



(١٣٧) (١٥٧)

العدد التاسع
والعشرون

تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية لراتنج البولي استر غير المشبع بإضافة أوكسيد الزنك
كوثر محفوظ فتحي

Kawther.23gep70@student.uomsul.edu.iq

أ. د. ابتهاج زكي سليمان ال حلیم

ebthalim@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل / كلية للنبات التربة / قسم الكيمياء

المستخلص:

في هذا البحث حُضِرَتْ مادة متراكبة من البولي استر غير المشبع كماده اساس واوكسيد الزنك ZnO كمادة مدعمة، ودراسة بعض الخصائص الميكانيكية(الصلادة، الانضغاطية، مقاومة الصدمة) ولتحقيق هذا الهدف تم تحضير عينات بنسب وزنية مختلفة (١% - ١٠%). وأوضحت الدراسة ازدياد الخواص الميكانيكية عند النسبة ٦% وأضيفت مادة التدعيم عند درجات حرارية مختلفة (٧-٢٥-٨٠-١٥٠) م° من أجل مقارنة الخواص الميكانيكية قبل التدعيم وبعده، وأعطت النتائج خواصاً ميكانيكية جيدة ، إذ ارتفعت قيم (مقاومة الصدمة، مقاومة الانضغاط ، الصلادة) في حين قلت قيم معامل المرونة (معامل يونك) عند ٢٥ م°. غير أنه عند إجراء المعالجة في درجات الحرارة (٧، ٨٠، ١٥٠) . لوحظت تغيرات متفاوتة في القيم الميكانيكية؛ إذ شهدت بعضها ارتفاعاً والأخرى انخفاضاً . كما تبين أن التوصيل الحراري يزداد مع ارتفاع درجات الحرارة ويقل بانخفاضها . وتشير هذه النتائج إلى أن كلاً من مادة التدعيم ودرجة حرارة المعالجة يؤثران بشكل كبير في السلوك الميكانيكي والحراري للمركبات البولي استر غير المشبعة المقواة باوكسيد الزنك .

الكلمات المفتاحية: البولي استر، المتراكبات البوليمرية ، أوكسيد الزنك ، الخواص الميكانيكية ، قوة الانضغاط، قوة الصدمة ، الصلادة ، معامل المرونة ، التوصيل الحراري.

**Improve Mechanical And Thermal Properties For Unsaturated
Polyester Resin, Add Zinc oxide ZnO**

Kawther mahfoudh

Kawther.23gep70@student.uomsul.edu.iq

prof. Dr.Ebtehag Zeki Sulyman



ebthalim@uomosul.edu.iq

University of Mosul /Education College for women/ Department of
Chemistry

Abstract :

In this research, a composite material was developed using unsaturated polyester resin as the base matrix and zinc oxide (ZnO) as a reinforcing agent. The study focused on evaluating key mechanical properties, including hardness, compressive strength, and impact resistance. To investigate the effect of filler concentration, samples were prepared with different ZnO weight fractions ranging from (1- 10)%. The results showed that the optimal improvement in mechanical performance occurred at a 6 wt % ZnO content of. In addition, the influence of processing temperature was examined by curing the composite samples at four different temperatures: 7°C, 25°C, 80°C, and 150°C. At 25°C, the composites demonstrated notable enhancements in impact resistance, compressive strength, and hardness, accompanied by a reduction in Young's modulus. At other processing temperatures (7°C, 80°C, and 150°C), the mechanical properties exhibited varying trends, with some increasing while others decreased. Furthermore, it was observed that thermal conductivity increased with rising temperatures and decreased at lower temperatures. These findings suggest that both filler content and processing temperature significantly influence the mechanical and thermal behavior of ZnO-reinforced unsaturated polyester composites.

Keywords: Polyester, Polymeric composites, Zinc Oxide ZnO, mechanical properties, compressive strength,. Impact strength, hardness, Modulus of elasticity, Thermal conductivity.

المقدمة:

عُرف استعمال المواد المترابكة بأشكالها البسيطة منذ قديم الزمان عند الأشوريين حين استخدموها لبناء الزقورات ، وكذلك استخدم المصريون القش عند صنع الطابوق وذلك لحمايته من التصدعات التي تحدث خلال مرحلة التجفيف (راشد ، عبد الرحمن محمد ، 2019) . وتتكون المواد المترابكة من مادتين مختلفتين أو أكثر غير متجانستين. وتتميز بخواص جيدة مقارنة بخواص كل مادة من المواد المكونة لها (Rajak, et al.,2019) .



يمكن تحضير المواد المتراكبة بدمج المادتين معاً بشرط عدم حدوث تفاعل كيميائي بينهما بحيث تحتفظ كل مادة بصفاتها الأصلية الخاصة (Rbaa, et al.,2021).

ويمكن الحصول على المواد المتراكبة باستخدام مواد رخيصة الثمن كبديل للمواد باهضة الثمن، وإن المركب الناتج يظهر خصائص وأداء أفضل مع تكلفة أقل تتسم بمجموعة من الصفات المرغوبة، منها خفة الوزن، والمتانة العالية، والعزل الحراري والكهربائي، والمقاومة الميكانيكية والكيميائية، فضلاً عن مرونة التصميم، ومقاومتها الجيدة للظروف البيئية التي تحيط بها وغيرها من الخصائص (Ahmad, A.M. et al,2022).

يتم استخدام أكثر من مليوني طن من هذه المواد سنوياً في تصنيع المنتجات الهيكلية مثل الدبابات والأنابيب (O A Abbass et al.,2020).

راتنج البولي استر غير المشبع هو نوع من الراتنجات المتصلبة حرارياً ولا يستخدم بمفرده في التطبيقات التقنية لأنه مادة هشة ولا يمتلك الكفاءة الكافية، ولكن عند تقويته ببعض المواد المقوية كالألياف الزجاجية ودقائق مسحوق نفايات الزجاج وألياف الكربون تغير بعض الخواص الميكانيكية لمادة البولي استر غير المشبع الهش والتي تؤثر بدورها في طبيعة الكسر (Luyang Gong et al.,2022)، وقد أدى التطور الذي يحصل في العالم إلى أن يصبح من الصعب تخيل العالم بدون بوليمرات لأنها تدخل في مجالات التطبيقات الصناعية بشكل واسع وذلك لامتلاكه خصائص مرغوبة لا توجد في بقية المواد المعدنية، (Chawla.,2012) إذ تتميز البوليمرات بخفة الوزن وسهولة التصنيع ومقاومة التآكل والمحاليل مثل الحوامض والقواعد فضلاً عن سهولة استخدامها (Chittaranjan Deo et al.,2018).

الجزء العملي
المواد المستخدمة في البحث

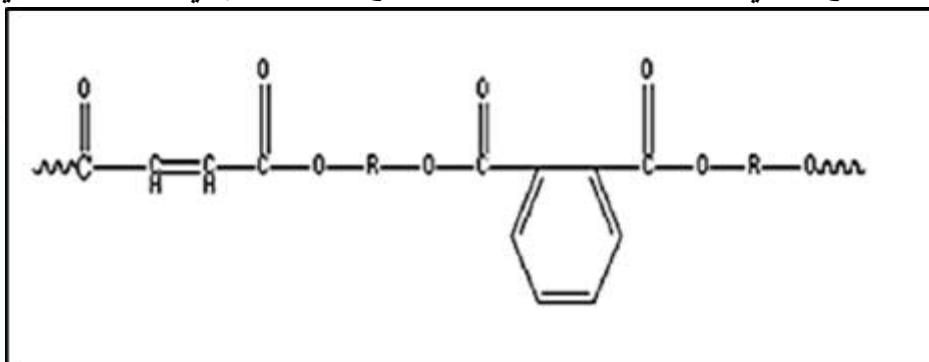
اولاً _ المواد المستخدمة في البحث

١ _ المادة الأساس :

البولي استر غير المشبع ذو المنشأ التركي من شركة TURKUAZ POLY ESTER كثافته ١.١٧ ولزوجته بحدود (٣٥٠-٥٠٠) في درجة حرارة الغرفة. يعد من أنواع البوليمرات المتصلبة حرارياً (ثرموسيتات) التي تتصلب وتتحول إلى مادة صلبة عند إضافة المصلب الذي يحتوي على نوعين من المواد المساعدة على التصلب، الأولى تُعدُّ مبدأ عملية البلمرة، وهي بيروكسيد أثيل مثل كيتون وهي، سائلة عديمة اللون، والمادة الثانية هي (قصدير ٢_أثيل هكسانوات) الذي يعمل



كمعجل لتفكك البادئ .، ويتميز بقوامه الزيتي ولونه الأرجواني . يضاف المصلد الى البولي استر غير المشبع ويخلط بنسب من الراتنج الى من المصلد ، وعند إكمال إضافة المقسي والمحفز الى مزيج الراتنج .تبدأ عملية الخلط (الخط اليدوي) فوراً لمدة تتراوح من دقيقتين إلى ثلاث دقائق حتى يصبح الخليط لزجاً ، وعند تجاوز هذه المدة يصبح الخليط شديد الذوبان وترتفع حرارته مما يؤدي الى تسارع عملية الذوبان ويعيق عملية الصب ، كما إن المنتج النهائي يحتوي على فقاعات هواء كبيرة ، ويتميز راتنج البولي استر بخصائص ميكانيكية ، مع عزله الكهربائي والحراري العالي.



الشكل (١) الصيغة التركيب الكيميائي للبولي استر الغير مشبع (Li Mei,2000)

٢_ مادة التدعيم

اوksيد الزنك (ZnO)

Zinc Oxide

يعد اوksيد الزنك من المركبات الكيميائية واسعة الاستخدام، فهو يمتلك خصائص فريدة ، وغير مكلف وقادر على امتصاص الأشعة فوق البنفسجية (U.V) وله لون أبيض ناصع كما يمتاز بالثبات الكيميائي ويمتاز بمساحة سطحية كبيرة ، والتوصيل الحراري العالي والانتقائية والذوبانية في المحاليل المائية.

ويستخدم على نحو رئيسي في صناعة الأصباغ والدهانات كمادة مبيضة في مستحضرات التجميل للحماية من(U.V) وفي تحفيز إنبات البذور ونمو النباتات وفي صناعة المطاط ويدخل في المواد المضافة للأغذية ،فضلاً عن أنه يتمتع بخصائص كهروضوئية جعلته مهماً في تطبيقات الخلايا الشمسية وفي مجالات طب الأسنان(صناعة الأسنان ، علاج اللثة ، التقويم) كما يستخدم في قتل سلالات بكتيريا مختلفة بسبب امتلاك الزنك خاصية تثبيط التنفس الخلوي ، ويدمر الغشاء الخلوي ويستخدم في صناعة أنابيب الكربون متعدد الجدران، كما يستخدم في عوامل علاج هشاشة العظام ، و يستفاد منه أيضاً في التطبيقات البيئية إذ يستخدم كمحفز للتفاعلات الكيميائية في



معالجة المياه والهواء وهذا بفضل خواصه الفوتوكيميائية ، ويُعد أكسيد الزنك مادةً مطهرةً تمنع تكون الأغشية الحيوية على الأجهزة الطبية ، ويستخدم أكسيد الزنك كمادة داعمة في البوليمرات لأنه يزيد توصيلها الحراري ويعمل كمادة مألثة في البوليمرات ويحسن الخصائص الميكانيكية (Kołodziejczak–Radzimska et al ., 2014).

ثانياً _ طريقة التحضير :

تستعمل مادة البولي استر غير المشبع بعد إضافة العامل المصلد بنسبة (٢:١٠٠) ، مما يحولها الى مادة ذات قوام جيلاتيني تتصلب عند درجة حرارة الغرفة (٢٥) م ، وتحضر المادة المدعمة أو أكسيد الزنك بنسب وزنية مختلفة (١%_١٠%) مع اتباع تقنية القولية اليدوية إذ تُصنع قوالب خاصة لكل قياس ، وتمزج مادة البولي استر غير المشبع مع المصلد الارجواني ، ثم يضاف اوكسيد الزنك ويخلط جيداً حتى يحدث تجانس بين البولي استر غير المشبع والأوكسيد . بعد ذلك يضاف المصلد الشفاف ويخلط ببطء شديد لمدة تتراوح بين ٣٠ ثانية الى 0.5-1 دقيقة ، وللحصول على تجانس عالٍ يفضل استخدام جهاز ultrasonic . ويترك لمدة ٢٤ ساعة عند درجة حرارة الغرفة لإتمام عملية التصلب ، مع حدوث تدخل وتجانس تام بين الجزيئات . يتم دراسة تأثير الحرارة في المتراكبات المحضرة عند درجات حرارية مختلفة.

ثالثاً _ الأجهزة المستخدمة وتحضير العينات :

١. جهاز اختبار مقاومة الانضغاطية Compressive Resistance Instrumental Test

الجهاز المستخدم للقياس مصنع من (Automax) وتحضر عينات الاختبار على وفق للمواصفات الامريكية (D168-M ST A) ، وتكون العينات مكعبة الشكل لضمان قدرتها على تحمل الحد الاعلى من الحمل لمقاومة الانضغاط. ASTM_D618 يتم استخدام مكبس هيدروليكي نوع (Testing Machine Co . LTD)

لتحديد الحد الاقصى من حمل قوة مقاومة الانضغاط الذي يستطيع النموذج تحمله . وتجدر الاشارة الى ان الجهاز المستخدم لقياس مقاومة الانضغاط تابع لكلية الهندسة| قسم المدني | مختبر فحص المواد

٢. جهاز اختبار مقاومة الصدمة: Impact Test :Resistance Instrumental

الجهاز المستخدم من نوع (Chary Impact Test Instrument) والموجود في المعهد التقني _مختبر المعادن ، وهو مصنع من قبل شركة (Tokyo Koki Seizosho, LTD) . أما عينة



الفحص فتبلغ أبعادها (10*10*55)، إذ يتم عمل زاوية قدرها ($\alpha=141.5$) درجة وحز عمقه (٢ملم) في النموذج ، على وفق المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM_D256_87)

٣. جهاز اختبار قوة الصلادة Hardiness Resistance Instrumental Test :

جهاز فحص الصلادة (Durometer Shore) من نوع (Shore_D) والموجود في كلية الهندسة _قسم الميكانيك ، والمجهز من قبل شركة Germany_Wolpert ، يشبه في تصميمه البوصلة ؛ إذ يحتوي على إبرة تقع في منتصفه ، وتتم عملية الفحص بتثبيت الجهاز عمودياً على العينة المراد اختبارها، ثم تقاس الصلادة عند انغراز الإبرة في سطح المادة ، بعد ذلك يترك الجهاز لمدة ثلاث ثوان قبل تسجيل قيمة الصلادة التي يقيسها الجهاز .

٤. جهاز اختبار المرونة : Flexibility Instrumental Test

يعتمد اختبار المرونة على قياس متغيرين هما (الاجهاد والاستطالة) ، لذلك يتم إجراء اختبار الاستطالة على عينات محضرة بأبعاد سمك (١سم) وعرض (٢٠سم) على وفق المواصفات القياسية (ISOR527) في تحضير نماذج اختبار مقاومة الشد التي. كانت تحضر باستخدام تقنية رسم الشرائح ، و استخدم في هذا الاختبار لدراسة خواص المادة المركبة تحت تأثير حمل محوري باتجاهين ، باستخدام جهاز (Machine univeral) المجهز من قبل شركة (EIE_England) لقياس هذه الخاصية ، وبمعدل حمل (KN50) . الجهاز متاح في كلية الهندسة _قسم المدني _مختبر فحص المواد .

٥. التوصيل الحراري : Thermal Conductivity

يتم استخدام جهاز قرصي لقياس التوصيل الحراري ، إذ تكون النماذج بقطر (١١.٣) وسمك (١.٢). الجهاز المستخدم لهذا الغرض موجود في كلية العلوم _ قسم الفيزياء
النتائج والمناقشة :

١. اختبار مقاومة قوة الانضغاط Compressive Resistance Test (C.S)

يعد اختبار مقاومة قوة الانضغاط للمادة من الفحوصات المهمة التي توفر رؤية واضحة حول قوة البوليمر ومدى تحمله لظروف الاستخدام . فهناك الكثير من المواد التي قد تبدو هشة (brittle) في حالة الشد لكنها تبدو لدنة (ductil) عند تعرضها للانضغاط (Omar Dagdag, et al,2023). لذا ، يستخدم هذا الفحص غالباً لتقييم مقاومة الخضوع ، فضلاً عن مقاومة الانضغاط . وعلى نحو خاص ، تعرف مقاومة قوة الامتصاص بأنها الحد الأقصى من الإجهاد الذي يمكن للمادة الصلبة



تحمله دون كسر أو تشوه تحت تأثير الضغط العامودي ومن خلال هذا الاختبار , يتم تقييم البنية الداخلية الهيكلية للمادة الخاضعة للقياس إذ تحسب مقاومة المادة للانضغاط قبل عملية التدعيم وبعدها وفقا للمعادلة رقم (١) (Hazim, F, Hassan, *et al*, 2023)

$$C.S (Mpa)=force(N)/Area (m^2) \quad \dots 1$$

مقاومة الانضغاط **C.S** :

القوة التي تسلط (بالنيوتن) **Force**

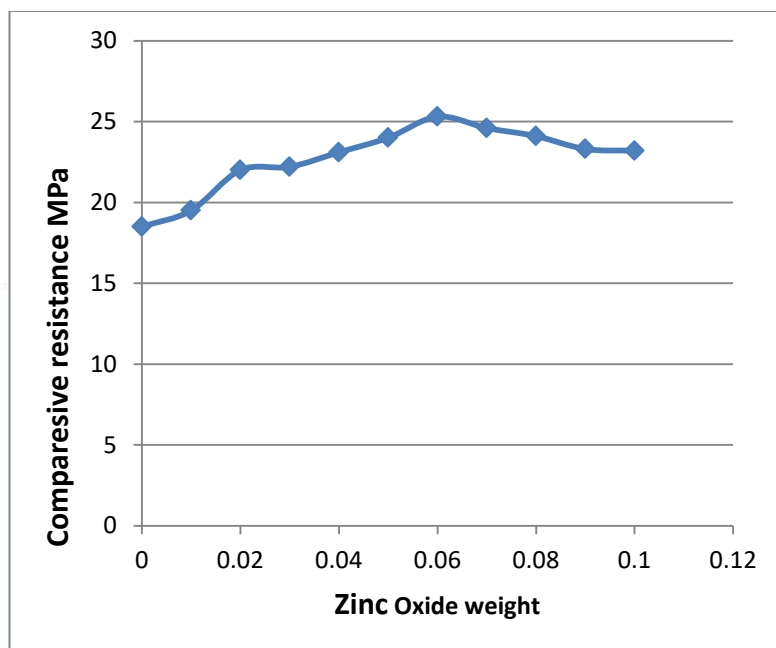
مساحة المقطع للعينة والتي تكون على شكل اسطوانة. **Area**

الجدول رقم (١) يوضح مقاومة الانضغاط للبولي استرغير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارية (٢٥) °

Wt.% 25° C	C.S (UPE+ZnO)
0	18.5
1%	19.5
2%	22
3%	22.2
4%	23.1
5%	24
6%	25.3
7%	24.6
8%	24.1
9%	23.3
10%	23.2



رسم رقم (٢) يوضح مقاومة الانضغاط للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجة حرارية (٢٥) م°



Wt.% 25° C	C.S (UPE+ZnO)
0	18.5
1%	19.5
2%	22
3%	22.2
4%	23.1
5%	24
6%	25.3
7%	24.6
8%	24.1
9%	23.3

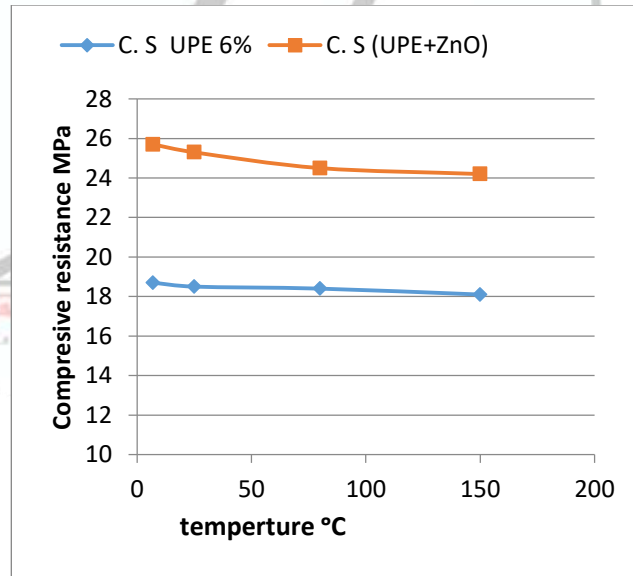


10%

23.2

من خلال الجدول رقم ١ . يلاحظ أن قيم مقاومة الانضغاط تقل مع ارتفاع درجة الحرارة عند (١٥٠) . وتزداد عند تبريد العينات إلى (٧) . في علاقة عكسية يعزى ذلك إلى أنه مع ارتفاع الحرارة تتكون مرونة نتيجة ضعف قوة التآصر بين المواد المدعمة والبوليستر بسبب تكسر الاواصر بين السلاسل البوليمرية (Ahmed,& Sulyman.,2022).

temperature	C.S UPE 6%	C.S (UPE+ZnO) 6%
7	18.7	25.2
25	18.5	25.3
80	18.4	24.5
150	18.1	24.2



يؤدي هذا التكسر الى زيادة الحجم الحرة غير المشغولة بجزيئات البوليمر وتقل الكثافة . ومع نقصان الكثافة تتخفف مقاومة الانضغاط في العينات , مما يؤدي الى حدوث انكماش حتى حد معين، أما عند تبريد العينات الى درجة حرارة (٧) فإن انخفاض الحرارة يقيد حركة السلاسل مما



يؤدي الى نقصان الحجم الحر غير المشغول بجزيئات البوليمر . فتزداد الكثافة وبالتالي تزداد مقاومة العينات لقوة الانضغاط (Esraa S.Waad Alla, *et al*,2021) .

٢. فحص اختبار مقاومة الصدمة Impact Resistance Test

يعد اختبار مقاومة الصدمة للبوليمرات من الفحوصات المعقدة للغاية بسبب تعدد اختبارات قوة التصادم ، وهو في الوقت نفسه من الفحوصات الأساسية في مختبرات السيطرة النوعية ومختبرات التصاميم للحاجيات البلاستيكية . ويعد كل من اختبار أيزود واختبار جاري من أهم الاختبارات في هذا المجال . وتعرف بأنها عملية قياس لقدرة المادة في مقاومة الكسر عند تعرضها لقوة مسلطة تقاس بالكيلو جول او بالجول . ويمكن تحسين مقاومة العينات باستخدام المواد الداعمة (Fillers) التي تعمل كمواد مالئة تملأ الفراغات وتمنع حدوث تشوهات في العينة . يُعد اختبار الصدمة مهما للغاية من الناحية العملية ، اذ يمكن حساب الطاقة الممتصة اللازمة لتحطيم وكسر العينة المستخدمة في البحث . تستخلص هذه القيمة مباشرة من جهاز الفحص ، كما يمكن حسابها باستخدام العلاقة التالية (Rana M Salih, 2017)

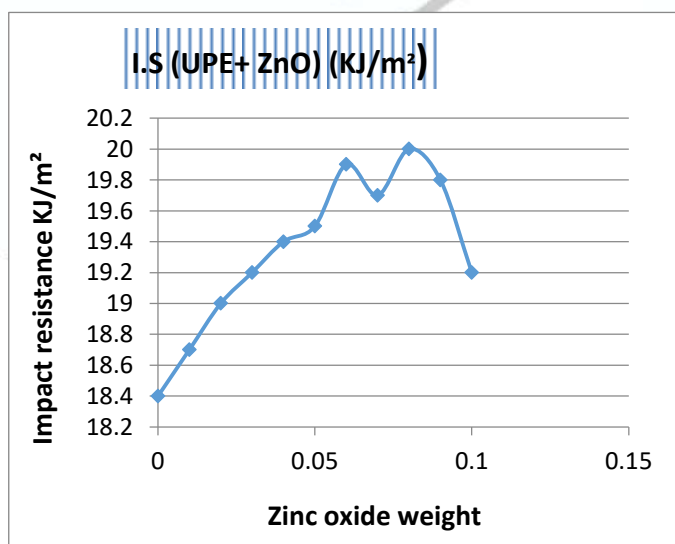
$$\text{Impact strength (I.S)} = \frac{\text{Freature energy}}{\text{Area (m)}^2}$$

وعند تعرض المواد غير المدعمة لإجهاد مفاجئ تنكسر بسرعة نتيجة لتحطم الأواصر في السلسلة البوليمرية . لذلك يتم تعزيز هذه المواد بالمواد المدعمة إذ تتداخل هذه المواد في السلاسل البوليمرية مما يزيد من الطاقة اللازمة للكسر . وتمر المواد المتراكبة بمرحلتين : المرحلة الأولى تتمثل في تماسك وقوة الأواصر التي تربط الجزيئات داخل سلاسل البوليمر . المرحلة الثانية : تشمل سحب وكسر المادة المدعمة داخل السلاسل إذ تكون الطاقة المصروفة لكسر سلاسل المواد المدعمة اكبر من الطاقة اللازمة لكسر الاواصر في السلاسل البوليمرية قبل عملية التدعيم.



Wt.% 25° C	I.S (UPE+ ZnO) (KJ/m ²)
0	18.4
1%	18.7
2%	19
3%	19.2
4%	19.4
5%	19.5
6%	19.9
7%	19.7
8%	20
9%	19.8
10%	19.2

Wt.% 25° C	I.S (UPE+ ZnO) (KJ/m ²)
0	18.4
1%	18.7
2%	19
3%	19.2
4%	19.4
5%	19.5
6%	19.9
7%	19.7
8%	20
9%	19.8
10%	19.2



يبين الرسم رقم (٤) مقاومة الصدمة للبولي استر غير المشبع قبل

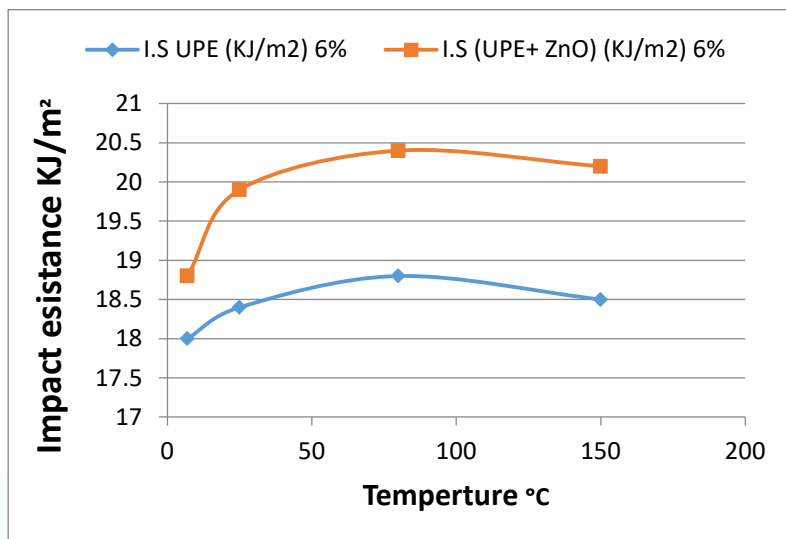
وبعد التدعيم عند درجات حرارة ٢٥ م°.



عند إجراء المعالجة الحرارية للعينات ذات النسبة المئوية (6%) التي تعد أفضل نسبة تم اختيارها مقارنة بالنسب الأخرى عند درجات حرارة تتراوح بين (١٥٠_٧) تقل قيم مقاومة الصدمة مع انخفاض درجة الحرارة ، وذلك بسبب تقييد حركة السلاسل البوليمرية ، مما يمنعها من التحرك بسهولة . بالمقابل ترتفع مقاومة الصدمة مع ارتفاع درجة الحرارة عند (١٥٠) م . بسبب تفكك الأواصر بين الجزيئات المترابطة ، وتزيد حركة السلاسل البوليمرية ، مما يسمح بامتصاص جزء من الطاقة ؛ مما يؤدي إلى توزيع وانتشار الطاقة اللازمة لحدوث الكسر . كما هو موضح في الجدول رقم (٤) والرسم رقم (١٠) ، الذي يظهر انحلال ميكانيكيا (Anwar, M. Ahmad et al., 2023)

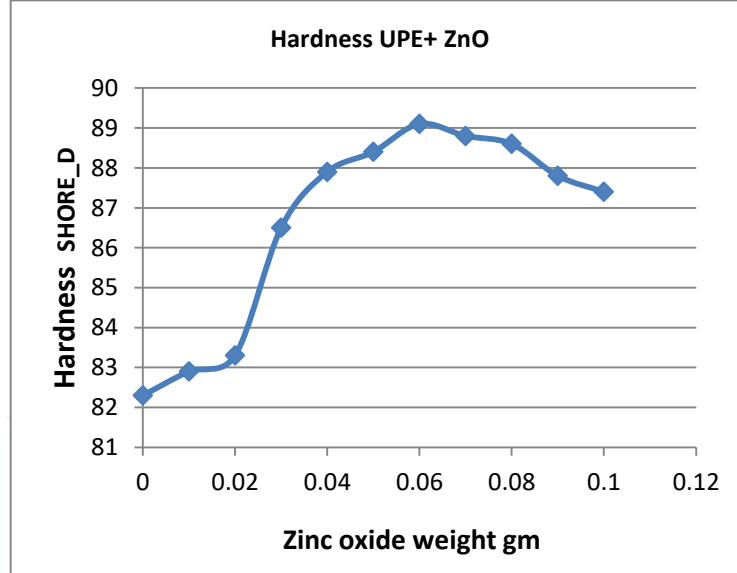
يوضح الجدول رقم (٤) مقاومة الصدمة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجات الحرارة (١٥٠-٨٠-٢٥-٧) م°.

Temperatures °C	I.S UPE (KJ/m ²) 6%	I.S (UPE+ ZnO) (KJ/m ²) 6%
7	18	18.8
25	18.4	19.9
80	18.8	20.4
150	18.5	20.2



يبين الجدول رقم (٥) مقاومة الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجات حرارة (٢٥) م

Wt.% 25° C	Hardness UPE+ ZnO
0	82.3
1%	82.9
2%	83.3
3%	86.5
4%	87.9
5%	88.4
6%	88.6
7%	88.8
8%	89.1
9%	87.8
10%	87.4



وعند إجراء المعالجة الحرارية (١٥٠_٨٠_٧) م على العينات ذات النسبة (6%) والتي تم اختيارها بوصفها أفضل نسبة مقارنة ببقية العينات لوحظ أن قيم الصلادة عند ارتفاع درجات الحرارة الى (١٥٠_٨٠) م كانت أقل من قيمها عند (٢٥) م . ويعزى ذلك الى أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة ليونة المادة نتيجة حركة الجزيئات وانفصال الأواصر بينها مما يقلل من مقاومة الخدش والغرز كما يتضح من دراسة بعض خصائصها الميكانيكية . أما عند انخفاض درجة الحرارة الى (٧) لوحظ ارتفاع في قيم الصلادة , نظراً لأن البوليمرية تصبح مقيدة وتفقد قدرتها على الحركة . مما يزيد من مقاومة المادة للخدش والغرز .

يظهر الجدول (٦) قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم عند درجات حرارة مختلفة (١٥٠_٨٠_٢٥٧) م

Temperatures °C	Hardness UPE	Hardness (UPE+ ZnO)
7	82.9	89.2
25	82.2	88.6
80	81.6	88.4
150	81.1	88.2



يظهر الرسم (٧) قيم الصلادة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم عند درجات حرارة مختلفة (٧ _ ٢٥ _ ٨٠ _ ١٥٠) م°

Temperatures °C	Hardness UPE	Hardness (UPE+ ZnO)
7	82.9	89.2
25	82.2	88.6
80	81.6	88.4
150	81.1	88.2

٤. اختبار المرونة او معامل يونك : Young's Modulus

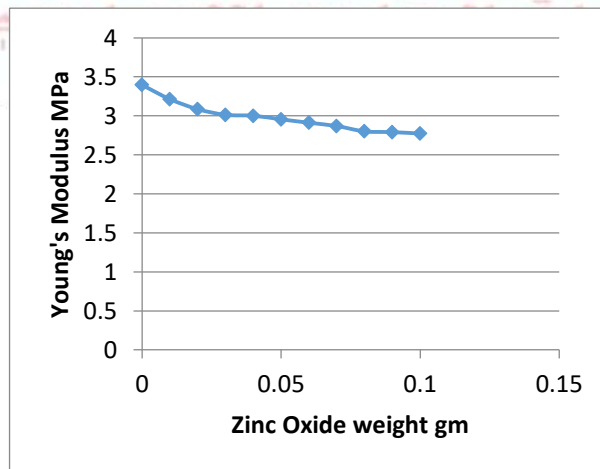
معامل الاستطالة المعروف أيضاً باسم معامل يونك ، هو خاصية مادية تعبر عن مقاومة المادة للتشوه . يتم تعريفه بأنه نسبة الإجهاد الى الانفعال في المادة عند تعرضها للحمل عند تعرض المادة للتمدد أو الضغط أو التشوه و تظهر مقداراً معيناً من التغير ، يعبر عنه بالتغير الجزئي في الأبعاد . يحدد معامل المرونة كيفية استجابة المادة للتشوه ، ويعد فهمه امراً ضرورياً للمهندسين وعلماء المواد ، لأنه يساعد في تصميم الهياكل والمواد القادرة على تحمل أحمال وضغوط معينة مع الحفاظ على شكلها ووظائفها فضلاً عن أنه يعد معامل يونك عاملاً أساسياً في تطوير المواد المتقدمة ، مثل المواد المركبة والمعادن التي صممت بخواص محددة لتتناسب تطبيقات معينة تعد الراتنجات مواد هشة (brittle) ، مما يمنحها مقاومة شد منخفضة جداً ، وعند إضافة مواد التدعيم يمكن تحسين مقاومة الشد بشكل ملحوظ . إذ تساعد جزيئات مادة التدعيم على تحمل الأحمال المطبقة . ومن خلال التجارب تم الحصول على أعلى مقاومة شد عند النسبة الوزنية (6%) ودرجة حرارة (٢٥) م (Vinayaga moothy R., 2020) . كما هو موضح في الجدول

Wt.% 25 C	Young's M. (UPE+ ZnO) Mpa
0	3.395
1%	3.214



2%	3.085
3%	3.013
4%	3.001
5%	2.955
6%	2.911
7%	2.869
8%	2.801
9%	2.791
10%	2.773

يبين الجدول رقم (٧) معامل المرونة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم عند درجة حرارة ٢٥°م

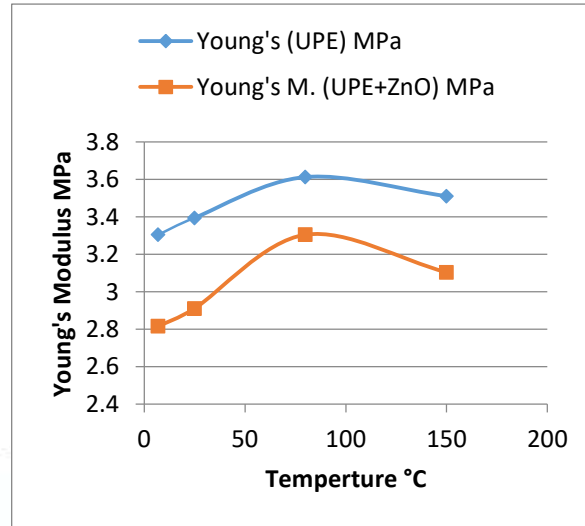




Wt.% 25° C	Young's M (UPE) MPa	Young's M. (UPE+ ZnO) MPa
1%	3.295	2.993
2%	3.295	3.015
3%	3.295	3.101
4%	3.295	2.939
5%	3.295	2.824
6%	3.295	2.815
7%	3.295	2.749
8%	3.295	2.713
9%	3.295	2.823
10%	3.295	2.901

عند إجراء المعالجة الحرارية (١٥٠_٨٠_٧) م واختبار النسبة الوزنية (6%) يلاحظ انخفاض قيم المرونة عند درجة حرارة (١٥٠_٨٠) نتيجة تفكك السلاسل البوليمرية بسبب ارتفاع درجة الحرارة . بالمقابل عند انخفاض درجات الحرارة ، كما في درجة حرارة (٧) م ، تقل قيم المرونة بسبب تقيد الروابط وحركة السلاسل البوليمرية ، مما يجعل المادة أكثر هشاشة (brittle) (Ahmad., 2022) كما هو موضح في الجدول رقم (٨).

بين الجدول رقم (٨) معامل المرونة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم عند درجات الحرارة (١٥٠_٨٠_٢٥_٧) م



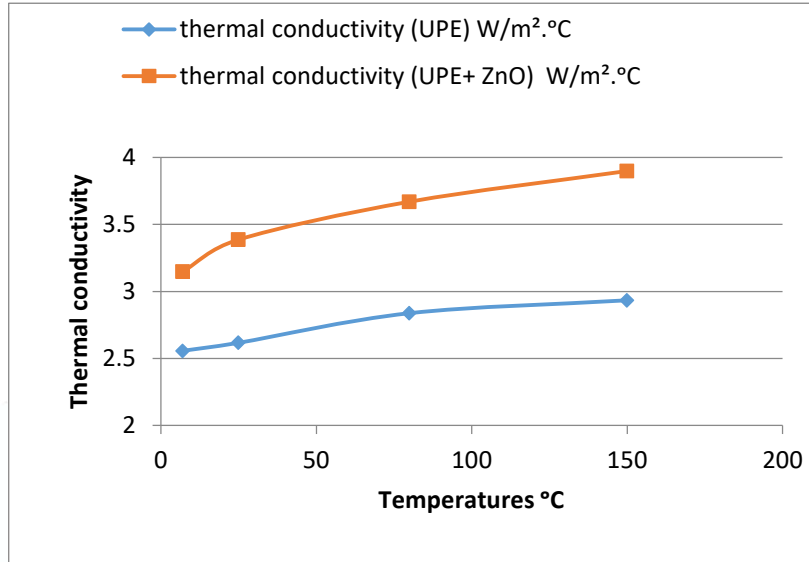
يظهر الرسم رقم (٩) معامل المرونة للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجات الحرارة (٧_١٥٠_٨٠_٢٥)°م

٥. التوصيل الحراري: Thermal Conductivity

يعرف التوصيل الحراري بأنه قدرة المادة على نقل الحرارة بين موصلين يختلفان في درجة حرارتهما ؛ إذ يكون أحدهما ذا حرارة أعلى من الآخر، وقد أظهرت القيم ارتفاعاً في التوصيل الحراري بعد عملية تدعيم البولوي استر غير المشبع بمادة أوكسيد الزنك مقارنة بما كان عليه قبل التدعيم . حيث تعمل جزيئات ZnO كنواقل حرارية بمعنى توفر خطوط إضافية لنقل الحرارة تساعد في نقل الحرارة بشكل أفضل (فاضل, إيمان نصر, ٢٠٢٠) .

يبين الجدول (٩) التوصيل الحراري للبولوي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم عند درجة حرارة (٧_١٥٠_٨٠_٢٥)°م

Temperatures Ć	thermal conductivity (UPE) W/m ² .°C	thermal conductivity (UPE+ ZnO) W/m ² .°C
7	2.557	3.148
25	2.617	3.387
80	2.838	3.67
150	2.934	3.8988



يظهر الرسم رقم (١٠) التوصيل الحراري للبولي استر غير المشبع قبل وبعد التدعيم عند درجات حرارية (١٥٠_١٠٠_٨٠_٢٥_٧)م

الاستنتاجات :

١. أدت إضافة أكسيد الزنك كمادة تدعيم الى البولوي استر غير المشبع إلى ارتفاع قيم الخواص الميكانيكية مثل (الصلادة , مقاومة الانضغاطية , مقاومة الصدمة) مع حدوث انخفاض في قيم معامل المرونة .

٢. ترتفع قيم مقاومة الصدمة عند معالجتها بدرجة حرارة (١٥٠, ٨٠, ٧)م

٣. تتخفف قيم (مقاومة الانضغاطية ,معامل المرونة, والصلادة) عند معالجتها بدرجة حرارة (٨٠_١٥٠)م , بينما ترتفع عند تبريد العينات.

٤. تتخفف قيم التوصيل الحراري للبولوي استر غير المشبع عند درجة حرارة التبريد . لكنها ترتفع مع التسخين وتزيد بارتفاع درجة الحرارة.

٥. بينت النتائج أن قيم جميع الخواص كانت عند درجة الحرارة ٨٠ اعلى مما عند درجة ١٥٠.

المصادر

١. راشد ، عبد الرحمن محمد راشد ، (٢٠١٩)، " دراسة تأثير الاتجاه والكسور الحجمية ودرجة الحرارة على خاصية متانة الانحناء لصفائح بوليمرية مدعمة بالألياف الزجاجية " ، رسالة ماجستير ، جامعة القادسية.

References



1. Rajak, D. K., Pagar, D. D., Kumar, R., & Pruncu, C. I. (2019). Recent progress of reinforcement materials: A comprehensive overview of composite materials. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(6), 6354-6374.
2. Rbaa, M., Benhiba, F., Hssisou, R., Lakhrissi, Y., Lakhrissi, B., Touhami, M. E., ... & Zarrouk, A. (2021). Green synthesis of novel carbohydrate polymer chitosan oligosaccharide grafted on d-glucose derivative as bio-based corrosion inhibitor. *Journal of Molecular Liquids*, 322, 114549.
3. 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.
4. Abbass, O. A., Salih, A. I., & Al Hurmuzy, O. M. (2020, March). Study of the mechanical and physical properties of bio-composite material based on wheat starch and wheat straw fibers. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 745, No. 1, p. 012075). IOP Publishing.
5. Gong, L., Zhang, F., Peng, X., Scarpa, F., Huang, Z., Tao, G., ... & Zhou, H. (2022). Improving the damping properties of carbon fiber reinforced polymer composites by interfacial sliding of oriented multilayer graphene oxide. *Composites Science and Technology*, 224, 109309.
6. Chawla, K. K. (2012). *Composite materials: science and engineering*. Springer Science & Business Media.
7. Deo, Chittaranjan, and Mr Santosh Kumar Sahu. "The effects of fiber treatment on wear performance of lantana-camara/epoxy composites." *Int J Adv Technol Eng Res* 12.2014 (2018): 23-25.
8. Kołodziejczak-Radzimska, A., & Jesionowski, T. (2014). Zinc oxide—from synthesis to application: a review. *Materials*, 7(4), 2833-2881.
9. Dagdag, O., & Kim, H. (2023). Progress in the field of cyclophosphazenes: Preparation, properties, and applications. *Polymers*, 16(1), 122.
10. Ismael, M. N., & Hassan, H. F. (2023). Mechanical behaviour of polymer matrix composite reinforced by silicon carbide particles. *Journal of Techniques*, 5(2), 108-113.
11. Esraa S. Waad Alla; Ebtehag Z. Sulyman, (2021), "Preparation of polymeric Composites From Saturated Polyesters Glass Powder (Flourscent) and Study of Its Mechanical Properties Preparation of polymeric Composites From", *Iraqi Journal of Market Research and Consumer Protection*, 13(1), 131-139.
12. Salih, R. M. (2017). Effect of water absorption on some mechanical and physical properties of epoxy/polyurethane blend reinforced with nano silica powder. *Ira J Phy*, 15(32), 92-8.
13. Bashar, H. K., Juraimi, A. S., Ahmad-Hamdani, M. S., Uddin, M. K., Asib, N., Anwar, M. P., ... & Hossain, A. (2023). Evaluation of allelopathic effects of Parthenium



hysterophorus L. methanolic extracts on some selected plants and weeds. Plos one, 18(1), e0280159.

14. Saadallah, D. R., & Sulyman, E. Z. (2022). Preparation and study of some mechanical and thermal properties of epoxy composites with natural styrene butadiene rubber (damaged tires). International Journal of Health Sciences, (I), 6278-6291.

15. Ibrahiem, R. E., & Sulyman, E. Z. (2019). Preparation Polymeric Composites from Epoxy with Randomly Woven Fiber Glass and Studies the Mechanical Properties. Rafidain journal of science, 28(3 A).

16. Silverman, M. G., Yeri, A., Moorthy, M. V., Camacho Garcia, F., Chatterjee, N. A., Glinge, C. S., ... & Das, S. (2020). Circulating miRNAs and risk of sudden death in patients with coronary heart disease. Clinical Electrophysiology, 6(1), 70-79.

17. Khaironi, K. A. S. (2021). Metode Mustaqilli 3. Mustaqilli Arabic Center.

18. Li Mei,(2000),”Temperature and Mositure Effectson Composites Materials for Wind Turbine Blades” ,Thesis, Montana State Univercity , Bozenman, March.

JOBS



مجلة العلوم الأساسية
Journal of Basic Science



Print -ISSN 2306-5249

Online-ISSN 2791-3279

العدد التاسع والعشرون

٢٠٢٥ م / ١٤٤٧ هـ



مجلة العلوم الأساسية
للعلوم التربوية والنفسية وطرائق التدريس للعلوم الأساسية