

دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على بعض الخصائص الميكانيكية لمتراكبات الإيبوكسي

د. بلقيس محمد ضياء* د. حسن شاكر مجدي** و رغد حسين محمد*

تاريخ التسلم: 2008/6/2

تاريخ القبول: 2009/7/2

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة باستخدام راتنج الإيبوكسي نوع (Ep-10) كمادة أساس للمواد المتراكبة، كما استعملت ألياف الزجاج ومسحوق الألمنيوم والسليكا كمادة مدعمة وبكسر حجمي مقداره (Vf = 30%)، حيث تم تحضير أربعة أنواع من المواد المتراكبة للمادة الأساس نفسها كما يأتي:

- (1) الإيبوكسي المدعم بألياف الزجاج ومسحوق الألمنيوم (Ep+G.F.+Al).
- (2) الإيبوكسي المدعم بألياف الزجاج ومسحوق السليكا (Ep+G.F.+SiO₂).
- (3) الإيبوكسي المدعم بمسحوق الألمنيوم فقط (Ep+Al).
- (4) الإيبوكسي المدعم بمسحوق السليكا فقط (Ep+SiO₂).

تضمن مشروع البحث دراسة بعض الخصائص الميكانيكية للمواد المتراكبة المستعملة في البحث، وفي ظروف تجوية شملت التعرض للأشعة فوق البنفسجية (UV) للفترات (50, 100, 150) hr.

الخصائص الميكانيكية التي تمت دراستها هي: معامل يونك (E) ومقاومة الصدمة (I.S.) ومقاومة الانضغاط (C.S.). أظهرت النتائج إن أفضل خواص ميكانيكية كانت للمتراكبات الهجينة المدعمة بالألياف والدقائق (Ep+G.F.+SiO₂), (Ep+G.F.+Al)، حيث إنها امتلكت أعلى قيم لمعامل المرونة ومقاومة الصدمة ومقاومة الإنضغاطية في جميع ظروف التجوية (الأشعة فوق البنفسجية) التي تعرضت لها.

Study the Effect of Ultra Violet Rays (UV) on Some Mechanical Properties of Epoxy Composites

Abstract

Epoxy resin type (Ep-10) was used as a matrix for composite materials, with Glass fibers, aluminum powder and silica powder as reinforcement with volume fraction (Vf= 30%). Four types of composites were prepared:-

- (1) Epoxy reinforced with glass fiber and aluminum powder.
- (2) Epoxy reinforced with glass fiber and silica powder.
- (3) Epoxy reinforced with aluminum powder.
- (4) Epoxy reinforced with silica powder.

Research subject was implied studying some of mechanical properties for composite materials that used in the research, in different weathering conditions including Ultraviolet Radiation (UV).

Mechanical properties that be studied is: Young's modulus (E), Impact Strength (I.S.), and Compressive Strength (C.S.). The results showed that the best mechanical properties were for hybrid composites reinforced with fibers and

particles (Ep+G.F.+Al) , (Ep+G.F.+SiO₂), such that, they have higher: Young's modulus, Impact strength, and compressive strength in all weathering conditions.

المقدمة:

نظراً لإستعمال البوليمرات المدعمة بكافة أنواعها

(Thermosets, Thermoplastics, Elastomers) في العديد من الصناعات الهندسية والكيميائية، لذا فإن دراسة تأثير ظروف التجوية المختلفة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المواد، أصبحت ضرورية لمعرفة مدى تحمل مثل هذه المواد لتلك الظروف: كدرجة الحرارة العالية والمحاليل الأكالية كالحوامض والقواعد وكذلك تأثير الأشعة فوق البنفسجية [1].

إن تأثير ظروف التجوية وعمليات التحلل للبوليمرات والمواد المترابطة ذات الأساس البوليمري ممكن أن تحدث خلال أي مرحلة من مراحل عمر البوليمر والمادة المترابطة ذات الأساس البوليمري، حيث يمكن أن يحدث خلال: عمليات التصنيع (Synthesis)، عمليات القولية والتشكيل (Processing)، وأخيراً خلال الإستخدام (Use) [2].

نظراً للأسباب آنفة الذكر فقد قام العديد من العلماء والباحثين بتوجيه أفكارهم وجهودهم لدراسة المواد المترابطة وبالأخص ذات الأساس البوليمري وذلك لما تتمتع به من مميزات وأهمها المتانة النوعية (High Strength to Weight Ratio). وجاءت بحوثهم العلمية لتسليط الضوء قدر الإمكان على أهمية هذه المواد ودراسة خواصها الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية المختلفة وبأوسع المجالات تبعاً لخواص المواد الداخلة في تحضيرها وظروف التجوية المحيطة بها وغيرها من العوامل.

في عام (1985) قام الباحثان (Gillen and Clough) بدراسة حول تشيع مادة البولي فينيل كلورايد (PVC) بالإشعاع المؤين (Ionizing Radiation) لمدى من درجات الحرارة، وإستنتج الباحثان أن

الفائدة من دراسة إختيار التشيع هو إستخراج الجرعة الكافية للتخطم المكافئ (Dose to Equivalent Damage) (DED)، حيث إن هذه الجرعة الكافية مهمة ومطلوبة تحت أي ظروف تشغيل مختلفة كخاصية فيزيائية مميزة [3].

وفيما يخص دراسة حالة التجوية (الطبيعية والصناعية) (Natural and Artificial Weathering) فقد قام الباحث (Gradiner) في عام (1997) بدراسة هذه الحالة على الصفائح من مادة البولي فينيل كلورايد (PVC) المستخدمة في تطبيقات الهندسة المدنية. إستنتج الباحث من هذه الدراسة بأن الأشعة فوق البنفسجية والأوكسجين والرطوبة مع بعضها تعمل على تحلل البوليمر أكثر من عمل الأشعة فوق البنفسجية بمفردها [4].

نظراً لأهمية موضوع الأشعة فوق البنفسجية وتأثيراته على المواد المترابطة وبالأخص ذات الأساس البوليمري منها فقد توالى الدراسات بخصوص هذا المجال. ففي عام (1999) درس الباحث (Dobois) تأثير الأشعة فوق البنفسجية في مواد مترابطة مؤلفة من الإيبوكسي المدعم بألياف الزجاج وبشكل طبقات (Laminates)، وإستنتج بأن كثرة التعرض للأشعة فوق البنفسجية تؤدي إلى تحلل المادة الأساس البوليمرية، وإستنتج أيضاً أنه بعد التعرض لـ (2000) ساعة من الإشعاع فإن المادة المترابطة فقدت (1%) من سمكها الأصلي [5].

إن دراسة تأثير ظروف التجوية من درجة حرارة والتعرض للإشعاع وتأثير المحاليل الكيميائية على الخصائص الميكانيكية والحرارية والفيزيائية للبوليمر والمواد المترابطة تعتبر من الدراسات المهمة جداً ولها مدى واسع وكبير في مجال التطور الصناعي والتقني لأن

فوق البنفسجية (Inhibitors) حيث إنها تخلط مع البوليمر عند قولبة المادة المصنوعة من البوليمر. فالطول الموجي (Wave Length) للأشعة فوق البنفسجية الذي يتراوح ما بين (200-400)nm والذي هو جزء من الطيف الشمسي (Solar Spectrum) هو الذي يؤثر وبشكل كبير على خواص البوليمر لأن الأواصر التي تربط الذرات في السلسلة البوليمرية التي لها طاقة محددة لفك الارتباط فيما بينها، تقع ضمن هذا المدى من الطيف [11،12،2].

على الرغم من أن الأطوال الموجية المؤثرة للأشعة فوق البنفسجية تقع ما بين (200-400)nm إلا أن الجزء الأكثر فاعلية والمؤثرة على البوليمرات بصورة خاصة يقع ضمن المدى (290-315)nm حيث أن هذه الأشعة ممكن أن تقسم إلى ثلاثة أنواع [11،12]:-

- 1) أشعة فوق البنفسجية من نوع (UV-C) وتتراوح ما بين (200-290)nm.
 - 2) أشعة فوق البنفسجية من نوع (UV-B) وتتراوح ما بين (290-315)nm.
 - 3) أشعة فوق البنفسجية من نوع (UV-A) وتتراوح ما بين (315-400)nm.
- الأطوال الموجية ضمن مدى (UV-A) مسؤولة عن إسمرار (Tanning) وتصبغ (Pigmentation) جلد الإنسان. الأطوال الموجية ضمن مدى (UV-B) تسبب معظم التحلل الضوئي الكيميائي (Photo Chemical Degradation) الذي يحدث في اللدائن. بينما الأطوال الموجية ضمن مدى (UV-C) فهي تمتص من قبل طبقة الأوزون ولذلك فهي لا تصل أبداً إلى سطح الكرة الأرضية.

تتأثر البوليمرات الطبيعية منها والصناعية بالأشعة فوق البنفسجية من نوع (UV-B) حيث إن تحلل هذه المواد ومنها اللدائن المتصلدة بالحرارة واللدائن المطاوعة للحرارة والمطاطيات وكذلك مواد البناء مثل الخشب هو نتيجة لإتحاد

أغلب تطبيقات المواد المترابطة وخاصة ذات الأساس البوليمري تكون في المحيط الخارجي (Outdoor Environment) كأجزاء المباني والطائرات وكذلك القوارب وحاويات المياه. لذا فإن دراسة تأثير ظروف التجوية على خواص هذه المتراكبات أصبح ضرورياً لقياس مدى تحملها لمثل هذه الظروف والتي تمثل عوامل التحلل للمادة [6].

الجانب النظري:

عند تعرض البوليمرات للعوامل الجوية مثل الرطوبة، المحاليل الكيميائية، الأوزون، الضوء، تذبذبات درجات الحرارة والإشعاع فوق البنفسجي (UV)، فإن بعض خواصها سوف يتدهور مثل حدوث تغير في اللون الذي يصبح داكناً أو حدوث تقشر وتحولها إلى حالة قصفة (brittle). ويمكن تحسين مقاومة البوليمرات لظروف التجوية وذلك بإضافة مواد ملء مختلفة مثل: مواد مقاومة للمحاليل الكيميائية مثل بعض الحشوات السيراميكية (Ceramic Fillers) أو مواد لتعتيمها (Opaque Fillers) أو مواد لإمتصاص الأشعة فوق البنفسجية (UV Absorbers) [7،8،9].

إن البوليمرات ومتراكباتها بصورة عامة تكون عرضة لظروف التجوية المختلفة نظراً لإستخدامها وبشكل واسع في التطبيقات الخارجية. أحد أهم هذه الظروف التي لها تأثير ضار جداً على البوليمرات ومتراكباتها هي الأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Radiation (UV)) فالبرغم من أن نسبة قليلة منها تصل إلى سطح الكرة الأرضية والتي هي بمقدار (3%) من الطيف الشمسي الكلي إلا إنها تمتلك طاقة كافية لتسبب تكسر الأواصر الموجودة في السلاسل البوليمرية وبذلك فإن هذا التأثير ينتج عنه تشقق السطح (Surface Cracking) وتلاشي اللون. ولهذا السبب تستخدم مع البوليمرات مواد مثبطة لتأثير الأشعة

يتضمن التأثير الأولي للإشعاع تهيج الإلكترونات والمكونة للأصرة الكيميائية، وهو موضح بصورة تخطيطية في الشكل (1) حيث يشترط أن يكون عمر الأصرة المتهيجة (Life time) هو أكبر من عمر الإهتزاز الحراري خلال المادة، ونتيجة لذلك فإن كسراً في السلسلة الرئيسية أو السلسلة الجانبية ممكن أن يحدث [3].

في حالة إعادة اتحاد الأواصر المكسورة فإن المادة سوف تترك غير متأثرة ولكن إعادة اتحاد هذه الأواصر المكسورة فيما بينها لن تدوم طويلاً حيث إنها تتحد مع أواصر أخرى وبالنتيجة تؤدي إلى تكوين بنية متغيرة. الأصرة المكسورة والتي أما أن تكون جذراً حراً أو أيوناً تكون جداً فعالة. بعد عملية تكوين الجذور الحرة، فإن هنالك تفاعلات مختلفة ممكن أن تحدث والشكل (2) يوضح التأثيرات الأساسية [3].

لترابط التشابكي (Cross linking) والذي هو عبارة عن ارتباط جزيئين معاً، سوف يحول المادة الصلبة من مادة مرنة (Flexible) قابلة للسحب إلى مادة أكثر هشاشة (Brittleness). من ناحية أخرى فإن انشطار السلسلة (Chain Scission) ممكن أن يحول المادة من مادة صلبة قوية إلى الحالة الشمعية (Waxy State) وأخيراً تحولها إلى سائل لزج. في أغلب البوليمرات وخصوصاً البوليمرات التي تبلمر بطريقة الجذور الحرة فإن كلا العمليتين (التربط التشابكي وانشطار السلسلة) ممكن حدوثهما ولكن مع تغلب إحدى العمليتين على الأخرى. هنالك عملية أخرى ممكن أن تحدث عندما يتعرض البوليمر إلى التشعيع وهي عملية تحرر الغازات (Gases Evolution). المجاميع الجانبية (R) والموضحة في الشكل (3) تعتمد على نوع البوليمر مثال على ذلك في حالة البولي إيثيلين (PE) فإن المجاميع الجانبية هي الهيدروجين،

مجموعة عوامل أدت إلى هذه النتيجة من أهم العوامل هي: أشعة (UV)، الحرارة والرطوبة والملوثات الموجودة في الهواء [13].

الطرق المستخدمة لإختبار التعرض للأشعة فوق البنفسجية للمواد البوليمرية ومتراكباتها تقسم إلى ثلاثة أقسام هي [5،13]:

- (1) إختبار خارجي (Outdoor Test).
- (2) إختبار خارجي معجل (Accelerated Outdoor Test).
- (3) إختبار داخلي معجل (Accelerated Laboratory Test).

إن الطريقة المختبرية المستخدمة لتوليد الأشعة فوق البنفسجية تحت درجة حرارة ورطوبة معينة، تعطي عدد الساعات في إختبار التعجيل الذي يعادل عدد السنين في الظروف الخارجية، وإن عدد الساعات هذه هي التي تحدد عمر الخدمة (Service Life) للبوليمر ومتراكباته [5].

ميكانيكية التدمير (Damage Mechanism)

إن البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastic) أكثر تأثراً بالإشعاع من البوليمرات المتصلبة حرارياً (Thermosets) حيث إنه واحداً من الأسباب الذي يوضح لماذا البوليمرات سريعة التأثر بالإشعاع؟ هو بسبب بنية السلسلة الطويلة للبوليمرات. حيث إنه بسبب الوزن الجزيئي العالي للبوليمرات والذي يتضمن آلاف الوحدات من ذرات الكربون، فإن نسبة قليلة من الإشعاع من الممكن أن تحدث تأثيرات على نسبة كبيرة من الجزيئات وهكذا فإن مقداراً قليلاً من الإشعاع ممكن أن يحدث تغييراً كبيراً في معدل الوزن الجزيئي. عندما تتعرض المادة البوليمرية للإشعاع فإن تأثيره يمر بعدة مراحل لحين الوصول إلى مرحلة تدهور وإنحلال المادة. حيث

وبأبعاد (25x25)cm. بعد تهيئة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة ثم تبعتها عملية تجفيف، ثم بعد ذلك ولضمان عدم التصاق الراتنج على القالب وسهولة استخراج المصبوبات بعد إكمال عملية التصلب ثم وضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب كمادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهزا لعملية الصب. **نسب الإضافة (Addition Ratios):** تم تصنيع متراكبات بكسر حجمي (30%) وذلك بالإعتماد على العلاقات الآتية [15]:-

$$\psi = \frac{w_f}{w_c} \times 100\% \quad (1)$$

$$w_c = w_f - w_m \quad (2)$$

$$\phi = \frac{1}{1 + \frac{1-\psi}{\Psi} \cdot \frac{\rho_f}{\rho_m}} \quad (3)$$

حيث إن:

Ψ : الكسر الوزني لمادة التدعيم في المادة المتراكبة.

w_c, w_m, w_f : وزن المادة المتراكبة والمادة الأساس والحشوة على التوالي.

ρ_m, ρ_f : كثافة المادة الأساس والحشوة على التوالي.

ϕ : الكسر الحجمي لمادة التدعيم في المادة المتراكبة.

تقنية التحضير (Preparation Technique)

اتبعت تقنية القولية اليدوية (Hand Lay-Up Molding) في عملية تحضير العينات. تم تصنيع أربعة أنواع من المواد المتراكبة، حيث تم تدعيم المادة المتراكبة الأولى والثانية بنوعين من مواد التدعيم (ألياف +مسحوق)، أما بالنسبة

وفي البولي فينيل كلوريد (PVC) فإن المجاميع الجانبية هي الكلور وهكذا [3]. تأثير آخر لعملية وميكانيكية التحلل هو التفاعل مع أي غاز محيطي والذي بإمكانه أن ينتشر خلال البولييمر. الأوكسجين (O2) يمثل أهم العوامل الفعالة من ظروف التجوية التي يتعرض لها البولييمر. الشكل (3) يبين واحدة من سلاسل الأحداث الممكنة والتي بواسطتها يتفاعل الأوكسجين مع البولييمر المشعع ليكون في البداية مجاميع البيروكسيد (Peroxide) وبعد ذلك مجاميع الهيدروبيروكسيد (Hydroperoxide). في حالة وجود مجاميع الهيدروبيروكسيد عند ذرة الكربون الثالثة، فإن انشطاراً للسلسلة ممكن أن يبدأ.

النقطة المهمة التي يجب توضيحها هو إن وجود الأوكسجين هو شرط مهم في حدوث ميكانيكية التحلل والتي لا تحدث بغياب الأوكسجين [3،14].

الجانب العملي:

المادة الأساس المستعملة في البحث هي راتنج الإيبوكسي المحتوي على مجاميع الأيبوكسايد (Epoxydes) وقد تم استعمال إيبوكسي نوع كونيكترا (EP-10) (Conbextra Ep-10) وهو بشكل سائل شفاف. أما المصلد المستعمل فهو (MPDA) (Metaphenylene Diamine) وهو مادة سائلة تمتاز بلزوجتها الواطنة، ذات لون شفاف، يضاف المصلد إلى الراتنج بنسبة (3:1) ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة وهو من نوع تفاعل الإضافة (Addition Reaction).

تحضير النماذج:

تضمنت عملية تحضير النماذج ثلاث مراحل وهي:

تهيئة القالب (Mold Preparation):

ضمن هذه المرحلة تم تهيئة قالب خاص لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون

Xenotest) (ORIGINAL HANAU)
(150 Light and Weatherfastness
والمصنع من قبل (West Germany).
المصدر الضوئي عبارة عن مصباح
الزنيون والذي إشعاعه مقارب جداً
للتركيب الطيفي لضوء الشمس [2].
مصباح الزنيون المستخدم في هذا الجهاز
يملك شدة مقدارها (2.3 W/m²) وبطول
موجي (300-350nm) علماً ان عمر
الحياة لمثل هذا المصدر الضوئي يصل
إلى (1000) ساعة، ويعتبر أحد المصادر
شائعة الاستعمال للأشعة فوق البنفسجية
[6].

إن مقياس الرطوبة الملحق بالجهاز يمكنه
أن يسجل قراءات مختلفة وقد تراوحت
هذه القراءات بين (40-65) % ، وكذلك
يوجد مقياس للحرارة يبين درجة الحرارة
في الحيز الموضوع فيه النماذج والتي
تراوحت ما بين (32-43)°C ، ويمكن
السيطرة على درجة الحرارة من خلال
فتحة في أعلى الجهاز. لقد تم إجراء
جميع الإختبارات في البحث قبل وبعد
تعرض العينات للأشعة فوق البنفسجية
(UV) وللفترات (50,100,150) ساعة .

جهاز إختبار الإنثناء (Bending Test Instrument):

لغرض حساب معامل المرونة لجميع
العينات الخاصة بالقوالب الأربعة أستخدم
الجهاز المصنع من قبل شركة (Phywe)
الألمانية. إن الطريقة التي تم بواسطتها
هذا الإختبار تعرف بالإختبار الثلاثي
النقاط (Three Points Test).

جهاز إختبار الصدمة (Impact Test Instrument):

لغرض حساب الطاقة المطلوبة للكسر
والتي يمكن حساب مقاومة الصدمة للمادة
من خلالها، تم استعمال جهاز الصدمة
نوع جاربي (Charpy Test) والمصنع
من قبل شركة (Testing Machines
INC.,AMITYVILLE, New York).

للمادة المترابطة الثالثة والرابعة فتم
التدعيم بنوع واحد من التدعيم (مسحوق
فقط) وكما موضح في الجدول رقم (1).
أما بالنسبة لعملية التصنيع لجميع
القوالب فقد أجريت كالآتي:-

بالنسبة للمادة المترابطة الأولى والثانية
تضمنت العملية تقطيع ألياف الزجاج
حسب ابعاد قالب (25x25)cm ، وحضر
الراتنج المعالج بالمصلد مع الخلط
وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون
الفقاعات، بعد ذلك تم تهيئة الوزن
المطلوب من مسحوق الألمنيوم والسليكا
ثم إضافتهما إلى الإيبوكسي كل على حدة
مع الخلط المستمر، بعدها تم صب جزء
من خليط الإيبوكسي والمسحوق على
قاعدة القالب بشكل متساوٍ ومنتظم ثم
أضيفت طبقة واحدة من حصى
الألياف. وللوصول على السمك المطلوب
يمكن تكرار العملية عدة مرات. أما
بالنسبة للمادة المترابطة الثالثة والرابعة
فقد أعيدت العملية السابقة ولكن بدون
إستخدام الألياف حيث تم صب خليط
الإيبوكسي والمسحوق فقط مباشرة في
القالب المهياً مسبقاً.

بعد اكتمال عملية التصلب ولجميع
القوالب والتي هي مدة (24) ساعة يتم
إستخراج المصبوبات من القوالب، ثم بعد
ذلك تتم عملية المعالجة (Curing) بدرجة
حرارة (50°C) ومدة ثلاث ساعات،
وذلك لإتمام التفاعلات الكيميائية ولتقليل
الإجهادات الداخلية المتكونة أثناء عملية
التصلب. بعدها قطعت القوالب الخاصة
بالفحوصات كافة (الميكانيكية والفيزيائية)
حسب المواصفات الموضحة في الجدول
(2) والخاصة بكل إختبار، أجريت عملية
التتبع والصقل بإستعمال أوراق كاربيد
السليكون بدرجات مختلفة.

جهاز التجوية (Weatherometer):

تم إستخدام جهاز التجوية الخاص بتشجيع
النماذج المحضرة للإختبارات كافة
بالأشعة فوق البنفسجية من نوع

ثانياً: تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على مقاومة الصدمة:-

العديد من البوليمرات تبدي هبوطاً في الخواص الميكانيكية خلال عمر الخدمة عندما تتعرض لضوء الشمس وخصوصاً أشعة (UV). نتيجة للتفاعلات الكيميائية المتولدة بواسطة طيف (UV) وبوجود (O2) فإن السلاسل الطويلة للبوليمر ممكن أن تتكسر، وبالتالي إذا كسرت العديد من السلاسل، فإن البوليمر يصبح غير قادر على نقل الحمل بصورة فعالة وكنتيجة لذلك فإن البوليمر يصبح هشاً [16].

أظهرت النتائج الممثلة بالشكل (6) تغيراً في مقاومة الصدمة تبعاً لزمان التعرض للأشعة فوق البنفسجية حيث تقل تبعاً لزيادة زمن التشعيع ولجميع النماذج. إن سبب انخفاض طاقة الصدمة بازدياد زمن التعرض للتشعيع هو إن الأشعة فوق البنفسجية تمثل أحد العوامل المتسببة في تحطم السلاسل البوليمرية بتأثير الطول الموجي لهذا الطيف والذي يتراوح بحدود (290-360nm) [17].

حيث إن التعرض لفترات طويلة لأشعة (UV) يؤدي إلى أضعاف الربط التقاطعي (Cross- Linking) لجزيئات الراتنج وانفصالها وتكوين جذور حرة وخاصة في المناطق الضعيفة وهذا يزداد كلما زاد التعرض للإشعاع، نتيجة لذلك سوف تقل مقاومة الصدمة بزيادة زمن التعرض لأشعة (UV).

ثالثاً: تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على مقاومة الإنضغاط:-

من الأسباب المهمة التي تؤدي إلى سرعة تأثر البوليمرات بالإشعاع هي شكل وبنية السلسلة الطويلة للبوليمرات. وبسبب الوزن الجزيئي العالي للبوليمرات والذي يتضمن آلاف الوحدات من ذرات الكربون فإن نسبة قليلة من الإشعاع من

جهاز إختبار الانضغاطية (Compression Test Instrument):

تم إجراء إختبار الانضغاطية لحساب مقاومة الانضغاط للعينات الموضحة مواصفاتها في الجدول (2) باستعمال جهاز المكبس الهيدروليكي نوع (LeyBold Harris No.36110).

النتائج والمناقشة:

أولاً: تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على معامل المرونة:-

في بعض الأحيان يعتبر التعرض لأشعة (UV) طريقة من طرق التمتين وتحسين خواص البوليمر وبالتالي المادة المترابطة [7]. وهذا ما لاحظناه في البحث حيث كانت هناك زيادة ملحوظة في قيم معامل يونك بنسبة جيدة بعد مرور (50hr) من التشعيع، لكن قيم معامل المرونة بدأت بالانخفاض بعد مرور (100hr) من التشعيع، ثم لاحظنا هنالك زيادة طفيفة في قيم معامل يونك بنسبة أقل من الزيادة الأولى بزيادة زمن التشعيع إلى (150hr) وكما موضح في الشكل (5). هذه النتائج ممكن تفسيرها بالآلية الآتية:-

في فترات تعرض محددة لأشعة (UV) يلاحظ هنالك تحسن في الخواص الميكانيكية للبوليمر (المادة الأساس) وبالتالي للمادة المترابطة بأكملها حيث تؤدي هذه الأشعة إلى إكمال عملية التقسية للبوليمر في حالة وجود جذور حرة، حيث تكتمل تفاعلاتها ويصبح البوليمر قطعة واحدة وذلك عن طريق إكمال السلاسل البوليمرية لتفاعلاتها. وباستمرار التعرض لهذه الأشعة تؤدي إلى تدهور في السلسلة الجزيئية بحدوث تأكسد وتكوين غازات معينة، حيث يؤدي هذا التحلل الإشعاعي إلى تكسير الأواصر ما بين السلاسل البوليمرية وهذا يؤدي إلى هشاشة وتفكك المادة بصورة تدريجية [7].

هبوط في مقاومة المادة للحمل المسلط عليها [3].

الإستنتاجات

بعد إجراء البحث والدراسة حول آلية التدعيم بالألياف والدقائق وآلية التدعيم بالدقائق فقط وتأثيرها في الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمادة بوليمرية صناعية تمثلت براتنج الإيبوكسي (Ep-10) تم التوصل إلى أهم الاستنتاجات الخاصة بهذه الدراسة:-

- (1) نتائج إختبار معامل المرونة (E) وفي ظروف أشعة (UV) أوضحت أن المواد المترابكة المدعمة بالألياف والدقائق إمتلكت معاملات مرونة أعلى من تلك التي للمواد المترابكة المدعمة بالدقائق فقط. حيث إنخفضت قيم معامل المرونة (E) عند تعرض النماذج لأشعة (UV) لحين الوصول إلى (150 hr) من زمن التشعيع حيث نلاحظ زيادة في هذه القيم، ولكن بقيت هذه الزيادة دون مستوياتها قبل التعرض لهذه الأشعة.
- (2) إمتلكت المواد المترابكة الهجينة طاقات كسر أعلى من تلك التي للمواد المترابكة المدعمة بالدقائق فقط في ظروف أشعة (UV)، حيث ازدادت طاقة الكسر وبالتالي مقاومة الصدمة لجميع النماذج عند تعرضها لأشعة (UV) لمدة (50 hr) من زمن التشعيع، لكن بعد هذه المدة فقد شهدت مقاومة الصدمة إنحداراً ملحوظاً ولجميع النماذج.
- (3) تقل قيم مقاومة الإنضغاطية مع زيادة زمن التعرض لأشعة (UV) بالنسبة لنماذج المتراكبات الهجينة، أما بالنسبة لنماذج المتراكبات الدقائقية فقد لوحظ إن هنالك زيادة في القيم لحين الوصول إلى (100 hr) ثم لاحظنا أن هنالك إنحداراً

الممكن إن تحدث تأثيرات على نسبة كبيرة من الجزيئات وهكذا فإن مقداراً قليلاً من الإشعاع يمكن إن بسبب تغييراً كبيراً في معدل الوزن الجزيئي [3]. أظهرت نتائج فحص الانضغاطية والموضحة في الجدول (5) انه بالنسبة لقيم مقاومة الانضغاطية للمواد المترابكة المدعمة بالألياف والدقائق فهي تقل عن معدلاتها قبل التعرض للإشعاع وبصورة تدريجية وكما موضح في الشكل (7)، حيث إن اختراق هذه الأشعة قد أدى إلى حدوث الهشاشية (Embitterment) والتصدع (Fracture) وبذلك فإن هذا يؤدي إلى نقصان انفعال الفشل مع فقدان المرونة [3].

أما بالنسبة للمواد المترابكة المدعمة بالدقائق فقد أظهرت النتائج إن هنالك زيادة ملحوظة في قيم مقاومة الانضغاطية بعد مرور (50hr) من زمن التشعيع وتستمر الزيادة الطفيفة إلى حين الوصول إلى (150hr) من زمن التشعيع عندها تبدأ القيم بالهبوط مرة أخرى وكما موضح في الشكل (7)، حيث إن تأثير الإشعاع الأولي يتضمن تهيج الإلكترونات المكونة للاصرة الكيميائية ولذلك فإن كسراً سوف يحدث في سلاسل البوليمر، ففي حالة إعادة اتحاد الأواصر المكسورة فإن المادة سوف تترك غير متأثرة وهذا ما لاحظناه بعد مرور (50hr) من زمن التشعيع لحين إكمال عملية التقسية، ولكن إعادة الاتحاد لهذه الأواصر المكسورة فيما بينها لن يدوم طويلاً ولكنها تتحد مع أواصر أخرى وبالنتيجة تؤدي إلى تكوين بنية متغيرة، حيث إن هذه الأواصر تكون فعالة جداً. بعد هذه التفاعلات فإن هنالك تأثيرات أساسية من الممكن أن تحدث وهي الترابط التشابكي (Cross-Linking) حيث إن هذه التفاعلات سوف تحول المادة الصلبة إلى مادة أكثر هشاشية وبذلك فإن زيادة الهشاشية تؤدي إلى

التعرض لهذه الأشعة.

References

- [1] M. Bikales, "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering", John and Wiley Sons, Vol. 4, (1985).
- [2] T. Kelen, "Polymer Degradation" Van. Nostrand Reinhold Company Inc., (1983).
- [3] D. C. Phillips, "Effect of Radiation on Polymers", Journal of Materials Science and technology, Vol. 4, P. (85-91), (1988).
- [4] D. Gardiner "Natural and Artificial Weathering of White P.V.C Window Profiles", Plastics Rubber and Composites Processing and Application, Vol. 26, No.2, P. (59-65), (1997).
- [5] فراس فؤاد عبد الله العبيدي، "تأثير الظروف البيئية على آلية الكسر بالصدمة لمتراكبات هجينة"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية - الجامعة التكنولوجية، (2002).
- [6] Anthony Davis and David Sims, "Weathering of Polymers", Applied Science LTD, London and New York (1983).
- [7] د. مهندس علي الأشرم، "اللداين وخواصها التكنولوجية (صناعة البلاستيك)"، كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية وجامعة بيروت العربية، دار الراتب الجامعية: بيروت /لبنان، (1994).
- [8] Watter E. Driver, "Plastics Chemistry and Technology", Van Nostrand Reinhold Company, (1971).
- [9] H. Leve Williams, "Polymer Engineering", Elsevier Scientific Publishing Company, (1975).

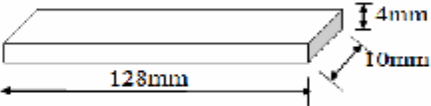
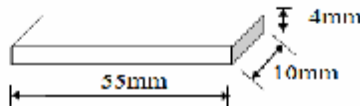
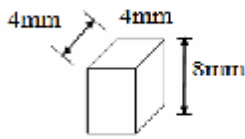
تدرجياً في القيم بزيادة زمن

- [10] W. Bolten, "Engineering Materials Technology", 3rd ed., a Member of Reed Elsevier Group, (1998).
- [11] "Application Ultraviolet Light Absorption and Transmission" <http://www.cyro.com> (2000).
- [12] J. Stepek. H. Daoust, "Additives for Plastics", Springer-Verlag, New York Inc. (1983).
- [13] "Effect of Climate Change and UV-B on Materials" <http://www.rsc.org/pps> (2003).
- [14] N.L. Hancox, "Fiber Composite Hybrid Materials", Applied Science Publishers LTD (1981).
- [15] D. Hull, "An Introduction to Composite Materials", 1st ed., Cambridge University Press, U. K., (1981).
- [16] H.D. Hoekstra, "The Mechanical Behavior of UV-degraded HDPE: Consequences for Designers", Delft University press, Netherlands (1997).
- [17] N.S. Allen, J.F. Mckellar, and D.G.M. Wood, "Comparison of Light Sources for Weathering Polymers", Plastics and Rubber Materials and Applications, Vol. 1, No. 2 P(57-61), May (1976).

جدول (1) يوضح المواد المترابطة المستخدمة في البحث

نوع المادة المترابطة	نسبة ألياف الزجاج المضافة %	نسبة مسدوق الألمنيوم المضافة %	نسبة مسدوق السليكا المضافة %
<u>Ep+G.F.+Al</u>	20%	10%	0%
<u>Ep+G.F.+SiO₂</u>	20%	0%	10%
<u>Ep+Al</u>	0%	30%	0%
<u>Ep+SiO₂</u>	0%	0%	30%

جدول (2) يوضح الأبعاد القياسية للعينات الخاصة بالإختبارات التي تم إجراؤها.

نوع الإختبار	الأبعاد القياسية للعينات	النظام القياسي
١. إختبار الانحناء		ANSI/ ASTM-D790
٢. إختبار الصدمة		ISO-179
٣. إختبار الانضغاطية		ASTM- D695

الجدول (3) يستعرض قيم معامل يونك (E) لجميع النماذج قبل وبعد التعرض لظروف التجوية

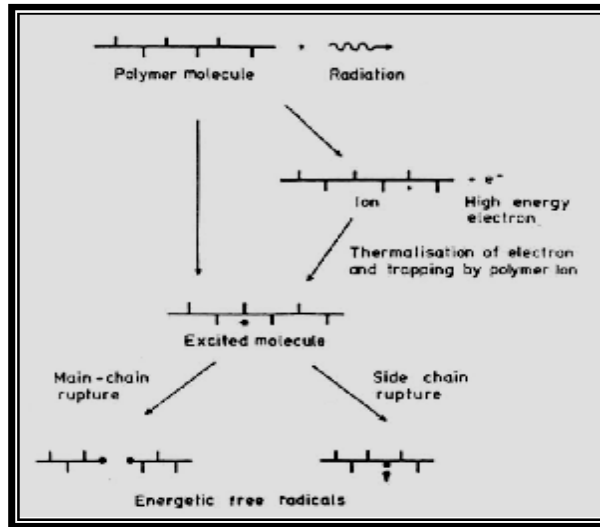
معامل يونك (GPa)				ظروف التجوية	
Ep-SiO ₂	Ep+Al	Ep+G.F.+SiO ₂	Ep+G.F.+Al		
٦,٩٩٨٢	٥,٤٨٣٥	١٢,٧٦٩٦	١٥,٧٨٥	ظروف طبيعية	
٥,٧٤٨٧	٦,٠٤٤٤	١١,٩١٢	١٦,٥٠٤٣	٥٠ ساعة	الأشعة فوق البنفسجية
٥,٤٩٧٩	٦,٠٨٧٢	٩,٨٠٦٨	١٤,٦٩٩٥	١٠٠ ساعة	
٥,٨٩٨١	٦,٠٥٢٣	١٠,٢٨٠٥	١٥,٢٥٢٩	١٥٠ ساعة	

الجدول (4) يستعرض قيم مقاومة الصدمة (Impact Strength) قبل وبعد التعرض لظروف التجوية.

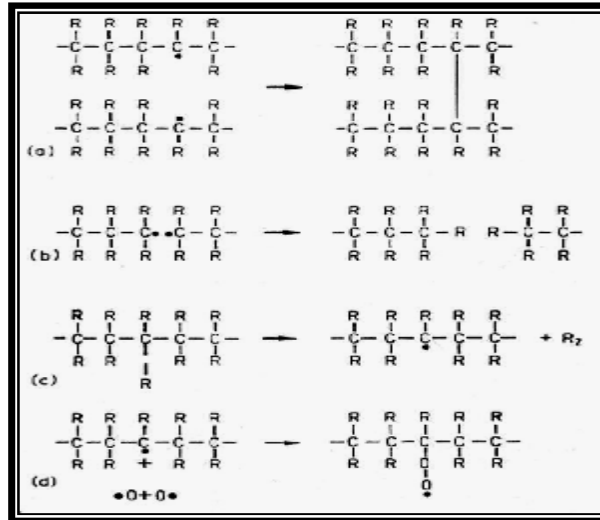
مقاومة الصدمة (KJ/m ²)				ظروف التجوية	
Ep SiO ₂	Ep Al	Ep G.F.+SiO ₂	Ep+G.F. Al		
٦,٦٦٦٧	٧,١٧٧	٧٥	٨٧,٦٤٧	ظروف طبيعية	
٦,٢٩٥٤	٦,٩٦٥٢	٧٧,٧٧٧٨	٩٢,٣٠٧٧	٥٠ ساعة	الأشعة فوق البنفسجية
٥,٧٨٣١	٦,٤١٠٢	٧٢,٨٥٧١	٨٣,٥٨٣١	١٠٠ ساعة	
٤,٤١١٧	٥,١٤٢٨	٦٥,٧١٤٣	٧٧,١٤٢٨	١٥٠ ساعة	

الجدول (5) يستعرض قيم مقاومة الانضغاطية (Compressive Strength) قبل وبعد التعرض لظروف التجوية.

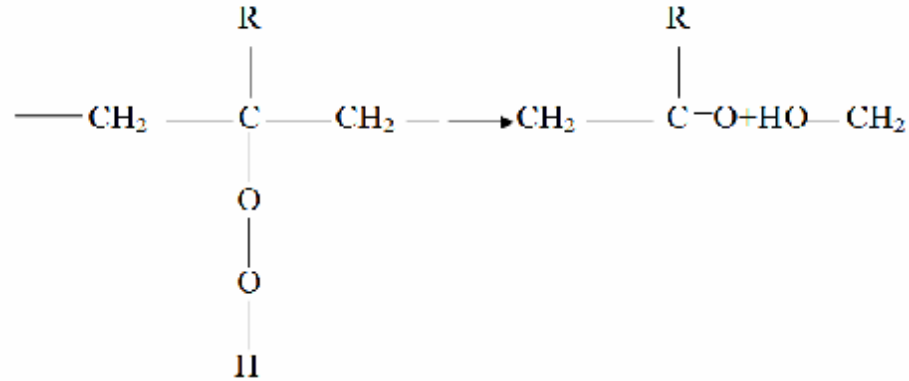
مقاومة الانضغاطية (MPa)				ظروف التجوية	
Ep+SiO ₂	Ep+Al	Ep+G.F.+SiO ₂	Ep+G.F.+Al		
٩٣,٢٢٨٦٣٤٧٥	٨٩,٧٢٦٣٣٤٦٨	٢٧٧,٢١٨٠١٠٦	٢٦١,٢١٧٨٥٥٧	ظروف طبيعية	
١٠٩,٥٤٦١٦٥٩	١٠٩,٨٦٩٤١٢٤	٢٤٩,١٩٦٦٦٨٦	٢٥٨,٧٩٩١٧١٨	٥٠ ساعة	الأشعة فوق البنفسجية
١٠٤,٥٣٩٢٦٢	١٢١,٠٥١٢٨٢٨	٢٣٤,٨٩٤٩٤٩٨	٢٥٠,٢٠٣٨٦٩٨	١٠٠ ساعة	
١٠١,٤٠٩٥٩٣٣	١٠٦,١٢٢٤٤٩	٢٣٠,٣٠٥٤٩٣٥	٢٤٣,٥٢٥٤٩٩٩	١٥٠ ساعة	



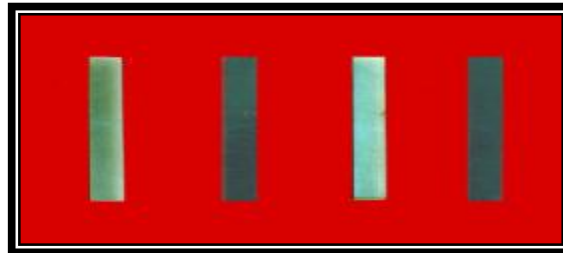
الشكل (1) بصورة تخطيطية العمليات الأولية التي تحدث بعد التفاعل ما بين الإشعاع وجزئنة البوليمر [3].



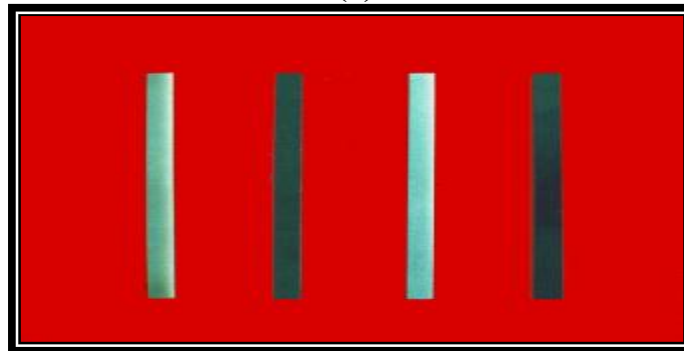
الشكل (2) صورة تخطيطية توضح بعض التفاعلات التي من الممكن إن تحدث بعد تشعيع البوليمر [3].



الشكل (3) صورة تخطيطية توضح انشطار السلسلة لجزيئة البوليمر خلال تكون مجموعة الهيدروبيروكسيد عند ذرة الكربون الثالثة [3].

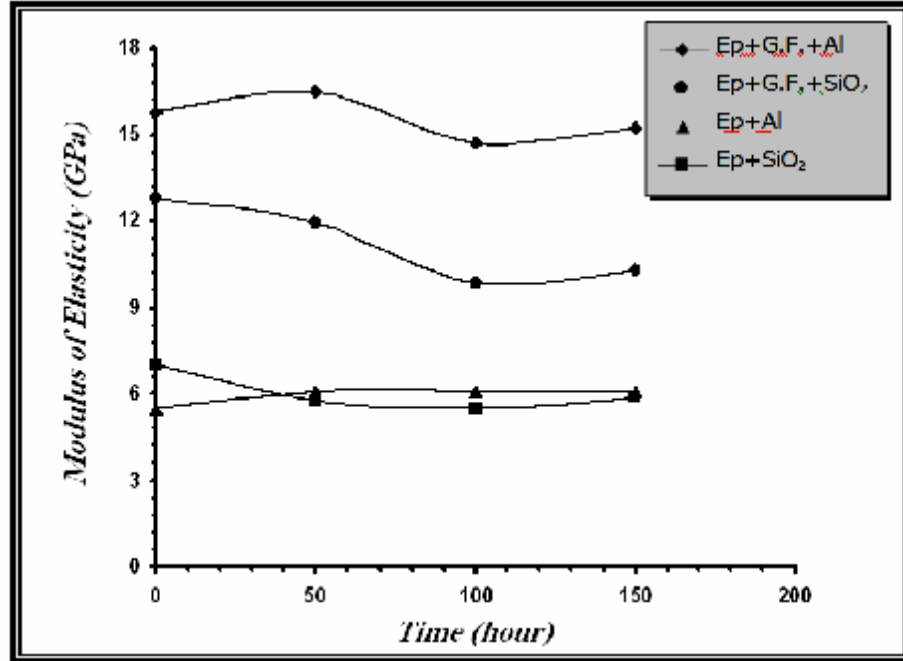


(a)

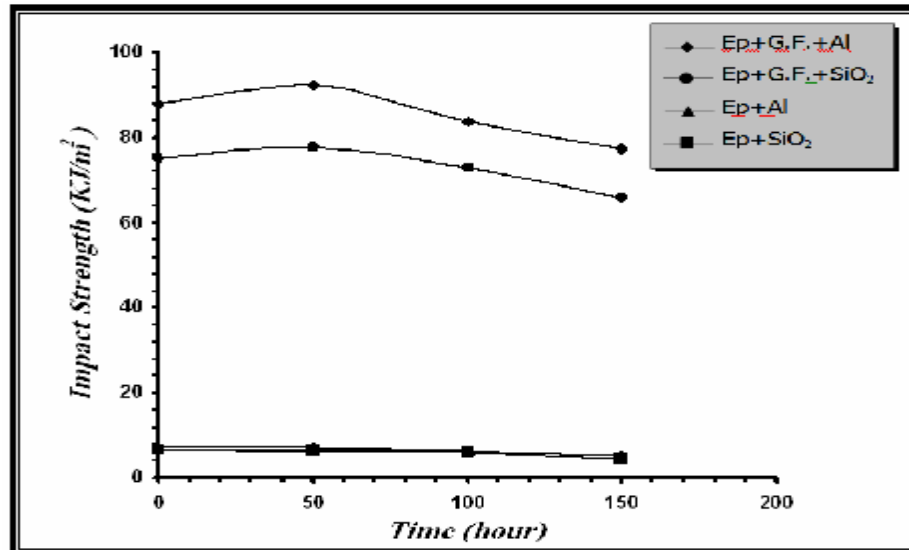


(b)

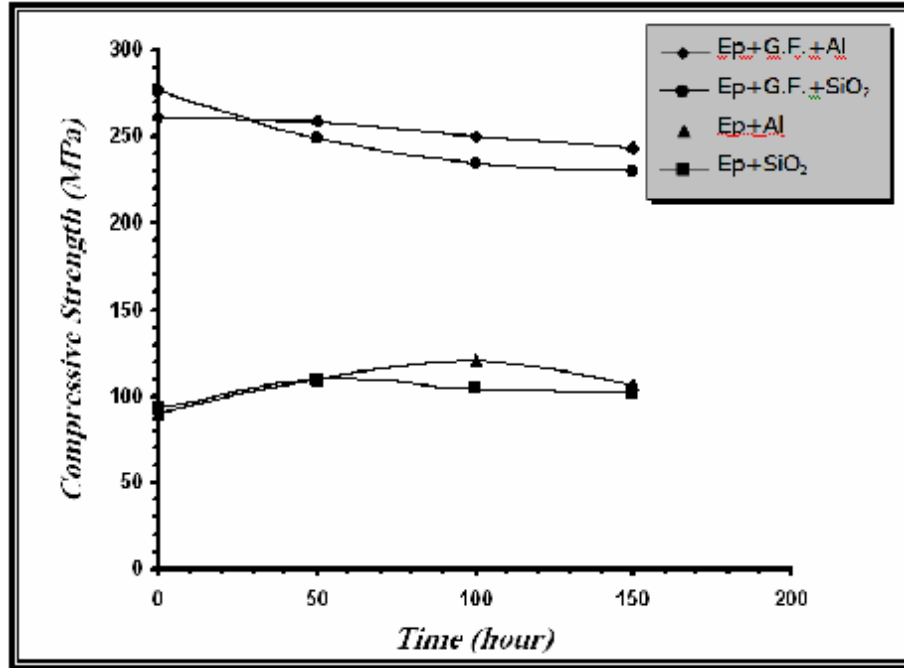
الشكل (4) يوضح صور العينات المستخدمة في البحث (a) صور عينات اختبار الصدمة (b) صور عينات اختبار الانحناء



الشكل (5) تغير قيم معامل المرونة لنماذج متراكبات الإيبوكسي قبل وبعد التعرض لأشعة (UV).



الشكل (6) تغير قيم مقاومة الصدمة لنماذج متراكبات الإيبوكسي قبل وبعد التعرض لأشعة (UV).



الشكل (7) تغير مقاومة الانضغاطية لنماذج متراكبات الإيبوكسي قبل وبعد التعرض
لأشعة (UV).