دراسة تاثير المطاط على الخصائص الميكانيكية لراتنج الايبوكسي

رفاه علوان نصيف

الخلاصة

يتمتع راتنج الايبوكسي (EP) بخواص جيدة وكلفة رخيصة و للحصول على مقاومة صدم عالية تم خلطه مع مطاط النترايل (NBR) بنسب (EP70/ NBR 30) % و (EP80/ NBR20)% . تمت دراسة الخصائص الميكانيكية بعد ذلك للتعرف على السلوك الافضل للاستخدام وهي : اختبار الصدمة ، اختبار الانضغاطية و اختبار الصلادة . اظهرت نتائج البحث ان الخليط البوليمري بنسبة (EP70/ NBR30) % امتلك اعلى قيم لكل تلك الخصائص مقارنة مع بقية العينات بينما امتلك الايبوكسي النقي اقل القيم. اظهرت نتائج الاختبار زيادة مقاومة الصدمة من 27 KJ/m^2 الى 33KJ/m^2 للخليط البوليمري (EP 70 / NBR 30) % وزيادة قيم الانضغاطية والصلادة بنسبة (17%) و (65%) على التوالي للخليط البوليمري (EP 80 / NBR 20)% مقارنة مع الايبوكسي النقي.

الكلمات المتاحة : الخلائط البوليمرية ، مطاط النترايل، راتنج الايبوكسي، الخصائص الميكانيكية .

دراسة تاثير المطاط على الخصائص الميكانيكية لراتنج الايبوكسي

رفاه علوان نصيف

Study the effect of rubber on mechanical properties of epoxy resin

Rafah Alwan Nasif

Department of Applied science

University of technology, Baghdad, Iraq

Abstract

Epoxy resin widely separated because of its low cost and its good physical properties. To get higher impact resistance, it has been blended with nitrile rubber (NBR), for the weight ratios (EP 70/ NBR 30) % and (EP 80 / NBR 20)% . Some mechanical properties were carried out on these samples like: impact strength, compressive strength and hardness. The results showed that the polymer blend (EP 70 / NBR 30) % has higher values of all these properties compared with other samples while neat epoxy has the lowest values of all properties. The results from the test showed that, impact strength increased from 27KJ/m^2 for polymer blend (EP 70 / NBR 30) % to 33KJ/m^2 relative to the polymer blend (EP 80 / NBR 20)% and the compressive strength and hardness values increased by (17%) and(65%) respectively compared with net epoxy.

Key words: polymer blends, nitrile rubber, epoxy resin, mechanical properties.

المقدمة

تحظى الخلائط البوليمرية اهتماما كبيرا بسبب مواصفاتها الاساسية التي تكون مرغوبة في العديد من التطبيقات . هذه المواصفات تتكون عن طريق مساهمة خصائص كلا المركبين اللذين يكونا الخليط .

وبشكل عام تصنع الخلائط عن طريق خلط بوليمرات متجانسة Homopolymers او كوبوليمرات Copolymers التي تمتلك بناءً كيميائياً مختلفاً(١) .جذبت الخلائط البوليمرية في الاونة الاخيرة العدبد من العلماء لتكريس حياتهم لدراسة نظام بوليمر – بوليمر من اجل تطوير مواد بلاستيكية جديدة ذات خصائص تكنولوجية ملفته للانتباه وبالتالي اصبحت الخلائط البوليمرية احد المجالات البحثية الساخنة لعلماء المواد والمهندسين بسبب تطبيقاتها متعددة الاستعلامات (2,٣)

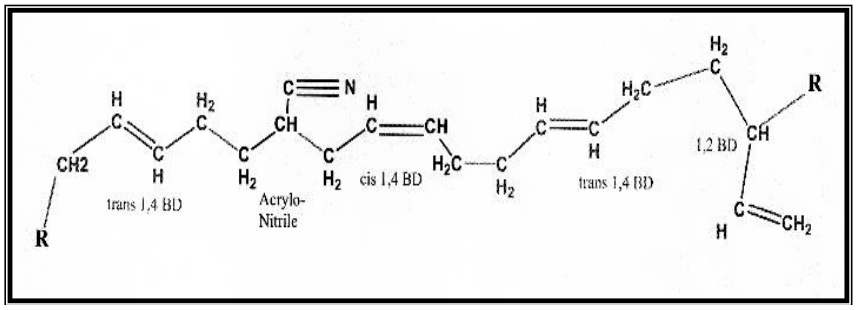
وتكون الخلائط اما ثنائية او ثلاثية او رباعية اعتمادا على عدد المركبات البوليمرية المكونة للخليط.تعد الخلائط البوليمرية من المواد الهندسية المهمة والمستخدمة بشكل واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والتكنولوجية الحديثة بسبب امتلاكها جملة من المميزات تؤهلها لتحل محل العديد من المواد الاخرى اذ تستخدم منذ القدم بسبب رخص ثمنها وسهولة تشكيلها لاشكال معقدة وكذلك امكانية اعادة تدويرها والاهم من ذلك هو خفة وزنها ومقاومتها العالية للتاكل، الا انها تفتقر نسبيا الى الجساءة والمتانة وخاصة للقوى الخارجية المسلطة وكذلك تحملها لدرجات الحرارة العالية (4,5).

ان مطاط النترايل عبارة عن كوبوليمر للبيوتادين والاكريلونايترل (Acrylonitrile) (CAN) ويصنع بوساطة تطعيم Copolymerisation البيوتادين والاكريلونايتريل .

ويكون هذا النوع من المطاط مقاوما للزيوت ولكنه غير مناسب في صناعة الاطارات وتتغير مقاومته للزيت مع التركيب الذي ينحصر بين البوليمر الذي يحتوي على 18% اكريلونايتريل (المستعمل للمقاومة المتوسطة للزيت) و

40% (المستعمل للمقاومة الكبيرة للزيت) حيث يضمن المحتوى القليل للاكريلونايتريل (CAN) المرونة الجيدة عند درجات الحرارة الواطئة ولكن تكون مقاومته للزيت والوقود محدودة وعند زيادة محتوى (CAN) تقل المرونة عند درجة الحرارة الواطئة ولكن تتحسن مقاومته للزيت والوقود . **لكن تزداد قابلية المرونة لمطاط النترايل عند تعرضه لدرجة حرارة عالية لوقت طويل مما يجعله شرط اساسي في العديد من المجالات مثل الاطارات والاختام ومواد تخميد اللزوجة (٦,٧)**

الشكل الاتي يوضح بناء مطاط النترايل (٨).



الشكل (4-2) بناء مطاط النترايل (٩) .

يعود سبب استعمال مطاط النترايل في الصناعات الى مقاومته للزيت وكذلك بسبب قابلية ذوبانه الواطئة فيه و انتفاخه القليل ، وقوة الشد الجيدة ومقاومة للقشط عند وضعه في الكازولين او الزيوت ويكون انتفاخ مطاط النترايل في ا لمذيبات المستقطبة اكبر من انتفاخه في المذيبات غير المستقطبة ، ولكن يمكن ان تستعمل بتماسها مع الماء او مع محاليل ضد الانجماد. وتكون مقاومته للاثيلين كلايكول جيدة وهو اقل رجوعية من المطاط الطبيعي ، اذ ان مقاومة هذا النوع من المطاط للحرارة الجيدة ، وعند حفظه من التاكسد باضافة مواد مضادة للتاكسد فانه يبين مقاومة جيدة للتحلل التاكسدي (Oxidative Degradation) ويستعمل مطاط النترايل بصورة واسعة لصناعة خراطيم الوقود (الكازولين) ومخازن الوقود وما شابه

ذلك وفضلاً عن ذلك فقد وجدت لهذه المواد استعمالات واسعة في صناعة المواد اللاصقة ومواد تشبيع الورق والانسجة والجلود(١٠).

المواد المستعملة

استخدم راتنج الايبوكسي المحتوي على مجاميع الايبوكساید نوع (Quick mast 105) ومصلده . و مطاط النترايل كمادة ثانية في تكوين الخليط البوليمري ، وهو مادة صلبة تم اذابتها بوساطة التلوين مدة يوم واحد حيث يصبح في النهاية مادة سائلة لزجة .

الجدول (2-3) يوضح خصائص مطاط النترايل(١١).

Property	NBR
Density (g/cm^3)	1
Tg (C°)	-22
Tensile Strength (Mpa)	20.68
Elongation (%)	650

تحضير العينات Specimens Preparation

استعملت تقنية القولبة اليدوية (Hand Lay –EP Molding) في عملية تحضير العينات لانها من الطرائق الشائعة والناجحة في تحضير المتراكبات البوليمرية ، وتتم عملية تحضير العينات بطريقة القولبة اليدوية بعدة خطوات وهي كالاتي :

1- تهيئة القالب

ويكون هذا القالب عبارة عن صفيحتين من الحديد المغلون احداهما تمثل القاعدة والتي يتم الصب فيها والاخرى تمثل الغطاء وتكونان بابعاد (25*25 cm) ويجب ضمان نظافة القالب وخلوه من الخدوش ، وبعدها يغلف بالفابلون اللاصق لضمان سهولة استخراج المصبوبات من القالب وعدم التصاقها بالقالب بعد اكتمال عملية التصلب ، وايضا من اجل الحصول على سطح نهائي منتظم واملس .

2- تحضير الخليط البوليمري الاول :

يتكون الخليط البوليمري الاول من الايبوكسي ومطاط النترايل (NBR) بنسبة (80%) من الايبوكسي الى (20%) من مطاط (NBR) . حيث يتم اولا خلط راتنج الايبوكسي ومصلده خلطا جيدا بنسبة (1:3:4).

ثم يضاف اليه مطاط (NBR) تدريجيا مع الاستمرار بعملية الخلط الى ان يتم الحصول على خليط متجانس وبعد ذلك يصب الخليط في القالب المهيأ مسبقا ثم يوضع اللوح المعدني على المصبوبة لغرض انتظام سمك المادة البوليمرية وان مدة التصلب للخليط تستغرق اكثر من ثلاث ساعات عند درجة حرارة الغرفة ثم يترك لمدة اسبوعين لغرض اكمال المعالجة .

3- تحضير الخليط البوليمري الثاني :

اما الخليط البوليمري الثاني فيتكون من الايبوكسي ومطاط النترايل (NBR) بنسبة (70%) من الايبوكسي الى (30%) من مطاط (NBR) ويتم الخلط حسب الاجراء اعلاه.

ومن ثم يتم تقطيع القوالب حسب مواصفات عينات الجهاز الخاص بكل اختبار ، حسب المواصفات القياسية ثم تجرى عملية التنعيم والصقل باستعمال اوراق كاربيد السليكون بدرجات نعومة مختلفة .

الاجهزة المستعملة

جهاز اختبار الانضغاطية Compression Test Instrument

تـم اجـراء اختبـار الانضـغاطية لحسـاب مقاومـة الانضـغاط للعينـات وذلـك باستعمال جهاز المكبس الهيدروليكي نوع (Ley Bold Harris N. 36110). حيث توضع العينة على القاعدة المتحركة في الجهاز ثم ترفع هذه القاعدة بوساطة ذراع موجودة في الجهاز الى الاعلى الى ان يصبح هنالك تماس بين سطح العينة والسطح الاعلى للجهاز ، ويسلط الحمل بصورة تدريجية على العينة ويقرأ ما يقابله من تغير في الطول حتى حصول الفشل للعينة حيث يمثل اقصى حمل مسلط قيمة مقاومة الانضغاط القصوى لها .

جهاز اختبار الصدمة Impact Test Instrument

تم استخدام جهاز الصدمة من نوع جاربي (Charpy Impact Test) وذلك لغرض حساب الطاقة المطلوبة للكسر والتي والتي يمكن حساب مقاومة الصدمة للمادة من خلالها . ان تقنية الفحص في جهاز جاربي تتم برفع المطرقة الى اقصى ارتفاع وتثبت جيدا وتوضع العينة في المكان المخصص لها ويتم تصفير مقياس الطاقة اولا ثم يحرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس وبحركة تأرجحية تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية يفقد جزء منها في كسر العينة فيقرأ مؤشر المقياس طاقة الكسر للعينة (U_c) والشكل (2-3) يوضح جهاز اختبار الصدمة بطريقة جاربي .

ويتم حساب مقاومة الصدمة من العلاقة الاتية :

$$\text{مقاومة الصدمة} = \frac{\text{الطاقة المطلوبة للكسر}}{\text{مساحة المقطع العرضي للأنموذج}}$$

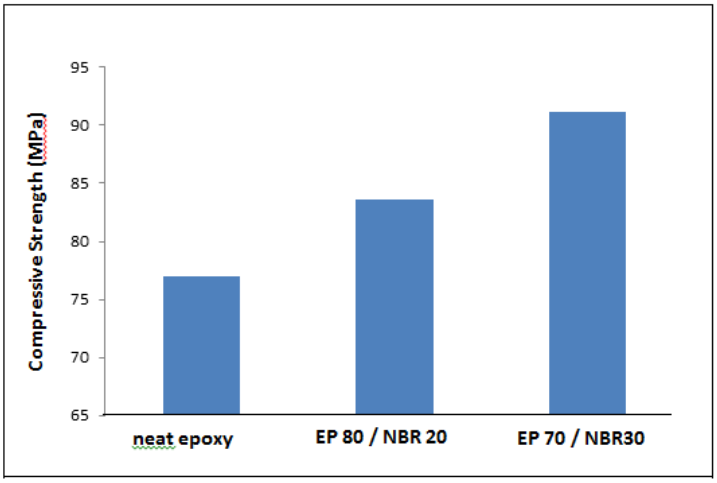
جهاز اختبارالصلادة Hardness Test Instrument

تم اجراء اختبار الصلادة باستخدام قياس جهاز الصلادة السطحية نوع (Shore –D) وفق المعيار العالمي (ASTM D 2240) باستخدام اداة غرز نقطية وبتغلغل هذه الاداة داخل سطح المادة تحت تاثير حمل معين تنتقل المقاومة مباشرة الى عداد القياس لتحديد قيمة الصلادة لتظهر مباشرة على شاشة الجهاز . اما العينة المستخدمة في الاختبار فكانت على هيئة قرص ذي قطر ٤ ملم وارتفاع ٦ ملم .

النتائج والمناقشة

اختبار الانضغاطية Compression Test

اظهرت نتائج مقاومة الانضغاط ان الخليط البوليمري % NBR/ 70 EP) (30 يمتلك اعلى مقاومة انضغاط ويليه الخلط البوليمري الثاني NBR/ 80 EP) (20% . ان حصول الزيادة في مقاومة الانضغاط للخلائط البوليمرية تعد حالة شاذة (Anomalies) تسمى بحالة معاكسة التلدين (Antiplasticization) وتفسر هذه الحالة على اساس الزيادة في الكثافة الناشئ عن التوافق المنظم لسلاسل البوليمر الذي يحدث عند اضافة كمية قليلة من الملدن وبزيادة الكثافة يزداد التراص والتشابك وحشو الفجوات والعيوب الموجودة في البوليمر المنفرد فتزداد مقاومة البوليمرات للانضغاطية حيث ان هذا الخليط يمثل سلوك مادة لينة متينة على وفق نسبة (NBR) يختلف عن تصرف الايبوكسي لوحده حيث يمثل سلوك الايبوكسي سلوك مادة هشة قوية (١٢-١٤).

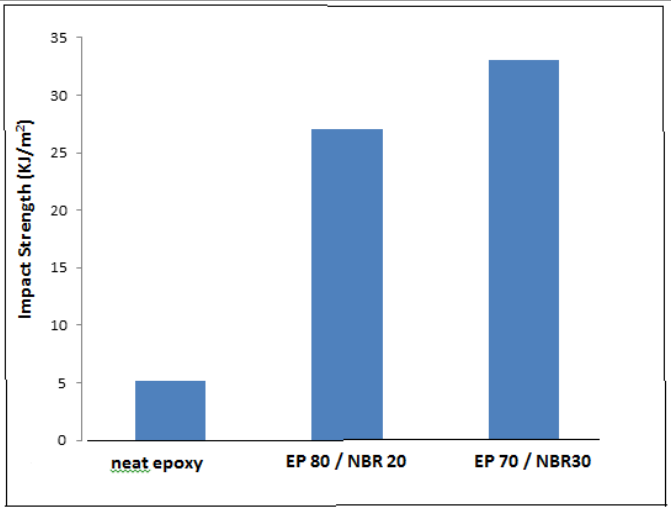


شكل (1) تغير قيم مقاومة الانضغاطية للنماذج وفق النسب المبينة

اختبار الصدمة Impact Test

اوضحت نتائج هذه الدراسة ان افضل مقاومة صدمة كانت للخليط البوليمري (EP 70 / NBR 30)%

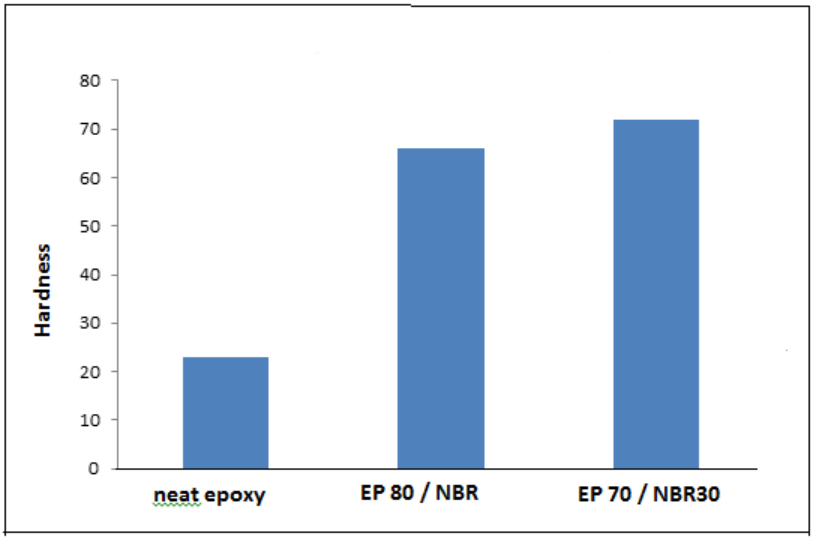
وتفسير ذلك هو ان مطاط النترايل قام بدور الملدن للايبوكسي فازدادت حرية السلاسل البوليمرية للحركة وبذلك ازدادت قابليتها على امتصاص الطاقة وهذا ادى الى زيادة الطاقة اللازمة للكسر . تكون السلاسل الجزيئية في الايبوكسي غير قادرة على الانفصال والاستجابة للاجهادات الميكانيكية السريعة وبهذا ينتج عن الصدمة كسر هش ، على عكس البوليمرات اللدنة التي تمتلك مقاومة صدمة عالية ناتجة عن مقدرة السلاسل الجزيئية الكبيرة على فك تشابكها والاستجابة السريعة للاجهادات الميكانيكية المؤثرة وبشكل عام يمكن القول ان مقاومة الصدمة للبوليمرات المطاطية اعلى من مقاومة الصدمة للبوليمرات الهشة (١٥).



شكل (٢) تغير قيم مقاومة الصدمة للنماذج وفق النسب المبينة

اختبار الصلادة Hardness Test

اوضحت نتائج هذه الدراسة بان الخليط البوليمري (EP 70 /NBR 30)% امتلك اعلى قيمة للصلادة من تلك التي امتلكها الخليط البوليمري (EP 80 / % NBR 20) . وذلك يعود الى زيادة التشابك والتراص (الذي يقلل من حركة جزيئات البوليمر) مما ادى الى زيادة مقاومة المادة للخدش والقطع فتزداد مقاومتها للتشوه اللدن حيث تعتمد صلادة المواد على نوع القوى التي تربط بين الذرات او الجزيئات في المادة فكلما كان الربط اقوى تزداد قيمة الصلادة وبذلك فان الربط القوي عند السطح البيني بين الطورين (المطاط وراتنج الايبوكسي) ادى الى زيادة الصلادة لهذه المواد (١٧,١٦) .



شكل (٣) تغير قيم مقاومة الصلادة للنماذج على وفق النسب المبينة

References

1- Z. Ge, W. Zhang, C. Huang and Y. Luo, "Study on Epoxy Resin Toughened by Epoxidized Hydroxy-Terminated Polybutadiene", Materials, Vol.11, 932,2018.
2- D. Seong, J. Yeo, and S. Wang, "Fabrication of polycarbonate blends with poly(methyl methacrylate-co-phenyl methacrylate) copolymer: miscibility and scratch resistance properties," Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol. 36, pp. 251–254, 2016.
3- A.Tekalign Tikish , A. Kumar, and J. Yong Kim, "Study on the Miscibility of Polypyrrole and Polyaniline Polymer Blends", Advances in Materials Science and Engineering., Volume 2018, Article ID 3890637, 5 pages, 2018.
4 -L. A. Utracki, D. J. Walsh, and R. A. Weiss, "Polymer alloys, blends, and Ionomers: an overview," in *Multiphase Polymers:Blends and Ionomers*, L. A. Utracki and R. A. Weiss, Eds., vol.395 of *ACS symposium Series*, pp. 1–35, American Chemical Society,Washington, DC, USA, 1989.
5-C.Padma, A. Balasubramanya, K. Natarajan, "Mechanical and Morphological Studies of Modified Epoxy Resin Matrix for Composite Applications", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 4, Issue 1, 2014.
6- R. Zhong, Z. Zhang, H. Zhao, X. He, X. WangI and R. Zhang, "Improving Thermo-Oxidative Stability of Nitrile Rubber Composites by Functional Graphene Oxide", Materials, Vol.11, No.921, 2018.
7- Z.Zhang, X. He, X.Wang, A.Rodrigues, R. Zhang, "Reinforcement of the mechanical properties in nitrile rubber by adding graphene oxide/silicon dioxide hybrid nanoparticles", J. Appl. Polym. Sci.Vol. 135,46091–46099, 2018.

8- C. Radhesh, I. Aravind, R. Stephan, P. Koshy, J. Jose, H.J. Radusch, G.H. Michler, R. ReghunathaVarma and S. Thomas, "Blends of Nylon 6/66 and Acrylonitrile-Butadiene Rubber: Effects of Blend Ratio and Dynamic Vulcanization on Morphology and Properties", *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology, Vol. 21, No. 4, 2005* .

9- . W. L. Semon , " Nitrile Rubber , Synthetic Rubber " , Division of Chemistry American Chemical Society , (1954).

10- A.Mousa, G. Heinrich, B. Kretzschmar, U.Wagenknecht, and A. Das," Utilization of Agrowaste Polymers in PVC/NBR Alloys: Tensile, Thermal, and Morphological Properties", International Journal of Chemical Engineering Volume 2012, Article ID 121496, 5 pages doi:10.1155/2012/121496,

11- M. O. W. Richardson , " Polymer Engineering Composite Applied Science Pub . LTD, London , (1977).

12- R.Thomas, Y.Ding, Y.He, L.Yang, P.MoldenaersW.Yang,T.Czigany, S.Thomas, "Miscibility,morphology, thermal, and mechanical properties of a debag based epoxy resin toughened with a liquid rubber. Polymer, Vol.49, 278–294, 2008.

13- S. Ikram, A. Munir ," Mechanical and Thermal Properties of Chemically Modified Epoxy Resin ",*Open Journal of Synthesis Theory and Applications,* Vol.1, 36-43 ,2012 .

14- B. Kwanruethai, S. Manus, and L. Natinee, "Compatibilization of natural rubber (NR) and chlorosulphonated polyethylene (CSM) blends with Zinc salts of sulphonated rubber, Songklanakarin Journal of Science and Technology, 30 (4), , 491- 499 , 2008.

15-C. Kaynak, A. Ozturk and T. Tincer, "Flexibility Improvement of Epoxy Resin by Liquid Rubber

Modification," *Polymer International*, Vol. 51, No. 9, pp. 749-156, 2002.

16- T. G. Vladkova, P. D. Dineff, and D. N. Gospodinova, "Wood flour: a new filler for the rubber processing industry. II. Cure characteristics and mechanical properties of NBR compounds filled with corona-treated wood flour," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 91, no. 2, pp. 883–889, 2004.

17- F.Pakayaa, H.Ardhyananta and S.Tri, "Mechanical Properties and Thermal Stability of Epoxy/RTV Silicone Rubber", IPTEK, The Journal for Technology and Science, Vol. 28, No., April,2017.