

تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية لراتنج البولي استر غير المشبع باضافة الياف السيزال

انوار محمود احمد حسين
كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الكيمياء جامعة
الموصل

ابتهاج زكي سليمان ال حليم
كلية التربية للبنات قسم الكيمياء جامعة الموصل

(قدم للنشر في ١٦ / ١١ / ٢٠٢٢ قبل للنشر في ٢٤ / ١ / ٢٠٢٣)

الخلاصة:

في هذا البحث، تم تحضير المركبات البوليمرية من البولي استر غير المشبع كمادة أساس مع الياف السيزال بنسب وزنية مختلفة (١٪، ٢٪، ٣٪، ٤٪، ٥٪) كمادة تقوية. وبعد مقارنة البولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم للمركبات المحضرة وجد ان هنالك زيادة في قيم الخواص الميكانيكية (مقاومة الصلادة والانضغاطية والشد والصدمة). وبعد عملية التقوية بالبولي استر غير المشبع عند درجة حرارة ٢٥٥م ووجد ان النسبة الوزنية التي تزداد فيها الخواص الميكانيكية هي ٤٪ وعند المعالجة عند الدرجات الحرارية (٨،٥٥) م⁰ وجد ان قوة الصلادة، والانضغاطية والمرونة تقل عند المعالجة الحرارية عند (٨،٥٥) م⁰ ولكن مقاومة الصدمة تزداد عند ارتفاع درجات الحرارة وتنخفض عند درجة الحرارة المنخفضة.

كما وجد ان الموصلية الحرارية انخفضت عند جميع درجات الحرارة (٨،٥٥) م⁰، مما يدل على أن المركبات البوليمرية المكونة من راتنجات البولي استر غير المشبع المقواة باللياف السيزال هي عوازل حرارية جيدة

الكلمات المفتاحية: بولي استر غير مشبع ، الياف السيزال، قوة الصلادة، قوة الانضغاط ، قوة الصدمة ، التوصيل الحراري

Improving Mechanical and Thermal Properties for Unsaturated Polyester Resin by Adding Sisal Fibers

Anwar M. Ahmed

Department of Chemistry,
Education College of pure science,
University of Mosul Mosul, Iraq.

Ebtahag Z. Sulyman

Department of Chemistry, College
of Education for Girls, University
of Mosul, Mosul, Iraq.

Abstract

In this paper, polymeric compounds were prepared from unsaturated polyester as a base material with sisal fibres with different weight percentages (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) as a reinforcing material. After comparing the unsaturated polyester before and after reinforcement of the prepared compounds, it was found that there is an increase in the values of mechanical properties (Hardness strength, Compressive strength, Tensile strength, Impact strength) when reinforced by weight (4%) at room temperature; however, when treated at temperatures (8.55) °C, it was found that the hardness, compressive and tensile strength decrease when heat treatment is at (8.55) °C, the impact strength increases at higher temperatures and decreases at lower temperatures. It was also found that the thermal conductivity decreased at all temperatures (8.55)°C, which indicates that the polymeric composites consisting of unsaturated polyester resin reinforced with Nylon 66 are good heat insulators.

Key words : unsaturated polyester resin, sisal fibers, Hardness strength, Compressive strength, Impact strength, Thermal conductivity

المقدمة:

نتيجة للبحث العلمي ظهرت الحاجة الى مواد بوليمرية ذات مواصفات معينة لا يمكن الحصول عليها من نوع واحد. لهذا ظهرت العديد من المحاولات في مزج نوعين او أكثر من المواد ليتم الحصول على مواد بوليمرية بالمواصفات الصناعية المرغوبة(الفياض ، فرج حيدر عبد واخرون٢٠١٦).

هي المواد المترابطة مواد غير متجانسة تتكون من مادتين مختلفتين غير قابلتين للامتزاج، ان الغاية منها الحصول على خصائص عالية لا يمكن الحصول عليها باستخدام المواد التقليدية. فتمتلك العديد من المميزات: خفة الوزن، العزل الحراري والكهربائي، المقاومة الميكانيكية والكيميائية، ومرونة التصميم وغيرها من الصفات(اسية مداح، بو عزيز امينة،٢٠١٩).

درس الباحثون (Bheel, N.; Memon, et.al., 2020) التحقق التجريبي للخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة المسلحة بالألياف السيزال، واقد أظهرت الدراسة بقوة شد جيدة حيث تمت إضافة الياف السيزال بنسب وزنية مختلفة من وزن السمنت فالخصائص الفيزيائية المقاسة هي قابلية التشغيل وامتصاص الماء والكثافة، بينما الخواص الميكانيكية التي تدرس هي قوة الضغط وقوة الشد والمعامل الثابت للمرونة، تمت المقارنة بين القيم المحسوبة لمرونة الخرسانة بألياف السيزال مع القيم المتوقعة في بعض التصاميم الشائعة تبين من الدراسة ان الياف السيزال يمكن ان تعزز مقاومة الشد المنقسمة ومعامل يونك للخرسانة ولكن لا يمكنها تحسين قابليتها للتشغيل وامتصاص الماء وقوة الانضغاط.

درس الباحثون (Nurazzi, N. Mohod et. al., 2019) الخواص الميكانيكية لغزل نخيل السكر مع مركبات البولي استر غير المشبع والمقواة بألياف الزجاج وتأثير تحمل الالياف والمعالجة القلوية تبين عند دمج خيوط النخيل السكر والياف الزجاج بنسب وزنية ٥٠:٥٠ مع البولي استر لوحظ زيادة في الخصائص الميكانيكية،

درست الباحثة(الراوي، رؤى عصام إبراهيم، ٢٠١٩) بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكب الالايوكسي المدعم ببعض الالاياف (الياف الزجاج، الياف الكربون) اثبتت الباحثة عند زيادة النسب الوزنية

للألياف الكربون والألياف الزجاج ولأحظت أيضا ان مترابك الايبوكسي الحاوي على الياف الزجاج هي الافضل بالمقارنة بالمتراكبات الحاوية على الياف الكربون

ودرس الباحث (Chakraborty H and Bhowmik N., ٢٠١٨) المركبات البوليميرية من البولي استر المقواة بألياف نسيج الزجاج واطهرت النتائج اثار إيجابية في تحسين الخواص الميكانيكية.

ودرس الباحث (Zewdie Alemayhu,etal, 2020) من خلال بحثه التحقق التجريبي لخصائص الياف السيزال كمواد مركبة لتطبيقات جسم المركبات الخفيفة. من خلال الدراسة وجد ان مركب الياف السيزال هو بديل جيد للوزن الخفيف للمواد التقليدية في تطبيقات جسم السيارة ولوحظ ان الاتجاهات المختلفة للألياف أظهرت خصائص ميكانيكية محسنة لمادة الياف السيزال المركبة.

اما الباحث (النوري، العايب ٢٠٢١) المواد المركبة ذات مصفوفة مقواه بألياف اللوفا والمادة الأساس هو البولي استر غير مشبع من اجل تحسين الخصائص الميكانيكية لهذا المركب بعد معالجة الالياف بهيدروكسيد الصوديوم وبرمكانات البوتاسيوم وماء الجافيل والسيلان بنسب وزنيه مختلفة من خلال النتائج تبين هنالك زيادة في معامل التبلور لألياف اللوفا المعالجة، وكذلك الخصائص الميكانيكية للمركب المحضر بألياف المعالجة مقارنة بالمركبات المحضرة بألياف غير معالجة.

الجزء العملي

أولاً-المواد المستخدمة في البحث

١-المادة الأساس

البولي استر غير المشبع وهو تركي المنشاء وذو كثافته (١.١٧) غرام / سنتمتر والذي يحتوي عتي نوعين من المواد التي تساعد على التصلب وهو بيروكسيد اثيل مثل كيتون (كبادئ لعملية البلمرة وهو سائل عديم اللون والمادة الثانية هي وكتوات القصدير (قصدير _٢_ اثيل هكسانول) وهو معجل لتفكك البادئ وهو سائل زيتي القوام ذو لون أرجواني. حيث يضاف المصلدالي البولي استر غير مشبع بنسبه (٢:١٠٠) حيث يمكن الحصول على عينات مناسبة للقولبة اليدوية عند درجة حرارة الغرفة.

٢- مادة التدعيم

استعملت مواد التدعيم في البحث الياف السيزال التي تم تجهيزها من الأسواق المحلية. حيث يستخرج السيزال من أوراق نبات السيزال (*Agave sisalaha*) الذي يزرع في الدول الاستوائية بأفريقيا وفي الهند.

تعتبر الياف السيزال واحدة من التعزيزات الواعدة التي توفر قوة ميكانيكية معززة للمركبات لأنها منخفضة التكلفة. ومتوفرة بكثرة. وذات كثافة منخفضة. وخفيفة الوزن. وقوية. وغير سامة حيث استخدمت من قبل

البشر منذ القدم. وايضا لها قابلية على التحلل البيولوجي كما في الشكل (١) (Arumugaprabu)

(Veerasingam.et.at.2021)

معظم الياف السيزال تستعمل للأغراض الصناعية كصنع الحبال والخيوط السمكية وحشوات الأثاث المنجدة لكي يقوم مقام شعر الحصان. كما يستخدم في صنع الفرش الخشنة التي تكون رخيصة وأحيانا تمزج اليافه مع القنب لكي تصنع منها الحبال الا ان هذه الحبال لا يستعملوها للسفن لأنها تتسخ بالماء المالح. وتصنع منها الاقمشة فتكون سمكية خشنة الملمس. كما استخدم في صناعة الحصائر والحقائب والقبعات وقد تم العثور على الياف السيزال في تطبيقات هندسيه واسعة مثل السيارات والسكك الحديدية ومواد البناء والصناعية والكهربائية والمنسوجات الأرضية. _ (النجار، امل , ١٩٩٠) و(منصور، سراء علي, ٢٠٢١)



شكل 1: شكل نبات السيزال والنبته الناتج منها

ثانيا- طريقة التحضير

يتم استعمال البولي استر غير مشبع بعد إضافة العامل المصلد بنسبه (٢:١٠٠) لكي يتحول الى مادة جيلاتينية تتصلب في درجة حرارة الغرفة تحضر المواد المدعمة الياف السيزال بنسب وزنيه مختلفة (١٪، ٢٪، ٣٪، ٤٪، ٥٪) اتبعت تقنية القولية اليدوية حيث يتم عمل قوالب خاصة لكل قياس قبل التدعيم وبعد التدعيم بالألياف السيزال حيث توضع الياف السيزال في القالب الخاصة حسب القياس ثم يوضع عليها مزيج البولي استر غير مشبع في القوالب حيث تترك ٢٤ ساعة لإتمام عملية التصلب في درجه حرارة الغرفة وذلك لإكمال عملية التصلب ولتقليل الاجهادات اثناء عملية الصب والتداخل والتجانس التام بين الجزيئات ويتم دراسة تأثير الحرارة لبيان تأثير حرارة الشتاء والصيف على المتراكبات المحضرة لذا يتم وضع القوالب بعد رفعها من القالب في درجات حرارية (٨،٥٥) م° .

تحضير النماذج

١. نماذج اختبار الصلادة

حيث تم استخدام جهاز الصلادة (Durometer Shore) من نوع (Shore_D)

المجهزة من شركة (Germany-WOLPERT) التي تستخدم لقياس صلادة المادة البوليمرية بالنسبة لشكل الجهاز: يشبه الجهاز البوصلة. فهو عبارة عن ابرة تقع في المنتصف تكون طريقة الفحص عن طريق تثبيت الجهاز بصورة عمودية على العينة المراد فحصها وقياسها حتى تنغرز الابرة في سطح المادة ثم الانتظار لمدة ٣ ثوان ومن ثم نأخذ قيمة الصلادة التي يسجلها الجهاز.

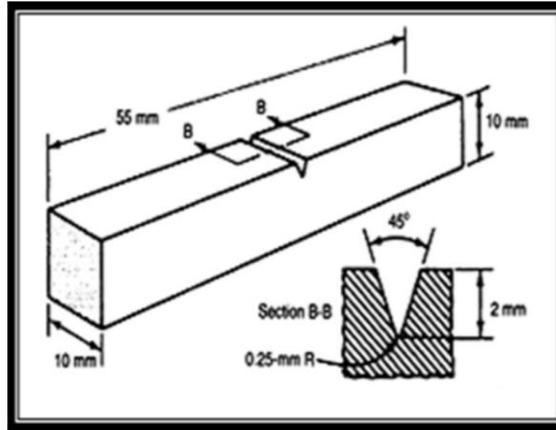
٢ نماذج اختبار الصدمة

يتم تحضير النماذج الاختبار الصدمة حسب المواصفات القياسية الامريكية كما في الشكل (٢)

(87ASTM_D256) وبأبعاد (١٠*١٠*٥٥) ملي متر مكعب.

والمناسبة للفحص حيث نقوم بعمل زاوية حز مقدارها (٤٥) وعمق الحز النموذج او العينة (٢ملي متر) حيث انه يتم الحصول على الطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر من جهاز قياس الصدمة من نوع

جاريبي (instrument chirpy Impact) المجهز من شركة (scizosho,LTP Tokyo Koki)



الشكل (٢): شكل وابعاد العينة المحضرة لاختبار مقاومة الصدمة

٣- نماذج اختبار الشد

حيث اعتمد المواصفات القياسية (ISOR527) في تحضير نماذج اختبار مقاومة الشد (كانت النماذج بشكل شرائح) استخدم هذا الاختبار لمعرفة خواص المادة المركبة تحت تأثير حمل محوري باتجاهين واستخدم جهاز (machine Univeral test) المجهز من الشركة (ELE-England) في قياس هذه الخاصية وبمعدل حمل (KN50).

٤- نماذج اختبار الانضغاطية

حضرت نماذج اختبار الانضغاطية حسب المواصفات (MSTN-D168) وتكون اسطوانة الشكل حيث يتم استخدام مكبس هيدروليكي نوع (Testing machine,CO.LTD) المجهز من شركة (WOLPERT-Germany).

٥- التوصيل الحراري

يتم استعمال نماذج في الاختبار بقطر (١١.٢٣) سم وسمك (١ سم) كما موضح بالشكل (٣) يوضح شكل الجهاز.



الشكل ٣: جهاز التوصيل الحراري

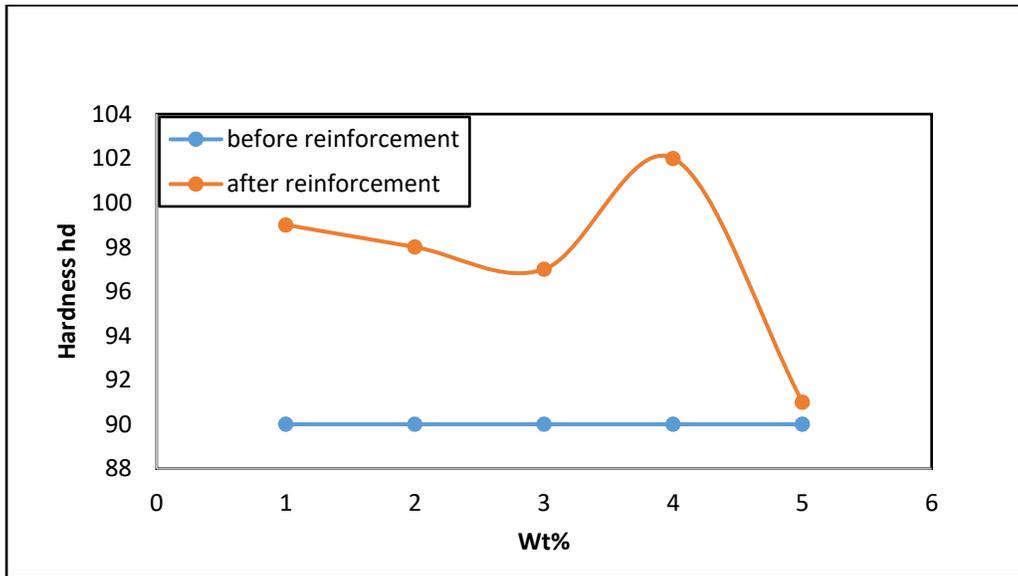
النتائج والمناقشة: -

١- اختبار الصلابة

هي مقاومة سطح المادة للتشوه الدائم الذي يحدث من خلال طرق: القطع، والتآكل، والاختراق، والخدش، وتعتمد صلابة المادة على المعالجة الحرارية ودرجة الحرارة المرتفعة بالإضافة إلى قوة الترابط بين الذرات أو الجزيئات، نوع السطح ((حسين، مظفر يعقوب، واخرون، ٢٠١٠). يؤدي تقوية البوليستر غير المشبع بألياف السيزال إلى زيادة مقاومة الصلابة يمكن ملاحظة ذلك من الشكل (٤) وكذلك الجدول (١) (بسبب التشابك والتداخل بين البوليستر غير المشبع مع والياف السيزال وبسبب الارتباط المتقاطع الذي يقلل من حركة جزيئات البوليمر وبالتالي يزيد من الصلابة، مما يؤدي إلى زيادة المقاومة للتشوه (حسن، احمد غازي ٢٠١٧،

جدول ١ : قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل
التدعيم وبعده عند درجة حرارة ٢٥°م

Composite at 25°C	Hardness Shove-D
UPE25°C	90
UPE+S 1%	99
UPE+Cell2%	98
UPE+Cell3%	97
UPE+Cell4%	102
UPE+SESAL5%	91



الشكل ٤ : العلاقة بين الصلادة والنسبة الوزنية للبولي استر

غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند ٢٥°م

فنلاحظ اعلى قيمه للصلادة عند النسبة الوزنية ٤% كما مبين في الجدول ١ والشكل ٤ فنقوم بالمعالجة

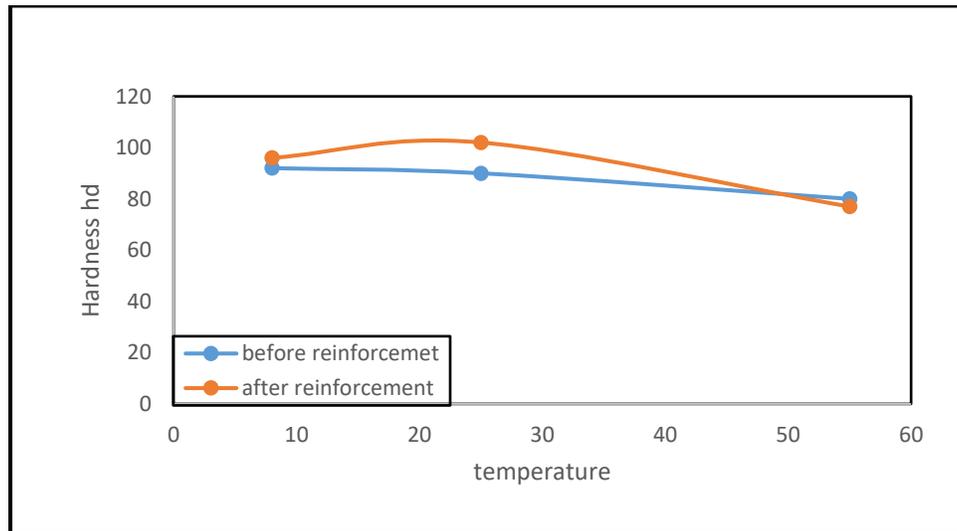
الحرارية عند الدرجات (٨،٥٥) م° فنلاحظ ان قيم الصلادة عند ٥٥ م° كانت اقل من ٢٥ م° لأن الزيادة في الحرارة تؤدي إلى زيادة ليونة المادة بسبب حركة الوحدات وتفكك الروابط بينها وهذا يؤدي إلى انخفاض مقاومة الخدش والغرز ((الراوي، روى عصام و الحلیم ،ابتهاج زكي سليمان، ٢٠١٩)

ولكن عند ٨ م° مع انخفاض درجة الحرارة، تصبح السلاسل البوليميرية مقيدة ولا يمكنها الحركة، مما يؤدي إلى مقاومة ضعيفة كما هو موضح الشكل (٥) والجدول (٢)

جدول ٢: قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع

قبل التدعيم وبعده عند درجات الحرارة ٨، ٢٥، ٥٥ م°C

Temperatures °C	Hardness before reinforcement	Hardness after Reinforcement
٨	٩٢	٩٦
٢٥	٩٠	١٠٢
٥٥	٨٠	٧٧



شكل ٥: الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده

عند درجات الحرارة ٨، ٢٥، ٥٥ م°

٢-الصدمة

ان اختبار الصدمة مهم جدا من الناحية العملية لان من خلاله يمكن حساب الطاقة الممتصة اللازمة لتحطيم وكسر العينة) (المستخدمة في البحث حيث تعطي هذه القيمة مباشرة من جهاز الفحص والتي يمكن حسابها من خلال العلاقة التالية. (مكي، سمير عطا واخرون ٢٠١٢) و(عبد الغني، سلام عبيد، ٢٠٢١)

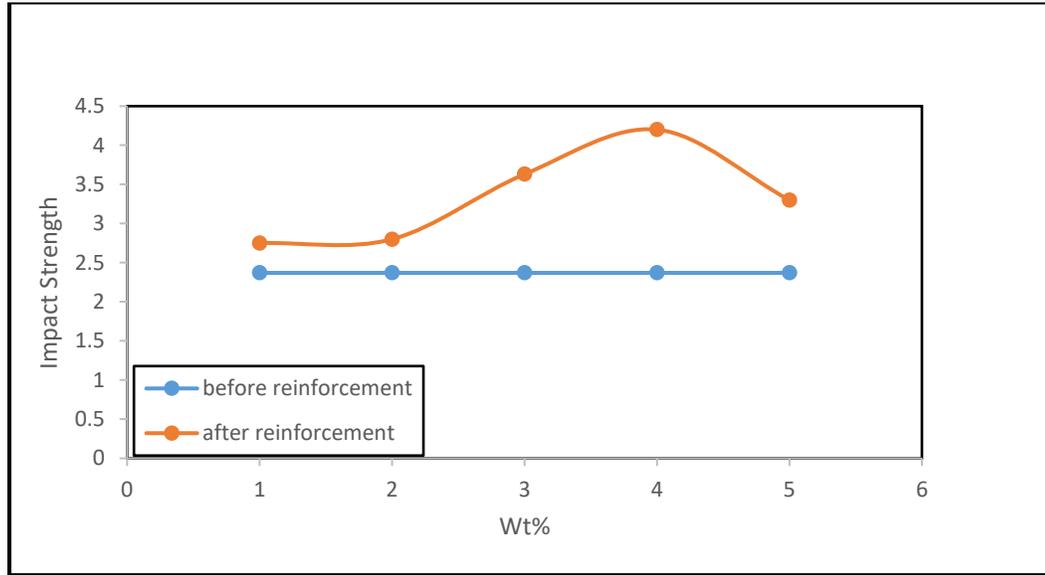
$$\text{Impact strength (I.S)} = \frac{\text{Freature energy}}{\text{Area (m)}^2}$$

تعتبر مقاومة الصدمة منخفضة بشكل عام للبولي استر الغير مشبع نظراً لهشاشته ولكن بعد التدعيم بألياف السيزال نلاحظ تزداد مقاومة الصدمة عما كانت عليه في البولي استر الغير مدعم ويرجع السبب في ذلك كون الالياف تتحمل الجزء الاكبر من طاقة الصدمة المسلطة على المادة المركبة مما يحسن من هذه المقاومة فهكذا تزداد مقاومة الصدمة (رسول، علي حسن، واخرون، ٢٠١٠).

جدول ٣: قيم مقاومة الصدمة للبولي الاستر قبل وبعد التدعيم

بنسبة وزنية مختلفة عند درجة حرارة ٢٥°م

Composite at 25°C	KJ/m ² مقاومة الصدمة
UPE 25°C	2.37
UPE+ Szf 1%	2.75
UPE+ Szf 2%	2.80
UPE+ Szf 3%	3.63
UPE+ Szf 4%	4.20
UPE+ Szf 5%	3.30



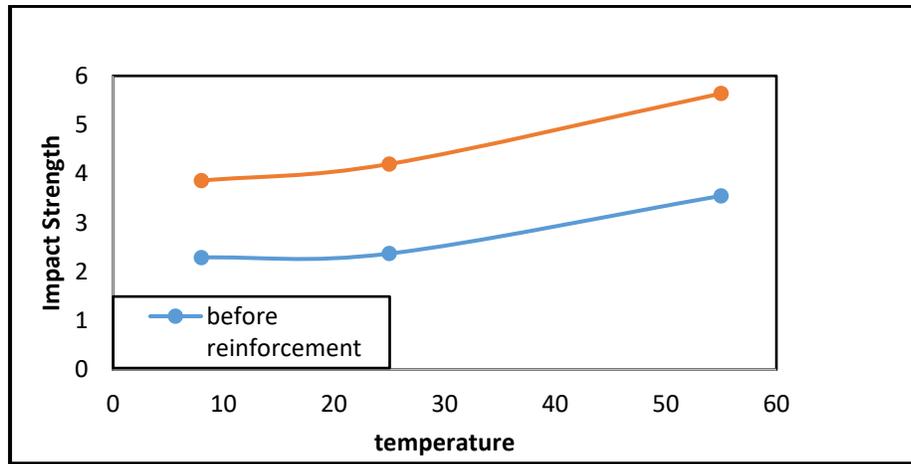
شكل ٦: العلاقة بين مقاومة الصدمة والنسبة الوزنية للبوليستر غير مشبع قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة ٢٥ م°

وبعد أخذ نسبة وزنية واحدة والتي نختارها على اساس تكون جيدة وهي ٤% لإجراء اختبار الصدمة عند الدرجات الحرارية (٨,٥٥) م° نلاحظ ان قيم مقاومة الصدمة تقل عندما تنخفض درجات الحرارة وذلك لتقييد حركة السلاسل البوليمرية وبالتالي لا يمكن ان تتحرك. ولكنها تزداد مع زيادة درجات الحرارة نتيجة لفك الاواصر بين جزيئات المادة وتزداد حركة السلاسل البوليمرية مما يعطيها إمكانية امتصاص جزء من الطاقة التي تؤدي الى توزيع وانتشار الطاقة اللازمة للكسر على شكل انحلال ميكانيكي (داؤد، اسراء، ٢٠٢٠) كما هو مبين في الجدول ٤ والشكل ٧

جدول ٤: مقاومة الصدمة للبوليستر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجات حرارة ٨، ٢٥، ٥٥ م°

Temperature	Impact Strength before	Impact Strength after
-------------	------------------------	-----------------------

	reinforcement	reinforcement
٨	٢.٢٩	٣.٨٦
٢٥	٢.٣٧	٤.٢٠
٥٥	٣.٥٥	٥.٦٤



شكل ٧: العلاقة بين مقاومة الصدمة مع الحرارة قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة ٨، ٢٥، ٥٥ م°

٣- اختبار المرونة

ان دراسة التغير الحاصل في ابعاد شكل البوليمر كدالة للإجهاد وهي احدى الخصائص الميكانيكية المهمة لجميع البوليمرات. فعند تسليط جهد ما على نموذج من البوليمر بسرعة ثابتة وقياس التشوه الحاصل بدلالة التغير في الطول او المساحة او الحجم يمكن التعرف على سلوك البوليمر تحت تأثير الاجهاد فتتغير على خصائص البوليمر من حيث قوته ومرونته واقصى جهد ان يتحملة النموذج واقصى استطالة قد تحدث للنموذج والكثير من المعلومات الهندسية المعروفة المهمة جدا.

قوة الشد هي مقياس لمقاومة المادة للقوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها، لذا فإن المادة المتداخلة مصنوعة من ألياف قوية مغمورة بالمادة الأساسية، (Ku,H,any,et.al,2011) حيث تعتبر الراتجات مواد

هشة حيث تكون مقاومة الشد منخفضة جداً وعند إضافة الألياف ، (تم تحسين مقاومة الشد بشكل واضح وهذا من أجل أن تتحمل الألياف الجهد المطبق ،ومن خلال البحث تم الحصول على أعلى مقاومة شد بنسبة وزنية ٤٪ عند درجة حرارة ٢٥ °م كما موضح في الجدول ٥ والشكل ٨

جدول ٥: قيم الشد للبولي استر غير المشبع
قبل التدعيم وبعده عند درجة حرارة، ٢٥ °م

Composite at°C٢٥	Elasticity
UPE 25°C	٣٠٠٠
UPE+ Szf 1%	٣٢١٠
UPE+ Szf 2%	٣٦٥٢
UPE+ Szf 3%	٥٠٠٠
UPE+ Szf 4%	١٢٥٠٠
UPE+ Szf 5%	6875

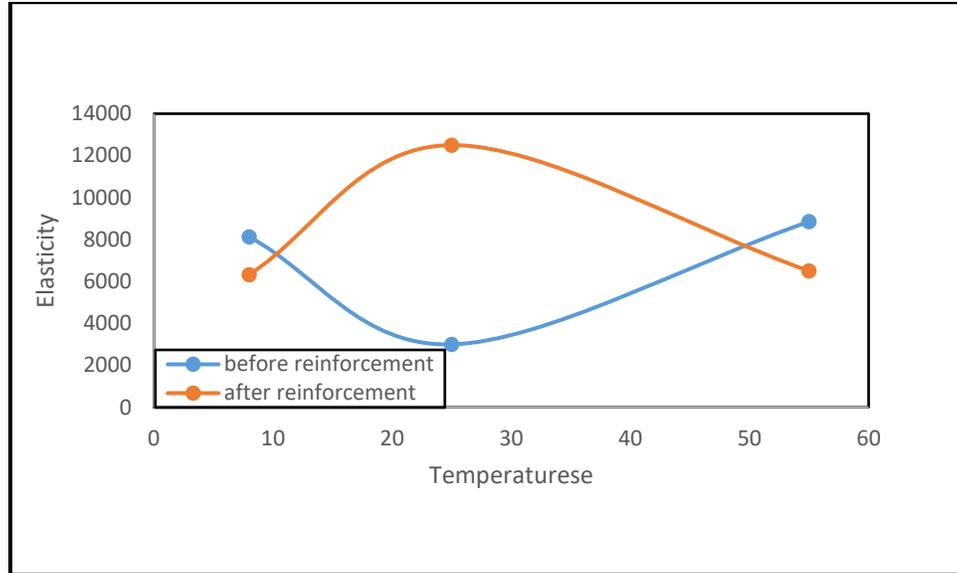


الشكل ٨: العلاقة بين الشد والنسبة الوزنية للبولي إستر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارة ٢٥ م°

عند المعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٨٠،٥٥) م° واختيار نسبة وزنية ٤٪ نلاحظ قيم المرونة تتخفف عند درجة حرارة ٥٥ م° بسبب تفكك الروابط الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة وايضا عندما تنخفض درجات الحرارة فيؤدي الى انخفاض في قيم المرونة بسبب تقيد الروابط وتحرك السلاسل البوليمرية مما يجعلها هشة (N.G. Mccrum, et al., 1977) كما في الجدول ٦ والشكل ٩

جدول ٦: يوضح قيم المرونة للبولي الإستر غير المشبع قبل التدعيم وبعد التدعيم السيزال عند درجات حرارة ٨ ، ٢٥ ، ٥٥ م°

Temperatures	Elasticity before reinforcement	Elasticity after reinforcement
٨	8125	٦٣٢٥
٢٥	٣٠٠٠	12500
٥٥	8850	٦٥٠٠



شكل ٩: العلاقة بين الشد الحرارة قبل وبعد التدعيم بدرجات حرارة ٨ ، ٢٥ ، ٥٥ م°

٤- الانضغاطية

هي عبارة عن اقوى اجهاد ممكن ان تتحمله المادة تحت الضغط العمودي المسلط ويمكن حسابها عن طريق نسبة الحمل المسلط عليها مقسومه على مساحة المقطع العرضي كما موضح في العلاقة التالية

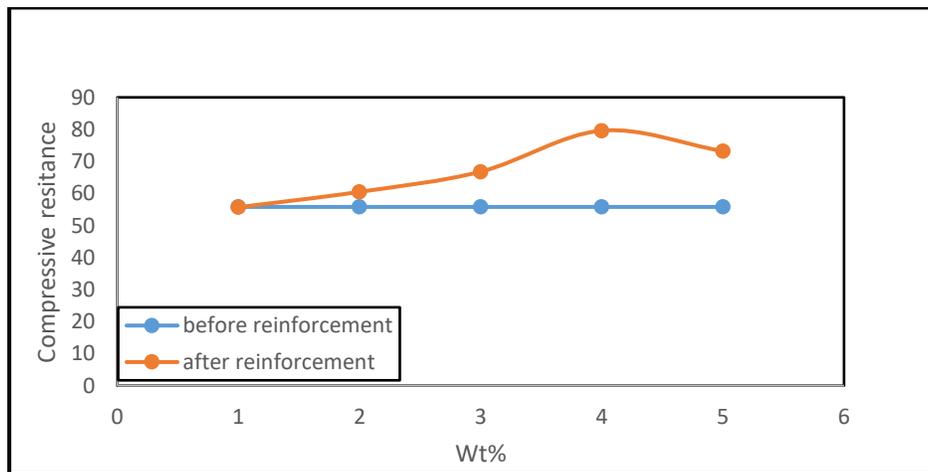
(Abdl-Hussien,2015)

$$C \text{ (MPa)} = \text{Force (N)} / \text{Area (m}^2\text{)}$$

نلاحظ من الشكل (١٠) والجدول (٧) زيادة قوة الانضغاطية للمادة المركبة الناتجة عن تقوية البوليمرات بألياف السيزال، نظراً لكفاءة الترابط بين المادة الأساسية وألياف السيزال، وكذلك توزيع الحمولة المفروضة على اليف السيزال يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاطية (الراوي، روى عصام إبراهيم والحليم ، ابتهاج زكي سليمان,٢٠١٩) م°

جدول (٧) مقاومة الانضغاطية للبولي الاستر غير مشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارة ٢٥ م°

Composite at 25°C	Compressive Strength
UPE 25°C	55.8
UPE+ Szf 1%	55.7
UPE +Szf 2%	60.50
UPE + Szf 3%	66.80
UPE +Szf 4%	79.61
UPE + Szf 5%	73.21



شكل ١٠: العلاقة بين النسبة الوزنية والانضغاطية للبولي استر

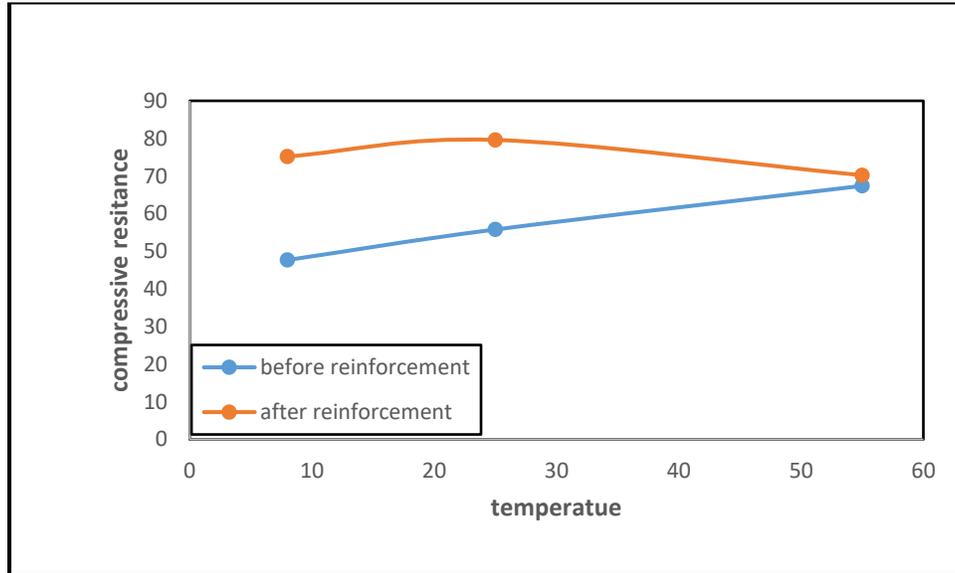
غير مشبع قبل وبعد التدعيم عند ٢٥ °م

عند المعالجة الحرارية في درجات حرارة (٥٥.٨) °م وجد أن قيم مقاومة الانضغاطية عند ٥٥°C كانت أقل من ٢٥ °C، لأن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة ليونة المادة بسبب حركة السلاسل وتخفيف الروابط بينها وهذا يؤدي الى انخفاض في مقاومة الانضغاطية (Mohammad, Safa,etal2021) ولكن عند ٨°C مع انخفاض درجة الحرارة، تصبح السلاسل البوليمرية مقيدة ولا يمكن أن تتحرك، مما يؤدي لمقاومة ضعيفة، وبالتالي تقل مقاومة الانضغاط كما هو موضح بالجدول (٨) والشكل (١١) .

جدول ٨: قيم الانضغاطية للبولي استر قبل التدعيم

وبعداً عند درجات حرارية ٨ ، ٢٥ ، ٥٥ °م

Temperatures	Compressive Strength before reinforcement	Compressive Strength after reinforcement
٨	٤٧.٧	٧٥.٢٠
٢٥	٥٥.٤	٧٩.٦١
٥٥	٦٧.٤	٧٠.٢٢



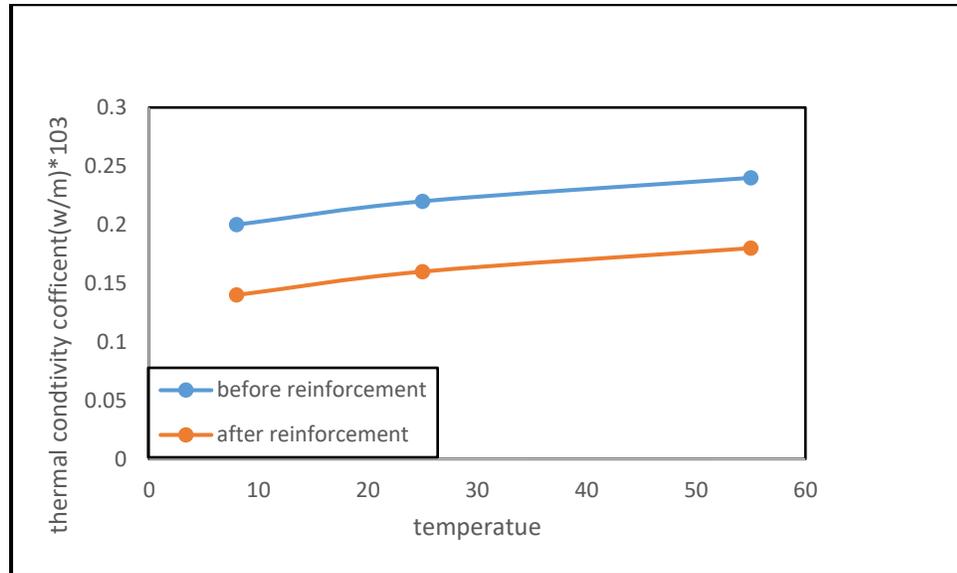
شكل ١١ : العلاقة بين الانضغاطية والحرارة عند

درجات حرارية ٨ ، ٢٥ ، ٥٥ م°

٥- التوصيل الحراري

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة المنقولة، فهي تنتقل من منطقة ذات درجات حرارة عالية إلى منطقة ذات درجات حرارة منخفضة في عدد من الأشكال (التوصيل، والحمل الحراري، والإشعاع) ويمكن أن تنتقل الحرارة في واحدًا أكثر من هذه الأشكال (عبطان، نجيب سلمان، ٢٠١٣). (وتجدر الإشارة إلى أن انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل الحراري أبطأ من انتقال الحرارة بالإشعاع، لأن سرعة الإشعاع تساوي سرعة الضوء وهي (٣-٢ × ١٠^٨ كم ثانية). حيث الجزيئات حرة الحركة

من خلال البحث أظهرنا انخفاضاً في التوصيل الحراري بعد عملية تقوية البوليمر غير المشبع بألياف السيزال عما كان قبل التدعيم، لأن البوليمرات تحتوي على إلكترونات حرة في نقل الحرارة حيث تعتمد الموصلية الحرارية على الاهتزازات الهيكلية في هيكلها الداخلي، حيث تقل هذه الاهتزازات عند إضافة حشوات إلى البوليمر، والتي تعيق الاهتزاز وبالتالي تقلل الموصلية (نور ، نجلاء عبد و فاضل علي ، ٢٠١٣) كما في الشكل (١٢)



شكل ١٢: العلاقة بين الحرارة والتوصيل الحراري

الاستنتاجات

١- أدت إضافة الياف السيزال إلى البوليمستر غير المشبع إلى زيادة قيم الخواص الميكانيكية المتمثلة في الخواص (مقاومة الصدمة، الصلادة، معامل المرونة، مقاومة الانضغاطية).

٢- تزداد قيم مقاومة الصدمة عند معالجتها بدرجة حرارة ٥٥ م° لكن تنخفض عند ٨ م°

لكن قيم (مقاومة الانضغاطية والصلادة والمرونة) تنخفض عند معالجتها بدرجات حرارة (٥٥.٨) م°

٣- انخفاض التوصيل الحراري للبوليمستر غير المشبع بعد التعزيز في درجة حرارة الغرفة والدرجات

الحرارية المعالجة أيضا عند (٥٥.٨) م°

المصادر

Abdl Al-Hussien, H.J.(2015) ,” Effect of immersion in chemical Solution on the mechanical& physical properties for composite material reinforced by nano alumina particles, Iraqi Journal of Science, VOL. ٥٠ ,NO.3.:1952-1963,2015.

Amayehu Zewdie, Ramesh Babu Nallamothu, Mekonnen Liben, Seshu kishan Nallamothu, Anantha Kamal Nallamothu (2021)”. experimental investigation on characteristics of sisal fiber as composite material for light vehicle body applications” <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.386>, The Authors. Published by Elsevier Ltd.VOL.38, NO. 5., Pages 2439-2444.

Arumugaprabu Veerasimman, Vigneshwaran Shanmugam , Sundarakannan Rajendran , Deepak Joel Johnson , Ajith Subbiah , John Koilpichai & Uthayakumar Marimuthu (2021),” Thermal Properties of Natural Fiber Sisal Based Hybrid Composites – A Brief Review,” Journal of Natural Fibers ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/wjnf2>, Faculty of Mechanical Engineering, Kalasalingam Academy of Research and Education, VOL.19.,NO.12.Page4696-4706.

Bheel, N.; Memon, F.A.; Meghwar, S.L., (2020), "Study of Fresh and Hardened Properties of Concrete Using Cement with Modified Blend of Millet Husk Ash as Secondary Cementitious Material. Silicon", 1–12.

Chakraborty H and Bhowmik N. ,(2018), "Structure and stability analysis of biocompatible hydroxyapatite reinforced chitosan nanocomposite". Polym Compos, 39: E573–E583

Ku, H.; ang, Wang, H.; Pattarachaiyakoop, N.; Trada ,M. A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. Compos. Part B Eng., 42,856–873, (2011).

Mohammed, Safi D., Ebtahag Z. Suiyman, Huda A. Abdi (2022), ,Study the mechanical and Physical of an epoxy compound with Sulfur
"University of Mosul, College of Education for Girls, Iraqi National Journal of Chemistry No (21) Vol (3)

Mccrum, N.G., Buckley, C.P. and Bucknall, C.B., (1977)، " Principle of Polymer Engineering "2nd Edition, John Wiely and Sons, New York.

Newago. A. Tolerant, Yusuf plat, Yassin Algol, Ali Kilim. Jawed. (2020)"

Mechanical and dynamic mechanical thermal properties of ensete fibre /woven glass fibre fabric hybrid composites",.

Nurazzi, N. Mohod, A. Khalina, S.M. Sapuan.R.A. ilyas, (2019)،" Mechanical Properties of sugar palm yarn/Woven glass fibre reinforced unsaturated polyester composites: effect of fibre loadings and alkine treatment"
.64(10),665-675.

اسية، مداح، بوعزيز امينة (٢٠١٩)"الدراسة المورفولوجية لنبات الليف وتحضير مواد مركبة ذات الأساس من البولي استر غير المشبع " جامعة محمد بو ضياف بالمسيلة، كلية العلوم، كيمياء عضوية، الجمهورية العربية الجزائرية الديمقراطية الشعبية،رسالة ماجستير

حسن، احمد غازي (٢٠١٧). دراسة تأثير إضافة السليكا على الخواص الميكانيكية لمتراكب البولي استر المسلح بألياف الزجاجية. مجلة القادسية للعلوم الهندسية ١٠٠ (١) ١٦-٢٩

حسين، مظفر يعقوب، حسين، رحيم جعفر، (2010)،"تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية للبولي يوريثان"، مجلة كلية التربية الاساسية، ال عدد ٦١، ص 821-837.

داود، إسراء سعد وعبدالله، (٢٠٢٠)، " تحضير ودراسة بعض الخواص الميكانيكية والحرارية لمتراكب البولي أستر غير المشبع مع البولي إيثيلين ومسحوق الفلوروسنت "، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، قسم الكيمياء، جامعة الموصل.

الراوي، رؤى عصام إبراهيم، (2019)، " دراسة بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكب الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج وألياف الكربون)، رسالة ماجستير، كلية التربية للبنات، قسم الكيمياء ، جامعة الموصل.

الراوي، روى عصام إبراهيم، الحليم ، ابتهاج زكي سليمان ، (٢٠١٩)، " تحضير متراكبات بوليمرية من الايبوكسي والياف الزجاج المحاكة عشوائيا ودراسة خواصها الميكانيكية "جامعة الموصل، قسم الكيمياء كلية التربية للبنات، مجلة علوم الرافدين، المجلد (٢٨)، العدد(٣)ص١٠٥-١١٥

رسول، علي حسن، ضياء، بلقيس محمد، علي، سلام حسين، (٢٠١٠)، " تأثير درجة الحرارة والمحاليل الكيميائية على قيم معامل المرونة لمواد متراكبة هجينة " مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد ٢٨، العدد١٣، ص٦٩٣

عبد الغني، سلام عبيد، (٢٠٢١)، "تحضير وتوصيف متراكبات نانوية هجينية ذات أساس من خليط بوليمري للتطبيقات الهيكلية" جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الصرفة، قسم الفيزياء.

عبطان، نجيب سلمان، (٢٠١٣)، "مؤخذ عن تأثير اضافة الجرمانيوم والسيليكون على الخواص الحرارية والبنية المجهرية للألمنيوم النقي"، جامعة تكريت، كلية الهندسة.

فرج، حيدر عبد، الفياض، وداد صالح، اللامي، هادي سلمان، (2016)، " الخصائص الحرارية لمتراكبات البولي أستر غير المشبع المدعم ببعض المخلفات الصناعية"، المجلد ١٠، العدد٦.

مكي، سمير عطا، أحمد، عدي حميد، عبد الله، مصطفى زيد، غني، بسمة علي، (٢٠١٢)، " دراسة تأثير التدعيم ودرجة الحرارة في مقاومة الصدمة لخليط بوليمري "، مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد ٢٥، العدد ٣

منصور، سراء علي، (٢٠٢١)، "دراسة خصائص الالياف الطبيعية لتقوية المواد المتراكبة" جامعة المستنصرية، كلية الهندسة، قسم هندسة المواد.

النجار، امل، (١٩٩٠)، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة بغداد مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر موصل. الطبعة الاولى .

نور ، نجلاء عبد ، فاضل علي، (٢٠١٣) " قياس التغير الحراري لمتراكبة راتنج للبولي استر غير المشبع بعد اضافة SiO_2 بنسب وزنية مختلفة "المجلة العراقية لهندسة الميكانيك وهندسة المواد المجلد ١٣ العدد ٢ .

النوري، العايب، (٢٠٢١)،"المواد المركبة ذات مصفوفة مقواه بألياف "جامعة المسييلة، كلية العلوم، قسم الكيمياء. رسالة ماجستير