دراسة تأثير اضافة مادة التالك باودر على خواص الشد لمادة الايبوكسي

هدى محمد جعفر علي

قسم الفيزياء – كلية العلوم للبنات – جامعة بغداد

hudajafarali@yahoo.com

الخلاصة :

قد تم في هذا البحث دراسة منحني الشد– والاستطالة (stress– strain curve) لمادة الايبوكسي المطعمة بمادة التالك باودر Talc Powder بنسب وزنية % (0, 5, 10, 15, 20, 25) الحصول على تأثير تركيز هذه المادة على كل من معامل المرونة Modulus of Elasticity (**E**)، المتانة Toughness ، اعظم قوة للكسر Max. Force Break ، اعلى حد للاجهاد تتحمله العينة Ultra Tensile Stress (**UTS**) ، والاجهاد σ_f والانفعال ϵ_f اللذان يحدث عندهما الكسر لهذا المتراكب ولجميع النسب الوزنية، حيث اظهرت النتائج زيادة في معامل المرونة بزيادة تركيز مادة التالك لتصل الى اعلى قيمة لها عند التركيزين %(10,25) في حين ان اقل قيمة كانت عند التركيز ٥% على خلاف متانة المتراكب فانها تناقصت بزيادة التركيز لمادة التالك لتصل اقل مايكون عند التركيز % ٢٥ في حين اعلى قيمة كانت لها عند التركيز ٥% اما اعظم قيمة للاجهاد فانها تزايدت لتصبح اعظم مايكون عند التركيز% ١٠ ثم تناقصت لتصبح اقل مايكون عند التركيز ٢٥% وهذه القيم نفسها للاجهاد الذي حدث عنده الكسر اما اعظم قوة للكسر فكانت عند التركيز ٥% ذو المتانة العالية ومعامل المرونة القليل.

الكلمات المفتاحية : الخواص الميكانيكية – خواص الشد – التالك باودر – الايبوكسي

Study the Effect of the Addition of Talc Powder on the Tensile Properties of Epoxy Material

Huda M. J. Ali

Department of Physics-College of Science-University of Baghdad –

Abstract:

The stress-strain curve of Epoxy/Talc composite was studied using different ratio (0,5,10,15,20,25)% of Talc powder. The effect of composition ratio of Talc on the modulus of elasticity, toughness, max force of break, ultra tensile stress (UTS) as well as the stress and strain at

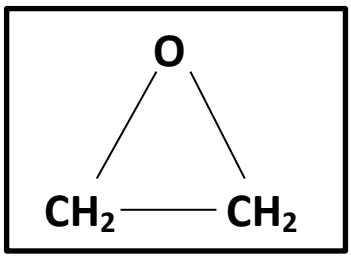
break case were investigated for all prepared samples. The results show increasing the value of the modulus of the elasticity as the Talc ratio increased in the sample. The samples prepared using 10 and 25 % of Talc show max value of modulus of elasticity while the value is the less for the sample synthesis using 5% difference with the value of toughness for this composite. The value of UTS is increased to be max at 10% ratio of Talc and decreased when the composition ratio increased to be minima value at talc ratio of 25%, this is same behavior for stress fracture but the greatest force of break occurs at 5% which have high toughness and less value of elasticity.

المقدمة :

كثيرا من التكنلوجيا والصناعات الحديثة تحتاج الى مواد لها مزيج من الخواص غير الاعتيادية والتي لايمكن وجودها في المواد التقليدية مثل سبائك المعادن والسيراميك والمواد البوليمرية وان صنع مواد ذات مواصفات خاصة تلبي احتياجات تصميمية معينة اثارت اهتمام المهندسين لسنوات عديدة. حيث تعتمد الاستخدامات العامة والهندسية للمواد المركبة الى حد بعيد على خواصها الميكانيكية والفيزيائية مثل مقاومة الشد والمرونة وقابلية المادة للاستطالة ومقاومتها للحرارة والظروف البيئية مثل الرطوبة واشعة الشمس وغيرها من الخواص التطبيقية الاخرى.

ان المواد المتراكبة تكون بصورة اساسية مادتين اواكثر اي ان مصطلح المتراكب يطبق على المواد التي تنشأ بوساطة الترابط لنوعين او اكثر من المواد سوية وان المواد الناتجة تمتلك خصائص تختلف عن خصائص كل مادة على حدة. ان جميع هذه الخواص تعتمد كثيرا على التركيب الجزيئي للمواد الداخلة في المتراكب وعلى وزنه الجزيئي وعلى القوى الجزيئية كما تعتمد هذه الخواص الى حد كبير على مواد التقوية وعلى المواد المضافة مثل الحشوات والملدنات [١,٢].

ان المادة البوليمرية المستخدمة في بحثنا هذا هي مادة راتنج الايبوكسي Epoxy Resin وكلمة الايبوكسي كلمة اغريقية مكونة من مقطعين هما Ep وتعني (بين) و oxy وتعني (اوكسجين) يحتوي الايبوكسي على مجموعة واحدة او اكثر من مجاميع الايبوكساید (Epoxide) الذي يمثل الوحدة الاساسية لراتنج الايبوكسي وابسط صيغة له الاوكسيران oxirane اذ يمثل بمركب حلقي متكون من ذرة اوكسجين مرتبطة بذرتي كاربون مرتبطتين بدورهما مع بعضهما كما في الشكل رقم (١) ، ترتبط مجموعة الايبوكسي كيميائيا مع الجزيئات الاخرى لتشكيل شبكة ثلاثية الابعاد ذات ربط تشابكي بعملية المعالجة (curing) هناك انواع عديدة من المجاميع الفعالة التي تتفاعل مع حلقة الايبوكسي



شكل (١): يوضح مجموعة

وتبدأ بالتشابك . المجاميع الفعالة الاكثر شيوعا لهذا الغرض الاميدات ، كل هذه الجزيئات التي تمتلك مجاميع فعالة وتستخدم لتقسية الاوكسيران.

الايبوكسيدات تعرف بالمصلدات Hardeners . ينتمي راتنج الايبوكسي الى مجموعة الراتنجات المتصلبة بالحرارة حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم امكانية اعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها الى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل بوليميرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو مايسمى بالربط التشابكي cross linking ، يستعمل الايبوكسي في صناعة المواد المتراكبة لانه يمتلك جساءة عالية ومقاومة للمذيبات والمواد الكيميائية وكذالك يمتلك مقاومة للحرارة ويكون تقلصه قليل بعد المعالجة. اضافة لذالك فان راتنج الايبوكسي يمتلك قابلية التصاق نوعي عالي بسبب التركيب الكيميائي لهذا الراتنج والمتمثل في مجموعة الايثرات والهيدروكسيل والمجاميع القطبية التي تعطي متانة وقابلية التصاق عالية وتكسب المادة صلادة وقوة ، لذلك يستعمل في التطبيقات التي تتطلب اداء وظيفيا عاليا ، تتفاعل هذه الراتنجات مع المصلدات اثناء المعالجة ويكون التفاعل غير مصحوب بانبعاث الماء اوتحرر اي منتجات ثانوية مما يجعل التقلص الحجمي قليل جدا اقل من ٢% . ان راتنجات الايبوكسي المعالجة تمتلك متانة عالية نتيجة للبعد بين نقاط البط التشابكي ووجود السلاسل الاليفانية المتكاملة [١,٢] .

اما مادة التطعيم المستخدمة في بحثنا هذا فهي مادة التالك Talc Powder وهي عبارة عن سليكات المغنيسيوم المائية (سليكات المغنيسيوم المهدرجة Magnesium Silicate Hydroxide) ذو الصيغة الكيميائية $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ وهو من صنف السليكات Silicates وهو ناعم الملمس رقائقي ابيض اللون مائل الى الرمادي او الاخضر وقد يوجد على هيئة كتل اكثر صلابة غير نقية يطلق عليها Steatite او حجر الصابون [٣,٤]. يوجد التالك بكميات كبيرة في الصخور المافية وفوق المافية المتحولة وكذالك في صخور الحجر الجيري الدلوميتي المتحولة. تنقسم رواسب التالك الى اربعة انواع رئيسية:-

أ- ستيتايت Steatite كتلي بلوراته غير منتظمة وهذا النوع مناسب لصناعة الادوات الكهربائية.

ب- التلك الصفائحي وهذا النوع ناتج من تحلل الصخور الجيرية الدلوماتية ويعتبر من الانواع المهمة ويستخدم في معظم الصناعات.

ت- التلك التريموليتي واحيانا يسمى (التلك القاسي) يحتوي على نسبة من التريموليت ويتميز بنسبة المغنيسيوم التي تصل ١٠%.

ث- خامات التلك المخلوطة ويحتوي على نسبة مختلفة من الكلوريت والدلوميت والسرنيتين [٤] .

نتيجة لمميزات التالك المهمة حيث يمتاز بمقاومته للحرارة والكهرباء والاحماض وانه عديم الذوبان في الماء اضافة الى مميزات اخرى فانه يستخدم في صناعات عديدة مثل صناعة الطلاء، الورق ، السيراميك، البلاستيك، مساحيق التجميل وايضا يستخدم كمادة مالئة للشقوق والطرقات.

الهدف من البحث : يهدف البحث الى دراسة تأثير مادة التالك باودر على بعض الخصائص الميكانيكية لمادة الايبوكسي لغرض الاستفادة منها بالتطبيقات العملية من خلال تقليل الكلفة.

الجزء النظري:

من الاستخدامات الهامة التي تحدد مدى صلاحية البوليمر في الاستخدامات الصناعية هو مقدار تحملها لقوى منحني يسمى منحني الشد والاستطالة (Stress–Strain Curve) يمكن الحصول عليه بجهاز قياس قوة الشد (Tensile tester).

تعرف قوة الشد Tensile strength بانها القوة اللازمة لقطع نموذج من البوليمر بسرعة سحب (Stretching rate) ثابتة ولقياس قوة الشد تستخدم نماذج ذي ابعاد ومواصفات قياسية عالمية معتمدة ، يثبت النموذج في جهاز خاص بواسطة ماسكات خاصة ثم تسلط عليها قوة سحب بسرعة مناسبة وثابتة فيقوم الجهاز بتسجيل العلاقة بشكل خط بياني منحني يمثل العلاقة بين القوة المسلطة على النموذج ومقدار الاستطالة (elongation) التي تحدث في البوليمر. وتعرف مثل هذه المنحنيات بمنحنيات الاجهاد – المطاوعة (Stress–Strain curves) ومن خلال هذه المنحنيات يمكن الحصول على معلومات مفيدة جدا عن خصائص البوليمر من حيث قوته ومتانته ومرونته واقصى جهد يتحمله النموذج واقصى استطالة قد تحدث في النموذج اضافة الى الكثير من المعلومات الهندسية المهمة جدا[٥] .

يقصد بالاجهاد عادة القوة (F) على وحدة مساحة المقطع العرضي للنموذج (A) cross section area ويرمز لها عادة بالحرف اللاتيني سيكما (σ) ويمكن التعبير عنها

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

اما التوتر فالنوع المألوف منه هو الاستطالة اي التغيير في الطول نتيجة التعرض الى الاجهاد (σ) ويقصد بالاستطالة نسبة التغير في الطول الى الطول الاصلي للنموذج تحت الفحص ويرمز للاستطالة بالرمز (Є) ويمكن التعبير عنها بالعلاقة

$$Є = (L - L_o) / L_o$$

$$Є = \frac{\triangle L}{L_o}$$

حيث هL : الطول الاصلي

L : الطول النهائي

تختلف منحنيات الاجهاد والتوتر باختلاف نوع البوليمر فعلى ضوء منحنيات الاجهاد والتوتر تقسم المواد البوليمرية الى عدة اصناف رئيسية وهي:

١- بوليمرات هشة brittle

٢- بوليمرات قابلة للسحب ductile

٣- بوليمرات مرنة elastic polymers [٥,٦] .

ومن ميل الجزء الخطي لمنحني اجهاد – مطاوعة نحصل على معامل مرونة ففي هذه المنطقة وعند ازالة الاجهاد من النموذج يسترجع البوليمر ابعاده الاصلية وبعد هذا الجزء اما ان ينكسر النموذج اذا كان هشا او يخضع ويوهن فيقل الاجهاد وتسمى هذه المنطقة بمنطقة اللدونة . ان اعلى اجهاد يتحمله النموذج هو قبل نقطة الخضوع التي تفصل بين الجزء المرن واللدن حيث انه في المنطقة اللدنة لايسترجع النموذج ابعاده الاصلية[٧] .

الجزء العملي:

المواد المستخدمة: استخدم في هذا البحث المادة البوليمرية راتنج الايبوكسي من نوع [EUXIT 50] من شركة Swiss CHEM مع المصلب الخاص به اما مادة التقوية المستخدمة فهي (Talc Powder) ذو الصيغة الكيميائية $H_2Mg_3SiO_4O_{12}$ ذو حجم حبيبي (٢٥٠) مايكرون بيضاء اللون.

تحضير العينات: حضرت النماذج بطريقة القولبة اليدوية ، تم تحضير بوليمر الايبوكسي وذلك باضافة المصلد الى الراتنج بنسبة خلط ٣:١ ويتم مزجهما معا لحين تجانسهما بشكل تام ومن ثم التطعيم بمادة التالك بنسب وزنية % (0 ,5 , 10, 15, 20 ,25) ثم يصب الخليط في القالب المعد مسبقا لهذا الغرض بابعاد cm^3 (١٥ * ٢٠ * ٠,٣) ويترك المزيج في القالب لمدة ٢٤ ساعة بدرجة حرارة المختبر ليصبح المتراكب جافا ويقولب ، تستخرج العينات من القالب وتقطع حسب المواصفات والابعاد القياسية الخاصة باختبار الشد (ASTM D638) . اعتمدت ثلاث عينات لكل تركيز واخذ المعدل عند احتساب الكميات الفيزيائية المدروسة وذلك لتقليل نسبة الخطأ

اما الجهاز المستخدم لفحص الشد فقد تم استخدام Instron Tensile test machine اجري الاختبار بمعدل حمل مسلط مقداره (٥٠ kN) وبسرعة فحص مقدارها (٥ mm/mint) ويتضمن الجهاز راسمة تقوم برسم العلاقة بين القوة المسلطة والاستطالة الحاصلة للعينة نتيجة حمل الشد.

النتائج والمناقشة:

تم في هذا البحث اجراءاختبار الشد لمتراكب الايبوكسي – تالك باودر ولتراكيز %(0, 5, 10, 15, 20, 25) من مادة التالك حيث اخذت ثلاث عينات لكل تركيز وبذالك كان مجموع العينات ثمانية عشر عينة ومن منحني الاجهاد – الانفعال تمت دراسة تأثير تركيز المادة المضافة على كل من معامل المرونة (E) ،المتانة Toughness ، اعظم قوة للكسر max force break ، اعلى حد للاجهاد تتحمله العينة (UTS)، والاجهاد والانفعال اللذان يحدث عندهما الكسر σf ، ϵ_f. الجدول رقم (١) يشير الى تغير هذه القيم مع تغير تركيز مادة التالك.

جدول (١): تغير بعض الخواص الميكانيكية لمتراكب الايبوكسي–تالك باودر كدالة لتركيز مادة التالك.

Concentration Of Talc W%	Young modulus E(G Pa)	Toughness (M Pa)	UTS (MPa)	Max force break (N)	σf (M Pa)	ϵ_f % .
٠	١٠	٧١,٩٧٨	٣٢,٩٤	١٣٩٤,٣	٣٢,٩٤	٤,١٥
٥	٩,٧	٨٢,٦٥	٣٤,٠٦	١٤٤٣,٣	٣٤,٠٦	٤,٦٥
١٠	١٢	٧٧,٥	٣٥,٠٦	١٣٤٦,٦	٣٥,٠٦	٤,١٣
١٥	١١	٤٣,١٩	٢٥,٨٥	١٠٦٩	٢٥,٨٥	٣,١٧
٢٠	١١	٤٨,٣	٢٣,٣٤	١٠٢٥	٢٣,٣٤	٣,٩٦
٢٥	١٢	٢١,١٧	١٦,٥	٦٧٠	١٦,٥	٢,٤٨٢

الشكل رقم (٢) يشير الى تغييرمعامل المرونة مع تغيير تركيز مادة التالك باودر والذي يظهر حصول زيادة ملحوضة في معامل المرونة نتيجة زيادة التركيز % ١٠ ، % ٢٥ وهذا يعود الى عملية التجانس الحاصلة بين مواد التقوية فعند تسيط الاجهاد على المادة المتراكبة سوف يتوزع الاجهاد على كل من المادة الاساس ومواد التسليح المتمثلة بالدقائق وبتعبير اخر فان الزيادة في معامل المرونة بزيادة التركيز ناتج من زيادة قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الاساس مصحوبة بمعدلات انفعال صغير نسبيا .[٨] وهذا مانلاحظه من الجدول رقم (١) فعند التركيز ٢٥% يكون معامل المرونة (GPa ١٢) يقابله انفعال صغير جدا قيمته ٢,٤٨٢% وهذا مايوضحه الشكل رقم (٦) حيث يتناقص انفعال الكسر بزيادة التركيز ليصل الى اقل قيمة عند التركيز ٢٥% اي ان المادة تصبح صلدة .

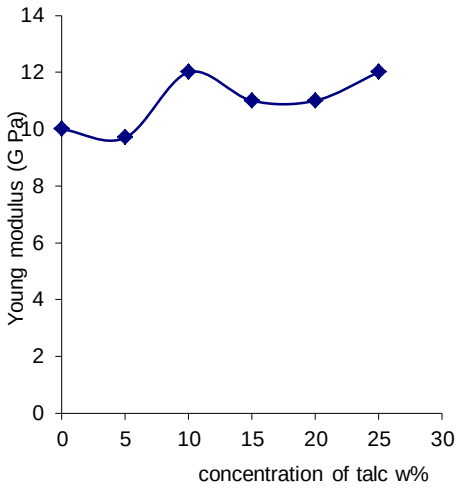
الشكل رقم (٣) يوضح تناقص متانة المتراكب مع زيادة التركيز لتصل الى اقل قيمة عند التركيز ٢٥% وسبب ذالك هو ان تركيب مادة التالك والذي يكون على شكل صفائح مستوية ترتبط مع

بعضها البعض بقوى فاندرفالز ضعيفة تجعلها تنزلق الواحدة فوق الاخرى بسهولة مما يجعل المعدن يتشتت او يتفكك بسهولة [٩] .

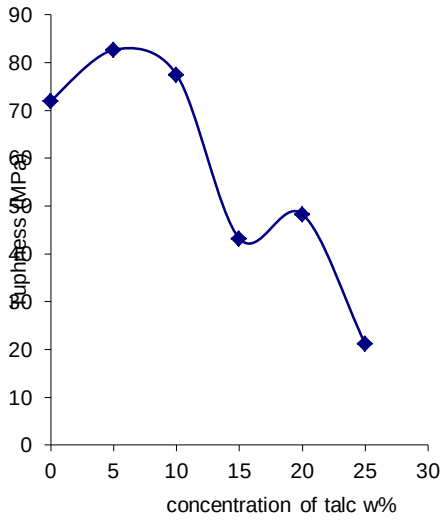
ان مقاومة الشد للايبوكسي النقي قليلة وذالك لانه من المواد الهشة اما عند اضافة مادة التالك فسوف تزداد مقاومة الشد عند قيمة محددة لتركيز مادة التالك وهو التركيز % 10 وهذا مايوضحه الشكل (٤) والذي يمثل اعلى اجهاد تتحمله العينة كدالة لتركيز مادة التالك .

الشكل (٥) يوضح علاقة اعظم قوة للكسر كدالة للتركيز حيث ان اعظم قوة للكسر كانت عند التركيز ٥% بينما النسب الاخرى اظهرت قيم اقل من ذالك وذالك بسبب ضعف الترابط عند زيادة نسبة التالك عن ٥% كذالك بالنسبة لاعظم قيمة لانفعال الكسر والذي يوضحه الشكل (٦).

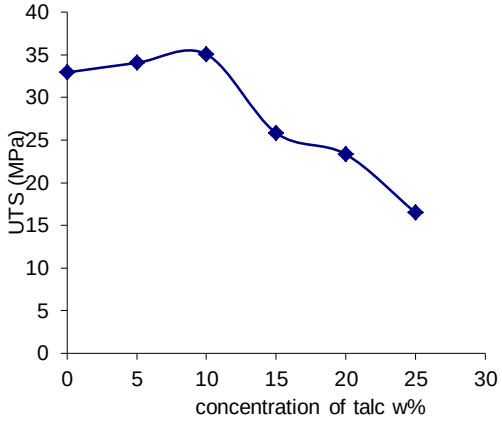
الشكل (٧) والذي يمثل تغير اجهاد الكسر كدالة للتركيز مانلاحظه ان السلوك متشابه في كلا الشكلين اي ان اعلى قيمة من الاجهاد تتحملها العينة هي نفسها التي يحدث عندها الكسر وان قيمة مقاومة الشد سوف تكون اعلى مايكون عند التركيز % ١٠ اي ان مادة التالك حسنت من مقاومة الشد للمتراكب حيث ان الجزء الاعظم من الاجهاد المسلط تتحمله هذه الدقائق والتي تشغل حيز اكبر داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع الحمل المسلط عليها بشكل افضل.



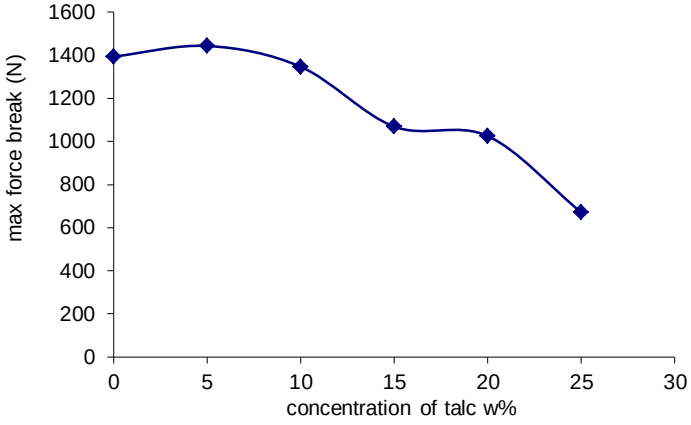
شكل(٢): تغير معامل المرونة المتراكب كدالة لتركيز التالك .



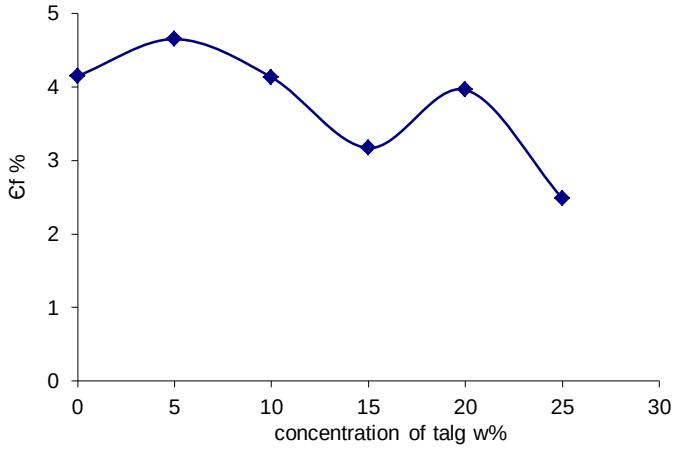
شكل(٣): تغير متانة المتراكب كدالة لتركيز التالك



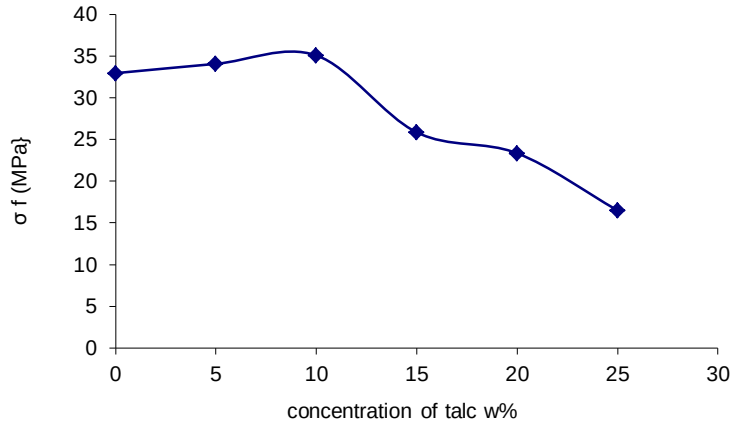
شكل(٤): تغير UTS للمتراكب كدالة لتركيز التالك



شكل(٥) ،تغير اعظم قوة للكسر كدالة لتكيز التالك



شكل (٦):تغير انفعال الكسر للمتراكب كدالة لتركيز التالك.



شكل(٧):تغير اجهاد الكسر للمتراكب كدالة لتركيز التالك

الاستنتاجات:

نستنتج من بحثنا هذا ان اضافة مادة التالك باودر الى راتنج الايبوكسي قد غيرت من بعض الخواص الميكانيكية له ومنها

اولا: حصول زيادة في معامل المرونة يقابله نقصان في المتانة للمتراكب بزيادة تركيز مادة التالك.

ثانيا: يقل الانفعال اللازم للكسر بزيادة تركيز التالك اي ان المادة اصبحت صلدة

ثالثا: ان اعلى اجهاد يتحمله المتراكب هو نفسه الذي يحدث عنده الكسر والذي يزداد بزيادة التركيز للمضاف اي حصول تحسين في مقاومة الشد للايبوكسي باضافة التالك.

المصادر:

[١] هبة جمعة جعفر، " تأثير الالياف على سلوك الاخماد للمواد المركبة ذات اساس بوليمري" ، اطروحة ماجستير – الجامعة التكنلوجية ، قسم العلوم التطبيقية ٢٠١٠

[٢] Ali I.Al-Mosawi, "Effect of reinforcing by MGO particles on thermal and mechanical characteristics of Epoxy resin " the Iraqi journal for Mechanical and Material Engineering , Vol.11, No.3,pp. 560-570, 2011

[٣] Talc :Mineral : Export Talc, www. Mineral/Co. net/ talc index. php

[٤] التالك في اليمن ، www. Yemen. nic. Info/files/oil/talf. Pdf

[٥] د. عمر بن عبد الله حسين الهزازي ، "كيمياء البوليمرات" الفصل الخامس عشر ، الفصل السابع عشر ، جامعة ام القرى ٢٠٠٨ .

[٦] Mhchoel F. Ashby, David R.H. Jones, "Engineering materials 1 an introduction to their properties and applications" chapter 3, Department of Engineering, University of combridge.UK, second edition 1996.

[٧] سيناء ابراهيم حسين ،" دراسة خاصيتي الصلادة والشد لخليط من راتنج ايبوكسي-بولي يوريثان المدعمة بالالياف الزجاجية " المؤتمر العلمي الثالث لكلية العلوم ، جامعة بغداد للفترة من ٢٤-٢٦ اذار ٢٠٠٩. الصفحة (٢٣٦١-٢٣٥٥).

[٨] د. علي حسن رسن هذال العزاوي، د. بليقيس محمد ضياء الدباغ. "تأثير درجة الحرارة والمحاليل الكيميائية على قيم معامل المرونة لمواد متراكبة هجينية" ، مجلة الهندسة والتكنلوجيا المجلد (٢٨) العدد (١٣)، ٢٠١٠

[٩] C.A,Baldan, P.C. Oliveira,M.M.S.P.,S.S. Afonso, C.F.,"Micronized talc-Epoxy resin composites" advanced materials Rio de Janeiro,Brazil,Sep 20-25,