samara A. Al-Qurashi "*Difference Fibers Reinforcement percentage and its Effect on Mechanical Properties of Thermosetting Resins*" , *Al-Qadessiyah Journal For Engineering Science* ,Special Issue, second Conference of Engineering College , Al-Qadessiyah University ,19-20 October , 2009.

11-Halem, Ali Hoby " *Improvement Properties of Reinforced Plastic Materials* ", M.SC Thesis , Engineering College , Babylon University , Iraq,1999.