دراسة تأثير النسبة الوزنية وقطر الليف على متانة الكسر لمتراكب البولي اثيلين المقوى بألياف الزجاج

هناء جواد كاظم
كلية الهندسة -جامعة بابل

نوال محمد داود
كلية هندسة المواد -جامعة بابل

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير زيادة النسبة الوزنية لألياف الزجاج على متراكب البولي اثيلين المقوى بألياف الزجاج في المدى الذي يتراوح بين (70% - 30%) ، وذلك بثبوت الإجهاد المسلط بصورة عمودية على الألياف المنضدة بشكل عشوائي عند القيمة القصوى لإجهاد الشد والمقدرة (5GPa) ، وثبوت نسبة بوازن عند القيمة (0.3) وثبوت قطر الليف النموذجي ($16*10^{-4}$cm)حيث تم حساب كل من (متانة الكسر ، ومعامل المرونة ، ومعامل المرونة النوعي ، والكثافة ، والمتانة النوعية) ، كما تم دراسة تأثير زيادة قطر ألياف الزجاج على متانة الكسر للمتراكب الناتج في المدى الذي يتراوح بين ($5*10^{-4}$–$19*10^{-4}$cm) بزيادة مقدارها ($2 * 10^{-4}$ cm) ، أظهرت النتائج إن متانة الكسر تزداد بزيادة النسبة الوزنية للألياف في المتراكب في المدى(70% - 30%) ، كما أنها تزداد بزيادة قطر الألياف ، كما أثبتت النتائج إن الكثافة 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 إجهاد الخضوع.

كما أثبتت النتائج زيادة معامل يونك بزيادة النسبة الوزنية للألياف في المتراكب من (30%) الى (70%) . أما بالنسبة لمعامل المرونة النوعي فقد أثبتت النتائج انه يقل بزيادة كثافة المتراكب الناتجة من زيادة النسبة الوزنية لألياف الزجاج ، وقد تم الحصول على أعلى قيمة لمعامل يونك النوعي عند النسبة الوزنية (70%) . كما تم استخدام لغة الفورتران في إعداد البرامج الرياضية لتقدير القيم الحسابية .

Abstract

In this studying , the fracture toughness of polyethylene reinforced by glass fibers are studied, by changing the volume fraction of fibers at range between (30% - 70%) , when the fiber diameter , normal applied stress , shear stress, Young's modulus of composite at volume fraction of fibers, and Young's modulus of fibers , are constant , and changing the fiber diameter at range between ($5*10^{-4}$ - $19*10^{-4}$cm) when other parameters are constant . The Young's modulus, density, specific Young's modulus and specific strength of composite are calculated for all specimens , as well as , the weight ratio (volume fraction) of fibers are calculated at range (30%-70%) weight ratio by addition (20%) weight ratio for any specimens

This results are presented the fracture toughness is increase by increasing the fiber contents, and fiber diameter, and increase with increasing the Young's modulus of composite. In addition, the reinforced lead to composite with low density and density of composite is increased by increasing volume fraction of fibers for all specimens. As well as , the specific strength is decreased with increasing volume fraction of fibers at range (30% - 70%) weight ratio when the applied stress (yield stress) is constant , In addition, the specific Young's modulus is decrease with increase density of composite , and it greatest when the volume fraction of fibers (70%) .As well as the Fortran, language is used to design the programs to calculations theoretical data in this studying

Key Words: Polyethylene, Glass Fiber, Fracture Toughness, Composites, Reinforced Plastics.

الكلمات الرئيسية: البولي اثيلين، ألياف الزجاج، متانة الكسر، المواد المركبة ، البلاستك المدعم بألياف الزجاج.

1. المقدمة Introduction

يعود تاريخ تصنيع المواد المركبة الى العصور القديمة ، ففي حوالي (5000) سنة قبل الميلاد استخدم البابليون نشارة الخشب في تقوية طابوق الطين، وتتألف المادة المركبة من جمع مادتين مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزياوية بطرائق تقنية مختلفة، حسب طبيعة المواد والغرض المطلوب منها بهدف استنباط خواص جديدة لم تكن متوافرة في المواد الأصلية. ولتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين، المادة

الأساس وتكون أما مواد معدنية متكونة من المعادن وسبائكها وتمتاز بثقل وزنها ومتانتها العالية ، أو مواد سيراميكية وتمتاز بخفة وزنها ومقاومتها العالية لدرجات الحرارة ولكنها ضعيفة لمقاومة قوى الصدم، أو مادة بوليمرية وتمتاز بخفة وزنها ومرونتها العالية. 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 المادة الأساس. وهناك طرائق عدة للتقوية منها التقوية بالدقائق والتقوية بالتشتيت والتقوية بالألياف [Cervenka and Moore, 2002]. كما إن إضافة الدقائق والشعيرات الى المادة الأساس يؤدي الى تحسين متانة الكسر [Guocai *et. al.*, 2007] .

تمثل المصفوفة شكل الجسم وتحتوي بقية الأجزاء وظيفتها إنها تدعم مادة التقوية ويجب أن تكون واطئة الجساءة والمتانة والكثافة ، وبناء" على ذلك ، فان المادة المعززة للقوة يجب أن تكون عالية الجساءة والمقاومة وواطئة الكثافة. من المواد التي يمكن استخدامها كمادة أساس هي الراتنجات المطاوعة للحرارة مثل البولي اثيلين ويستخدم البولي اثيلين بشكل واسع حيث يمكن تصنيعه حسب الاستخدام والهدف المطلوب منه ، مثل صناعة الأنابيب التي يحتاج تصنيعها الى بوليمير ذو وزن جزيئي عالي ، كما يستخدم في صناعة الأجزاء القوية جدا" في بعض المكائن والتي تحتاج الى بوليمير بوزن جزيئي عالي جدا" ، وغيرها من الاستخدامات الكثيرة . كما تمتاز النماذج المصنعة بالصلادة ومقاوتها للتشقق بسبب الظروف البيئية وقوة التصادم ومقاومتها للانزلاق. وتتسم ألياف الزجاج بالكثير من الخواص الجيدة مثل الشفافية ودرجة الانصهار العالية ومقاومة المواد الكيمياوية إضافة الى سهولة الإنتاج [Aslan *et. al.*, 2002].

2. هدف البحث Aim of This Work

يهدف البحث الى :

أ - تصميم نموذج من متراكب البولي اثيلين المقوى بألياف الزجاج العشوائية وتقدير القيمة القصوى لإجهاد الشد وإجهاد الخضوع ونسبة بوازن (Poisson's Ratio) وإجهاد القص .

ب - تغيير النسب الوزنية للألياف ضمن المتراكب ومعرفة تأثيرها على متانة الكسر ومعامل المرونة والكثافة والمتانة النوعية ومعامل المرونة النوعي .

ج - تغيير قطر الألياف ومعرفة تأثيرها على متانة الكسر للمتراكب قيد البحث.

د - إعداد برامج رياضية باستخدام لغة فورتران لتقدير القيم الحسابية قيد البحث .

هـ - معرفة بعض التطبيقات العملية للمتراكب قيد البحث.

3. الجانب النظري Theoretical View

يتضمن هذا الجزء بعض المفاهيم النظرية التي درست في هذا البحث والتي تشمل (متانة الكسر fracture toughness ، معامل المرونة modulus of elasticity ، الكثافة density ، المتانة النوعية specific strength ، معامل المرونة النوعي specific modulus of elasticity) ، بالإضافة الى المعادلات النظرية التي تم من خلالها حساب القيم التقديرية قيد البحث ، حيث تعرف متانة الكسر بأنها مقاومة المادة للكسر وتساوي الشغل الواجب توفره لتشويه المادة وهي خاصية مهمة بالنسبة لبنية المادة وكلما كانت متانة الكسر للمادة عالية تكون مقاومة المادة للكسر عالية ويمكن حساب متانة الكسر K_c للمادة المركبة من خلال المعادلة التالية [Valery & Evgeny 2001] :-

$$K_c = \sqrt{\frac{2E_c}{(1-\upsilon_c^2)}\left\{(1-P)\gamma_m + \frac{PD\sigma_u^3}{12\tau_y E_{fr}}\right\}} \quad ...(١)$$

حيث أن E_c هي معامل يونك للمتراكب

γ_m الطاقة السطحية للتصدع

ν_c نســبة بــوازن للمتراكــب Poison's Ratio

P محتوى الالياف في المادة المتراكبة (الكسر الحجمي للالياف)

D قطر الالياف

σ_u اجهاد الشد المسلط

τ_y اجهاد القص

ويمكن حساب نسبة بوازن للمتراكب والتي تمثل نسبة الانفعال الجانبي الى انفعال الشد مـن خـلال العلاقـة التالية :

الانفعال الطولي الاسمي $$\varepsilon = \frac{u}{L} \quad ...(٢)$$

الانفعال الجانبي الاسمي $$\varepsilon_v = -\frac{v}{L} \quad ...(٣)$$

$$\text{Poison's Ratio} = \frac{-\varepsilon}{\varepsilon_v} \quad ...(٤)$$

حيث يمثل L طول النموذج

الاشارة السالبة في معادلة (٤) تشير الى ان اتجاه الانفعال الجانبي عمودي على اتجاه انفعال الـشد(الانفعـال الطولي الاسمي) وكما موضح في شكل رقم (١) الذي يشير الى تصميم النموذج . أما بالنسبة للطاقة السطحية للتصدع γ فإنها تمثل مجموع الشغل المنجز من الألياف على المصفوفة، ويمكن حساب قيمتها من المعادلـة التالية :

$$\gamma = n(U_m + U_f) = \frac{fD\sigma_u^3}{12\tau_y E_{fr}} \quad ...(٥)$$

حيث أن n عدد الياف التقوية ، $f = P$ الكسر ألحجمي للألياف.

E_{fr} معامل المرونة لليف

U_m الطاقة السطحية للتصدع (الكسر) للمادة الاساس

U_f الطاقة السطحية للتصدع لليف

اما بالنسبة لمعامل المرونة فهو يشير الى مدى مرونة المادة وبالتالي فانه يشير الـى مـدى متانـة المادة، حيث إن المواد المرنة تمتاز بالمتانة العالية ويمكن حسابه عن طريق قاعدة الخلط في المواد المتراكبة والتي تتنبأ بدقة بمعامل المرونة وكثافة المادة المتراكبة وحسب المعادلات التالية :-

$$E_c = E_f E_m / (f_m E_f + f_f E_m) \quad ...(٦)$$

حيث ان E_f ، E_m ، E_c معامل المرونة لليف والمادة الاساس والمتراكب على التوالي.

$$\rho_c = \rho_m f_m + \rho_f f_f \quad ... (7)$$

ρ_c كثافة المتراكب ، ρ_f كثافة مادة التقوية (الليف) ، ρ_m كثافة مادة المصفوفة ، f_f الكسر ألحجمي لليف (محتوى الألياف في المتراكب) ، f_m الكسر ألحجمي للمصفوفة $(1 - f_f)$.

حيث المعادلة رقم (٦) تشير الى معامل المرونة للمادة المتراكبة عندما يكون إجهاد الشد مسلطا" بصورة عمودية على النموذج والمعادلة رقم (٧) تشير الى كثافة المادة المتراكبة والتي تمثل كتلة وحدة الحجوم والتي هي من أهم خواص المواد الراتنجية المطاوعة والغير مطاوعة للحرارة والتي تمتاز بوزنها الخفيف ويمكن حساب الكسر ألحجمي للألياف من خلال المعادلة التالية *[Cervenka and Moore 2002]*:

$$f_f = \frac{\frac{m_f \%}{\rho_f}}{\frac{m_f \%}{\rho_f} + \frac{m_m \%}{\rho_m}} \quad ...(٨)$$

حيث إن m_m تمثل النسبة الوزنية للمادة الأساس , m_f تمثل النسبة الوزنية للألياف.

اما بالنسبة للمتانة النوعية للمادة المتراكبة فهي عبارة عن النسبة بين إجهاد الخضوع الى كثافة المادة المتراكبة ، حيث كلما كانت كثافة المادة المتراكبة واطئة فان المتانة النوعية لها تكون عالية ، لذا يفضل استخدام المواد ذات الكثافة الواطئة مثل المواد البوليمرية ، ويكن حسابها من المعادلة التالية -: [Valery and Evgeny, 2001]:

$$k_\sigma = \frac{\bar{\sigma}}{\rho} \quad ...(٩)$$

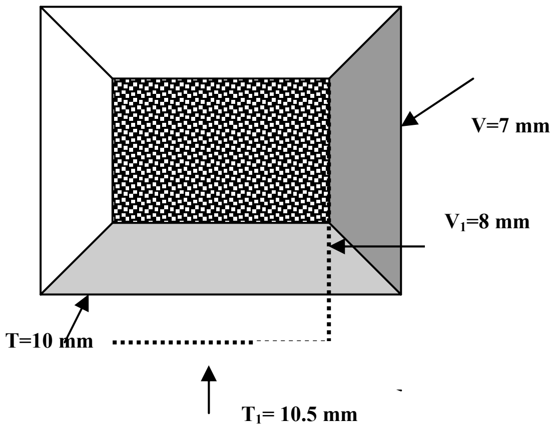
اما بالنسبة لمعامل المرونة النوعي فانه يمثل النسبة بين معامل المرونة والكثافة المادة المتراكبة وهو يحدد جساءة المادة المتراكبة ، حيث إن معامل المرونة النوعي العالي يمكن أن يوجد في المواد التي ترتبط بالأواصر التساهمية أي المواد ذات المتانة ودرجة الانصهار العالية [Valery and Evgeny, 2001] ويمكن حسابه من العلاقة التالية :-

$$K_\varepsilon = \frac{E_c}{\rho_c} \quad ...(١٠)$$

حيث إن K_ε يمثل معامل المرونة النوعي، E_c يمثل معامل المرونة للمتراكب.

4. تصميم النموذج Design of Model

تم تصميم ثلاث نماذج لكل قياس بشكل مشابه للشكل رقم (١) وبالإبعاد الموضحة في الشكل، حيث يتألف الشكل من عينة مكعبة الشكل من البولي اثيلين طولها الأصلي (V=7mm) ، وعرضها الأصلي (T=10mm) ، وتمت التقوية بثلاث نسب وزنيه من ألياف الزجاج العشوائية (%٣٠ ، %٥٠ ، %٧٠) .



شكل رقم (١) يوضح عينة مكعبة الشكل مقواة بألياف الزجاج العشوائية

النموذج الأول

V الطول الأصلي للنموذج = 7mm

V_1 الطول بعد تسليط إجهاد الشد = 8mm

T العرض الأصلي للنموذج = 10mm

T_1 العرض بعد إجهاد القص = 10.5mm

$$\text{نسبة بوازن} = \frac{\text{الانفعال الجانبي}}{\text{الانفعال الطولي}} = \frac{\frac{-(10-10.5)}{10}}{\frac{8-7}{7}} = 0.3$$

النموذج الثاني

V = 7mm

V_1 = 7.8mm

T = 10mm

T_1 = 10.35mm

النموذج الثالث

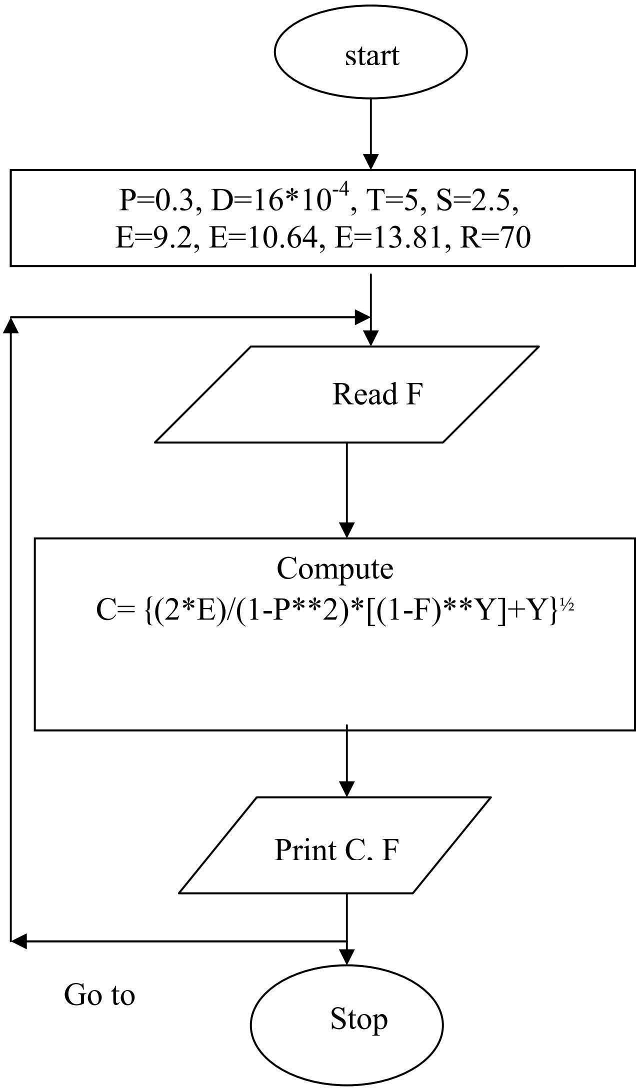
V = 7mm

V_1 = 7.6mm

T = 10mm

T_1 = 10.25mm

إعداد برنامج حساب متانة الكسر (F.T = C)بثبوت نسبة بوازن للمتراكب (ν_c=0.3=P) وثبوت قطر الليف النموذجي ($d=16*10^{-4}$cm=D) ، وثبوت القيمة القصوى لإجهاد الشد (σ_u=5GPa=T) ، وثبوت إجهاد القص (τ_y=2.5GPa=S) ، وثبوت معامل المرونة حسب النسبة الوزنية للألياف في النموذج (E_c=E) وتغيير النسبة الوزنية للألياف (W_f=F) ، وثبوت معامل يونك لألياف الزجاج ($E_{f.r}$=70GPa=R) وثبوت الطاقة السطحية للتصدع [$F.S.E=\gamma_m=\gamma_f=(F*D*T^3/ 12*S*E)= Y$]



لمعرفة تأثير تغيير النسبة الوزنية للألياف على متانة الكسر وملاحظة العلاقة بين زيادتها ومتانة الكسر ، تم تغيير النسبة الوزنية للألياف في المدى الذي يتراوح بين (70% - 30%) مع ثبوت بقية المتغيرات التي هي (قطر الليف النموذجي للألياف ، معامل يونك للألياف حيث تمت معرفة هذه القيم بالاستعانة بجدول الثوابت ، وإجهاد القص ، والقيمة القصوى لإجهاد الشد ، ومعامل يونك للمتراكب حسب النسبة الوزنية للألياف) وتم استخدام المعادلة رقم (١) لغرض معرفة تأثير تغيير النسبة الوزنية لألياف الزجاج على متانة الكسر . حيث أن معامل يونك لألياف الزجاج يساوي (70 GPa) ، وإجهاد القص (2.5 GPa) ومحتوى الألياف (الكسر ألحجمي للألياف) تم حسابه من المعادلة رقم (٨). و لمعرفة تأثير قطر الألياف على متانة الكسر وملاحظة العلاقة بين زيادة قطر الألياف ومتانة الكسر ، تم تغيير قطر الألياف في المدى الذي يتراوح بين $cm\ 10^{-4}$*(19- 5) مع ثبوت بقية المتغيرات والتي هي [إجهاد الشد ، ومعامل يونك للألياف ،والنسبة الوزنية للألياف (70%) ، ومعامل يونك للمتراكب تم حسابه من معادلة رقم(٦) عند النسبة الوزنية لألياف الزجاج (70%) ، وثبوت إجهاد القص] وتم استخدام المعادلة رقم (١) لغرض معرفة تأثير تغيير قطر الألياف على متانة الكسر .

تم الاستعانة بجدول الثوابت لمعرفة معامل يونك الذي يساوي (70 GPa) لألياف الزجاج ، أما الإجهاد المسلط (إجهاد الشد) فتم اعتباره (5 GPa) وإجهاد القص (2.5 GPa)ولكلا النموذجين ومحتوى الألياف تم حسابه من المعادلة (٨). أما بالنسبة لحساب معامل يونك والكثافة للمتراكب الناتج فقد تم هذا القياس باستخدام قاعدة الخلط حيث تم حساب معامل يونك من المعادلة رقم (٦) عندما يكون الحمل المسلط عموديا" على الألياف ، وتم حساب كثافة المتراكب باستخدام قاعدة الخلط حسب المعادلة (٧) أما المتانة النوعية فتم حسابها من خلال المعادلة (٩) . وتم حساب معامل المرونة النوعي من خلال المعادلة رقم (١٠) وتم من خلال القياسات معرفة تأثير تغيير النسبة الوزنية لألياف الزجاج على مادة البولي اثيلين.

6.النتائج والمناقشة Results and Discussion

لقد تم دراسة تأثير زيادة النسبة الوزنية للألياف على متانة الكسر لمتراكب البولي اثيلين المقوى بألياف الزجاج ، في المدى الذي يتراوح بين (70% - 30%) بثبوت قطر الليف النموذجي وثبوت معامل يونك للألياف من خلال جدول الثوابت وتم تثبيت قيمة إجهاد القص حيث تساوي (2.5GPa) ، ويعد اختيار نسبة التسليح بين ٣٠% الى ٧٠% لا يعد تجاوز على الحد المسموح به في التقوية بالنسبة للمواد المركبة المقواة بالألياف حيث ان اعلى حد مسموح به في هذا النوع من المتراكبات هو ٨٠% وهذا لا ينطبق على بقية انواع المتراكبات التي تحدد بكسر حجمي قليل لمادة التقوية ، بينما عند تجاوز النسبة لحد اعلى من ٨٠% بالنسبة للمتراكبات المقواة بالألياف فان نسبة التسليح او كميته تعد غير مجدية بسبب الفراغات المتكونة داخل المادة المتراكبة وتماس الالياف فيما بينها . وقد تم ملاحظة زيادة متانة الكسر بزيادة النسبة الوزنية للالياف والسبب في ذلك يعود إلى أن زيادة النسبة الوزنية للألياف تؤدي إلى زيادة معامل المرونة للمتراكب والذي يؤدي الى زيادة متانة الكسر للمتراكب ، حيث إن معامل المرونة العالي للألياف دليل على الأواصر التساهمية التي تربط الجزيئات مع بعضها بالإضافة الى المطيلية التي تكتسبها ألياف الزجاج من مادة البولي اثيلين التي تمتاز بالمطيلية العالية حيث إن الناتج متراكب بمتانة عالية ، هذا من جانب ، ومن جانب آخر يجب اختيار ألياف بمعامل يونك مناسب لان معامل المرونة العالي لليف المستخدم يؤدي الى تقليل الطاقة السطحية للتصدع والتي تؤدي بدورها الى تقليل متانة الكسر حسب المعادلة رقم (١) [Arthur and Richard, 2002].

أثبتت النتائج المبينة في الشكل رقم (٢) إن زيادة النسبة الوزنية لألياف الزجاج تؤدي الى زيادة متانة الكسر حيث إن الشقوق في المادة المتراكبة لا تستطيع الانتشار خلال ألياف الزجاج ، أي إن الألياف تعمل كعوائق تعيق من انتشار الشق *[Julio et al., 2001]* ، وهذا مفيد في التطبيقات التي تحتاج الى متانة عالية. ولقد أثبتت نتائج تغيير قطر الألياف على متانة الكسر والموضحة بالشكل (٣) إن زيادة قطر الألياف يؤدي إلى زيادة متانة الكسر ، حيث تم تغيير قيمة قطر الألياف في المدى الذي يتراوح بين $5*10^{-4}cm - 19*10^{-4}cm$) وبثبوت الإجهاد المسلط (5 GPa) ومعامل يونك للألياف وإجهاد القص (2.5 GPa) ومحتوى الألياف (الكسر ألحجمي للألياف) عند النسبة الوزنية (٧٠%) ، حيث إن زيادة قطر الألياف تؤدي إلى زيادة متانة الكسر وحسب المعادلة رقم (١) التي تم من خلالها حساب قيمة متانة الكسر وكذلك فان زيادة قطر الألياف تؤدي إلى زيادة الطاقة السطحية للتصدع وحسب المعادلة (١) حيث أن العلاقة طردية بين قطر الألياف والطاقة السطحية للتصدع، كما انه يجب عند التقوية ملاحظة أن تكون زيادة قطر الألياف ضمن مدى محدد بحيث لا تؤثر على النسبة الظاهرية والتي تمثل نسبة طول الليف إلى قطره والتي

يفضل أن تكون عالية في التطبيقات العملية لان الليف الطويل يتحمل الإجهاد أكثر من الليف القصير[Kucher *et. al*., 2006] ، حيث يفضل استخدام الألياف الطويلة بدلا" من الألياف القصيرة لان الإجهاد يتوزع على أطراف الألياف بصورة اقل من بقية الأجزاء، ويمكن تحقيق ذلك بتقليل قطر الليف (أي الحصول على مساحة سطحية صغيرة) ، وبذلك فان الاستعاضة عن تقليل قطر الليف للحصول على طاقة سطحية للتصدع عالية تتم بزيادة محتوى الألياف والتي بدورها تؤدي إلى زيادة متانة الكسر وحسب علاقة رقم (١) حيث أن زيادة قيمة الإجهاد المسلط على المتراكب الناتج من عملية التقوية تؤدي إلى زيادة الاستطالة وهذا يؤدي إلى زيادة المساحة السطحية للمتراكب (الليف والمصفوفة) للحفاظ على حجم ثابت للمتراكب مما يقلل كثافة المتراكب ووزنه و الحصول على نسبة عالية من (المتانة / الوزن) وهذا يفضل في التطبيقات العملية [Haneen, 2002] كما في صناعة المركبات الفضائية التي تتطلب متراكب ذو نسبة (متانة / وزن) كبيرة، ولغرض معرفة تأثير زيادة النسبة الوزنية لألياف التقوية على كثافة المادة المعادلة رقم (٧)، وكذلك على معامل يونك للمادة المعادلة رقم (٦) وحسب قاعدة الخلط، فقد تم تغيير النسبة الوزنية للألياف في المدى الذي يتراوح بين (٣٠%) الى (٧٠%) بزيادة النسبة الوزنية للألياف بمقدار (20%) وأثبتت النتائج زيادة كثافة المتراكب ومعامل يونك للمتراكب بزيادة محتوى الألياف، والشكل رقم(٤) يوضح زيادة معامل يونك زيادة طردية مع زيادة محتوى الألياف بالنسبة للمتراكب المقوى بألياف الزجاج حيث إن زيادة معامل يونك للمتراكب بزيادة محتوى الألياف يعود الى إن ألياف الزجاج تمتلك معامل يونك عالي والعائد الى الروابط التساهمية التي تربط ذرات الزجاج بعضها ببعض، وكذلك فان إضافة ألياف الزجاج الى مادة البولي اثيلين يؤدي الى إنتاج متراكب بمتانة عالية، وذلك لان الألياف تعمل كمعوقات للشق (الكسر السريع) الذي ينمو خلال المادة الأساس (مادة المصفوفة) البولي اثيلين، حيث عندما يصل الشق الى احد خيوط الألياف (مادة التقوية) فمجال الإجهاد أمام الشق يفصل تماما" المادة الأساس على الألياف وعلى مدى منطقة صغيرة (وهذه العملية تدعى الانفصام) والشق عندئذ يتوسع بشكل كبير جداً بحيث إن حركته تتوقف ، ومن الطبيعي إن هذا يتم فقط إذا نما الشق عمودياً على الألياف [Kovacs *et. al*., 2004].

حيث توضح النتائج زيادة معامل يونك للمتراكب من (9.2 GPa) الى (13. 81 GPa) بزيادة محتوى الألياف من (30%) نسبة وزنيه الى (70%) حيث إن ألياف الزجاج تمتلك معامل يونك أعلى من معامل يونك لمادة البولي اثيلين حيث إن معامل يونك للبولي اثيلين والذي يساوي (8 GPa) يعود الى الروابط الضعيفة التي تربط ذرات البولي اثيلين مع بعضها والتي هي عبارة عن روابط فان در فالز Van Der (Wales)، حيث بالرغم من وجود الروابط التساهمية التي تربط الذرات في سلاسل الكاربون التي يتألف منها البولي اثيلين وهي روابط جسوءة جدا" إلا إنها ستساهم بنسبة قليلة في جساءة البولي اثيلين بسبب وجود روابط فان در فالز الضعيفة جدا" والتي ستتمدد عندما تحمل المادة وهكذا يكون معامل المرونة عائداً الى روابط فان در فالز وليس للترابط التساهمي ، فعند إضافة ألياف الزجاج الى مادة البولي اثيلين تؤدي الى زيادة معامل يونك للمادة من (8 GPa) بدون تقوية الى(9.2 GPa) بعد تقويتها بألياف الزجاج بنسبة وزنيه مقدارها (30%) ، ويزداد معامل يونك الى (13.81 GPa) بزيادة النسبة الوزنية الى (70% ، لان الروابط التي تربط ذرات الزجاج مع بعضها هي روابط تساهمية والتي بسببها يمتلك الزجاج معامل يونك عالٍ، لكن لكون الزجاج مادة هشة أي تتعرض للكسر السريع بصورة مفاجئة في حالة كونها بصورة مفردة فعند إضافتها للبولي اثيلين الذي يمتلك مطيلية عالية فالناتج عنهما يكون مركب ذو متانة عالية [Mariatti and Chum, 2005] . اما بالنسبة لكثافة المتراكب الناتجة من زيادة محتوى الألياف

(الكسر ألحجمي) للألياف في المتراكب فأثبتت النتائج انه بزيادة محتوى الألياف من (30%) نسبة وزنيه الى (70%) نسبة وزنيه يؤدي الى زيادة كثافة المتراكب المقوى بألياف الزجاج والناتجة مـن زيـادة محتـوى الألياف (الكسر ألحجمي) للألياف في المتراكب فأثبتت النتائج انه بزيادة محتوى الألياف من (30%) نـسبة وزنيه الى (70%) نسبة وزنيه يؤدي الى زيادة كثافة المتراكب المقوى بألياف الزجاج زيـادة طرديـة مـن ($1.19\ Mg/m^3$) الى ($1.697\ Mg/m^3$)، وهذا يطابق تقريبا" النتائج الموضحة في لوحـة تـدرج بيانـات الكثافة للمواد[Kims *et. al.*, 1997]، وذلك بسبب تأثير ألياف الزجاج على الروابط التي تربط جزيئـات البولي اثيلين لتكوين المتراكب الناتج من عملية التقوية ، حيث إن الروابط التي تربط ذرات البولي اثيلين هي عبارة عن روابط فان درفالز الضعيفة والتي تكون السبب في امتلاك البولي اثيلين كثافة واطئة ومعامل يونك واطئ ، لذلك فان إضافة ألياف الزجاج الى البولي اثيلين يؤدي الى زيادة الكثافة ومعامل يونك بسبب امتلاك ألياف الزجاج كثافة أعلى من كثافة البولي اثيلين ومعامل يونك عالٍ والذي يكون السبب فيه الروابط التساهمية التي تربط ذرات الزجاج بعضها مع بعض . والشكل رقم (5) يوضح زيادة كثافة المتراكـب مـع زيـادة محـتوى الألياف من (30%) نسبة وزنيه إلى (% 70) نسبة وزنيه. اما المتانة النوعية للمتراكب المقـوى بألياف الزجاج فقد تم حسابها من معادلة رقم (٩) والشكل رقم (6) يوضح العلاقـة بـين المتانـة النوعيـة للمتراكب المقوى بألياف الزجاج والكثافة بزيادة النسبة الوزنية للألياف في المتراكب ، فقد تم تثبيت الإجهاد المسلط على المتراكب (5.5 GPa) ولكلا النموذجين وتغيير كثافة المتراكب حسب زيـادة النـسبة الوزنيـة للألياف من (٣٠%) الى (٧٠%)، وتم حساب المتانة النوعية حسب معادلة رقم (٩) [Valery & Evgeny 2001] ، كما نلاحظ إن المتانة النوعية للمتراكب تقل مع زيادة النسبة الوزنية للألياف في المتراكب ، حيث تقل المتانة النوعية للمتراكب مـن($4.62 * 10^3 m$) الى ($3.24 * 10^3\ m$) بزيادة النسبة الوزنية للألياف من (30%) إلى (70%) وكما موضح في الشكل رقم (٦) . والشكل رقم (٧) يوضح نقصان معامل المرونـة النوعي بزيادة كثافة المادة عند النسبتين الوزنيتين (٣٠%) و(٥٠%) بسبب زيادة معامل المرونة بشكل قليـل عند هذين النسبتين، ثم يبدأ معامل المرونة النوعي بالازدياد بصورة جيدة عند النسبة الوزنية (٧٠%) بـسبب زيادة معامل يونك بشكل ملحوظ وزيادة كثافة المادة بشكل قليل، حيث إن معامل المرونـة النـوعي العـالي يضفي على المادة المتانة العالية ودرجة الانصهار العالية ، وهذا احد الأسباب التي يكون المرغوب فيه زيادة النسبة الوزنية بشكل مناسب حيث عنـد النـسبة الوزنية (٧٠%) تـم الحصـول عـلى أعلـى معامــل مرونة نوعي للمادة ويسـاوي ($7.76*10^3\ m$) [Valery & Evgeny 2001] ، أما بالنسبة الـى نـسبة بوازن فقد تم حسابها من معادلة رقم (٤) حيث وجد ثبوت نسبة بوازن عند القيمة (0.3) لجميع النماذج بسبب نقصان قيمة الانفعال للنموذج عند زيادة النسبة الوزنية للألياف.

٧. الاستنتاجات :Conclusion

لقد من خلال هذا البحث تم التوصل الى مايلي:

١- ان اضافة الياف الزجاج الى البولي اثيلين يؤدي الى تغيير خواص المتراكب الناتج حـسب نـسبة الالياف المضافة .

٢- ان افضل قيمة للتسليح هي ٧٠% حسب النتائج التي تم الحصول عليها من البحث بسبب الحصول على اعلى معامل مرونة نوعي عند هذه القيمة ، كما ان هذا لايعد تجاوزا" على القيمة المسموح بها للتسليح .

3- يمكن تطبيق هذا الموديل الرياضي على مواد اخرى مقواة بالالياف بتغيير المادة الاساس او مـادة التقوية بشرط ان يكون الاجهاد المسلط عموديا" على مادة التقوية .

8. المصادر

Arthur P. Boresl and Richard J. Schmidt, 2002, Advanced Mechanics of Materials, Sixth edition, John Wiley and Sons, INC.

Aslan, Z.; Karakuzu, R. ; and Sayman,O;2002,Dymamic Characteristics of Laminated Woven E-Glass-Epoxy Composite Plates Subjected to Low Velocity Heavy Mass Impact ,Journal of Composite Materials, No.1,36(21),pp.2421-2442.

Cervenka, A and Moore, D. R., 2002, Future Requirements In The Characterization of Continuous Fiber- Reinforced Polymeric Composites, IUPAC Technical Report, Pure Appl. Chem., Vol. 74, No.4, pp.601-628.

Haneen, 2002, Micromechanics Analysis of Unidirectional Fiber Reinforced Material, M. Sc. Thesis, Babylon University, College of Engineering,, Material Engineering Department.

Julio, F. Davalors, Pizhong Qiao and BRENT S. Trimble, 2001, Conventional and Fracture Mechanics Tests for Evaluation of Wood- Fiber- Reinforced Plastic, Conference Proceeding Paper, pp.124-131.

Kims-T.,Lee Y.-T; Lukas Petr,1997,Characteristics of Damage and Fracture Process of Carbon Fiber Reinforced Plastic under Loading – Unloading Test by Using AE Method , International Conference on the Strength of Materials, No.11, Prague , Tcheque, Vol.234-36,pp.322-326.

Kovacs, G.; Groenwold, A.A.; Jarmai, K.; Farkas, J.; 2004, Analysis and Optimum Design of Fiber Reinforced Composite Structures, Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol.28, No.2-3, pp.170-179.

Kucher, N.; Zemtsov, M; Zarazovskii, M., 2006, Mechanics of Composite Materials, Vol.42, No.5, pp.407-418.

Mariatti, M.-and Chum, P. K., 2005, Effect of Resin: Fiber Ratio on the Properties of Glass Fiber Reinforced Plastic Composites, International Journal of Polymeric Materials, Vol.54, No.10, pp.975-984.

Valery and Evgeny, 2001, Mechanics and Analysis of Composite Materials, Amsterdam, London.

Wu, Guocai-; Yang, Jenn-Ming; Hahn, H., Feb.2007, The Impact Properties and Damage Tolerance and of Bi- directionally Reinforced Fiber Material Laminates, Journal of Materials Science, Vol.42, No. 3, pp.948-957.