



College of Basic Education Research Journal

www.berj.mosuljournals.com


Improving Mechanical and Thermal Properties for Unsaturated Polyester Resin by Adding Cement

Angham Elias AbdulMuhsen

Ebtahag Z. Sulyman

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

Article Information

Article history:

Received: May 4.2024

Reviewer: May 20.2024

Accepted: June 2.2024

Keywords: *unsaturated polyester, cement, hardness strength, compressive strength, impact strength, thermal conductivity.*

Correspondence:

¹angham.22gep3@student.uomosul.edu.iq²ebthalim@uomosul.edu.iq

Abstract

The aim of this research is to prepare a composite material consisting of unsaturated polyester as a base material with cement as a supporting material in different weight percentages (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%) to study some of the mechanical and thermal properties of the composite material. After comparing unsaturated polyester before and after reinforcement of the prepared polymeric compounds, the results confirmed that the weight percentage in which the mechanical properties increase at a temperature of 25°C is 30%. And the values of the mechanical properties (hardness, impact resistance, and compressive strength) increase with the increase in the percentage of reinforcement, and the relationship was direct. Both hardness and elasticity increased with increasing temperature at 50°C and reversed at 8°C. However, impact resistance and compressive strength decreased with increasing temperature. It was also found that thermal conductivity decreased at all temperatures after adding the supporting material, indicating that the polymeric compounds prepared from unsaturated polyester with Cement backing material is good thermal insulators.

ISSN: 1992 – 7452

تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية لراتنج البولي استر غير المشبع بإضافة الأسمنت

ابتهاج زكي سليمان ال حليم

انغام الياس عبد المحسن

كلية التربية للبنات قسم الكيمياء جامعة الموصل

الخلاصة

ان الهدف من هذا البحث تحضير مادة متراكبة تتكون من البولي استر غير المشبع كمادة أساس مع الأسمنت كمادة داعمة بنسب وزنية مختلفة (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%) لدراسة بعض الخواص الميكانيكية والحرارية للمادة المتراكبة. بعد مقارنة البولي الاستر غير المشبع قبل وبعد التدعيم للمركبات البوليميرية المحضرة اكدت النتائج ان أفضل النسب الوزنية التي تزداد فيها الخواص الميكانيكية عند درجة حرارة ٢٥°م هي 30%. وان قيم الخواص الميكانيكية (الصلادة، مقاومة الصدمة، مقاومة الانضغاط) تزداد بزيادة نسبة التدعيم وكانت العلاقة طردية لكل من الصلادة والمرونة مع زيادة درجة الحرارة عند ٥٠°م وعكسية عند ٨°م اما مقاومة الصدمة ومقاومة الانضغاط انخفضت بزيادة درجة الحرارة. كما وجد أن التوصيلية الحرارية انخفضت عند جميع الدرجات الحرارية بعد إضافة المادة الداعمة دلالة على ان المركبات البوليميرية المحضرة من البولي الاستر غير المشبع مع المادة الداعمة الإسمنت هي عوازل حرارية جيدة .

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

المقدمة:

نتيجة للتطور التكنولوجي الحاصل اتجهت الانظار حول تصنيع المواد المتراكبة اذ ان المواصفات الكيميائية والميكانيكية المطلوبة هي التي تحدد نوع المادة الداعمة المضافة. المواد المتراكبة هي 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 ⁽¹⁾. راتنج البولي استر غير المشبع هو من الراتنجات المتصلبة حراريا ولا يمكن استخدامه لوحده في التطبيقات الهندسية لأنه مادة هشة وليس له الكفاءة المناسبة ولكن تقويته ببعض مواد التقوية كالالياف الزجاجية واليااف الكربون ودقائق مسحوق نفايات الزجاج تؤثر على بعض الخواص الميكانيكية للبولي استر غير المشبع الهش والتي لها تأثير على سلوك الكسر ومتانة الكسر ⁽²⁾.

لذا قام الباحثون ⁽³⁾ بدراسة الخواص الميكانيكية لمتراكب البولي استر كمادة اساس مضاف اليه مسحوق الزجاج وبنسب وزنية معينة ووجد انه كلما ازدادت نسب مسحوق الزجاج ازدادت قيم كل من الصلادة

والانضغاطية وانخفضت قيمة الصدمة كما ان قيم (الانضغاطية, الصدمة, الصلابة) قلت بارتفاع درجات الحرارة.

كما لاحظ الباحثون ^(٤) تأثير زيادة النسب الوزنية المعادن (Fe,Al,Ni) المستخدمة كمادة داعمة للإيبوكسي ونسب وزنية (٣٪, ٦٪, ٩٪, ١٢٪) ووجد إن أفضل النتائج للخواص الميكانيكية (الصلابة, معامل المرونة) والخواص الحرارية عند النسبة الوزنية ١٢٪ حيث توصل إلى زيادة هذه الخواص بزيادة المادة الداعمة وزيادة في الموصلية الكهربائية.

كما قام الباحث ^(٥) بدراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية للإيبوكسي عند إضافة الكبريت قام الباحث بإضافة الكبريت كمادة داعمة لراتنج الإيبوكسي بنسب وزنية محددة، وثبت خلال البحث أن الصلابة والانضغاط والصدمة تزداد بعد عملية التدعيم بالكبريت لكن التوصيل الحراري انخفض بعد عملية التدعيم بالكبريت.

كما قام الباحثون ^(٦) بدراسة شاملة لمدى تأثير اضافة الاسمنت كمادة داعمة على الخواص الميكانيكية والبنية المجهرية وامتصاص الماء للبولي استر غير المشبع، حيث وجد انخفاض في قوة الشد (الانحناء) بزيادة نسبة التدعيم بالإسمنت بينما ازدادت قيم الصلابة ومقاومة الانضغاطية ومعامل يونك بزيادة نسبة التدعيم بالإسمنت .

الهدف من البحث:

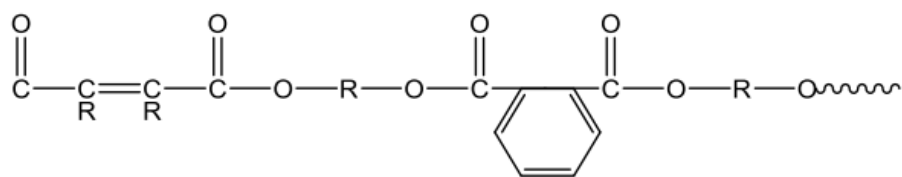
للحصول على مركبات ذات جودة أعلى من البولي استر الغير المشبع للاستفادة منها في تقنيات صناعية مختلفة ذات عزل حراري عالٍ ومواصفات ميكانيكية جيدة.

الجزء العملي:

اولاً - المواد المستخدمة في البحث

١ - المادة الاساس:

راتنج البولي استر غير المشبع (UPE) من شركة تركية هي TURKUAZ POLY ESTER ذو كثافة 1.17 غم \ مل تتراوح لزوجته بين (350-500)cps عند درجة حرارة ٢٥°م , اما المصلد (مادة تساعد على التصلب) عبارة عن سائل عديم اللون يضاف المصلد الى راتنج البولي استر غير المشبع بنسبة (2:1) في درجة حرارة الغرفة للحصول على العينات المطلوبة للقولبة , والصيغة التركيبية للبولي استر غير المشبع هي



٢ - مواد التدعيم:

تم استخدام الإسمنت كمادة داعمة واستخدم الاسمنت البورتلاندي العادي المجهز من معمل سميت سنجار في محافظة نينوى وهو على شكل باودر عند درجة حرارة الغرفة.

والاسمنت عبارة عن مسحوق ناعم لمادة رابطة مائية غير عضوية (ناتج عن طحن كلنكر+جبس) عند إضافة الماء إليه يشكل عجينة تتماسك وتتصلب نتيجة تفاعلات وعمليات الاماهة التي بعد تصلبها تحتفظ بقوتها وثباتها وحتى خلال وجودها داخل الماء⁽⁷⁾

وهي مادة تمتلك خواص تماسكية (Cohesive) وتلاصقية (adhesive), بوجود الماء مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة ببعضها ببعض وتماسكها مع حديد التسليح وتحويلها إلى وحدة كاملة مترابطة. والاسمنت له خاصية التجمد (setting) والتصلب (Harding) بفعل التفاعلات الكيماوية وبوجود الماء⁽⁸⁾

ثانياً - طريقة العمل

تم استخدام راتنج البولي استر غير المشبع ثم اضيف اليه المصلد المذكور سابقا بنسبة (2:1) ليصبح مادة جلاتينية في درجة حرارة الغرفة.

عملية تحضير النماذج لقد تم اتباع القولية اليدوية قبل التدعيم وبعد التدعيم بالإسمنت بنسب وزنية ثابتة (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%). يضاف الراتنج الى المادة الداعمة ثم توضع في القوالب المخصصة لكل حسب المواصفات الخاصة لكل فحص وبدون تحريك وبعد الانتهاء من عملية الصب تترك المادة لمدة ٢٤ ساعة في درجات حرارية مختلفة (٨, ٢٥, ٥٠) درجة مئوية لاكمال عملية التصلب والتداخل والتجانس التام بين الجزيئات

ثالثاً - الأجهزة المستخدمة:

جهاز اختبار الصلادة:

تم تجهيزه من شركه (Wolpert-German من نوع Shore-D) الموجود في كلية الهندسة قسم الميكانيك, 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 تتغرز الابرة في سطح المادة ثم الانتظار لمدة ٣ ثوان ومن ثم نأخذ قيمة الصلادة التي يسجلها الجهاز كما في الشكل (١)



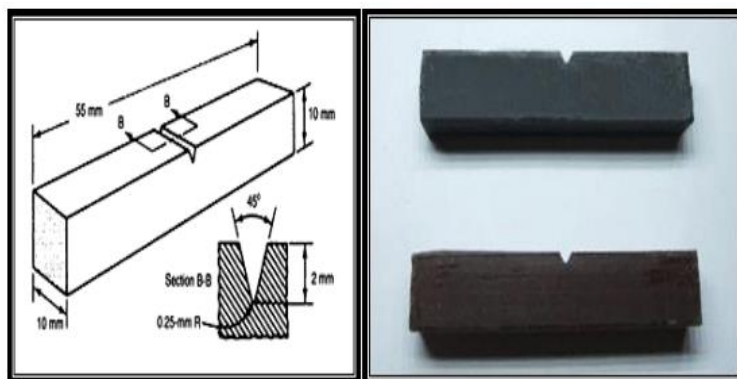
الشكل (١): جهاز قياس الصلادة

جهاز اختبار الصدمة

استخدم جهاز الصدمة من نوع إيزود (IZOD Impact Test Instrument)، المزود من شركة بروكس لمعدات التفتيش المحدودة كولشيستر - إنجلترا شكل (٢) الموجود في كلية الهندسة قسم الميكانيك، لإجراء اختبار الصدمة للعينات المصنعة وفقاً للمواصفات القياسية الأمريكية (ASTM-D256-87) بالأبعاد $(10 \times 10 \times 75)$ ، يتكون الجهاز من بندول مثبت في نهايته مطرقة خاصة لكسر العينة، وطول ذراعها $(L=0.75m)$ ووزنها $(W=25.81Kg)$ ، وترتبط المطرقة من الطرف الآخر بقرص دائري مدرج بتدرجات خاصة لقياس زاوية ارتفاع المطرقة قبل الصدمة وبعدها. إن تقنية الفحص تتم برفع المطرقة إلى أقصى ارتفاع عند الزاوية $(\alpha = 141.5^\circ)$ وتثبت جيداً، وتوضع العينة في الموقع المخصص لها في الجهاز بشكل عتبة بسيطة، إذ يكون اتجاه البندول عمودياً على عرض العينة، وصُفّر مقياس الطاقة أولاً ثم حرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس، وبحركة تأرجحية بفعل الجاذبية الأرضية تتحول الطاقة الكامنة التي يمتلكها البندول إلى طاقة حركية يفقد جزءاً منها في كسر العينة، ويقرأ مؤشر المقياس زاوية ارتفاع المطرقة بعد الصدمة (β) وأجري الاختبار للعينات جميعها في درجة حرارة 25°C .



الشكل (٢): جهاز مقاومة الصدمة



الشكل (٣): شكل وأبعاد عينة الصدمة

جهاز قياس مقاومة الانضغاط:

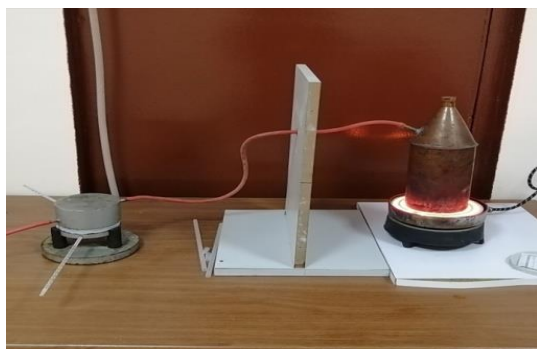
حضرت نماذج اختبار مقاومة الانضغاط حسب المواصفات المطلوبة (ASTM-D168) واستخدام مكبس هيدروليكي نوع (Testing machine, CO.LTD) وهو ذات شكل أسطواني المجهز من شركة (WOLPERT-Germany) الموجود في كلية الهندسة قسم المدني كما موضح في الاشكال (٤)، (٥).



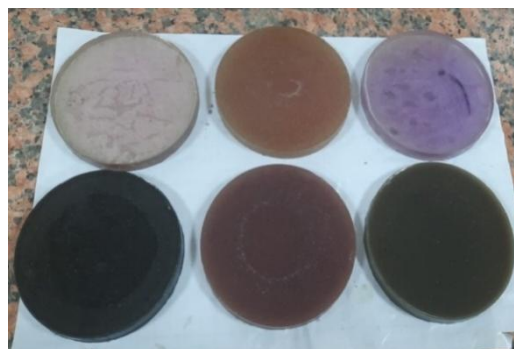
الشكل (٤): شكل العينة لاختبار مقاومة الانضغاط الشكل (٥): جهاز اختبار مقاومة الانضغاط

التوصيل الحراري

استخدام جهاز يدعى بقرص لي (Lee dish) الموضح في الشكل (٧) الموجود في كلية العلوم قسم الفيزياء والنماذج المستخدمة في هذا الاختبار تكون بقطر (١١.٢٣) سم وسمك (١ سم) كما في الشكل (٦) وهي مواصفات خاصة بالقياس



الشكل (٧): جهاز اختبار التوصيل الحراري



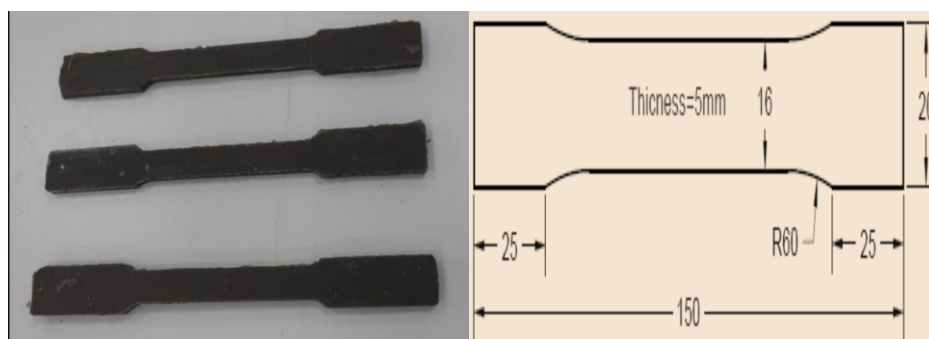
الشكل (٨): شكل العينة لاختبار التوصيل الحراري

جهاز اختبار الشد

لقد تم استخدام جهاز الشد (Test machine Universal) وهو ألمانى المنشأ، تحت تأثير حمل تصل (50KN) كما في الشكل (٨) الموجود في كلية الهندسة قسم المدني، حيث تم اعتماد المواصفة القياسية (ISO-R527) في تحضير نماذج اختبار مقاومة الشد وكانت النماذج بشكل شرائح كما في الشكل (٩)، استخدم هذا الاختبار لمعرفة خواص المادة المركبة تحت تأثير حمل محوري باتجاهين



الشكل (٩): جهاز اختبار الشد



الشكل (٩): شكل وابعاد العينة المحضرة لاختبار الشد.

النتائج والمناقشة:

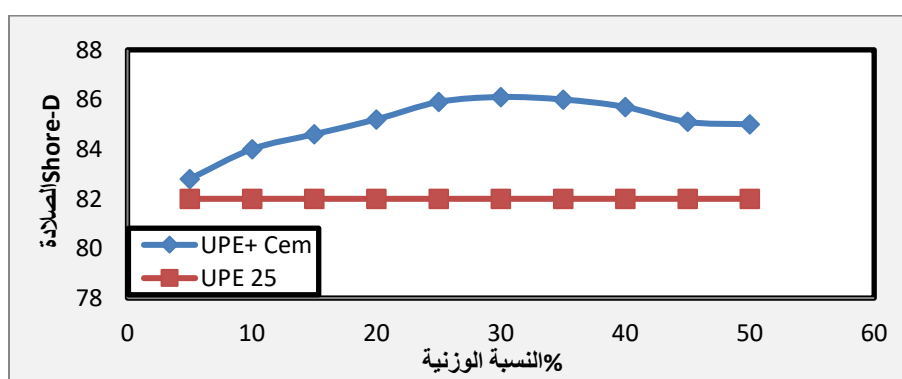
١- اختبار الصلادة

تعد خاصية الصلادة من الخواص الميكانيكية السطحية المهمة والتي يمكن تعريفها بأنها مقياس التشوه اللدن- الذي يمكن أن تعاني منه المادة تحت تأثير اجهاد خارجي مسلط عليها نتيجة تعرضها بشكل عام للخدش والاختراق من قبل معدات أصلد منها أثناء استخدامها في المجالات التطبيقية⁽⁹⁾.

يؤدي تقوية البولي استر غير المشبع بالإسمنت إلى زيادة مقاومة الصلادة ويمكن ملاحظة ذلك من الشكل (٨) وكذلك الجدول (١) بسبب التشابك والتداخل بين البولي استر غير المشبع مع الإسمنت وبسبب الارتباط المتقاطع الذي يقلل من حركة جزيئات البوليمر وبالتالي يزيد من الصلابة، مما يؤدي إلى زيادة المقاومة للتشوه (12,11,10).

جدول (1) : قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجة حرارة 25 °م

composites	Hardness resistance at 25°C
UPE	٨٢
UPE + Cement 5%	٨٢,٨
UPE + Cement 10%	٨٤
UPE + Cement 15%	٨٤,٦
UPE + Cement 20%	٨٥,٢
UPE + Cement 25%	٨٥,٩
UPE + Cement 30%	٨٦,١
UPE + Cement 35%	٨٦
UPE + Cement 40%	٨٥,٧
UPE + Cement 45%	٨٥,١
UPE + Cement 50%	٨٥

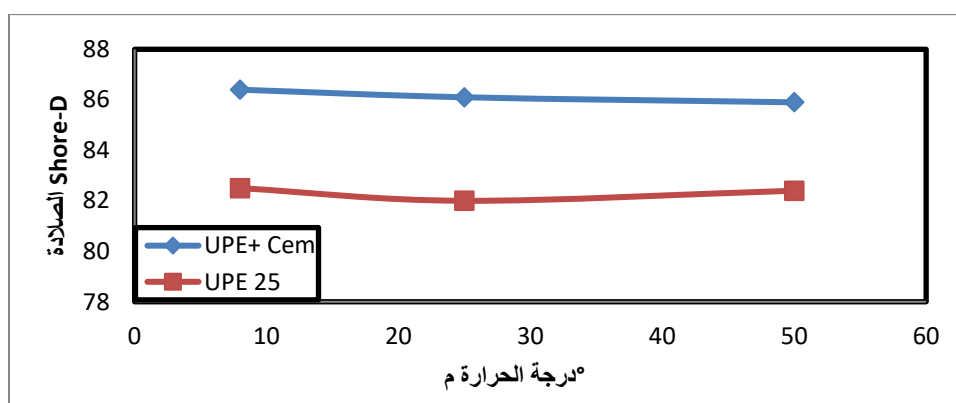


الشكل (٨) العلاقة بين قيم الصلادة والنسب الوزنية لراتنج البولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند 25 °م

فلاحظ اعلى قيمة للصلادة عند النسبة الوزنية ٣٠% كما مبين في الجدول (١) والشكل (٨) فنقوم بالمعالجة الحرارية عند الدرجات (٨٠,٥٠ م°) فنلاحظ ان قيم الصلادة تتخفض بزيادة درجة الحرارة وذلك لأن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة ليونة المادة بسبب حركة الاواصر وتفكك الروابط بينها وهذا يؤدي إلى انخفاض مقاومة الخدش والغرز⁽¹³⁾ وكما هو موضح الشكل (٩) والجدول (٢).

جدول (2): قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجات الحرارة ٨,25,٥٠ م°

Temperatures °C	Hardness before reinforcement	Hardness after Reinforcement
٨	٨٢,٥	٨٦,٤
٢٥	٨٢	٨٦,١
٥٠	٨٢,٤	٨٥,٩



شكل (9): الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجات الحرارة ٨,25,٥٠ م°

2- الصدمة

ان اختبار الصدمة مهم جدا من الناحية العملية لان من خلاله يمكن حساب الطاقة الممتصة اللازمة لتعطيم وكسر العينة المستخدمة في البحث⁽¹⁴⁾ حيث تعطى هذه القيمة مباشرة من جهاز الفحص والتي يمكن حسابها من خلال العلاقة التالية.

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

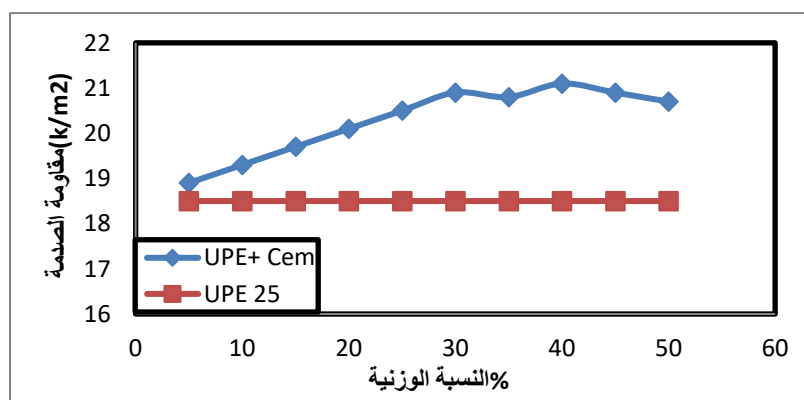
تعتبر مقاومة الصدمة منخفضة بشكل عام للبولي استر غير المشبع نظراً لهشاشته ولكن بعد التدعيم بالإسمنت نلاحظ أن مقاومة للصدمة تزداد عما كانت عليه في البولي استر غير المدعم ويرجع السبب في

ذلك كون الإسمنت سيتحمل الجزء الأكبر من طاقة الصدمة المسلطة على المادة المركبة مما يحسن من هذه المقاومة فهكذا تزداد مقاومة الصدمة ⁽¹⁵⁾

جدول (٣): قيم مقاومة الصدمة للبولي استر قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند درجة حرارة

25 °م

composites at 25°C	Impact Strength KJ/M ²
UPE	18.5
UPE + Cement 5%	18.9
UPE + Cement 10%	19.3
UPE + Cement 15%	19.7
UPE + Cement 20%	20.1
UPE + Cement 25%	20.5
UPE + Cement 30%	20.9
UPE + Cement 35%	20.8
UPE + Cement 40%	21.1
UPE + Cement 45%	20.9
UPE + Cement 50%	20.7



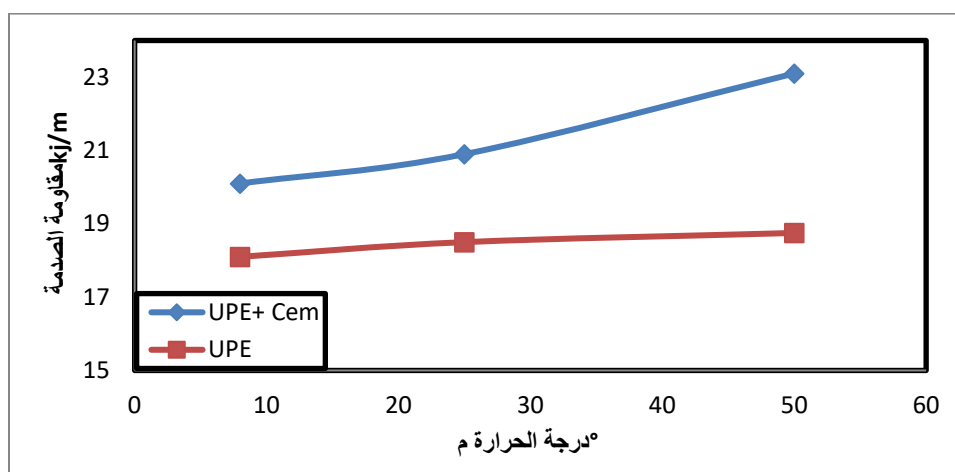
شكل (10): العلاقة بين مقاومة الصدمة والنسب الوزنية للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم

بدرجة حرارة 25 °م

وبعد أخذ نسبة وزنية واحدة والتي نختارها على أساس تكون جيدة وهي ٣٠% إذ تكون ذات حجم كبير مقارنة بالمادة الأساس فيعمل على تجمع للمادة المدعمة في مناطق محددة ويؤدي ذلك إلى ضعف في تماسك المادة مما يؤدي إلى تركيز الإجهاد بدلا من توزيعه ^(١٦), لإجراء اختبار الصدمة عند الدرجات الحرارية (٨، ٥٠ °م) نلاحظ ان قيم مقاومة الصدمة تقل عندما تنخفض درجات الحرارة وذلك لتقييد حركة السلاسل البوليمرية وبالتالي لا يمكن ان تتحرك. كما هو مبين في الجدول (٤) والشكل (١١).

جدول (٤): مقاومة الصدمة للبوليستر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجات حرارة ٨، ٢٥، ٥٠ °م

Temperatures °C	Impact Strength before reinforcement	Impact Strength after Reinforcement
٨	18.1	20.1
٢٥	18.5	20.9
٥٠	18.75	23.1



شكل (١١): العلاقة بين مقاومة الصدمة مع الحرارة قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة ٥٠ °م

٨، ٢٥، ٥٠ °م

٣- اختبار المرونة

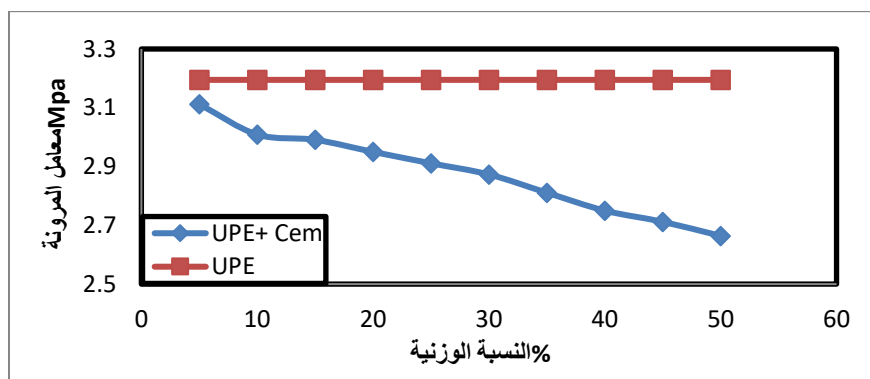
ان دراسة التغير الحاصل في ابعاد شكل البوليمر كدالة للإجهاد وهي احدى الخصائص الميكانيكية المهمة لجميع البوليمرات. فعند تسليط جهد ما على نموذج من البوليمر بسرعة ثابتة وقياس التشوه الحاصل بدلالة التغير في الطول او المساحة او الحجم يمكن التعرف على سلوك البوليمر تحت تأثير الاجهاد فتعرف على خصائص البوليمر من حيث قوته ومرونته واقصى جهد يمكن ان يتحمله 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 الاسمنت المغمور في المادة الأساسية⁽¹⁷⁾، حيث تعتبر الراتنجات مواد هشة حيث تكون مقاومة الشد منخفضة وعند إضافة المائتات، تم تحسين مقاومة الشد بشكل واضح ، وهذا من أجل

أن يتحمل الاسمنت الجهد المطبق، ومن خلال البحث تم الحصول على قيم معامل المرونة عند درجة حرارة ٢٥ °م كما موضح في الجدول (٥) والشكل (١٢)

جدول (٥): قيم معامل المرونة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجة حرارة 25 °م

composites at 25°C	معامل المرونة
UPE	3.195
UPE + Cement 5%	٣,١١٢
UPE + Cement 10%	٣,٠٠٩
UPE + Cement 15%	٢,٩٩١
UPE + Cement 20%	٢,٩٥٥
UPE + Cement 25%	٢,٩١١
UPE + Cement 30%	٢,٨٧٣
UPE + Cement 35%	٢,٨١١
UPE + Cement 40%	٢,٧٥٥
UPE + Cement 45%	٢,٧١٢
UPE + Cement 50%	٢,٦٦٤

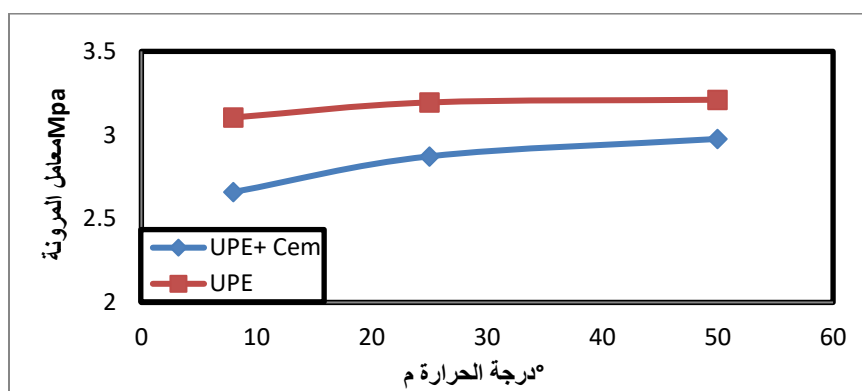


الشكل (١٢): العلاقة بين معامل المرونة والنسب الوزنية للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارة 25 °م

عند المعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٨٠،٥٠ °م) واختيار نسبة وزنية ٣٠ % نلاحظ قيم المرونة ترتفع عند درجة حرارة 50 °م بسبب زيادة قوة الضغط لزيادة القدرة على الحركة للسلاسل البوليمرية وزيادة الحجم النوعي وعندما تنخفض درجات الحرارة فيؤدي الى انخفاض في قيم المرونة بسبب تقيد الروابط وتحرك السلاسل البوليمرية مما يجعلها هشة⁽¹⁸⁾ كما في الجدول (٦) والشكل (١٣)

جدول (٦): يوضح قيم المرونة للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعد التدعيم بالإسمنت عند درجات حرارة ٨، ٢٥، ٥٠ م°

Temperatures °C	Elasticity before reinforcement	Elasticity after Reinforcement
٨	٣,١٠٥	٢,٦٦
٢٥	٣,١٩٥	٢,٨٧٣
٥٠	٣,٢١١	٢,٩٧٧



شكل (١٣): العلاقة بين معامل المرونة مع الحرارة قبل وبعد التدعيم بدرجات حرارة ٨، ٢٥، ٥٠ م°

٤ - الانضغاطية

هي عبارة عن أقوى اجهاد ممكن ان تتحمله المادة تحت الضغط العمودي المسلط ويمكن حسابها عن طريق نسبة الحمل المسلط عليها مقسومة على مساحة المقطع العرضي ⁽¹⁹⁾ كما موضح في العالقة التالية:

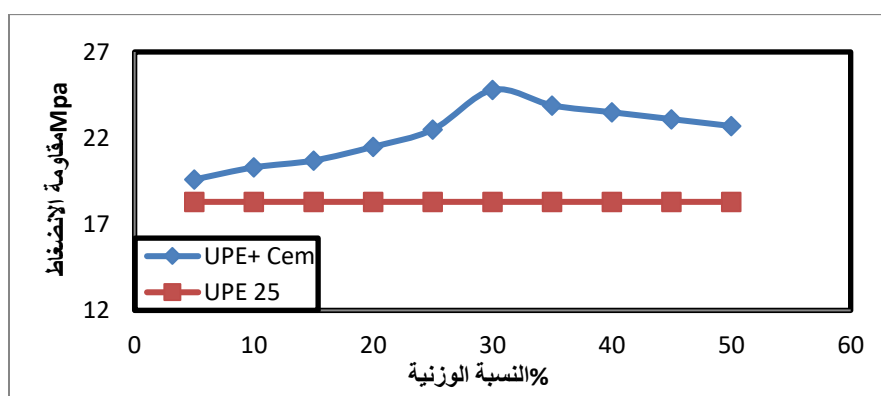
$$C \text{ (MPa)} = \text{Force (N)} / \text{Area (m}^2\text{)}$$

نلاحظ من الشكل (١٤) والجدول (٧) زيادة قوة الانضغاطية للمادة المركبة الناتجة عن تقوية البوليمرات بالإسمنت، نظراً لكفاءة الترابط بين المادة الأساسية والإسمنت وكذلك توزيع الحمولة المفروضة على الإسمنت يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاطية ^(20,18)

جدول (٧): مقاومة الانضغاطية للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارة ٢٥ م°

composites at 25°C	Compressive Strength
UPE	18.3
UPE + Cement 5%	١٩,٦
UPE + Cement 10%	٢٠,٣
UPE + Cement 15%	٢٠,٧
UPE + Cement 20%	٢١,٥

UPE + Cement 25%	٢٢,٥
UPE + Cement 30%	٢٤,٨
UPE + Cement 35%	٢٣,٩
UPE + Cement 40%	٢٣,٥
UPE + Cement 45%	٢٣,١
UPE + Cement 50%	٢٢,٧

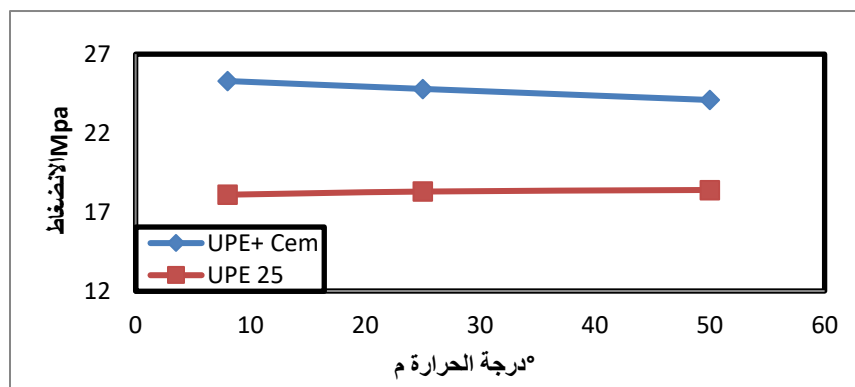


شكل (١٤): العلاقة بين النسب الوزنية والانضغاطية للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند 25°م

كما نلاحظ ان قيم مقاومة الانضغاط تقل كلما زادت درجة الحرارة عند (٥٠°م) وتزداد عند تبريد العينات الى (٨°م) أي تتناسب عكسي والسبب يعود في ذلك هو ان العينات عند زيادة الحرارة يحدث لها مرونة بسبب ضعف قوة الترابط بين المواد الداعمة والبولي استر نتيجة تكسر الأواصر بين السلاسل البوليمرية وهذا التكسر ينتج عنه الحركة الموضعية للسلاسل فيؤدي الى زيادة الحجم الحرة غير المشغولة بجزيئات البوليمر فتقل الكثافة ونتيجة لقلّة الكثافة يحدث ضعف في مقاومة الانضغاط للعينات فيحدث للعينات انكماش الى حد معين. اما عند تبريد العينات عند (٨°م) فان انخفاض الحرارة تؤدي الى تقييد حركة السلاسل ومن ثم يقل الحجم الحر غير المشغول بجزيئات البوليمر فتزداد الكثافة وبالتالي تزداد مقاومة العينات لقوة الانضغاط فتزداد (20,18) كما هو موضح في الجدول (٨) والشكل (١٥).

جدول (٨): قيم الانضغاطية للبولي استر غير المشبع قبل التدعيم وبعده عند درجات حرارية ٨، 25، ٥٠°م

Temperatures °C	Compressive Strength before reinforcement	Compressive Strength after Reinforcement
٨	١٨,١	٢٥,٣
٢٥	١٨,٣	٢٤,٨
٥٠	١٨,٤	٢٤,١

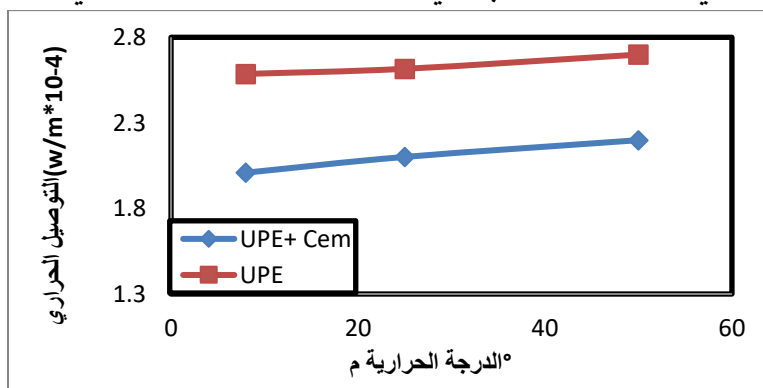


شكل (١٥): العلاقة بين الانضغاطية والحرارة عند درجات حرارية ٨، ٢٥، ٥٠ م°

٥- التوصيل الحراري

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 واحد أو أكثر من هذه الأشكال، وتجدر الإشارة إلى أن انتقال الحرارة بالتوصيل أو الحمل الحراري أبطأ من انتقال الحرارة بالإشعاع، لأن سرعة الإشعاع تساوي سرعة الضوء وهي $(3 \times 10^8 \text{ م}^2/\text{ثانية})$. حيث الجزيئات حرة الحركة

من خلال البحث أظهرنا انخفاضاً في التوصيل الحراري بعد عملية تقوية البولي استر غير المشبع بالإسمنت عن ما كان قبل التدعيم، لأن البولييمرات 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^(22,21) وكما في الشكل (١٦)



شكل (١٦): العلاقة بين الحرارة والتوصيل الحراري

الاستنتاجات

- ١- أدت إضافة الإسمنت إلى البولي استر غير المشبع إلى زيادة قيم الخواص الميكانيكية المتمثلة في الخواص (مقاومة الصدمة، الصلادة، معامل المرونة، مقاومة الانضغاطية).
- ٢- تنخفض قيم (مقاومة الصدمة ومقاومة الانضغاطية) عند معالجتها بدرجة حرارة 50°C وتزداد عند 8°C لكن قيم (الصلادة والمرونة) تزداد عند معالجتها بدرجة حرارة 50°C .
- ٣- انخفاض التوصيل الحراري للبولي استر غير المشبع بعد التعزيز في درجة حرارة الغرفة والدرجات الحرارية المعالجة أيضا عند $(8, 50^{\circ}\text{C})$.

المصادر

- 1- Bhong, M., Khan, T. K., Devade, K., Krishna, B. V., Sura, S., Eftikhaar, H. K., & Gupta, N. (2023). Review of composite materials and applications. *Materials Today: Proceedings*.
- 2- Hahladakis JN, Velis CA, Weber R, et al., (2018), "An overview of chemical additives present in plastics: migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling", *J Hazard Mater*; 344(1): 179–199.
- 3- وعد الله، اسراء سعد ، ال حليم ، ابتهاج زكي سليمان، ٢٠٢٠ "تحضير متراكبات بوليميرية من البولي استر غير المشبع ومسحوق الزجاج (الفلوروسنت)" المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك، المجلد ١٣، العدد ١.
- 4- Hazim ,Faleh Hassan ,Ismail ,M.,N.,Ismail,S.,N.,(2020),"Effect of metal powder Nickel, Iron and Aluminum on Mechanical and Electrical properties of Epoxy Composites ",*Materials Science and Engineering* ,1st International Conference on Engineering Science and Technology, 10(1090)
- 5- Muhammad, Safa Zia, (2021) "Study of the mechanical and physical properties of epoxy when sulfur is added" Mosul University, College of Education for Girls, Department of Chemistry.
- 6- Al-Mufti, S. M., Almontasser, A., & Rizvi, S. J. (2023). Unsaturated Polyester Resin Filled with Cementitious Materials: A Comprehensive Study of Filler Loading Impact on Mechanical Properties, Microstructure, and Water Absorption. *ACS omega*, 8(23), 20389-20403.
- 7- المواصفة الاوربية الموحدة EN196- EN197.
- 8- مهنا، محمد حمود، (٢٠٢٠)، "تكنولوجيا الخرسانة"، جامعة الأنبار، كلية الهندسة قسم المدني.
- 9- Rwaah E. Ibrahim , Ebtahag .Z . Sulyman, (2019) "Preparation Polymeric Composites from Epoxy with Randomly Woven Fibre Glass and Studies the Mechanical roperties." *Rafidain Journal of Science* 28.3, 104-115.

- 10- Al-Safi, R.A., (2001) " Study of thermal and mechanical properties Nouveau and its overlays", Master's Thesis, Technological University.
- 11- Waad, E. S., Sulyman , E. Z., (2020) " Preparation of Polymeric Composites from Saturated Poly ester glass powder (flourscent) and Study of it s mechanical properties " , Iraqi Journal of Labor Research and Consumer Protection , 13.1.
- 12- Anwar M. Ahmed, Ebtahag Z . Sulyman,(2022),” Study of the mechanical and thermal properties of Polyester Composites Prepared with Nylon66”, International Journal of Health Sciences, 6(S1), 6265–6277.
- 13- Sulyman, E. Z., & Ibrahiem, R. E. (2019). Preparation Polymeric Composites from Epoxy with Randomly Woven Fiber Glass and Studies the Mechanical Properties. *Rafidain Journal of Science*, 28(3), 104-115.
- 14- Sirichai Kanking, Piyaporn Niltui, Ekachai Wimolmala and Narongrit Sombatsompop, (2012) “Use of bagasse fiber ash as secondary particulate in silica or carbon black filled natural rubber compound,” *Materials and Design* 41: 74–82.
- 15- H. M. Kawade and N. G. Narve, (2017) "Natural FibreReinforced Polymer Composites: A Review" ,International Journal for Scientific Research and Development,. 5(9), 445-449.
- ١٦- علي، حنين محسن، رسول، رعد، أحمد، مصطفى، سهام يونس، (٢٠٢٠)، "تأثير التدعيم بمساحيق الالومينا والسليكا على الخصائص الميكانيكية للخليط البوليمري (بولي استر غير مشبع / بولي يورثان)", مجلة الرافدين للعلوم، المجلد (٢٩)، العدد (٢).
- 17- Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakoo, N., & Trada, M. (2011). A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 42(4), 856-873.
- 18- Ahmad.A.M.(2022) "Studying The Effect Of Adding (Preparation Of Polymeric Composites From Unsaturated Polyester With Some Types Of Fibers And Study Its Mechanical And Thermal Properties)" Mosul University, College of Education for Girls, Department of Chemistry.
- 19- Abd 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*, 1952-1963.
- 20- Al-Habbar.M.H.(2023) "Preparation and study of the mechanical and thermal properties of polymeric composites of epoxy with some polymeric residues" Mosul University, College of Education for Girls, Department of Chemistry.
- 21- JarJis, Ayad Jyad, (2013) "Studying the effect of polymer granules on some thermal and mechanical properties of PTFE Portland cement paste" Mosul University, College of Science, Volume 16, Issue 4, 19-25.

22- Saadallah, D. R., & Sulyman, E. Z. (2023) Preparation and study of some mechanical and thermal properties of epoxy composites with natural styrene butadiene rubber (damaged tires).