مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (2) / المجلد (17) : 2009

دراسة تاثير التقوية بالياف البورون والياف الكفلر على مادة الايبوكسي وحساب بعض الخواص الميكانيكية للمتراكب الناتج من عملية التقوية

هناء جواد كاظم علي الشمري

كلية الهندسة–جامعة بابل

الخلاصة

تم في هذا البحث حساب الطاقة السطحية للتصدع لراتنج الايبوكسي المدعم بألياف البورون والمدعم بألياف الكفلر، وذلك بتغيير الإجهاد المسلط بصورة عمودية على الألياف المنضدة بشكل متوازٍ في المدى الذي يتراوح بين (2.5-4 GPa) وبتغيير محتوى الألياف في المدى الذي يتراوح بين (50-250) ليف ، وتم حساب معامل يونك للمتراكب وكثافة المتراكب الناتج من عملية التقوية باستخدام قاعدة الخلط .وتم حساب المتانة النوعية للمتراكب الناتج ولكلا النموذجين بتغيير النسبة الوزنية للالياف في المدى الذي يتراوح بين (30%) الى (70%) بزيادة مقدارها (20%).

أظهرت نتائج الطاقة السطحية للتصدع إنها تزداد بزيادة الإجهاد المسلط في المدى (2.5-4 GPa)، كما أنها تزداد بزيادة محتوى الألياف ولكلا النموذجين ، كما أثبتت النتائج إن الطاقة السطحية للتصدع الناتجة من تكسر الألياف في المتراكب المقوى بألياف البورون أكبر من الطاقة السطحية للتصدع الناتجة من تكسر الألياف في المتراكب المقوى بألياف الكفلر . واثبتت النتائج ان كلا" من الكثافة ومعامل يونك تزداد بزيادة النسبة الوزنية للألياف في المتراكب من (30%) الى (70%) . وتقل المتانة النوعية بزيادة كثافة المتراكب الناتجة من زيادة النسبة الوزنية للألياف في المدى من (30%) الى (70%) بثبوت الإجهاد المسلط . كما اثبتت النتائج ان المتراكب المقوى بالياف البورون يمتلك معامل يونك اكبر من المتراكب المقوى بالياف الكفلر، كما تم الحصول على اعلى معامل يونك عندما يكون الاجهاد مسلط بصورة موازية للنموذج .

Abstract

In this studying , the fracture surface energy of epoxy reinforced by boron and Kevlar fibers are studied , by changing the normal applied stress on the parallel fibers at range between (2.5 - 4 GPa) , when the fiber diameter , fiber contents and shear stress are constant , and changing the fiber contents at range between (50-250) fibers when other parameters are constant . The Young's modulus, density, of composite and specific strength are calculated for two specimens . as well as , the weight ratio (volume of fraction) of fibers are calculated at range (30%-70%) weight ratio by addition(20%) weight ratio for tow specimens .

The results of the fracture surfaces energy are presented that it increases by increasing the fiber contents , and applied stress at range between (2.5 – 4 GPa), and decrease with increasing the Young's modulus . In addition, the reinforced lead to composite with low density and density of composite is increase by increasing volume fraction of fibers for two specimens.

As well as , the specific strength is decrease with increasing volume fraction of fibers at range (30% - 70%) weight ratio when the applied stress is constant , and it increase with increasing applied stress . In addition, the Young's modulus is greatest when the applied stress is parallel on fibers .

المقدمة

تتكون المادة المتراكبة من جمع مادتين مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزياوية بطرائق تقنية مختلفة، حسب طبيعة المواد والغرض المطلوب ، بهدف استنباط خواص جديدة لم تكن متوافرة في المواد الأصلية. ولتصنيع مادة مركبة يجب توفير مادتين [David 2000] : المادة الأولى (مادة الأساس) وتكون؛ اما مواد معدنية متكونة من المعادن وسبائكها وتتميز بثقل وزنها ومتانتها العالية أو مواد سيراميكية التي تمتاز بخفة وزنها ومقاومتها المرتفعة لدرجات الحرارة العالية ولكنها ضعيفة المقاومة لقوى الصدم ، أو مادة بوليميرية وتمتاز بمرونتها العالية وخفة وزنها .أما المادة الثانية فهي مادة التقوية والهدف منها الحصول على خواص تعزز خواص المادة الأساس فعلى سبيل المثال يتطلب أن تمتلك مادة التقوية المقاومة العالية والمطيلية المناسبة حتى تستطيع تقوية المواد الأساس [علي 2003]. هناك طرائق عدة للتقوية منها التقوية بالدقائق التي تكون بقطر

أكبر من (1μm) وبأشكال مختلفة منها الابرية والكروية والقشرية ، كذلك تتم التقوية بالتشتت ويكون قطر الدقائق أقل من (0.1μm) . أما أكثر أساليب التقوية شيوعا" فهي التقوية بالألياف نظرا" لما تتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية، وتكون الألياف بأنواع وأشكال مختلفة فمنها ما يكون بشكل مستمر أو مقطع أو بشكل ظفائر محاكة [Abid – Al -raheem 2000]، تمثل المصفوفة شكل الجسم وتحتوي بقية الأجزاء[Haneen 2002] . لذلك فان وظيفة المصفوفة أنها تدعم الألياف وتحميها نموذجيا" يجب أن تكون المصفوفة واطئة الصلادة نسبياً، والمتانة والكثافة، وبناءً على ذلك ، فان المادة المعززة للقوة (الألياف) تكون عالية الصلادة وعالية المقاومة وواطئة الكثافة [Haneen 2002] وكذلك ، يجب أن يمتلك الليف مقاومة شد عالية ووزن واطئ وصلادة وقوة أكثر من المصفوفة.لان وظيفة الليف زيادة مقاومة الشد ومعامل الشد ، وكمية التغير تعتمد على شكل الليف المأخوذ وكميته [Bolton 1998 ; Krishan 1999] .

هدف البحث

يهدف البحث الى :

حساب قيم طاقة التصدع السطحية لنموذج راتنج الايبوكسي المعزز بألياف البورون وألياف الكفلر. و تحديد عملية التقوية لطبيعة الالياف ضمن نموذج المتراكب وحساب قيمة المتانة النوعية للمتراكب . كما يهدف البحث الى حساب قيم معامل يونك والكثافة لنموذج المتراكب قيد البحث ومعرفة تأثير تغيير النسب الوزنية للألياف ضمن المتراكب ومعرفة تأثيرها على معامل المرونة والكثافة والمتانة النوعية . كما يهدف البحث الى معرفة بعض التطبيقات العملية للمتراكب قيد البحث .

الجانب النظري

يتضمن هذا الجزء من البحث المعادلات النظرية التي تم من خلالها حساب الخواص الميكانيكية للمتراكب قيد البحث ، حيث تم حساب الطاقة السطحية للتصدع من خلال العلاقة التالية[هناء 2007] :

$$\gamma_f = n\,(U_m+U_f)=(n\pi D^3\sigma_u{}^3)\,/\,(48\tau_y E_{fr}) =(PD\,\sigma_u{}^3)/(12\tau_y E_{fr}) \quad \text{...(1)}$$

حيث تمثل γ_f الطاقة السطحية للتصدع

U_m , U_f الشغل المنجز من قبل الالياف والمادة الاساس على التوالي

D قطر الليف

σ_u اقصى قيمة مقدرة لاجهاد الشد

τ_y اجهاد القص

E_{fr} معامل المرونة لليف التقوية

P محتوى الالياف في المتراكب وتم حسابه من المعادلة التالية[هناء 2007]:

$$P = n\pi D^2/4 \quad \text{...(2)}$$

اما بالنسبة لمعامل يونك للمتراكب حسب قاعدة الخلط فيعطى بالعلاقات التالية [اشبي 1985 ، Valery & Evgeny 2001 ، وعلي 1999]:

$$E_1= E_f E_m / (f_m E_f + f_f E_m) \quad \dots (3)$$

حيث ان E_1 يمثل معامل يونك للمتراكب عندما يكون الاجهاد مسلط بصورة عمودية على المتراكب

$$E_2 = E_f f_f + E_m f_m \quad \dots (4)$$

حيث ان E_2 يمثل معامل يونك للمتراكب عندما يكون الاجهاد مسلط بصورة موازية للمتراكب .

E_f معامل يونك للالياف

E_m معامل يونك للمادة الاساس

f_f الكسر الحجمي للالياف = محتوى الالياف (P)

f_m الكسر الحجمى للمادة الاساس

اما كثافة المتراكب حسب قاعدة الخلط فتعطى بالعلاقة التالية [هناء 2007]:

$$\rho_c = \rho_m f_f + \rho_f f_m \quad \text{...(5)}$$

ρ_c تمثل كثافة المتراكب

ρ_m تمثل كثافة المادة الاساس

ρ_f كثافة مادة التقوية (الليف)

والمتانة النوعية تم حسابها من المعادلة التالية [Valery & Evgeny 2001] :

$$k_\sigma = \sigma^- / \rho_c \quad \text{...(6)}$$

حيث يمثل σ^- اجهاد الخضوع

ρ_c كثافة المتراكب

k_σ المتانة النوعية للمتراكب

اما الكسر الحجمي للالياف فتم حسابه من المعادلة التالية :

$$f_f = \frac{\frac{m_f\%}{\rho_f\%}}{\frac{m_f\%}{\rho_f} + \frac{m_m\%}{\rho_m}} \quad \text{...(7)}$$

حيث ان

m_m تمثل النسبة الوزنية للمادة الاساس

m_f تمثل النسبة الوزنية للالياف

اعداد النموذج والحسابات

1-اعداد نماذج حساب الطاقة السطحية للتصدع

تم تصنيع خمس نماذج بواسطة إعداد المصفوفة التي تتألف من رقاقة لانهائية من راتنج الايبوكسي مستطيلة الشكل ثم تمت التقويه بألياف البورون المنضدة بشكل متوازٍ في المدى الذي يتراوح بين (250- 50) ليف بزيادة مقدارها(50) ليف لكل نموذج، أما النموذج الثاني فتم إعداده بأبعاد مساوية للنموذج الأول وتمت تقويته بألياف من الكفلر وبمواصفات مساوية لمواصفات النماذج في الحالة الأولى .

2- اعداد نماذج حساب معامل يونك والكثافة

تم تصنيع ثلاثة نماذج بواسطة إعداد المصفوفة التي تتألف من رقاقة لانهائية من راتنج الايبوكسي، مستطيلة الشكل،ثم تمت التقويه بنسبة وزنية من ألياف البورون المنضدة بشكل متوازٍ وبثلاث مقادير (30% , 50%, 70%) ، أما بالنسبة لراتنج الايبوكسي المقوى بألياف الكفلر فتم اعداد ثلاثة نماذج

وبمواصفات مساوية لمواصفات النماذج في الحالة الاولى وتمت تقويته بنسبة وزنية من ألياف الكفلر المنضدة بشكل متوازٍ وبنفس المقادير .

القياسات : Measurements

لمعرفة تاثير الاجهاد المسلط على الطاقة السطحية للتصدع وملاحظة العلاقة بين زيادة الاجهاد المسلط و الطاقة السطحية للتصدع، تم تغيير الاجهاد المسلط في المدى الذي يتراوح بين (2.5-4 GPa)لكلا النموذجين المقوى بألياف البورون والمقوى بألياف الكفلر مع ثبوت بقية المتغيرات التي هي (قطر الليف النموذجي لكل نوع من الالياف، معامل يونك حيث تمت معرفة هذه القيم بالاستعانة بجدول الثوابت ، ومحتوى الألياف ، وإجهاد القص) لكل من ألياف البورون وألياف الكفلر وتم استخدام المعادلة رقم (1) لغرض معرفة تأثير تغيير الإجهاد المسلط على الطاقة السطحية للتصدع . حيث أن معامل يونك لألياف الكفلر يساوي (140 GPa) ويساوي (390 GPa) لألياف البورون ، وإجهاد القص (1.75 GPa)لكلا النموذجين ومحتوى الألياف تم حسابه من المعادلة رقم (2) .ولمعرفة تأثير تغيير محتوى الألياف على الطاقة السطحية للتصدع وملاحظة العلاقة بين زيادة محتوى الألياف والطاقة السطحية للتصدع ، تم تغيير محتوى الألياف في المدى الذي يتراوح بين (250-50) ليف لكلا النموذجين المقوى بألياف البورون والمقوى بألياف الكفلر مع ثبوت بقية المتغيرات وتم استخدام المعادلة رقم (1) لغرض معرفة تأثير تغير محتوى الألياف على الطاقة السطحية للتصدع لكلا النموذجين اما محتوى الألياف فقد تم حسابه من المعادلة رقم (2). اما بالنسبه لحساب معامل يونك والكثافة للمتراكب الناتج فقد تم هذا القياس باستخدام قاعدة الخلط rule of mixture حيث تم حساب معامل يونك من معادلة رقم (3) عندما يكون الحمل المسلط عموديا" على النموذج ، وتم حساب معامل يونك من معادلة رقم (4) عندما يكون الاجهاد المسلط موازٍ للنموذج وتم حساب كثافة المتراكب باستخدام قاعدة الخلط حسب معادلة (5) اما المتانة النوعية فتم حسابها من خلال معادلة (6) . وتم من خلال القياسات معرفة تأثيرالتقوية بالياف البورون والتقوية بالياف الكفلر على مادة راتنج الايبوكسي وتمت المقارنة بينهما. كما تم حساب الكسر الحجمي للالياف من معادلة رقم (7) بتغيير النسبة الوزنية للالياف من (30%) الى (70%) بزيادة مقدارها (20%) ولكلا النموذجين ، وتم حساب معامل يونك للمتراكب حسب المعادلات رقم (3) و (4) والكثافة حسب المعادلة (5).

النتائج والمناقشة

لقد تم دراسة تأثير زيادة الإجهاد المسلط على الطاقة السطحية للتصدع لمتراكب الايبوكسي المقوى بألياف البورون ومتراكب الايبوكسي المقوى بألياف الكفلر ، وقد تم ملاحظة زيادة قيمة الطاقة السطحية للتصدع بزيادة الإجهاد المسلط في المدى الذي يتراوح بين (2.5-4 GPa) بثبوت محتوى الألياف (250 ليف) وقطر الليف النموذجي لكل نوع من الألياف وثبوت معامل يونك لكل نوع من الألياف من خلال جدول الثوابت ، وتم تثبيت قيمة إجهاد القص حيث تساوي (1.75 GPa) ولكلا النموذجين والسبب في ذلك يعود إلى أن زيادة قيمة الإجهاد المسلط تؤدي إلى تكسر أو تقطع عدد أكثر من الألياف ، حيث أن كل ليف يقطع سوف يساهم بكمية من الطاقة مقدارها ($U_m + U_f$) [هناء 2007] ولكلا النموذجين ، وقد أثبتت النتائج المبينة في الاشكال رقم (1) و (2) ان التقوية بألياف البورون أفضل من التقوية بألياف الكفلر حيث أن ألياف الكفلر عندما تتقطع أو تتكسر فإنها تعطي طاقة سطحية للتصدع اكبر مما هو عليه لألياف البورون عندما تتقطع ، وذلك بسبب إن ألياف الكفلر تمتلك معامل يونك اقل من ألياف البورون [Valery & Evgenny 2001] ،

لذلك فان الياف البورون تمتلك مرونة اعلى من الياف الكفلر حيث ان الشقوق لا تستطيع الانتشار خلالها، حيث نلاحظ انه بزيادة معامل يونك للألياف يؤدي إلى تقليل الطاقة السطحية للتصدع التي يساهم بها كل ليف وحسب المعادلة رقم (1) التي تم من خلالها حساب قيمة الطاقة السطحية للتصدع ولكلا النموذجين . وهذا مفيد في التطبيقات التي تحتاج الى متراكب بمتانة عالية حيث يستخدم متراكب(boron/epoxy) في صناعة المركبات الفضائية [زهير 2001] الحالة التي تتطلب متراكب بمتانة عالية والتقليل من عملية حدوث كسر سريع وكذلك فان اضافة الياف البورون الى مادة الايبوكسي يؤدي الى انتاج متراكب بمتانة عالية ، وذلك لان الالياف تعمل كمعوقات للشق (الكسر السريع) الذي ينمو خلال المادة الاساس (مادة المصفوفة) الايبوكسي ، حيث عندما يصل الشق الى احد خيوط الالياف (مادة التقوية) فمجال الاجهاد امام الشق يفصل تماماً المادة الاساس على الالياف وعلى مدى منطقة صغيرة (وهذه العملية تدعى الانفصام) والشق عندئذ يتوسع بشكل كبير جدا" بحيث ان حركته تتوقف ، ومن الطبيعي ان هذا يتم فقط اذا نما الشق عموديا" على الالياف [اشبي 1985] .. بينما في الحالة الاخرى كالحالة الحاصلة في فواصل الطاقة الكهربائية لحماية الاجهزة الكهربائية من العطل او التلف حيث تتطلب حدوث كسر سريع فيفضل استخدام متراكب (Kevlar/epoxy). والشكل رقم (1) يوضح العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع والإجهاد المسلط للمتراكب المقوى بألياف البورون والشكل رقم (2) يوضح العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع والإجهاد المسلط للمتراكب المقوى بألياف الكفلر . ولقد أثبتت النتائج إن زيادة محتوى الألياف يؤدي إلى زيادة الطاقة السطحية للتصدع ، حيث تم تغيير قيمة عدد الألياف في المدى الذي يتراوح بين (50−250 =n ليف) ولكلا النموذجين المقوى بألياف البورون والمقوى بألياف الكفلر وبثبوت الإجهاد المسلط (3.5GPa) ومعامل يونك لكل نوع من الألياف ، وإجهاد القص (1.75GPa) ، حيث أن زيادة محتوى الألياف تؤدي إلى زيادة قيمة الطاقة السطحية للتصدع ولنفس البيب اعلاه والشكل رقم (3) يوضح العلاقة بين زيادة محتوى الألياف في المدى الذي يتراوح بين (50 - 250 = n) ليف والطاقة السطحية للتصدع للمتراكب المقوى بألياف البورون بثبوت قيمة الإجهاد المسلط وإجهاد القص ومعامل يونك وقطر الليف ، حيث يوضح الشكل انه بزيادة محتوى الياف البورون تزداد الطاقة السطحية للتصدع . والشكل رقم (4) يوضح العلاقة بين تغير محتوى الألياف والطاقة السطحية للتصدع للمتراكب المقوى بألياف الكفلر بثبوت الإجهاد المسلط وإجهاد القص ومعامل يونك وقطر الليف النموذجي . حيث يوضح الشكل انه بزيادة محتوى الياف الكفلر تزداد الطاقة السطحية للتصدع .ولغرض معرفة تأثير ألياف التقوية على مادة الايبوكسي ، فقد تم دراسة تأثير ألياف الكفلر وألياف البورون على كثافة المادة المعادلة رقم (5) ، وكذلك على معامل يونك للمادة المعادلة رقم (3) و (4) وحسب قاعدة الخلط ، وأثبتت النتائج زيادة معامل يونك للمتراكب بزيادة محتوى الالياف فيه ، حيث تم تغيير قيمة الكسر الحجمي لليف (محتوى الالياف) في المتراكب في المدى الذي يتراوح بين (30%) نسبة وزنية للالياف الى (70%) بزيادة النسبة الوزنية للالياف بمقدار (20%) ، لكلا النموذجين المقوى بالياف البورون والمقوى بالياف الكفلر ، والشكل رقم (5) يوضح زيادة معامل يونك زيادة طردية مع زيادة محتوى الالياف بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف البورون حيث ان زيادة معامل يونك للمتراكب المقوى بالياف البورون بزيادة محتوى الالياف يعود الى ان الياف البورون تمتلك معامل يونك عالي والعائد الى الروابط الاساسية التي تربط ذراته مع بعضها ، اما بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف الكفلر فيوضح الشكل رقم (6) زيادة معامل يونك للمتراكب بزيادة محتوى الالياف زيادة طردية ، حيث ان الياف الكفلر تمتلك معامل يونك اعلى من معامل يونك لمادة الايبوكسي الذي يمتلك معامل يونك (2.4GPa) والذي يعود الى الروابط الثانوية التي تربط ذرات الايبوكسي مع بعضها ، فعند اضافة الياف الكفلر الى مادة الايبوكسي فانها تؤدي الى زيادة

معامل يونك للمادة من (2.4 GPa) بدون تقوية الى(3.4 GPa) بعد تقويتها بالياف الكفلر بنسبة وزنية مقدارها (30%) ، ويزداد معامل يونك الى (7.7 GPa) بزيادة النسبة الوزنية الى (70%) . اما بالنسبة لحالة الالياف المنضدة بصورة متوازية والحمل مسلط بصورة موازية لها ، فقد تم الحصول على اعلى معامل يونك للمتراكب المقوى بالياف الكفلر والمتراكب المقوى بالياف البورون ، حيث لا يمكن ان يكون معامل يونك اعلى من هذه القيمة ، حيث بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف البورون تم الحصول على متراكب بمعامل يونك مقداره (118.68 GPa) في حالة النسبة الوزنية لالياف البورون تساوي (30%) ، وبزيادة النسبة الوزنية الى (70%) ازداد معامل يونك للمتراكب المقوى بالياف البورون الى (273.7 GPa) ، وهذا يطابق تقريبا" النتائج الموضحة في لوحة تدرج معاملات المرونة للمواد [اشبي 1985] ، حيث في حالة الاجهاد العمودي على الالياف يكون تساوي الاجهادات وحسب قاعدة الخلط المعادلة رقم (3) ، بينما في حالة الاجهاد الموازي للالياف يكون تساوي الانفعالات حسب معادلة رقم (4) لقاعدة الخلط ، والشكل رقم (7) يوضح العلاقة بين معامل يونك وزيادة محتوى الالياف للمتراكب المقوى بالياف البورون عندما يكون الاجهاد مسلط بصورة موازية للالياف اما بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف الكفلر فقد اثبتت النتائج ان زيادة محتوى الالياف من (30%) نسبة وزنية الى (70%) تؤدي الى زيادة معامل يونك للمتراكب من (43.68GPa) الى (98.72GPa) ، حيث تمثل هذه القيم اعلى قيم ممكنة لمعامل يونك للمتراكب المقوى بالياف الكفلر ، والتي تم الحصول عليها من تسليط الاجهاد بصورة موازية للالياف ولنفس السبب السابق ذكره في عملية التقوية بالياف البورون ، والشكل رقم (8) يوضح زيادة معامل يونك للمتراكب المقوى بالياف الكفلر بزيادة محتوى الالياف المنضدة بصورة متوازية والاجهاد مسلط بصورة موازية لها . وبمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها للمتراكب المقوى بالياف البورون والمتراكب المقوى بالياف الكفلر ، نلاحظ ان التقوية بالياف البورون تؤدي الى الحصول على متراكب بمعامل يونك اعلى من معامل يونك للمتراكب المقوى بالياف الكفلر ، وهذا يعني ان التقوية بالياف البورون افضل من التقوية بالياف الكفلر في الحالة التي يكون المرغوب فيها التقليل من حدوث عملية الكسر السريع ، حيث ان زيادة معامل يونك تؤدي الى التقليل من الطاقة السطحية للتصدع . اما بالنسبة لكثافة المتراكب الناتجة من زيادة محتوى الالياف (الكسر الحجمي) للالياف في المتراكب فاثبتت النتائج انه بزيادة محتوى الالياف من 30%) (نسبة وزنية الى (70%) نسبة وزنية يؤدي الى زيادة كثافة المتراكب المقوى بالياف البورون زيادة طردية من (1.63 Mg/m^3) الى (2.21 Mg/m^3) وذلك بسبب تاثير الياف البورون على الروابط التي تربط جزيئات الايبوكسي لتكوين المتراكب الناتج من عملية التقوية ، لذلك فان اضافة الياف البورون الى الايبوكسي يؤدي الى زيادة الكثافة ومعامل يونك بسبب امتلاك الياف البورون كثافة اعلى من كثافة الايبوكسي ومعامل يونك عالٍ والذي يكون السبب فيه الروابط الاساسية التي تربط ذرات البورون بعضها مع بعض . والشكل رقم (9) يوضح زيادة كثافة المتراكب مع زيادة محتوى الالياف من (30%) نسبة وزنية الى (70 %) نسبة وزنية للمتراكب المقوى بالياف البورون . اما بالنسبة لكثافة المتراكب المقوى بالياف الكفلر والناتجة من زيادة محتوى الالياف (الكسر الحجمي) للالياف في المتراكب فاثبتت النتائج انه بزيادة محتوى الالياف من (30%) نسبة وزنية الى (70%) نسبة وزنية يؤدي الى زيادة كثافة المتراكب المقوى بالياف الكفلر زيادة طردية من 1.26) (Mg/m^3 الى (1.34 Mg/m^3) ، ولنفس السبب السابق ذكره في عملية التقوية بالياف البورون وهذا يطابق تقريبا" النتائج الموضحة في جدول الخواص النموذجية للمتراكبات الغير اتجاهية [Valery & Evgeny 2001] ولوحة تدرج بيانات الكثافة للمواد [اشبي1985] ، والشكل رقم (10) يوضح زيادة كثافة المتراكب مع زيادة محتوى الالياف من (30%) نسبة وزنية الى (70%) نسبة وزنية للمتراكب

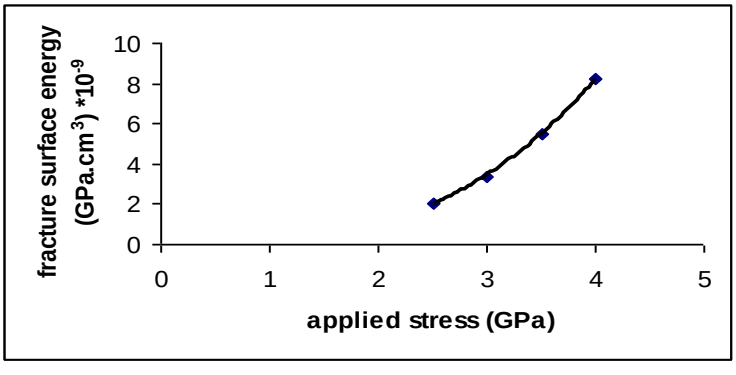
المقوى بالياف الكفلر . وبمقارنة نتائج الكثافة التي تم الحصول عليها للمتراكب المقوى بالياف البورون والمتراكب المقوى بالياف الكفلر ، نلاحظ ان التقوية بالياف الكفلر تؤدي الى الحصول على متراكب بكثافة اوطأ من كثافة المتراكب المقوى بالياف البورون ، والسبب يعود الى كثافة الياف الكفلر اوطا من كثافة الياف البورون.اما المتانة النوعية للمتراكب فقد تم حسابها من معادلة رقم (6) والشكل رقم (11) يوضح العلاقة بين المتانة النوعية والكثافة للمتراكب المقوى بألياف البورون بثبوت الاجهاد المسلط (3.5 GPa) ، والشكل رقم (12) يوضح العلاقة بين المتانة النوعية والكثافة للمتراكب المقوى بألياف الكفلر بثبوت الاجهاد المسلط على المتراكب (3.5 GPa) حيث تم تثبيت الاجهاد المسلط وتغيير كثافة المتراكب حسب زيادة النسبة الوزنية للالياف من (30%) الى (70%) ولكلا النموذجين ، وبمقارنة شكل رقم (11) مع شكل رقم (12) نلاحظ ان المتانة النوعية للمتراكب المقوى بالياف الكفلر اعلى من المتانة النوعية للمتراكب المقوى بالياف البورون ، وذلك لان كثافة المتراكب المقوى بالياف الكفلر اوطا من كثافة المتراكب المقوى بالياف البورون وذلك لان المتراكب المقوى بالياف الكفلر اخف وزنا" من المتراكب المقوى بالياف البورون كما نلاحظ ان المتانة النوعية للمتراكب ولكلا النموذجين تقل مع زيادة النسبة الوزنية للالياف في المتراكب ، حيث تقل المتانة النوعية بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف البورون من ($2.1 *10^3$ m) الى ($1.5 *10^3$ m) بزيادة النسبة الوزنية للالياف من (30%) الى (70%) وكما موضح في شكل رقم (11). اما المتانة النوعية بالنسبة للمتراكب المقوى بالياف الكفلر فتقل من (2.7 $*10^3$ m) الى ($2.6 *10^3$ m) بزيادة النسبة الوزنية للالياف من (30%) إلى (70%) وكما موضح في الشكل رقم (12) .

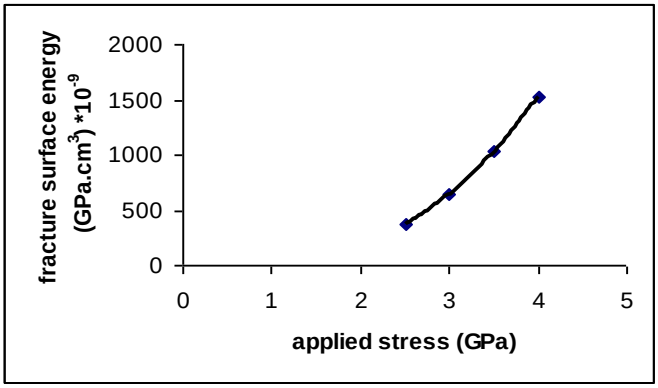
الاستنتاجات

في هذا البحث حاولنا معرفة تاثير كل من محتوى الالياف والاجهاد المسلط على الطاقة السطحية للتصدع لمتراكب معزز بنوعين من الالياف وكذلك معرفة تاثير التقوية على كل من معامل المرونة والكثافة والمتانة النوعية للمتراكب وتم التوصل الى مايلي :

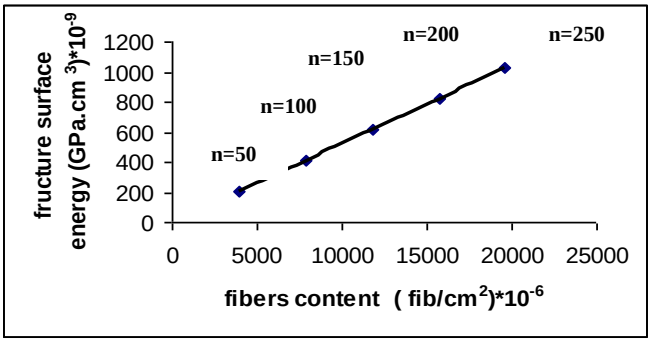
1- ان زيادة كلاً من الاجهاد المسلط ومحتوى الالياف يؤدي الى زيادة الطاقة السطحية للتصدع لحين حصول الانفتاح التام للشق ، كما ان الطاقة السطحية للمتراكب المقوى بالياف البورون اقل منها للمتراكب المقوى بالياف الكفلر .

2- التقوية بالياف البورون والياف الكفلر تؤدي الى الحصول على متراكب بكثافة واطئة ومعامل مرونة مناسب ، وتزداد كلا" من هاتيين القيمتين بزيادة محتوى الالياف ، كما ان معامل المرونة للمتراكب المقوى بالياف البورون اعلى منه للمتراكب المقوى بالياف الكفلر ، كما ان كثافة المتراكب المقوى بالياف الكفلر اوطا منها للمتراكب المقوى بالياف البورون . اما المتانة النوعية فقد تم الحصول على اعلى متانة نوعية متمثلة بالمتراكب المقوى بالياف الكفلر بسبب كثافته الواطئة .

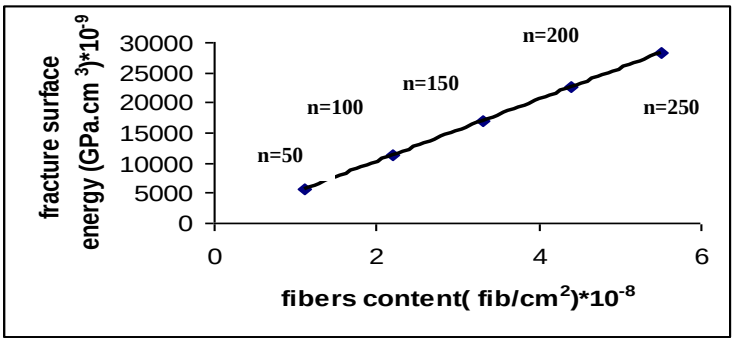




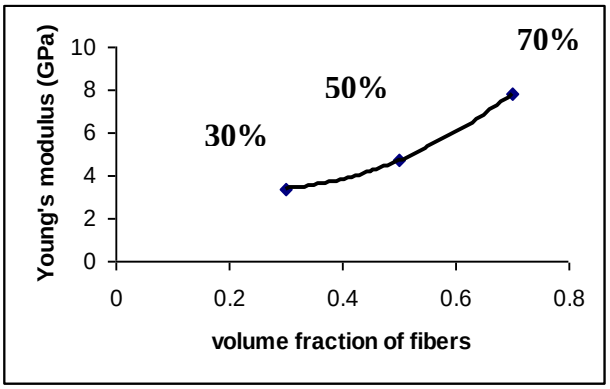
الشكل رقم (1) العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع والاجهاد المسلط للايبوكسي المقوى بالياف البورون بثبوت عدد الياف التقوية واجهاد القص ومعامل يونك للالياف



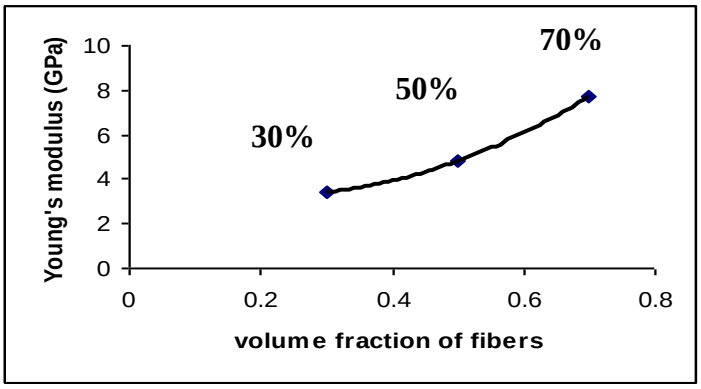
الشكل رقم (2) العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع والاجهاد المسلط للايبوكسي المقوى بالياف الكفلر بثبوت عدد الياف التقوية واجهاد القص ومعامل يونك للالياف



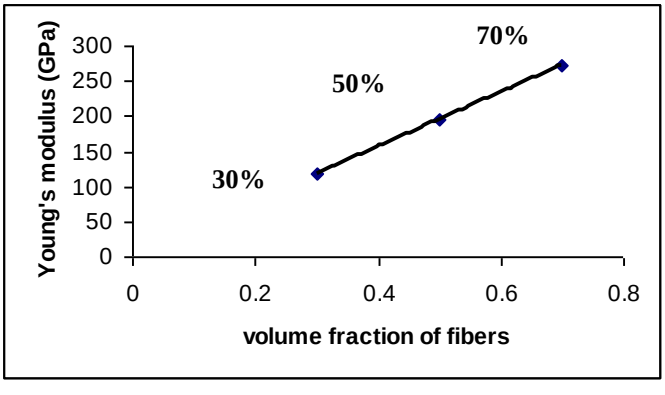
الشكل رقم (3) العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع ومحتوى الالياف للايبوكسي المقوى بالياف البورون بثبوت الاجهاد المسلط واجهاد القص ومعامل يونك للالياف وقطر اليف النموذجي.



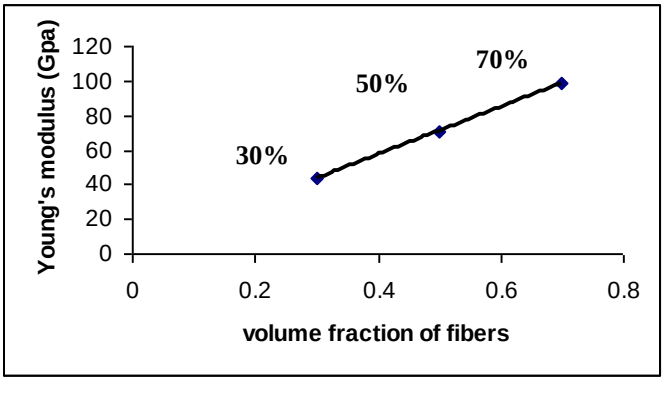
الشكل رقم (4) العلاقة بين الطاقة السطحية للتصدع ومحتوى الالياف للايبوكسي المقوى بالياف الكفلر بثبوت الاجهاد المسلط واجهاد القص ومعامل يونك للالياف وقطر اليف النموذجي.



الشكل رقم (5) العلاقة بين معامل يونك والكسر الحجمي للالياف للايبوكسي المقوى بالياف البورون عندما يكون الاجهاد المسلط عموديا" على النموذج بثبوت معامل يونك للالياف والمادة الاساس



الشكل رقم (6) العلاقة بين معامل يونك والكسر الحجمي للالياف للايبوكسي المقوى بالياف الكفلر عندما يكون الاجهاد المسلط عموديا" على النموذج بثبوت معامل يونك للالياف والمادة الاساس



References

اشبي (1985)" المواد الهندسية مدخل لخواصها وتطبيقاتها "

د. عبد الفتاح محمود طاهر(2000) " اساسيات علم وتقنية البلمرات " دار المريخ للنشر، الرياض – المملكة العربية السعودية.

زهير جبار عبد الامير الاسدي(2001) "تهيئة الياف البولي اكريلو نتريل والحرير لانتاج الياف الكاربون" رسالة ماجستير ، قسم هندسة المواد ، كلية الهندسة ، جامعة بابل .

علي إبراهيم مسلم الموسوي(2003) " دراسة استخدام مادة ثالث اوكسيد الانتيمون كمادة معيقة للهب " ، رسالة ماجستير ، قسم هندسة المواد ، كلية الهندسة ، جامعة بابل.

علي هوبي حليم(1999) "تحسين خواص المواد اللدائنية المقساة " رسالة ماجستير ، قسم هندسة المواد ، كلية الهندسة ، جامعة بابل .

هناء جواد الشمري(2007) "حسابات طاقة التصدع السطحية لبوليمير البولي اثيلين المدعم بالياف الزجاج والكاربون " ، رسالة ماجستير ، قسم علوم الفيزياء ، كلية العلوم ، جامعة بابل .

Abid AL-Raheem (2000)"Stress Analysis of Laminate Fiber Reinforced Composite Cylinder" M.s.c. Material Engineering.

Bolton (1998)" Engineering Materials Technology " , 3rd Edition , McGraw – Hill , New York .

David (2000) "Introduction to Composite Materials". Cambridge University, England. Haneen. (2002)"Micromechanics Analysis of Unidirectional Fiber Reinforced Material ". M.Sc. Thesis College of Engineering , Material Engineering .Babylon University,

Krishan & Mare .(1999) "Mechanical Behavior of Materials" , Prentice Hall, Upper Saddle River , New Jersey, USA

Valery & Evgeny (2001)"Mechanics and Analysis of Composite Materials" Amsterdam. London .