ISSN: (3007-0384)
E-ISSN: (3007-0392)
مجلة وهج العلوم للعلوم الصرفة
المجلة متاحة على الرابط
https://uomosul.edu.iq/womeneducation/jwups/

Safa D. Mohmmed[1]*,
Ebtehag Z. Sulyman[2],
Rana F. Jasim[3],
Heba A. Mohmmed[4],

[1,2,3,4] Department of Chemistry,
College of Education for Women,
University of Mosul, Mosul, Iraq.

*Corresponding author e-mail:
Diaasafa922@gmail.com

Keywords:
Epoxy, Impact, Mechanical properties, Polyurethane, Thermal conductivity.

ARTICLE INFO
Article history:
Received :2024/11/26
Accepted :2024/12/4
Available online
Email: jwups @uomosul.edu.iq

Study the mechanical and physical properties of an epoxy compound with polyurethane.

ABSTRACT

This Search was done Preparation of polymeric composites of epoxy resin it is supported by areinforcement material polyurethane by manual casting by weight percentages (1%,3%,5%, 7%, 9% ,11%).

The research included studing the mechanica properties of the composite material (shock resistance, compressive resistance), The results showed that the shock resistance increases with the increase in the weight ratios of polyurethane. As for the compressive strength, it increases with increase in the weight ratio of poly urethane at 52° C, Compressive resistance decreases with increase in weight ratio of poly urethane at 22° C, Low thermal conductivity of epoxy backed with polyurethane compared with unreinforced epoxy.

© 2025JWUPS, College of Education for Women, University of Mosul.

Journal of Wahj Al-Ulom for Pure Sciences
Journal of Wahj Al-Ulom for Pure Sciences
Journal of Wahj Al-Ulom for Pure Sciences

دراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكب الايبوكسي مع البولي يوريثان

صفا ضياء الدين محمد[1]، إبتهاج زكي سليمان [2]، رنا فاضل جاسم[3]، هبة عزيز محمد [4]
[1، 2، 3، 4] جامعة الموصل / كلية التربية للبنات/قسم الكيمياء/ موصل/ العراق

الخلاصة:

تم في هذا البحث تحضير متراكبات بوليمرية من راتنج الايبوكسي ومدعمة بمادة التقوية هي بولي يوريثان بطريقة الصب اليدوي (hand Lay-up) بنسب وزنية (1%، 3%، 5%، 7%،9%، 11%). تضمن البحث دراسة بعض الخواص الميكانيكية للمادة المتراكبة (مقاومة الصدمة، مقاومة الانضغاط) واظهرت النتائج بأن مقاومة الصدمة تزداد مع ازدياد النسب الوزنية للبولي يوريثان.

اما بالنسبة لمقاومة الانضغاط تزداد مع ازدياد النسب الوزنية للبولي يوريثان في درجة الحرارة 52 مْ وتنخفض مقاومة انضغاط مع ارتفاع النسب الوزنية للبولي يوريثان في درجة الحرارة 22 م. انخفاض التوصيلية الحرارية للايبوكسي المدعم بالبولي يوريثان مقارنة مع الايبوكسي غير المدعم.

الكلمات المفتاحية: الايبوكسي، الخواص الميكانيكية، الصدمة، بولي يوريثان، التوصيل الحراري.

المقدمة:

التقنيات الحديثة تتطلب العديد من الخصائص غير المتوفرة في المواد الأخرى[1]. وقد عملت البوليمرات دوراً مهماً جداً في العديد من مجالات الحياة اليومية بسبب مزاياها مقارنة بالمواد التقليدية[2،3]، حُيث يحول المهندسون والمصممون اليوم خواص البوليمرات بسهولة، لأنها تمتلك عدداً من الميزات التي لا تتوفر في أي من مواد أخرى. تمتاز البوليمرات بثبات اللون، المرونة، مقاومة للتآكل، الخفة، سهولة المعالجة، الخ.

تطور علم البوليمرات تطوراً كبيراً في السنوات الأخيرة، ويسعى العلماء إلى إنتاج البوليمرات مرنة ومتعددة الاستخدامات وغير مكلفة. وهي تستعمل في السكن والسيارات والمعدات الكهربائية والتطبيقات الصناعية المختلفة [4]. في 2014 اهتم الباحثان (Hamed and Rahen) بدراسة الخصائص البصرية لمتراكبات PMMA/Ag المحضرة بطريقة الصب المحلول وبنسب وزنية (5,9,13) واوضحت النتائج حدوث زيادة في معامل الامتصاص مع زيادة نسبة Ag المضافة[5].

في 2016 اهتمت الباحثتان نجيبة ونور بدراسة الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكبات نانوية $PMMA/ZrO_2$ بطريقة صب المحلول وتم تحضير المتراكبات النانوية بكسور وزنية مختلفة (1,1,5,2.5,3.5) واظهرت النتائج زيادة في قيمة الصلادة و أيضاً اظهرت نتائج الخصائص الحرارية زيادة التوصيلية الحرارية بزيادة نسبة [6ZrO2].

في 2017 درست الباحثة اوهام بدراسة تأثير متانة الانحناء لمادة بوليميرية اخرى وأخرى متراكبة ليفية، وذلك بأجراء اختباري الانحناء ثلاثي النقطة ورباعي النقطة وبكسر حجمي مقداره (20%) للألياف، وتم تدعيم الايبوكسي بالألياف الزجاجية مقطعة، إذ تمت الاختبارات عند درجة حرارة الغرفة، وأظهرت نتائج الاختبارات أن الايبوكسي المدعم بالألياف الزجاج يمتلك متانة انحناء أعلى من تلك للايبوكسي النقي وكذلك أقل انفعالاً، وفي اختبار رباعي النقطة وجد أن القوة اللازمة لفشل العينة من الايبوكسي النقي يكون أعلى من تلك اللازمة لفشل العينة المعرضة لاختبار ثلاثي النقطة نفسها [7].

في 2018 درس الباحث (Jankovic, Z.) وآخرون الخصائص الحرارية لبوليمر PMMA المشوب بمسحوق النحاس باستخدام TGA واظهرت النتائج ان الثبات الحراري لمتراكب PMMA/Cu قد تحسن مقارنة بالبوليمر النقي بسبب وجود حشو مسحوق النحاس[8].

في 2021 اهتم الباحثان (Saiyad and Devashrayee) بدراسة الصفات الحرارية وعمر الأداء لر اتنج الايبوكسي المدعم بتركيز وزني ثابت مقداره (3%) من مساحيق الكر افييت (C)، الرصاص(Pb)، ونترات البورون النانوية (BN) باستخدام جهاز (TGA) وبمعدلات تسخين مختلفة (5 ،10 ،20 C°/min) تحت جو من غاز النتروجين وفي مدى حراري مقداره (50-125C°)،إذ تم تحضير العينات بطريقة القولبة الاعتيادية، وباستخدام تركيبات من المثبتات (Hindered Amine Light Stabilizers)(HALS) كمثبت أولي (UV absorber +TVP) كمثبت ثانوي. ثم شععت العينات قبل اجراء الاختبارات الحرارية باستخدام أشعة كاما (γ-ray) لفترات زمنية مختلفة. وأظهرت نتائج منحنيات (TGA) وحسابات طاقة التنشيط لمستوى التحلل (5%) لجميع العينات، تناقصاً في عمر الأداء للمتراكبات مع زيادة درجة الحرارة، كما لوحظ أيضاً تناقص في عمر الأداء بشكل كبير عند رفع درجات الحرارة لمستويات كبيرة مع تحلل هذه المواد بصورة سريعة. ووجد أيضاً أن أفضل متوسط عمر للأداء الحراري كان لمتراكب (Epoxy /Graphite/HALS/TVP) مقارنة مع بقية المتراكبات الاخرى، وأن متراكبات (Epoxy/Lead/HALS/TVP) و(Epoxy /Graphite/HALS/TVP) هي الافضل تركيبة لاستخدامها كبوليمر موهن للإشعاع [9].

المواد وطرائق العمل

يتضمن الجزء العملي إعداد المواد الأولية وكيفية تحضير المادة المركبة إضافة إلى الاختبارات الميكانيكية التي تم إجراءها على المادة المتراكبة.

اولاً- المواد المستخدمة في البحث:

1- المادة الأساس (Matrix Material)

تم استخدام راتنج الايبوكسي نوع (Master Brace ADH 1420) ذو الكثافة (1.55 kg/litter) أما المصلد(Phenol, 4-nonyl) ومجهزان من شركة BASF حيث يضاف المصلد إلى الايبوكسي بنسبة (3:1) وبذلك نحصل على عينات مناسبة للقولبة عند درجة حرارة الغرفة.

2- مواد التدعيم (Reinforching Materials)

لتقوية راتنج الايبوكسي تم استخدام كمواد التدعيم سائل بولي يوريثان ذات لون ابيض المجهز من شركة (AL CHIMICA BUILDING CHEMICALS).

ثانياً –تحضير العينات:

تم تحضير مادة متراكبة بمادة التقوية (سيليكات الصوديوم) وبنسب وزنية (1%، 3%، 5%، 7%، 9%، 11%)، اتبعت تقنية القولبة اليدوية (Hand-Layup Molding) في عملية تحضير النماذج حيث حضر الراتنج بإضافة المصلد إلى الايبوكسي بنسبة (3:1) مع الخلط المستمر لضمان عدم تكون الفقاعات. وتم تهيئة الوزن المطلوب من المادة ثم إضافتها الى الراتنج مع الخلط المستمر وبعدها يوضع الخليط في القوالب المخصصة للقياسات وبعد اكتمال عملية التصلب تترك لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة (22 °C) و(52 °C) وذلك لأتمام التفاعلات الكيمائية ولتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة إثناء عملية التصلب[10، 11].

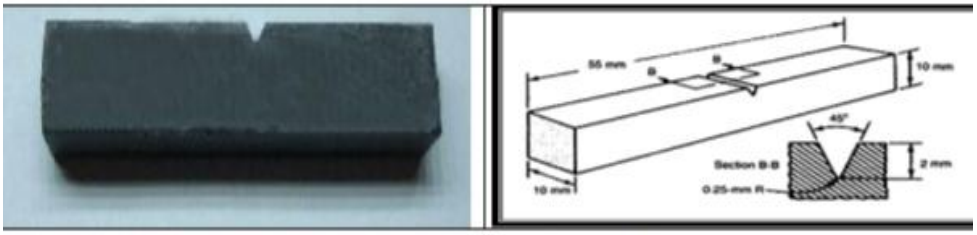
ثالثاً – تحضير نماذج الاختبارات الميكانيكية

1-نماذج اختبار مقاومة الانضغاط (Compressive Resistance Test Samples)

تم تصنيع نماذج اختبار مقاومة الانضغاط حسب المواصفة (ASTM-D618) وتكون بشكل أسطواني. استخدم مكبس هيدروليكي نوع (Testing Macinhe Co. LTD) المجهز من شركة WORPERT-Germany لتعيين أقصى حمل انضغاط يتحمله النموذج وبقسمة هذا الحمل على مساحة مقطع النموذج قبل التشوه تم احتساب مقاومة الانضغاط النماذج كافة.

2-نماذج اختبار مقاومة الصدمة (Impact Test Samples)

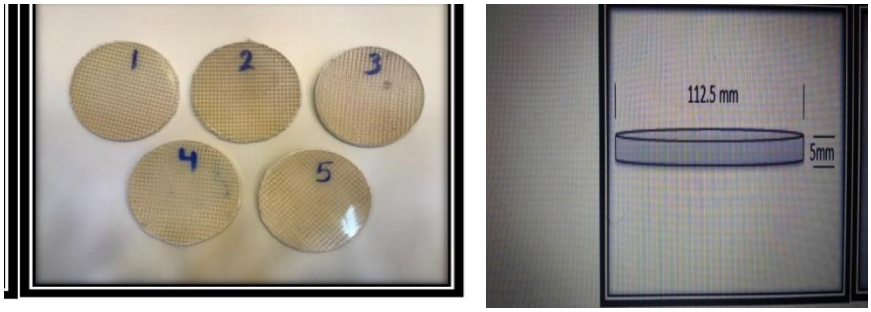
تم تحضير نماذج اختبار الصدمة حسب المواصفة الامريكية (ASTM-D256-87) وبأبعاد (255×10×10 mm) والملائمة للفحص. عمق الحز في النماذج (2 mm) وبزاوية مقدارها (45°) وتم الحصول على الطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر مباشرة من جهاز قياس طاقة الصدمة نوع جاربي (Charpy Impact Instrument) المجهز من شركة (Tokyo Koki Seizosho, LTD)، والشكل (1) يوضح شكل و أبعاد العينة المحضرة لاختبار مقاومة الصدمة.



الشكل 1: شكل وأبعاد العينة المحضرة لاختبار مقاومة الصدمة

3- نماذج اختبار التوصيل الحراري

يستخدم في هذا الاختبار نماذج دائرية بقطر (112.5) وسمك (5) كما هو موضح بالشكل (2)



الشكل (2) يوضح النماذج المستعملة في قياس التوصيلية الحرارية

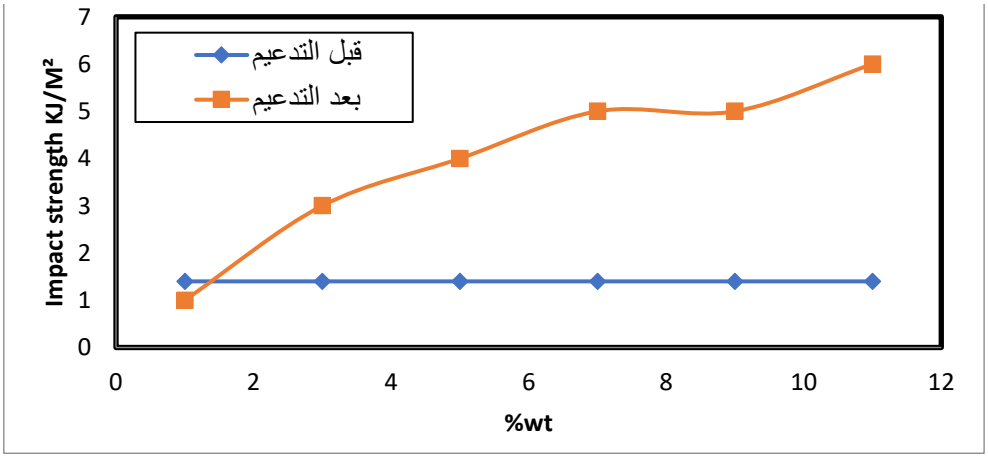
1- مقاومة الصدمة

تعد فحوصات مقاومة الصدمة مقياساً لقوة المادة ومقاومتها للانكسار تحت تأثير الاجهاد عند السرع العالية. وبذلك تعرف قوة الصدمة على انها اعلى قوة تحمل المادة لصدمة فجائية بدون كسر. ويعد اختبار الصدمة بطريقة جاربي (Charpy) من الاختبارات التي يتم الاعتماد عليها لدراسة سلوك المواد الو اقعة تحت تأثير قوى سريعة، والذي يمثل إحدى صور اختبار الانحناء ثلاثي النقاط ولكن بنوعه الحركي (Dynamic Three Point Flexure)، إذ أن بعض المواد البوليمرية تكون مطيلية (Ductile) تحت تأثير الاجهادات الساكنة [12]، ولكنها تبدو هشة (Brittle) تحت تأثير الاجهادات السريعة. ويتم حساب مقاومة الصدمة من العلاقة الاتية [13]:

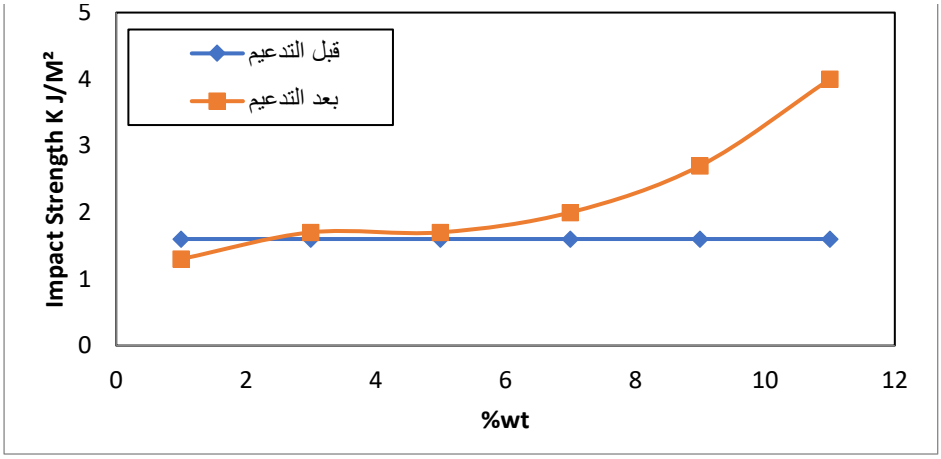
$$I.S = \frac{energy\ of\ fracture\ (J)}{area\ of\ cross\ section\ (m^2)}$$

تبين من خلال النتائج التي ظهرت في الجدول (1) والشكل (4) والشكل (5) ارتفاع كبير في مقاومة الصدمة لجميع النماذج الايبوكسي بعد التدعيم عما هو عليه في الايبوكسي غير المدعم لان مقاومة الصدمة للايبوكسي منخفضة بشكل عام بسبب هشاشته.

مع ازدياد درجة حرارة تزداد مقاومة الصدمة ولجميع النماذج وهذا يعود الى ارتخاء الاواصر بين جزيئات المادة وحركتها انزلاقياً الذي يعطيها إمكانية أكبر لامتصاص طاقة الصدمة مما يؤدي الى زيادة الطاقة اللزمة للكسر[14، 15].



الشكل (4) العلاقة بين مقاومة الصدمة(I.S) والنسبة الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة 22مْ.



الشكل (5) العلاقة بين مقاومة الصدمة(I.S) والنسب المئوية الوزنية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة 52مْ.

1: قيم الجدول مقاومة الصدمة للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند درجتي 22مْ و52مْ

Compsite at 22° C	مقاومة الصدمة KJ/M²	Compsite At 52 °C	مقاومة الصدمة KJ/M²
Ep	1.4	Ep	1.6
Ep+PU 1%	1	Ep+Pu 1%	1.3
Ep+Pu 3%	3	Ep+Pu 3%	1.7
Ep+Pu 5%	4	Ep+Pu 5%	1.7
Ep+Pu 7%	5	Ep+Pu 7%	2
Ep+Pu 9%	5	Ep+Pu 9%	2.7
Ep+Pu 11%	6	Ep+Pu 11%	4

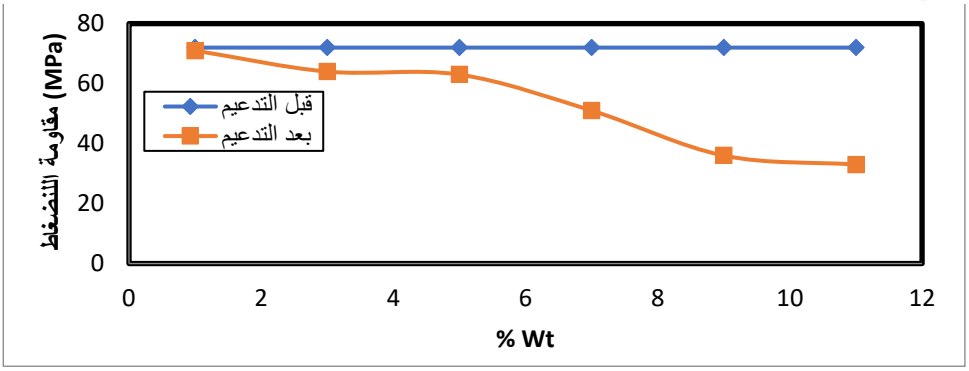
2-اختبار مقاومة الانضغاط Compessiv Resistance Test

أن مقاومة الانضغاط تعرف بأنها أقصى إجهاد تتحمله المادة الجاسئة تحت الضغط العمودي[16].

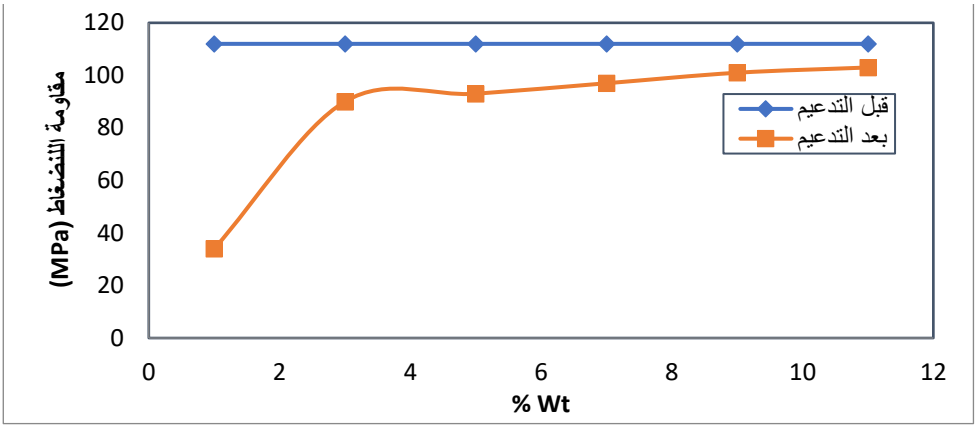
وتعطى مقاومة الانضغاط من العلاقة الاتية[17]:

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

اوضحت النتائج من خلال الجدول (2) والاشكال (3) و(4) إن مقاومة الانضغاط للمواد المدعمة اقل من الايبوكسي بدون التدعيم لان بولي يوريثان يمتلك مقاومة حمل الانضغاطي تقل مقاومة الانضغاط مع زيادة الكسر الحجمي أكثر من 10 [18].



الشكل (5) العلاقة بين مقاومة الانضغاط (C.S) والنسب المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 22 مْ



الشكل (6) العلاقة بين مقاومة الانضغاط (C.S) والنسب الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 52 مْ

الجدول (7): مقاومة الانضغاط للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 22 مْ و52 مْ

Composite at 22° C	Compresive Strength Mpa	Composite at 52° C	Compersive Strength MPa
Ep	7.2	Ep	8.4
Ep+Pu 1%	7.1	Ep+Pu 1%	8.7
Ep+Pu 3%	6.4	Ep+Pu 3%	9
Ep+Pu 5%	6.2	Ep+Pu 5%	9.3
Ep+Pu 7%	5.1	Ep+Pu 7%	9.7
Ep+Pu 9%	3.6	Ep+Pu 9%	10
Ep+Pu 11%	3.3	Ep+Pu 11%	10.3

3- التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity

عند وجود فرق بين سطحين فإن الحرارة سوف تنتقل من السطح ذو درجة الحرارة العالية الى السطح ذو درجة الحرارة الواطئة، وتعرف هذه الظاهرة بالتوصيلية الحرارية. وعلى هذا الاساس يمكن تعريف يمكن تعريف التوصيلية الحرارية على انها معدل انسياب الحرارة عبر وحدة المساحة خلال وحدة الزمن عند وجود انحدار حراري بين سطحين مقداره درجة مئوية واحدة.

تختلف ميكانيكية التوصيل باختلاف المواد (صلبة، سائلة، غازية)، وكذلك تختلف في المواد الموصلة للحرارة عنها في المواد العازلة[19].

ويمكن قياس التوصيلية الحرارية من خلال قانون [20]:

$$\lambda.\frac{1}{4}\pi D^2\left(\frac{T_2-T_1}{d}\right)=mass\ of\ disc.CS.PN\backslash QN.\frac{1}{60}\ldots$$

D: قطر العينة وتقاس بال cm

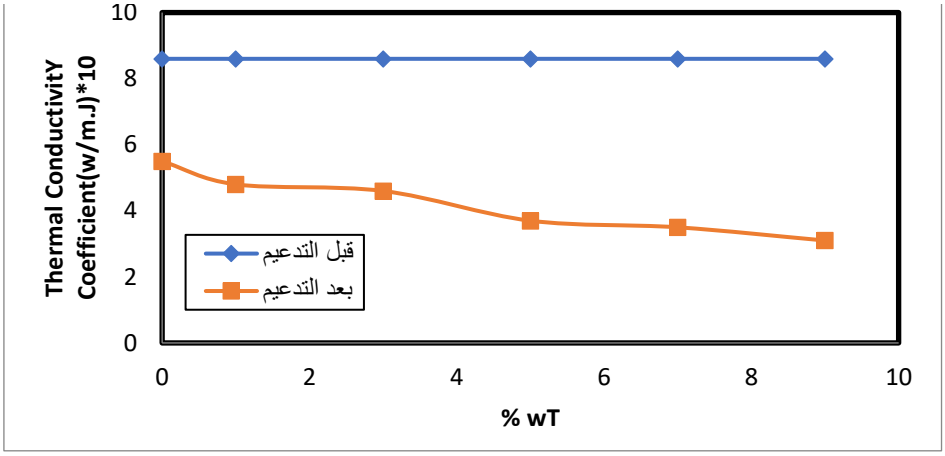
d: سمك العينة وتقاس بال cm

mass of disc: كتلة القرص المعدني gm

cs: السعة الحرارية النوعية للقرص gm.c Cal/

λ: معامل التوصيل الحراري (watt/m.c°)

PN/QN: ميل خط المستقيم



الشكل (8) منحنيات التوصيلية الحرارية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم

انخفاض التوصيل الحراري للايبوكسي المدعم بالبولي يوريثان مقارنة بالايبوكسي بدون التدعيم لان بولي يوريثان يعتبر مادة عازلة كما تلعب الفجوات والفقاعات الهوائية المتكونة نتيجة عملية الصب للمتراكب اثناء عملية التحضير دورا كبيراً في انخفاض التوصيلية الحرارية للمتراكب[21].

الاستنتاجات:

1. إن التدعيم الايبوكسي بالبولي يوريثان ادى الن زيادة في قيم الخواص الميكانيكية (مقاومة الصدمة، مقاومة الانضغاط) مع زيادة النسب الوزنية للبولي يوريثان.
2. عند ازدياد درجة حرارة تزداد مقاومة الصدمة.
3. في درجة 22 مْ تنخفض مقاومة الانضغاط.
4. عند ازدياد درجة الحرارة تزداد مقاومة الانضغاط.
5. انخفاض التوصيل الحراري للايبوكسي المدعم بالبولي يوريثان مقارنة مع الايبوكسي بدون التدعيم مع ارتفاع النسب الوزنية للبولي يوريثان.

المصادر:

[1] S.L.Kakani, A.Kakani," Material Science" Published by New Age International" (P) Ltd., Publishers, ch.18, 2004, p.593.

[2] S.V.Glushanin, V.Y.Topolov, A.V.Krivoruchk, "Features of piezoelectric properties of 0-3 $PbTiO_3$-type ceramic/ polymer composites", Materials Chemistry and Physics, 2006, 97(2-3), 357-364.

[3] A.Pelaiz-Barranco, and P.Marin-Franch," Piezo,pyro-,ferro-, and dielectric properties of ceramic/polymer composites obtained from two modifications of lead titanate", Journal of applied physics, 2005, 97(3), 034104.

[4] I.N.Fadel," The Effect of additives on thermal decomposition and the lifetime of the polymer", Master's thesis, Department of Physics,University of Baghdad, 2019.

[5] N.G.Hamed, & M.Rahen,,(2014),"To Study the Silver Concentration Effect on the Optical and Electrical Properties of the Ag/PMMA Composites", Engineering and Technology Journal ,32(1 Part(B) Scientific), 72-85.

[6] N.Z.Al-Shawak, and N.A.Al-hamdani." Study of the mechanical and thermal properties of nano composites PMMA/ZrO2", Diyala Journal of Pure Sciences,2016, (2)12,1-10.

[7] O.H.Mohammed,"Comparison of bending Strength Values for a polymeric material and fibrous composite material using three-point and four-point bending methods", Journal of College of education, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2017.

[8] Z.Jankovic,M.M.Pavlovich, M.P.Pavlovic, M.G.Pavlovic, N.D.Nikolic, J.S.Stevanovic and S.Prsic, "Electrical and thermal properties of poly (methylmetacrylate) composites filled with electrolytic copper Powder", International Journal of Electrochemical Science, 2018, 13(1), 45-57.

[9] M.Saiyad and N.M.Devashrayee, "Lifetime estimation of epoxy based composite materials on irradiating with gamma radiation for Shielding applications", Polymer Testing. 2021,93, 106929.

[10] R.H.Al-Sarraf , A.F.Hammad , "Study of Thermal conductivity and diffusion coefficient of a polymeric mixture reinforced %UPE20 EP%80 With Sand Particles", Iraqi Journal of Physics. 2018, 38,17-25.

[11] M.H.Mohammed and E.Z.Sulyman,,"Preparation of Polymeric Composites from Epoxy and High-Density Polyethylene and Study of Some of Their Mechanical",Journal of Survey in Fisheries Sciences. 2023, 10(1S),5368-5378.

[12] R.E.Ibrahiem, "Preparation on Polymeric Composites from epoxy with Randomly woven fiber Glass and Studies the Mechanical Properties",,Rafidain Science Journal, 2019, 28(3),11-105.

[13] A.M.Ahmed A M and E.Z.Sulyman,"Impoving Mechanical and Thermal Properties for Unsaturated Polyester Resin by adding Sisal fibers",College of Basic education Researches Journal, 2023, 19(1).

[14] S.A.Makki, A.H.Ahmed, M.Z.Abdulla B.A.Al-Gani ,"Study of the Effect of reinforcement ang Temperature on the impact resistance of a polymeric mixture", Ibn al-Haytham Journal of Pure and Applied Sciences, 2012, 25(3).

[15] M.H.Mohammed and E.Z.Sulyman, "Study of Some mechanical and Thermal Properties of Polymeric Composites prepared from epoxy with poly ethylene terephthalate", Alm'rifa Journal for Humanities and Pure Sciences, 2023, 1(1), 183-192.

[16] A.K.Hussein,,"Mechanical Properties of Epoxy Based Hybilrd Composiyes Reinforced by glass Fibers and SiC Particals", The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering, 2015, 15(1).

[17] W.D.Callister," Materials Science and Engineering", John Wiley and Sons , Inc., 8th ed.2009

[18] I.S.Dwaad, "Preparation and Study of Some mechanical and Thermal properties of non-square polyester composites with polyethylene and Flourescent Powder", Master's thesis, University of Mosul, Iraq, 2020, P74.

[19] Y.I.Hayawi," The Effect of reinforcement with fibers and glassand carbon Powders on the Physical Properties of unsaturated polyester resin", Master's Thesis, Department of Physics, College of Education Ibn Al-Haytham, 2018.

[20] M.A.Cantab,B.S. Lond , Practical Physics ", Bradfield College, pp.96-97,1952.

[21] D.R.Saadallah and E.Z.Sulyman,, "Preparation and Study Some Mechanical and Thermal Properties for Epoxy Overlay with Silicone Rubber", College of Basic Education Researches Journal, 2023,19(1).