College of Basic Education Researchers Journal. ISSN: 7452-1992 *Vol. (19), No.(1), (2023)*

CC BY

تحضير ودراسة بعض الخواص الميكانيكية والحرارية لمتراكب الأيبوكسي مع مطاط السليكون

داليا ربيع سعدالله العزاوي
مديرية تربية نينوى موصل ،العراق

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

(قدم للنشر في ٢٠٢٢/١١/١٦ قبل للنشر في ٢٠٢٣/١/٢٣)

الخلاصة

من خلال هذا البحث تم تحضير متراكبات بوليميرية من الأيبوكسي كمادة اساس مع مطاط السليكون وتم ذلك بإضافة نسب وزنية مختلفة من مطاط السليكون وبعد اجراء التجارب تم اختيار النسبة الوزنية التي سجلت اعلى النتائج واجريت لها معالجة حرارية عند درجات حرارية مختلفة (٨،٢٥،٥٥)مْ .واجريت لها بعض الاختبارات الميكانيكية والحرارية .أوضحت النتائج عند المقارنة قبل وبعد عمليه التدعيم للمتراكبات ان التوصيل الحراري انخفض بعد عملية التدعيم اما بالنسبة ل مقاومه الصلادة والانضغاطية والمرونة ارتفعت القيم بعد التدعيم ولكن كانت اقل قيمه للصلادة والانضغاطية والمرونة عند درجة الحرارة (٥٥) مْ مقارنة بالنتائج عند (٨)مْ .بالنسبة لمقاومة الصدمة ارتفعت قيمتها بعد التدعيم وكانت الزيادة اكبر عند درجة الحرارة (٥٥)مقارنة بقيمتها عند درجة (٨) مْ

الكلمات المفتاحية : الأيبوكسي ,مطاط السليكون ,الخواص الميكانيكية ,التوصيل الحراري

Preparation and Study of Some Mechanical and Thermal Properties for Epoxy Overlay with Silicone Rubber

Dalia Rabie Saadallah
Nineveh Education Directorate ,Mosul, Iraq

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

Abstract

Through this research, polymeric composites were prepared from epoxy as a base material with silicone rubber by adding different weight percentages of silicone rubber. After conducting the experiments, the weight ratio that recorded the highest results was selected and a heat treatment was conducted for it at different temperatures (8,25,55)ºC. Some mechanical and thermal tests were conducted for it. The results, when comparing before and after the reinforcement process for the composites, showed that the thermal conductivity decreased after the strengthening process, as for the resistance to hardness, compressibility and flexibility. The values increased after strengthening, but the value of hardness, compressibility and flexibility was less at (55) C compared to the results at (8) C. As for the shock resistance, its value increased after strengthening and the increase was greater at (55) temperature compared to its value at (8) C.

Key words: Epoxy, silicone rubber, mechanical properties, thermal conductivity.

مقدمة

بعد التطور التكنولوجي الحاصل اتجهت الانظار حول تصنيع المواد المتراكبة حيث ان المواصفات الكيميائية والميكانيكية المطلوبة هي التي تحدد نوع مادة التقوية المضافة (احمد ,محمد عبداللطيف ,٢٠١٧).فالمواد المتراكبة هي عبارة عن مواد يمكن الحصول عليها عن طريق جمع مادتين منفصلتين لغرض الحصول على مادة ذات صفات مميزة تمتلك خصائص لا تتوفر في مكوناتها المنفردة (علي ,حنين محسن ,واخرون ,٢٠٢٠).حيث قام الباحث (فرج ,حيدر عبد ,واخرون ,٢٠١٧)بتحضير متراكبات بوليميرية من البولي استر غير المشبع المدعم ببعض المخلفات الصناعية (الدقائق الزجاجية ,نشارة الخشب)وبنسب وزنية مختلفة لغرض دراسة الخصائص الحرارية لها .اشارت نتائج البحث الى ازدياد الثبات الحراري للمتراكبات المحضرة مع زيادة نسبة مواد التدعيم المضافة كما ان طاقة التنشيط تزداد مع زيادة نسبة مواد التدعيم . كما حضر الباحثان (جفال ,احمد جبير ,عنتر ,فائق حماد,٢٠١٧) مواد متراكبة محضرة من راتنج الأيبوكسي كمادة اساس واضافة بعض العناصر المعدنية (دقائق الالمنيوم والنيكل)كمواد تدعيم .وبنسب وزنية معينة .اظهرت النتائج بأنه تزداد قيمة ثابت العزل الكهربائي مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة كما ان التوصيلية الحرارية تزداد ولكن بصورة بطيئة مع زيادة النسب الوزنية لمواد التدعيم وان اعلى النتائج كانت للعينات المدعمة بدقائق الالمنيوم تليها العينات المدعمة بمزيج من دقائق الالمنيوم والنيكل واخيرا العينات المدعمة بدقائق النيكل .كما قام الباحث (وعدالله, اسراء سعد ,٢٠٢٠)بدراسة الخواص الميكانيكية لمتراكب البولي استر كمادة اساس مضاف اليه مواد مدعمة من مسحوق الزجاج وبنسب وزنية معينة حيث تمت مقارنة نتائج الخواص الميكانيكية قبل عملية التدعيم وبعده ووجد انه كلما ازدادت نسب مسحوق الزجاج ازداد ت قيم كل من الصلادة والانضغاطية وانخفضت قيمة الصدمة كما ان قيم (الانضغاطية ,الصدمة ,الصلادة)قلت بارتفاع درجات الحرارة . كما درس الباحث (كريم ,مزدة رحمان ,٢٠٢١)تحضير وتوصيف متراكبات من الأيبوكسي المدعم بالألياف الطبيعة "حيث اظهرت النتائج بأن الأيبوكسي المدعم بألياف الصوف الطبيعي يحسن من الخواص الميكانيكية والفيزيائية بصورة عامة نتيجتا لما تتمتع به هذه الالياف من متانة عالية .كما قام الباحث (محمد ,صفا ضياء ,٢٠٢١)بدراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمادة المتراكبة المكونة من المادة الاساس (الأيبوكسي)والكبريت كمادة مدعمة بنسب وزنية مختلفة حيث اظهرت النتائج ان قيم

الخواص الميكانيكية ازدادت بعد التدعيم ولكن قيم التوصيل الحراري قلت بعد عملية التدعيم مقارنتا بالنتائج قبل التدعيم .

الجزء العملي

المواد المستخدمة في البحث

١- الماده الاساس

الأيبوكسي هو المادة الاساس من شركة(Sikadur_32 normal)ذو كثافه (١.٤)كغم /لتر وذو لون ابيض اما المصلد

(3_amino methyl-3,5,5,-tri methyl hexyl amine) ذو لون رصاصي داكن

يضاف الأيبوكسي الى المصلد بنسبة (١:٢) في درجة حرارة الغرفة للحصول على العينات المطلوبة للقولبة

٢- مواد التدعيم

المادة المستخدمة كمادة مدعمة هو مطاط السليكون الذي هو عبارة عن سائل ذو قوام ثقيل يشبه غراء الخشب في الشكل والسمك يتكون من المطاط السائل يخلط معه المصلب بنسبة (١:١) ذو كثافة مقدارها(١.٥) غم /لتر .

طريقة العمل

.استخدم راتنج الأيبوكسي ثم أضيف اليه المصلد المذكور سابقا بنسبه (١:٢) للحصول على ماده جيلاتينية في درجه حرارة الغرفة وتم تحضير النماذج عن طريق استخدام عمليه القولبة اليدوية قبل التدعيم وبعد التدعيم باستخدام نسب وزنية مختلفة من مادة التدعيم (مطاط السليكون) (٥٪,١٠٪,١٥٪,٢٠٪,٢٥٪,٣٠٪,٣٥٪,٤٠٪,٤٥٪,٥٠٪,٥٥٪,٦٠٪))بعدها توضع المادة المتراكبة في قوالب مخصصه لكل قياس حسب المواصفات الخاصة .بعد الانتهاء من عملية الصب تترك المادة ٢٤ ساعه عند درجات حرارية مختلفة (٨,٢٥,٥٥) مْ لاكتمال عملية التصلب والتداخل والتجانس الموجود بين الجزيئات الموجودة

تحضير النماذج

١-نماذج اختبار الصلادة

حيث تم استخدام جهاز الصلادة (Shore_D)من نوع (Durometer Shore)
التي تستخدم لقياس صلادة المادة البوليميرية المجهزة من شركة (WOLPERT_Germany)
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.

الشكل (١)جهاز اختبار الصلادة

نماذج اختبار الصدمة

تم تحضير النماذج في هذا الاختبار حسب المواصفات الامريكية (ASTM_D256_87)
المناسبة للفحص .وتكون زاوية الحز مقدارها (٤٥)درجه اما عمق الحز (٢)ملي وبأبعاد (10*10*55)

حيث يتم الحصول على الطاقة الممتصة الكافية لحدوث الكسر في جهاز قياس الصدمة نوع جاربي (charpy Impact Instrument) والمجهز من شركة(Tokyo koki seizosho,LTD)

الشكل (٢)جهاز اختبار الصدمة

٢- نماذج اختبار الانضغاطية

لقد تم تحضير نماذج هذا الاختبار حسب المواصفات المطلوبة (ASTM_D618) حيث تم استخدام المكبس الهيدروليكي نوع (Testing Machine CO_LTD) وتكون ذات شكل اسطواني حسب المواصفات المجهزة من شركة (WOLPERT_Germany)

الشكل (٣)جهاز اختبار الانضغاطية

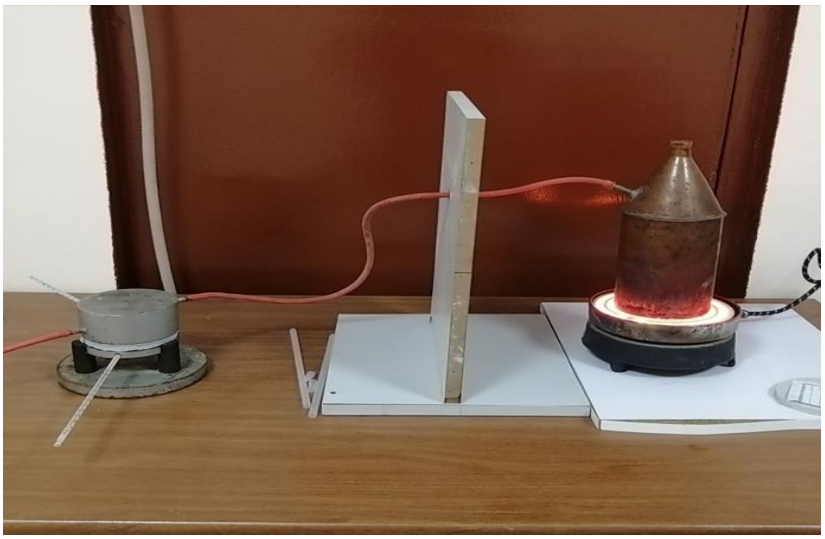
٤-نماذج اختبار المرونة

لقد اجري اختبار الاستطالة على العينات المحضرة لهذا الاختبار والتي تكون بالأبعاد التالية :ارتفاع العينة (٢ملي متر)وعرضها (١سم)وطولها (١٠سم)يسمى جهاز قياس الاستطالة يقاس الانفعال بجهاز الاستطالة المذكور اما الاجهاد فيقاس بجهاز (Variner)الانضغاطية المذكور سابقا .

الشكل (٤)اداة قياس الاستطالة

٥- التوصيل الحراري

تم استعمال نماذج في هذا الاختبار بقطر (١١.٢٣سم)وسمك (١ سم)



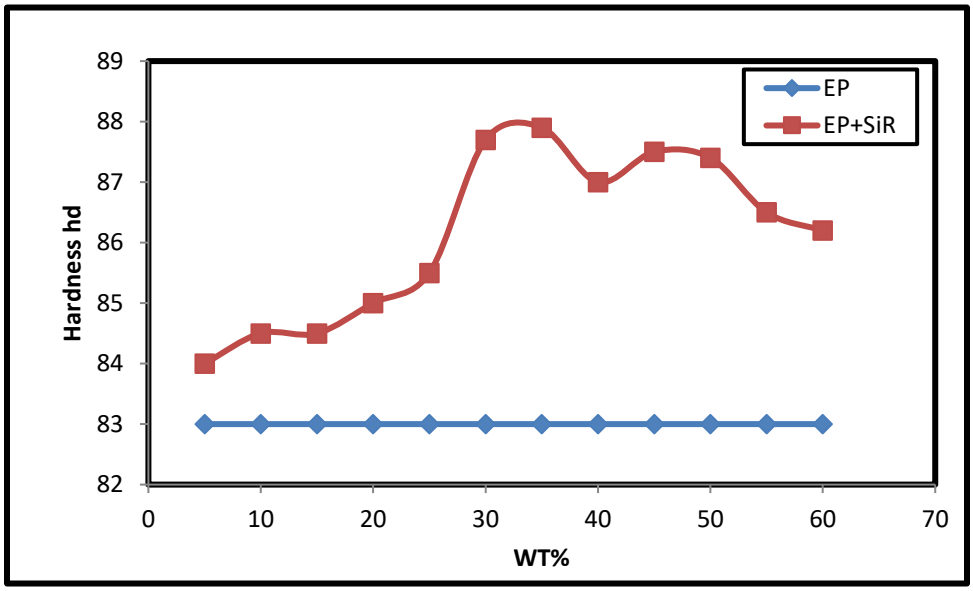
الشكل (٥)جهاز قياس التوصيل الحراري

النتائج والمناقشة :

١-الصلادة

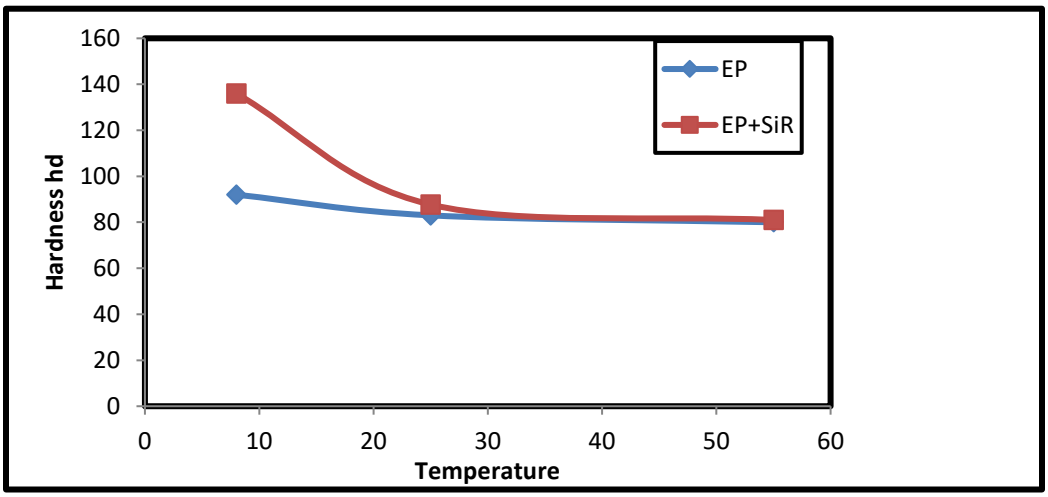
ان خاصية الصلادة هيا عبارة عن مقاومة سطح المادة للتشوه الدائمي.(علي ,حنين محسن ,واخرون ,٢٠٢٠). الذي يحصل عن طريق:

القطع (Cut),البلى (Wear),الاختراق (penetration), الثلم (Indentation),والخدش (Scratching),قابلية التشغيل (Machinability) ,(الراوي ,خالد رشاد, سلمان ,رفقة عامر ,٢٠١٤)



الشكل (٦)العلاقة بين النسب الوزنية وقيم الصلادة للايبوكسي
قبل التدعيم وبعده درجة ٢٥مْ

من خلال النتائج اعلاه يتم اخذ النسب الوزنية التي تمثل اعلى قيم للصلادة وتعريضها للمعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٥٥ C°,٨C°), تبقى العينات عند الدرجات الحرارية المذكورة ٢٤ ساعة ومن ثم تقاس لها مقاومة الصلادة.

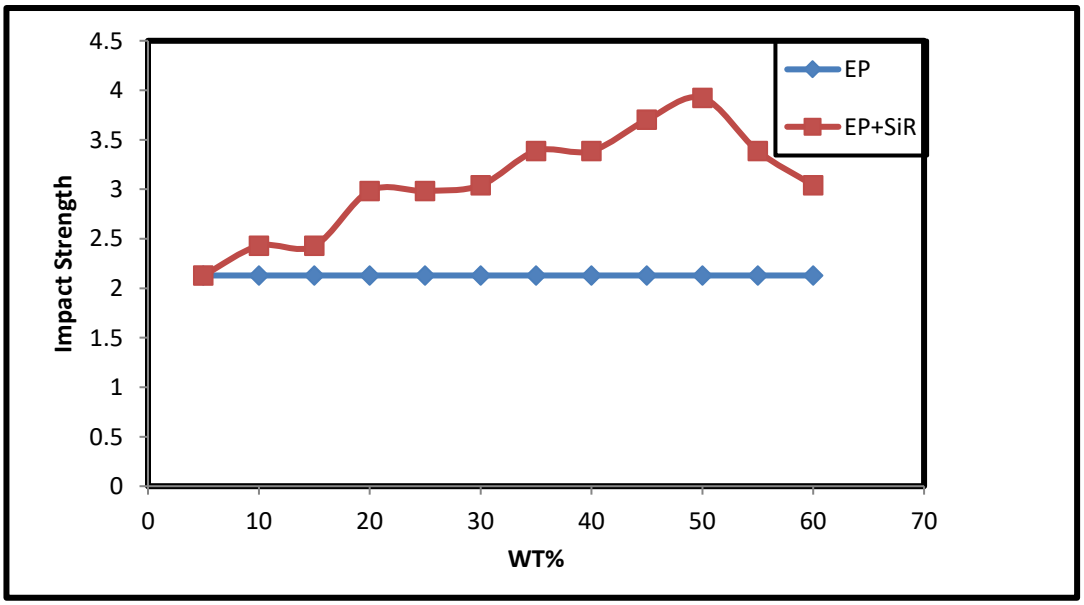


الشكل (٧)العلاقة بين قيم الصلادة ودرجة الحرارة

نلاحظ من النتائج اعلاه ازدياد قيم الصلادة بعد عملية التدعيم بسبب زيادة الترابطات التشابكية بين كل من المادة الاساس (الأيبوكسي)ومادة التدعيم (حبيب ,صباح عباس ,٢٠١٣) اضافة الى كون مادة التدعيم (المطاط)يمتاز بالصلادة العالية والقابلية العالية على تحمل الجزء الاكبر من الاجهاد .(نصيف رفاه علوان ٢٠١٩) .كما نلاحظ انه قلت الصلادة بزيادة درجة الحرارة وذلك لكونه بزيادة درجات الحرارة ازدادت ليونة المادة بسبب حركة الوحدات البدائية وتكسر الاواصر البينية بينها ,مما يؤدي الى ضعف مقاومتها للخدش .(محمد ,صفا ضياء ,٢٠٢١) كما ان لزوجة المادة البوليميرية ونوع مادة التدعيم تلعب دور في ظهور الفجوات في المادة المتراكبة فتقل صلادتها (Husnia,2012) .

٢-الصدمة

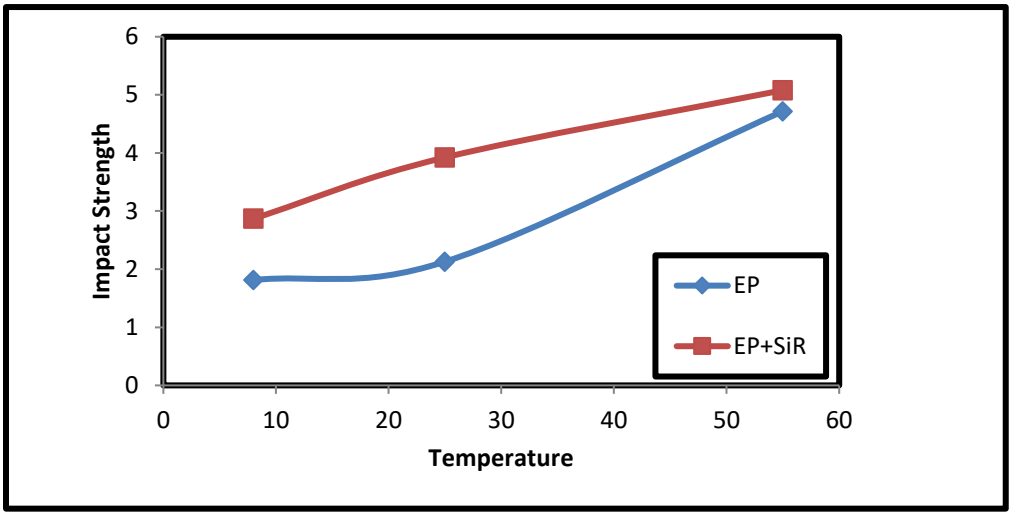
ان الغرض من اختبار الصدمة لجاربي هو معرفة مدى قوة المواد ومقاومتها للكسر عند تعرضها الى الاجهاد الخارجي (اجهاد حركي سريع جدا)(سليمان ,خلدون جمال ,٢٠٢١),حيث يتم قياس تحمل هذه المواد لقوة الصدمة من خلال حساب الطاقة التي امتصتها المواد ومن ثم حساب مقاومة الصدمة عند نقطة الكسر للمواد المتراكبة المحضرة قبل التدعيم وبعده.



الشكل (٨):العلاقة بين النسب الوزنية وقيم الصدمة للايبوكسي

التدعيم وبعده عند درجة حرارة مْ

من خلال النتائج اعلاه يتم اخذ النسب الوزنية التي تمثل اعلى قيم للصدمة وتعريضها للمعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٥٥ C°,٨C°) ,تبقى العينات عند الدرجات الحرارية المذكورة ٢٤ ساعة ومن ثم تقاس لها مقاومة الصدمة.



الشكل(٩):العلاقة بين قيم الصدمة ودرجة الحرارة

مقاومة صدمة منخفضه قبل التدعيم وذلك لكون الأيبوكسي مادة هشة ولكن بعد تقويتها بمطاط السليكون ازدادت قيم الصدمة بشكل واضح ومتفاوت ويعود السبب في ذلك كون المطاط يتحمل جزء كبير من الاجهاد المسلط مقارنتا بالمادة الاساس حيث ان المطاط يعمل على توزيع الاجهاد المسلط على مساحة اكبر وبذلك يقل تركيز الاجهاد في منطقة معينة وايضا وجود مواد التدعيم يمنع نمو الشقوق الصغيرة التي تحدث نتيجة الصدمة.

وتزداد الصدمة بعد التدعيم بالمطاط ايضا بسبب كون مقاومة الصدمة للبوليمرات المطاوعة والمطاطية اعلى من مقاومة الصدمة للبوليمرات الهشة اي ان زيادة الصدمة جاء نتيجة الى زيادة متانة المادة (صالح , سهامه عيسى, واخرون ,٢٠١٦)

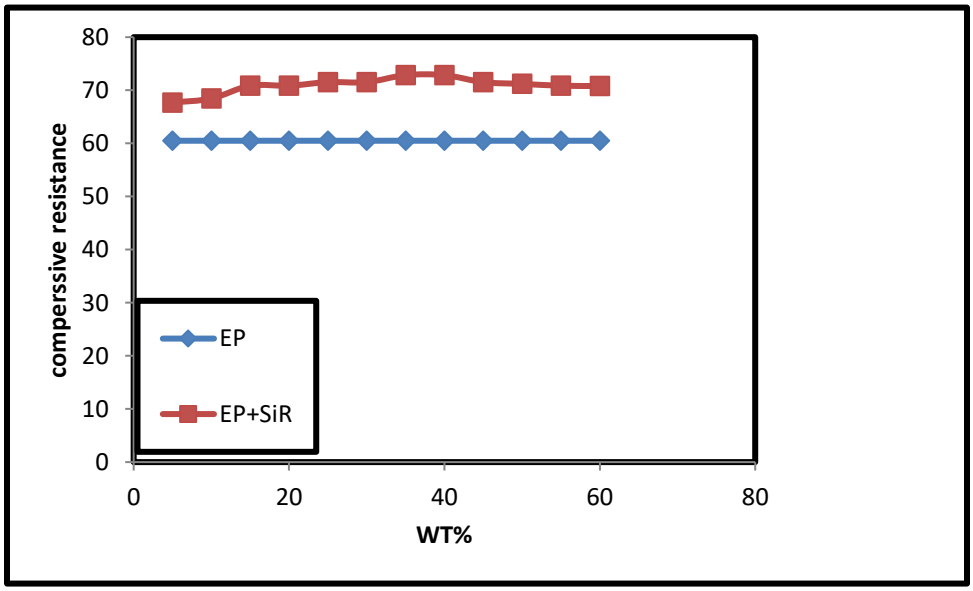
هنالك علاقة طردية بين قيم الصدمة ودرجات الحرارة بسبب تكسر الاواصر بين جزيئات المادة المتراكبة وكذلك الحركة الانزلاقية التي تزداد بزيادة درجة الحرارة فتزداد امكانية امتصاص الطاقة الذي بدوره يؤدي الى زيادة الطاقة الكامنة للكسر و بالتالي زيادة مقاومة الصدمة (وعدالله ,اسراء سعد ,٢٠٢٠)

٣-الانضغاطية

ان مقاومة الانضغاطية هي اقصى اجهاد يمكن ان تتحمله المادة البوليميرية.

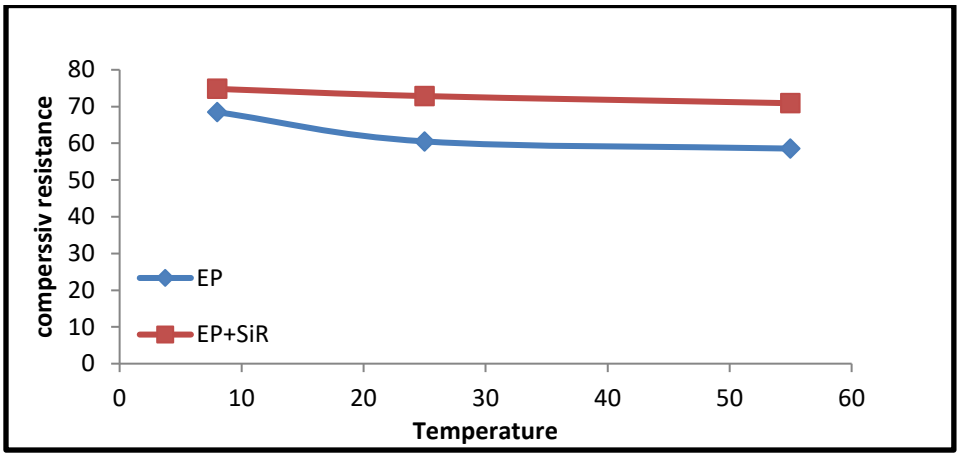
ان فحص الانضغاطية للمواد يعد من الفحوصات التي تمثل الصورة حول قوة البوليمر ,ومقدار تحمله للظروف الخارجية ,يمكن حساب كمية مقاومة الانضغاطية عند النقطة التي تتهشم عندها المادة قبل التدعيم وبعده وذلك عن طريق العلاقة .(Abd A–Hussien,2015)

$$C.S(MPa)=Force(N)/area(m^2)$$



الشكل (١٠)العلاقة بين النسب الوزنية وقيم مقاومة الانضغاطية قبل التدعيم وبعده عند درجة حرارة ٢٥مْ

من خلال النتائج اعلاه يتم اخذ النسب الوزنية التي تمثل اعلى قيم للانضغاطية وتعريضها للمعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٥٥ C°,٨C°) ,تبقى العينات عند الدرجات الحرارية المذكورة ٢٤ ساعة ومن ثم تقاس لها مقاومة الانضغاطية .



الشكل (١١) العلاقة بين قيم الانضغاطية ودرجة الحرارة

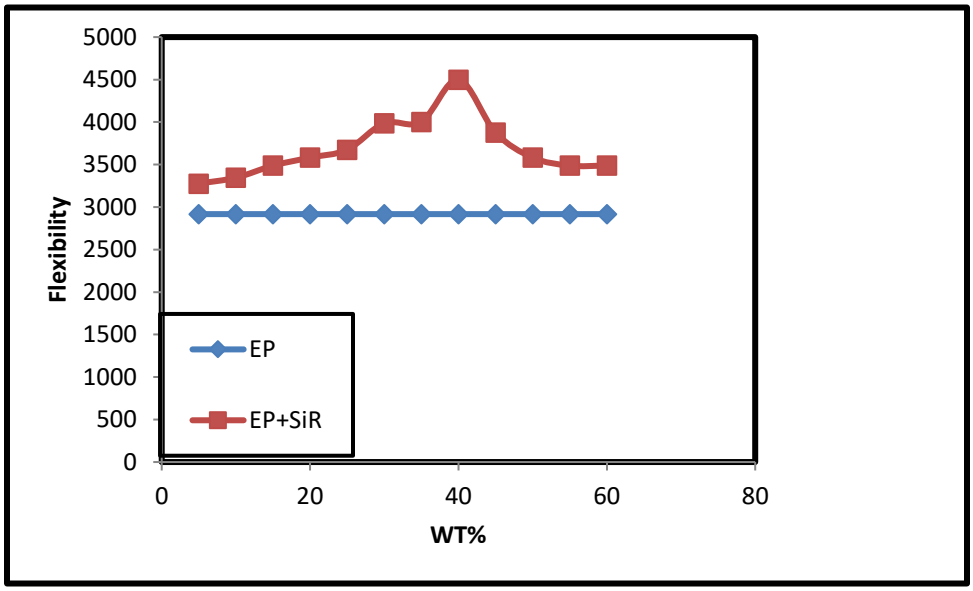
نلاحظ من النتائج اعلاه ان قيم الانضغاطية للايبوكسي المدعم اعلى من قيم الانضغاطية للايبوكسي غير المدعم وذلك لان مادة التدعيم تتحمل معظم الجهد المسلط الذي سلط على المادة المتراكبة يضاف الى ذلك كفاءة الربط بين المادة الاساس (الأيبوكسي)ومواد التقوية .

كما نلاحظ ان قيم الانضغاطية تتناسب عكسيا مع درجة الحرارة حيث تقل كلما ارتفعت درجة الحرارة بسبب تكسر الاواصر وكذلك لضعف قوة الربط بين المادة البوليميرية ومادة التدعيم مما يؤدي الى جعل الراتنج اكثر ليونة فتضعف مقاومته للانضغاط (الراوي, رؤى عصام ,٢٠١٩)

٤-المرونة

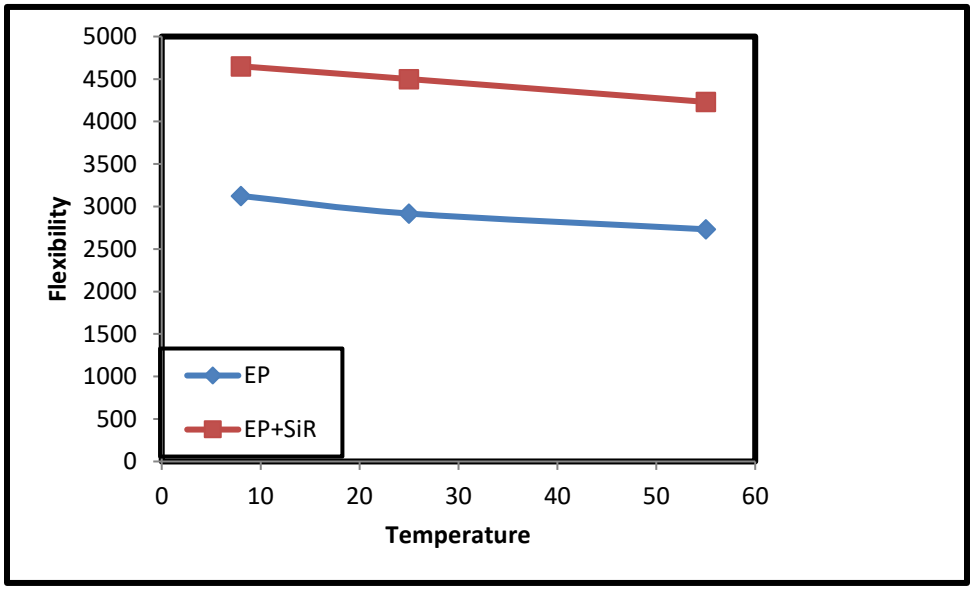
ان الغرض من هذا النوع من الاختبارات هو حساب معامل المرونة. اي معرفة سلوك المواد البوليميرية عند تعرضها الى اجهاد خارجي فأن معامل المرونة هو الذي يمثل ميل الخط المستقيم الذي نتج من العلاقة الخطية بين الاجهاد والانفعال.

ان المادة البوليميرية تعاني تشوها مرنا ناتج عن الشد واستطالة السلاسل الموجودة في المادة البوليميرية دون حصول تكسر الاواصر ضمن حدود المرونة المتاحة (علي ,علي محمد ,واخرون ٢٠١٥).



الشكل (١٢) العلاقة بين النسب الوزنية وقيم معامل المرونة للايبوكسي قبل التدعيم وبعده عند درجة ٢٥مْ

من خلال النتائج اعلاه يتم اخذ النسب الوزنية التي تمثل اعلى قيم المرونة وتعريضها للمعالجة الحرارية عند درجات الحرارة (٥٥ C°,٨C° ,تبقى العينات عند الدرجات الحرارية المذكورة ٢٤ ساعة ومن ثم تقاس لها معامل المرونة

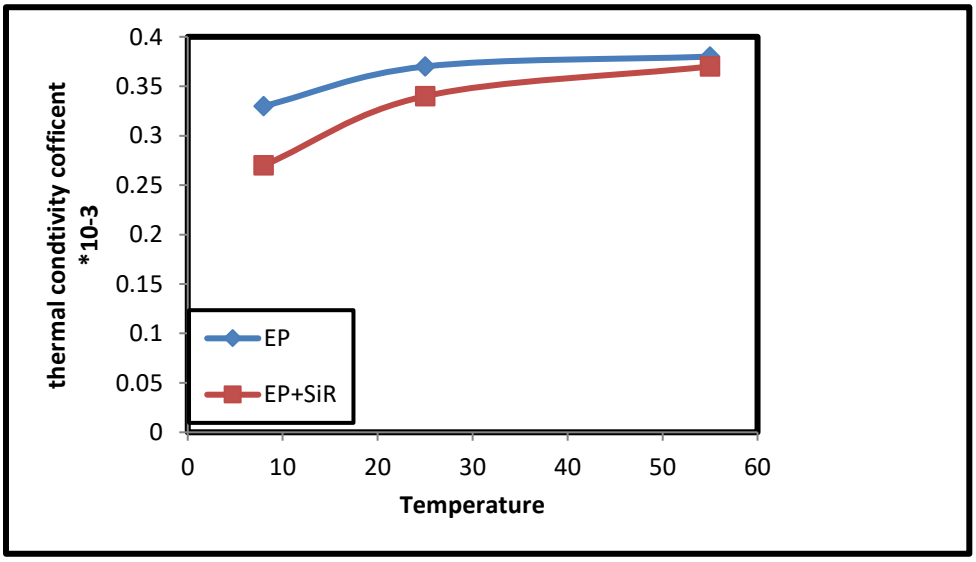


الشكل (١٣)العلاقة بين معامل المرونة ودرجة الحرارة

توضح النتائج اعلاه ان المرونة تزداد بعد عملية التدعيم وذلك بسبب كون مواد التدعيم تمتلك معامل مرونة اعلى من معامل مرونة المادة الاساس (الأيبوكسي) فتتحمل الجزء الاكبر من الاجهاد المسلط على المادة المتراكبة ,حيث ان مدى التحمل لمواد التدعيم يتناسب مع طبيعتها وكذلك مع متانة السطح البيني بين المادة الاساس والمواد المدعمة. كما تؤدي الزيادة في درجة الحرارة الى نقصان في معامل المرونة وذلك لكون درجة الحرارة تؤثر على المواصفات الميكانيكية اكثر من تأثيرها على النسب الوزنية المضافة من مواد التدعيم حيث يلاحظ نقص في قيم معاملات المرونة بشكل عام مع ارتفاع درجة الحرارة وهذا يفسر تكسر الاواصر والارتخاء بين جزيئات المادة المتراكبة وحركتها الانزلاقية .(الراوي, رؤى عصام, ٢٠١٩)

٥-التوصيل الحراري

التوصيلية الحرارية يقصد بها مدى قدرة المادة على التوصيل الحراري و نقل الحرارة من المناطق التي تكون فيها درجة الحرارة عالية الى المناطق التي تكون فيها درجة الحرارة منخفضة ,كما انها تعبر عن كمية الحرارة المتنقلة خلال الثانية الواحدة مقسومة على الانحدار في درجات الحرارة . (جفال, احمد جبير, عنتر, فائق حماد, ٢٠١٨)



الشكل (١٤)العلاقة بين قيم التوصيل الحراري ودرجة الحرارة

نلاحظ من النتائج اعلاه ان قيم معامل التوصيل الحراري قلت بعد عملية التدعيم ويعود السبب في ذلك ان مواد التدعيم تعمل على اعاقة الاهتزاز في الهيكل الداخلي للراتنج وبالتالي تنخفض قيم معامل التوصيل الحراري (عزيز, نجلاء شاكر ,واخرون ,٢٠١٣).

الاستنتاجات

عند اضافة مطاط السليكون كمادة تدعيم الى الأيبوكسي (المادة الاساس).سوف يظهر تأثير واضح على الخواص الميكانيكية والحرارية. فان كلا من الصلادة والصدمة والانضغاطية والمرونة تزداد بعد عملية التدعيم ولكن التوصيل الحراري يقل بعد التدعيم مقارنة بالنتائج قبل التدعيم .ان كلا من الصلادة والانضغاطية والمرونة ذات علاقه عكسية مع الحرارة فتقل قيم الصلادة والانضغاطية والمرونة بارتفاع درجات الحرارة عدا الصدمة تزداد قيمتها كلما ارتفعت درجة الحرارة وتنخفض قيمتها بانخفاض درجة الحرارة .

المصادر:

١.أحمد ,محمد عبداللطيف ,(٢٠١٧),"تحضير مواد متراكبة من خردة الألمنيوم ذو " النقاوة التجارية وتدعيمها بدقائق اكاسيد الحديد Fe_2O_3 & Fe_3O_4",مجلة ديالى للعلوم الهندسية ,المجلد العاشر ,العدد الرابع .

٢. علي ,حنين محسن ,رسول ,رعد احمد ,مصطفى ,سهام يونس,(٢٠٢٠) ,"تأثير التدعيم بمساحيق الالومينا والسليكا على الخصائص الميكانيكية للخليط البوليمري (بولي استر غير مشبع /بولي يوريثان ", مجلة الرافدين للعلوم , المجلد ٢٩,العدد٢.

٣. فرج ,حيدر عبد ,الفياض ,وداد صالح ,اللامي ,هادي سلمان ,(٢٠١٧), "الخصائص الحرارية لمتراكبات البولي استر غير المشبع المدعم ببعض المخلفات الصناعية ", مجلة البحر الفصلية المحكمة ,المجلد ٦ ,العدد ١٠.

٤. جفال ,احمد جبير ,عنتر ,فائق حماد ,(٢٠١٧)," تأثير الاضافات الدقائقية على بعض الخواص الفيزيائية والكهربائية لمتراكب بوليمري ", مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة ,المجلد ١١ ,العدد ٣.

٥. داؤود ,اسراء سعد وعدالله ,(٢٠٢٠)," تحضير ودراسة بعض الخواص الميكانيكية والحرارية لمتراكب البولي استر غير المشبع مع البولي ايثلين ومسحوق الفلوروسنت ,رسالة ماجستير ,قسم الكيمياء, جامعة الموصل

٦. كريم ,مزدة رحمان ,(٢٠٢١)," تحضير وتوصيف متراكبات من الأيبوكسي المدعم بالألياف الطبيعية "رسالة ماجستير ,كلية العلوم ,فسم الفيزياء ,جامعة كركوك .

7. Mohmmed ,Safa D.,Sulyman, Ebtahag .Z., Abid,Huda .A .,(2021)" Study the mechanical and physical properties of an epoxy compound with Sulfur" Iraqi Natinol Journal of Chemistry ,Vol .3 ,No21.

٨.الراوي ,خالد رشاد ,سلمان ,رفقة عامر ,(٢٠١٤),"دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمتراكب Epoxy–Mgo "مجلة جامعة النهرين ,المجلد ١٧,العدد١.

٩. حبيب ,صباح عباس ,(٢٠١٣)," تحسين المواصفات الميكانيكية لمزيج المطاط الطبيعي والمطاط المعاد باستخدام النوفولاك "مجلة جامعة بابل ,العلوم الهندسية ,المجلد ٢١ ,العدد٤

١٠. نصيف ,رفاه علوان ,(٢٠١٩)," دراسة تأثير المطاط على الخصائص الميكانيكية لراتنج الأيبوكسي "المجلد /العدد ع١٠٣, الجامعة المستنصرية ,كلية التربية ,العراق .

11. Husnia .H.,(2012) "Effect of Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Polyester Matrix Reinforced by Oridinary Glass Powder " University of Mosul ,College of Education ,Department of physics .

١٢. سليمان ,خلدون جمال ,(٢٠٢١)," تأثير التدعيم بمواد نانوية على خصائص راتنج الأيبوكسي المضاف اليه الطور المطاطي ", رسالة ماجستير , كلية التربية للعلوم الصرفة ,جامعة تكريت

١٣. صالح ,سهامه عيسى , صالح ,وليد بديوي ,محمد, مصطفى سطام ,(٢٠١٦), "استقصاء الخواص الميكانيكية والحرارية لخليط بوليمري ثلاثي محضر من مواد مختلفة (متصلدة حراريا ,ملدنه حراريا والاستومر)للتطبيقات الهيكلية ", مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة ,المجلد العاشر ,العدد الثاني .

١٤. وعدالله ,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 ,العدد١

15. Hussein, A.K.,(2015), "Mechanical Properties of Epoxy Based Hybilrd Composiyes Reinforced by Glass Fibers and SiC Particals " ,The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering ,Vol.15,No.1.

١٦. الراوي ,رؤى عصام ابراهيم ,(٢٠١٩)," دراسة بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكب الأيبوكسي المدعم بألياف الزجاج والياف الكاربون ",رسالة ماجستير ,قسم الكيمياء ,جامعة الموصل ,العراق .

١٧. علي .علي محمد ,محمود ,حبيب محمد ,ابراهيم ,نوار شوكت ,(٢٠١٥) ,"الخصائص الميكانيكية لمركبات (البولي استر غير المشبع /مادة مالئة)المسلحة بالألياف الزجاجية ", مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ,المجلد ٣٧,العدد١.

١٨. عزيز, نجلاء شاكر ,واخرون ,(٢٠١٣), "قياس التغير الحراري لمتراكبة البولي استر غير المشبع بعد اضافة Sio_2 بنسب وزنية مختلفة "المجلة العراقية لهندسة الميكانيك وهندسة المواد المجلد١٣,العدد٢.