

## تأثير التحفير الرطب لالياف الزجاج واليااف البولي اميد على خواص الانحناء والصدم للمواد المركبة الناتجة

### The Effects of Wet Etching of Glass Fibers and Polyamide Fibers on The Bending and Impact Properties of The Resulting Composite Materials

ذوالفقار كريم الابراهيمى

مدرس مساعد

جامعة بابل / كلية الهندسة/ قسم هندسة المواد

#### الخلاصة :

يتم تحسين مقاومة الربط بالمعاملة السطحية للالياف . التحفير (Etching) احد اساليب هذه المعاملة حيث تم في البحث الحالي التحفير الرطب لالياف زجاج نوع (E-glass) واليااف بولي اميد باستخدام محلول (H<sub>2</sub>O+NaOH) للحصول على حفر تزيد من خشونة السطحية . اجريت مجموعة من الاختبارات لدراسة تأثير التحفير على الخواص الميكانيكية (انحناء وصدم) للمادة المركبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع المقواة ب(10 % wt) الياف زجاج محفرة واليااف بولي اميد محفرة . كذلك تم حساب الفقدان بالوزن واجراء تصوير مجهري .

اظهرت نتائج الاختبارات ارتفاع مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة باليااف زجاج محفرة بنسبة اقصاها (301 %) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (1 % NaOH) ولمدة (3 hr) ، ارتفاع مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة باليااف بولي اميد محفرة بنسبة اقصاها (155 %) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (1.5 % NaOH) ولمدة (3 hr) . كما اظهرت نتائج الاختبارات ارتفاع مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة المقواة باليااف زجاج محفرة بنسبة اقصاها (270 %) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (1 % NaOH) ولمدة (3 hr) ، ارتفاع مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة المقواة باليااف بولي اميد محفرة بنسبة اقصاها (232 %) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (0.5 % NaOH) ولمدة (5 hr) . كذلك اظهرت النتائج ارتفاع نسبة الفقدان بالوزن لالياف البولي اميد اكثر من نسبة الفقدان بالوزن لالياف الزجاج .

**الكلمات الرئيسية :** التحفير الرطب , الخشونة السطحية , المعالجة السطحية , اليااف الزجاج , اليااف بولي اميد , اختبار الانحناء , اختبار الصدم والمواد المركبة .

### ABSTRACT

Improving the bonding strength can be achieved by surface treatment of fibers . Etching is one of the methods of this treatment , in this investigation wet etching of E-glass fibers and polyamide fibers carried out by using (H<sub>2</sub>O + NaOH) solution to get pits on their surface to increase the surface roughness . Group of tests was carried out to study the effect of this treatment on the mechanical (bending and impact) properties of a material composed of unsaturated polyester reinforced by (10 % wt) of etched glass fibers and Etched polyamide fibers . Also Calculation of the weight loss and executing of microscopic photo .

The results show :

- Increase of the bending strength of etched glass fibers reinforced composite materials with a maximum percentage of (301 %) compared with samples reinforced with untreated fibers . This maximum percentage was found when the fibers are treated at (25 °C) for (1 % NaOH) and (3 hr) .
- Increase of the bending strength of etched polyamide fibers reinforced composite materials with a maximum percentage of (155 %) compared with samples reinforced with untreated fibers . This maximum percentage was found when the fibers are treated at (25 °C) for (1.5 % NaOH) and (3 hr) .
- Increase of the impact strength of etched glass fibers reinforced composite materials with a maximum percentage of (270 %) compared with samples reinforced with untreated fibers . This maximum percentage was found when the fibers are treated at (25 °C) for (1 % NaOH) and (3 hr) .
- Increase of the impact strength of etched polyamide fibers reinforced composite materials with a maximum percentage of (232 %) compared with samples reinforced with untreated fibers . This maximum percentage was found when the fibers are treated at (25 °C) for (0.5 % NaOH) and (5 hr) .
- Increase of the weight loss of polyamide fibers than weigth loss of glass fibers .

**Key words:** wet etching, surface roughness, surface treatment, glass fibers, polyamide fibers, bending test, impact test and composite materials.

### المقدمة :

تعد المواد المركبة من المواد المهمة في التطبيقات الصناعية والهندسية ولاسيما المواد المركبة البوليمرية المقواة بالالياف ولذلك اجريت بحوث مكثفة لدراسة سطح الالياف لكونها تتحمل معظم الحمل المسلط على الارضية , وعملية التحفير تمثل احد اهم الاتجاهات التي تهدف الى تحسين الصفات الميكانيكية للمواد المركبة هذه وزيادة كفاءة استخدامها , ففي عام (1992) اجريت معاملة لسطح اليااف من الكفلر باستخدام البلازما حيث اظهرت نتائج الفحص ارتفاع مقاومة القص البينية بين هذه الالياف والمادة الاساس من الايوكسي عن مثيلتها غير المعاملة

[1] , وفي العام (1999) تم تحفير سطح الياف من البولي اثلين (Polyethylene Fibers) باستخدام بلازما الاوكسجين بحيث ادى ذلك الى زيادة كبيرة في مقاومة كسر الانحناء ( Flexural Strength) للمواد المركبة المقواة بها [2] . عام (2001) تم تحفير سطح الياف جوز الهند (Coir Fibers) بغمرها في محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH % 5) حيث اظهرت الفحوصات ارتفاعاً في مقاومة كسر الانحناء ومقاومة الشد لعينات من مواد مركبة ذات اساس من البولي استر مقواة بهذه الالياف [3] . عام (2004) اجريت معاملة سطحية لالياف الزجاج نوع (E-glass) باستخدام (Trimethoxysilypropyl Modified Polyethlenimine) و (Chloroform Extracted) حيث ادت المعالجة الى ارتفاع مقاومة الشد للالياف وارتفاع مقاومة القص البينية بين الليف والارضية [4] .

اما البحث الحالي فيهدف الى استخدام المحاليل المائية القلوية لتحفير سطح الالياف ودراسة تأثير التحفير على الصفات الميكانيكية للمادة المركبة المقواة بتلك الالياف . اختيرت في الدراسة الياف الزجاج (E-glass) واليااف بولي اميد ويتم معالجتها باستخدام محلول من هيدروكسيد الصوديوم في الماء المقطر (H<sub>2</sub>O+NaOH) وتم استخدام البولي استر غير المشبع كأساس في المادة المركبة . اما العوامل التي شملتها الدراسة الحالية والمؤثرة في عملية التحفير الرطب فهي : التركيز , الزمن ونوع مادة الالياف .

### الجانب العملي:

تم تحضير محلول معالجة الالياف بمزج (0.5 % wt NaOH) مع (99.5 % wt H<sub>2</sub>O), مزج (1 % wt NaOH) مع (99 % wt H<sub>2</sub>O) و مزج (1.5 % wt NaOH) مع ( 98.5 % wt H<sub>2</sub>O) ورج المحلول لمدة لاتقل عن (5 min) لاذابة هيدروكسيد الصوديوم في الماء المقطر وتجري معالجة التحفير في درجة حرارة (25 °C) ولفترات (1 , 3 , 5 hr) . تم اجراء التجارب لاكثر من مرة لكل فحص او تجربة ويؤخذ معدل تلك القراءات لغرض تأكيد النتائج :

#### - اختبار الفقدان بالوزن (Weight Loss Test)

تم تقطيع ألياف الزجاج او الياف البولي اميد بطول (12 cm) وعلى شكل حزم بوزن (0.5 g) وتم معالجة كل منها حسب فترة وتركيز محلول المعالجة المحددتين . بعد اكمال المعالجة تغسل الالياف بماء مقطر وتجفف داخل فرن بدرجة حرارة (110 °C) ولمدة ساعة ومن ثم يتم وزنها لحساب نسبة الفقدان بالوزن .

#### (Microscopic Photo)

#### - التصوير المجهرى

تؤخذ شعيرات من الياف الزجاج او البولي اميد المعالجة وغير المعالجة وحسب تراكيز وفترات المعالجة وبطول (3 cm) وتوضع على شرائح زجاجية (Slides) ومن ثم توضع تحت المجهر الضوئي , التكبير المستخدم (X 600) . كما ان المجهر مزود بألة تصوير وجهاز حاسوب حيث يتم تسجيل الصور لسطح الالياف .

#### - اختبار الانحناء للمواد المركبة (Bending Test of Composite Materials)

تم تحضير عينات اختبار الانحناء بالابعاد  $(8 \times 15 \times 160 \text{ mm}^3)$  باعتماد (ASTM D790) [5] . لتصنيع عينات اختبار الانحناء استخدمت حزم مستمرة من الياف الزجاج المعالجة (او غير المعالجة) اما بالنسبة لالياف البولي اميد فتستخدم بشكل الياف , تصف هذه الحزم او الالياف بشكل طبقتين متماثلتين داخل تجويف قالب معدني بحيث تشكل الطبقتين ما يساوي (10 % wt) من وزن العينة . تم قياس مقاومة الانحناء بطريقة اختبار الانحناء ثلاثي النقاط (Three – Points Bending Test) وفي درجة حرارة الغرفة . حيث تم تسليط الحمل الى حين حدوث الفشل . اما مقاومة الكسر بالانحناء (Flexural Ruptur Strength) للعينة فقد تم تحديدها باعتماد المعادلة [6] :

$$FS = 3PL / 2Wt^2 \quad (1)$$

حيث ان :

$$FS = \text{مقاومة الانحناء (MPa)} \cdot P = \text{الحمل المسلط (KN)} \cdot L = \text{طول العينة (m)} \cdot W = \text{عرض العينة (m)} \cdot t = \text{سمك العينة (m)}$$

#### - اختبار الصدم للمواد المركبة (Impact Test of Composite Materials)

تم تحضير عينات اختبار الصدم بالابعاد  $(4 \times 10 \times 80 \text{ mm}^3)$  باعتماد (ISO-179) [7,8] . لتصنيع عينات اختبار الصدم استخدمت حزم مستمرة من الياف الزجاج المعالجة (او غير المعالجة) اما بالنسبة لالياف البولي اميد فتستخدم بشكل الياف , تصف هذه الحزم او الالياف بشكل طبقة واحدة داخل تجويف قالب معدني بحيث تشكل ما يساوي (10 % wt) من وزن العينة . تم قياس مقاومة الصدم بطريقة شاربي (Charpy Impact Test) وفي درجة حرارة الغرفة . اما مقاومة الصدم (Impact Strength) للعينة فقد تم تحديدها باعتماد المعادلة [5] :

$$IS = e \cdot 10^3 / w \cdot t \quad (2)$$

حيث ان :

$$IS = \text{مقاومة الصدم (J / mm}^2) \cdot e = \text{طاقة الصدم (J)}$$

$t =$  سمك العينة (mm) .  $W =$  عرض العينة (mm) .

### النتائج والمناقشة :

#### - نتائج التصوير المجهرى لسطح الالياف

#### (Microscopic Photo Results of Fibers Surface)

يوضح الشكلان (1,2) صورة لكل من سطح الياف البولي اميد والياف الزجاج على التوالي. الأشكال من (3) الى (8) توضح صوراً لألياف الزجاج والياف البولي اميد معالجة بمحلول ( $H_2O + NaOH$ ) للفترات والتراكيز المختاره وفي درجة حرارة ( $25^\circ C$ ) على التوالي , حيث يلاحظ من الصور تكون حفر على امتداد سطح الألياف وبصورة غير منتظمة وهذه الحفر يزداد عددها وعمقها مع زيادة العوامل المؤثرة لكن بصورة غير منتظمة لان المهاجمة او التحفير من النوع الغير موحد الخواص . يلاحظ أن الياف البولي اميد تكون أكثر تضرراً وتحفيراً مقارنة بالياف الزجاج .

#### Results of Weight Loss )

#### نتائج اختبار الفقدان بالوزن

#### (Test

يوضح الشكلان (15,16) نتائج المعالجة بمحلول ( $H_2O + NaOH$ ) لكل من الياف الزجاج والياف البولي اميد على التوالي. أجريت المعالجات في درجة حرارة ( $25^\circ C$ ) لفترات زمنية مختلفة هي (1 , 3 and 5 hr) لكل درجة حرارة , وقد استخدم ثلاث تراكيز هي ( 0.5 , 1 and 1.5 % wt NaOH) لكل درجة حرارة وفترة معالجة . يلاحظ من نتائج الاختبار ما يلي :

- حدوث فقدان بوزن الألياف المعالجة بمحلول ( $H_2O + NaOH$ ) ويكون الفقدان بالوزن لالياف البولي اميد أكثر من الفقدان بالوزن لألياف الزجاج لان محلول ( $H_2O + NaOH$ ) يسبب تحفير لان الماء يعمل على تأين كامل لهيدروكسيد الصوديوم مما يؤدي إلى مهاجمة سطح الألياف ومن ثم يتولد الحفر . فهو يسبب تحفير لسطح الياف البولي اميد بشكل اكبر لان الالياف من نوع بوليمري أي عضوية في حين الياف الزجاج من نوع سيراميكي اي غير عضوية اضافة الى ان سطح الياف الزجاج مغطى بطبقة حماية او ما يعرف بعامل الربط (Coupling Agent) تكون مقاومتها للتحفير اكبر من سطح الياف الزجاج وبالتالي اكبر من الياف البولي اميد [7,8] .

- إن نسبة الفقدان بالوزن تزداد مع زيادة فترة المعالجة , لان معدل التحفير يزداد بزيادة فترة المعالجة لذا فان أعلى نسبة للفقدان بالوزن كانت للعينات المعالجة لفترة (5 hr) [9] .

- إن نسبة الفقدان بالوزن تزداد مع زيادة تركيز هيدروكسيد الصوديوم لان مع زيادة التركيز تزداد المهاجمة لذا فان أعلى نسبة فقدان في الوزن تكون عند تركيز (1.5 % wt NaOH) [10] .

## نتائج اختبار الانحناء

## (Results of The Bending Test)

اجري اختبار الانحناء لعينات المواد المركبة مقواة بالياف الزجاج واخرى مقواة بالياف البولي اميد بنسبة (10 % wt) . يوضح الشكل (17) ارتفاع مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع والمقواة بالياف زجاج معالجة مقارنة بالعينات المقواة بالياف زجاج غير معالجة . يوضح الشكل (18) ارتفاع مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع والمقواة بالياف بولي اميد معالجة مقارنة بالعينات المقواة بالياف بولي اميد غير معالجة , وهذا يتطابق مع الكثير من البحوث [11,3,2] . تصل مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة بالياف زجاج معالجة الى اقصى قيمة لها وبالباغة (348.05 MPa) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (1 % NaOH) ولمدة (3 hr) . تصل مقاومة كسر الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة بالياف بولي اميد معالجة الى اقصى قيمة لها وبالباغة (134.38 MPa) عند المعالجة في درجة حرارة (25 °C) وبتركيز (1.5 % NaOH) ولمدة (3 hr) .

ان سبب ارتفاع مقاومة الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة بالياف معالجة يعود الى ان المعالجة بمحلول (H<sub>2</sub>O + NaOH) سببت تحفيرا لسطح الالياف والحفر المتكونة تزيد من خشونة السطحية للالياف كما تزيد من المساحة السطحية للالياف بالتالي تزيد من مساحة الربط بين الالياف المحفرة والبولي استر وتولد ربط تشابكي بيني ميكانيكي بين الليف والمادة الاساس وهذا بدوره زاد من انتقال الاجهاد من الارضية الى الالياف ومن ثم زاد من مقاومة الانحناء . اما انخفاض مقاومة الانحناء للعينات المعالجة بتركيز (1 % NaOH) و (1.5 % NaOH) ولمدة اكثر من (3 hr) فيمكن ان تعزى اسبابه الى التحفير المفرط (Over Etching) بسبب زيادة فترة المعالجة وتركيز (NaOH) تزداد خشونة السطحية مما يضعف من تغلغل المادة الاساس الى داخل الحفر وهذا يقلل من الربط وبالتالي يقلل من انتقال الاجهادات من الارضية الى الالياف بالتالي انخفاض مقاومة الانحناء .

كما يظهر الشكل (17) و(18) استمرار ارتفاع مقاومة الانحناء لعينات المواد المركبة المقواة بالياف زجاج معالجة بتركيز (0.5 % NaOH) او المقواة بالياف بولي اميد معالجة بتركيز (0.5 % NaOH) مع زيادة فترة المعالجة , ويمكن تفسير ذلك بأن التحفير لم يصل بعد الى حدود الافراط ضمن هذا التركيز .

## نتائج اختبار الصدم

## (Results of The Impact Test)

اجري اختبار الصدم لعينات المواد المركبة مقواة باللياف الزجاج واخرى باللياف البولي اميد بنسبة (10 %wt) . يوضح الشكل (19) ارتفاع مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع والمقواة باللياف الزجاج معالجة مقارنة بالعينات المقواة باللياف زجاج غير معالجة . وهذا يتطابق مع الكثير من البحوث [11,3,2] . تصل مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة المقواة باللياف زجاج معالجة الى اقصى قيمة لها وبالبالغة ( $135 \text{ J/mm}^2$ ) عند المعالجة في درجة حرارة ( $25^\circ\text{C}$ ) وبتركيز (1 % NaOH) ولمدة (3 hr) . ان ارتفاع مقاومة الصدم تعزى اسبابه الى التحفير . اما انخفاض مقاومة الصدم للعينات المعالجة بتركيز (1 % NaOH) ولمدة اكثر من (3 hr) والعينات المعالجة بتركيز ( 1.5 % NaOH) ولمدة اكثر من (1 hr) فيمكن ان تعزى اسبابه الى التحفير المفرط (Over Etching) وهذا يؤدي الى الوصول الى حدود الافراط بفترة اقل .

يوضح الشكل (20) ارتفاع مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة ذات اساس من البولي استر غير المشبع والمقواة باللياف بولي اميد معالجة مقارنة بالعينات المقواة باللياف بولي اميد غير معالجة . تصل مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة المقواة باللياف بولي اميد معالجة الى اقصى قيمة لها وبالبالغة ( $145 \text{ J/mm}^2$ ) عند المعالجة في درجة حرارة ( $25^\circ\text{C}$ ) وبتركيز ( 0.5 % NaOH) ولمدة (5 hr) . نلاحظ من الشكل انخفاض مقاومة الصدم مع زيادة تركيز المعالجة . ان سبب ارتفاع مقاومة الصدم لعينات المواد المركبة المقواة باللياف بولي اميد معالجة يعود الى ان المعالجة بمحلول ( $\text{H}_2\text{O} + \text{NaOH}$ ) زادت من مساحة الربط بين الالياف المعالجة والمادة الاساس وهذا بدوره زاد من مقاومة الصدم . اما انخفاض مقاومة الصدم مع زيادة تركيز المعالجة يعود سببه الى ان الحفر المتكونة على سطح الالياف تعتبر مناطق ضعف وكلما زاد تركيز المعالجة زاد عمق الحفر وعددها بالتالي قل قطر الليف وهذا يؤدي الى انخفاض مقاومة الليف للصدمة .



شكل (1) يوضح صورة لسطح ألياف بولي اميد  
غير معالجة .



(a-3)

شكل (2) يوضح صورة لسطح ألياف زجاج  
غير معالجة .



(b-3)

شكل (3) يوضح صوراً لسطح ألياف الزجاج معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (0.5) (a) معالجة  
لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .



(a-4)



(b-4)

شكل (4) يوضح صوراً لسطح ألياف الزجاج معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (1) (a) معالجة لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .

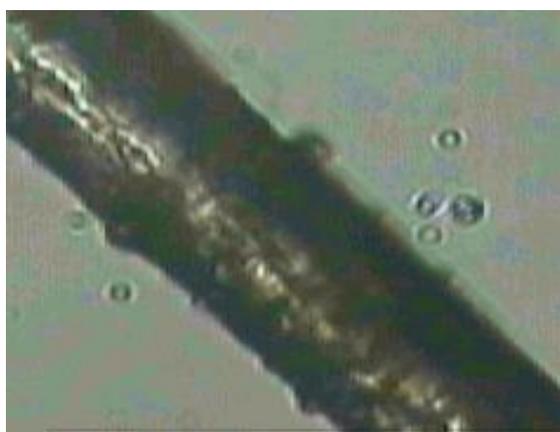


(a-5)



(b-5)

شكل (5) يوضح صوراً لسطح ألياف الزجاج معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (1.5) (a) معالجة لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .



(a-6)



(b-6)

شكل (6) يوضح صوراً لسطح ألياف بولي اميد معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (0.5) (a) معالجة لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .

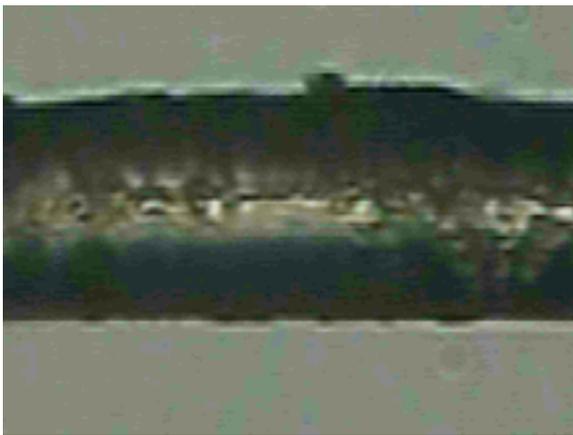


(a-7)



(b-7)

شكل (7) يوضح صوراً لسطح ألياف بولي اميد معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (1) (a) معالجة لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .



(a-8)



(b-8)

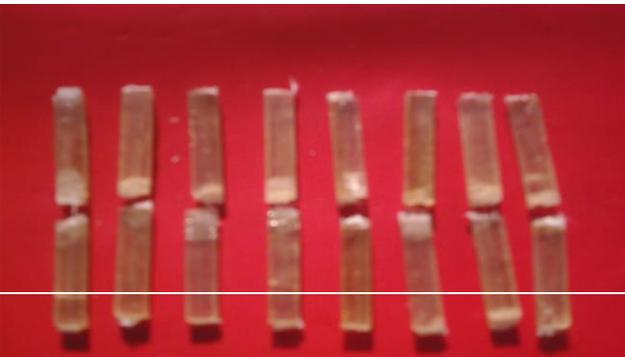
شكل (8) يوضح صوراً لسطح ألياف بولي اميد معالجة بدرجة حرارة (25 °C) بتركيز (1.5) (a) معالجة لمدة ساعة (b) معالجة لمدة خمس ساعات .



شكل (9) عينات الانحناء والصدم للمواد المركبة المقواة باللياف الزجاج قبل الاختبار .



شكل (11) عينات الانحناء للمواد المركبة المقواة باللياف الزجاج بعد الاختبار .

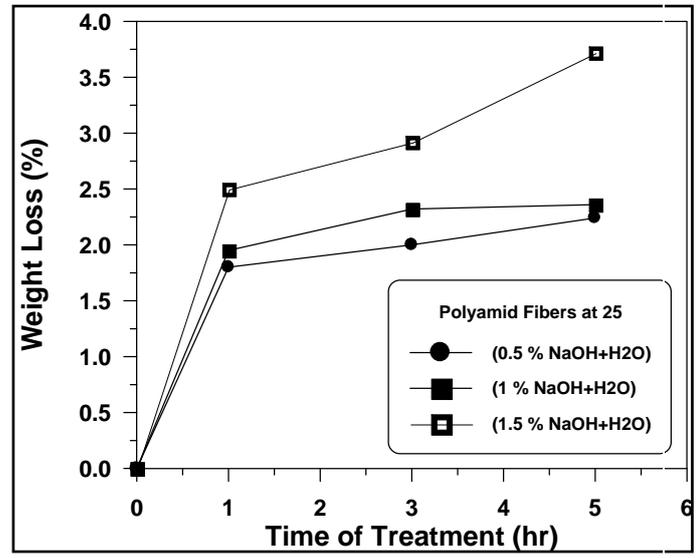
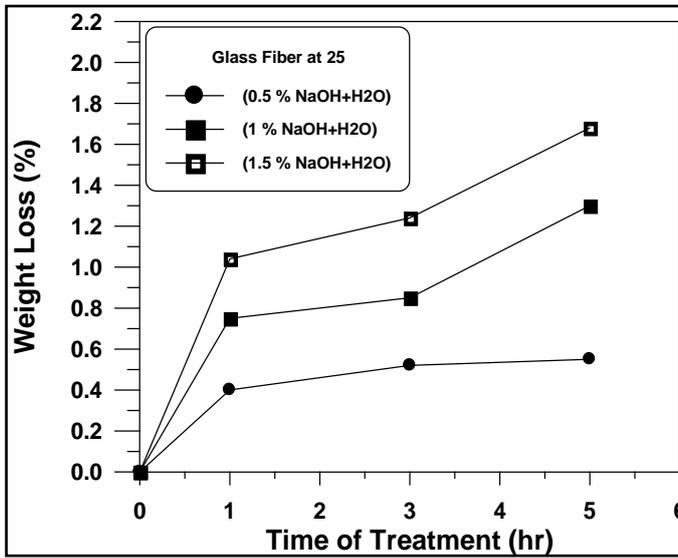


شكل (10) عينات الانحناء والصدم للمواد المركبة المقواة باللياف بولي اميد قبل الاختبار .



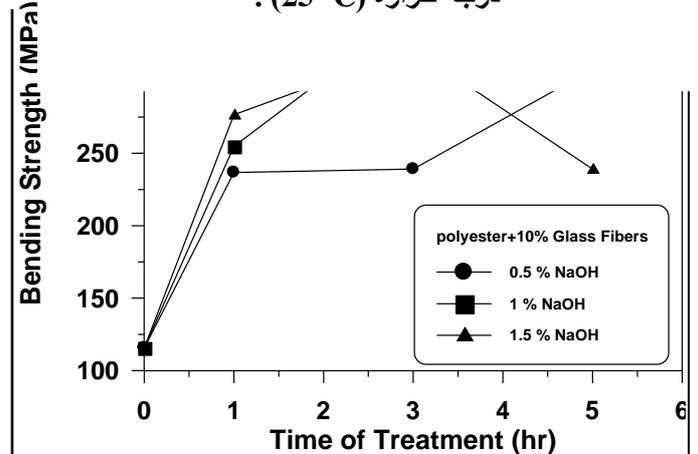
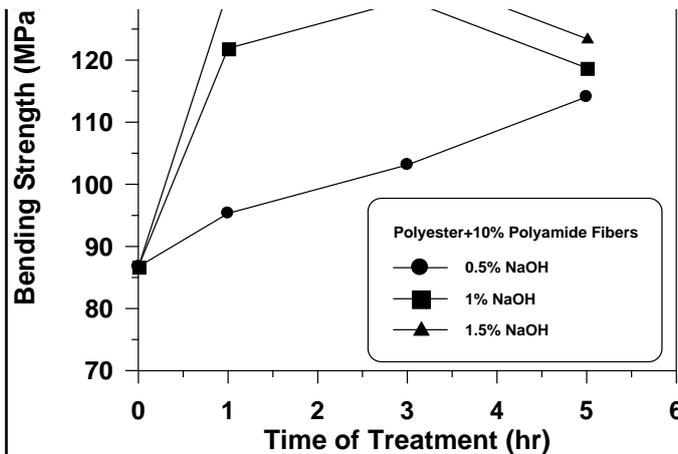
شكل (12) عينات الانحناء للمواد المركبة المقواة باللياف بولي اميد بعد الاختبار .





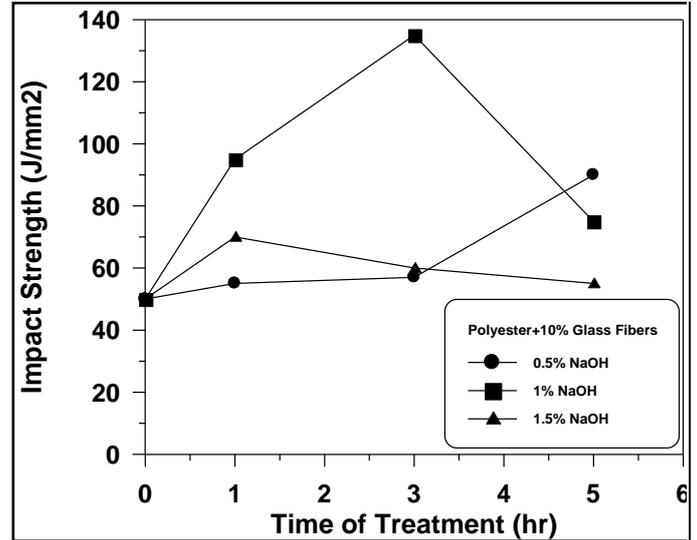
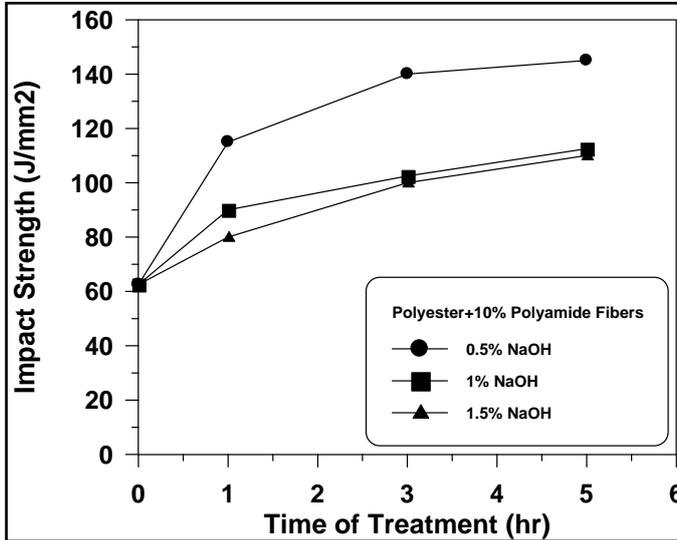
شكل (15) يوضح العلاقة بين نسبة الفقدان بالوزن وفترة معالجة ألياف الزجاج بمحلول (H<sub>2</sub>O + NaOH) في درجة حرارة (25 °C).

شكل (16) يوضح العلاقة بين نسبة الفقدان بالوزن وفترة معالجة ألياف البولي اميد بمحلول (H<sub>2</sub>O + NaOH) في درجة حرارة (25 °C).



شكل (17) يوضح تأثير فترة المعالجة على مقاومة الانحناء لعينات من البولي استر غير المشبع مقواة بالياف بولي اميد معالجة باستخدام محلول (H<sub>2</sub>O+NaOH) في درجة حرارة (25°C) وبتراكيز مختلفة وأخرى مقواة بالياف غير معالجة.

شكل (18) يوضح تأثير فترة المعالجة على مقاومة الانحناء لعينات من البولي استر غير المشبع مقواة بألياف زجاج نوع (E-glass) معالجة باستخدام محلول (H<sub>2</sub>O+NaOH) في درجة حرارة (25°C) وبتراكيز مختلفة وأخرى مقواة بالياف غير معالجة.



شكل (20) يوضح تأثير فترة المعالجة على مقاومة الصدم لعينات من البولي استر غير المشبع مقواة بألياف بولي اميد معالجة باستخدام محلول (H<sub>2</sub>O+NaOH) في درجة حرارة (25°C) وبتراكيز مختلفة وأخرى مقواة بألياف غير معالجة.

شكل (19) يوضح تأثير فترة المعالجة على مقاومة الصدم لعينات من البولي استر غير المشبع مقواة بألياف زجاج نوع (E-glass) معالجة باستخدام محلول (H<sub>2</sub>O+NaOH) في درجة حرارة (25°C) وبتراكيز مختلفة وأخرى مقواة بألياف غير معالجة.

#### المصادر :

- 1- David A. Biro , Gerald Pleizier , et.al , “ Application of the Microbond Technique. IV. Improved Fiber – Matrix Adhesion by RF Plasma Treatment of Organic Fibers ” , Wiley Inter Science : Journal : Abstract , <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/104032270/ABSTRACT?CRETRY=1&SRETRY=0> , April (1992) .
- 2- R. Park and J. Jang , “ Performance Improvement of Carbon Fiber / Polyethylene Fiber Hybrid Composites ” , Journal Of Materials Science , DOI:10.1023/A:1004647721380 , Volume 34 , Number 12 , June (1999) .
- 3- Alexander Bismarck , Amar K. Mohanty , et.al , “ Surface Characterization of Natural Fibers ; Surface Properties and The Water Up – Take Behavior of Modified Sisal and Coir Fibers ” , Green Chemistry, 3 , 100-107 , DIO: 10.1039/b100365h , (2001) .
- 4- Stefanie Feih , Karen Wonsyld , et.al , “ Testing Procedure for The Single Fiber Fragmentation Test ” , Risoe National Laboratory , Roskilde , Denmark , December

(2004) , pp.(1-30).

5- "مسودة الدليل الاسترشادي المرجعي" , وزارة التخطيط , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية , 5- جمهورية العراق , (1992) .

6- K. Van Den Abeele and K. Van De Velde , " Correlation Between Dynamic Nonlinearity and Static Mechanical Properties of Corroded E-glass Reinforced Polyester Composites " , Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation , eds , D. O. Thompson and D. E. Chimenti , Vol. 19B , 1359 – 1366 , (1999) , pp.(1-8) .

7- د. حسن بن محمد الحازمي و د. محمد بن ابراهيم الحسن , " الكيمياء العضوية " , قسم الكيمياء , كلية العلوم , جامعة الملك سعود , الطبعة الاولى , (1986) , صفحة (291 - 300) .

8- " Chapter 5 : Acids and Bases " , [http://alpha.chem.umb.edu/chemistry/ch130/documents/Chapter\\_5\\_Acids\\_Bases\\_Spring2005.pdf](http://alpha.chem.umb.edu/chemistry/ch130/documents/Chapter_5_Acids_Bases_Spring2005.pdf) , Spring (2005) .

9- AGY ( World Headquarters / Americas , European Office ) , " High Strength Glass Fibers " , Technical Paper , March (2004) , pp.(1-12) .

10- A.G. Andreou and J. Wang , " Wet Etching " , 520/530/580.495, Microfabrication Laboratory, <http://www2.ece.jhu.edu/faculty/andreou/495/2004/LectureNotes/Wet%20Etching.pdf> , (2004) , pp.(1-17) .

11- S. Panigrahi , T. Powell , et.al , " The Effect of Chemical Pretreatments on Flax Fibre Biocomposites " , The Society for Engineering in Agricultural , Food and Biological Systems , Paper Number : RRV03 – 0018 , Qctober (2003) , pp. (1-16).