

تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) على قيم معامل المرونة لمتراكبات البولي استر الليفية الهجينة

علي حسن رسن

الجامعة المستنصرية / كلية التربية / قسم الفيزياء

Dr.alhathal@yahoo.com

الخلاصة

في هذا البحث حضرت مواد متراكبة هجينة مكونة من مادة أساس بوليمرية هي عبارة عن راتنج البولي استر الغير المشبع ومقواة بأنواع مختلفة من مواد التقوية الليفية (الياف الكفلر + الياف الكربون + الياف الحديد). المواد المتراكبة الهجينة الليفية التي تحضيرها هي :

* عينات مدعمة بالكفلر والياف الكربون * عينات مدعمة بالكفلر والياف الحديد

* عينات مدعمة بالياف الحديد والياف الكربون والياف الكفلر

استخدمت طريقة القولبة اليدوية في تحضير العينات المستخدمة في الاختبار.

والاختبارات الميكانيكية تضمنت اختبار معامل المرونة في أزمان تعرض مختلفة الى الاشعة فوق البنفسجية . وكانت نتائج الاختبار الأفضل بالنسبة إلى العينات الثالثة مع الضعف الواضح في نتائج العينات الاولى بالإضافة الى النقصان في قيم الخصائص مع زيادة فترة تعرض العينات الى الاشعة فوق البنفسجية.

الكلمات المفتاحية: معامل المرونة ، الياف الكفلر ، الياف الكربون ، راتنج البولي استر غير المشبع.

The Effect of UV on the Young Modulus of hybrid composite materials

Ali Hassan.R.H Al-Azzawi

University of mustansiriyah / Faculty of education / Physics Department

Dr.alhathal@yahoo.com

Abstract:

In this work a hybrid composite materials were prepared containing matrix of resin (unsaturated polyester UP) reinforced by different reinforcing materials (Kevlar fiber + Carbon fiber + Boron fiber). The hybrid composite materials prepared are:

$$*H_1 = UP + KF(WR) + CF(WR) \quad *H_2 = UP + KF(WR) + MF(WR)$$

$$*H_3 = UP + KF(WR) + MF(WR) + CF(WR)$$

All samples related to mechanical tests were prepared by hand lay up molding process.

Mechanical tests include young modulus with different exposure times in UV radiation.

The mechanical experimentations results were in favour of the samples (H₃) with an obvious weakness of the samples (H₁) and a decrease of these properties with the increasing of the exposure times in UV radiation.

Keywords: Young Modulus (E), Kevlar fiber(KF), Carbon fiber(CF), unsaturated polyester (UP).

١. مقدمة

الجيدة المرغوبة ولكل مادة داخلية فيها والمكونات يمكن أن تكون مواداً عضوية أو غير عضوية ، معدنية (طبيعية أو صناعية) على شكل دقائق قضبان ألياف صفائح رغويات الخ (٦,٥) .

أو يمكن تعريف المواد المترابطة Composite على أنها المواد المركبة من نوعين مختلفين من المواد مرتبطة مع بعضها وكمثال على المواد المترابطة هي ألياف الزجاج أو دقائق الزجاج في المواد البوليمرية أو دقائق سيراميكية في المعدن والتي تعرف بـ (Cermet) أو قضبان الفولاذ في الكونكريت والتي تعرف بعملية تقوية الكونكريت فمثلا الخشب Wood عبارة عن مواد مترابطة طبقية تتألف من أنابيب من السيليلوز في البوليمر والذي يعرف بـ (Lignin) .

المواد المترابطة تصمم لكي تجمع الخصائص الجيدة من مختلف المواد الداخلة في تركيبها في حين تتجنب بعض العيوب الموجودة فيها (6,5) .

المواد المترابطة يمكن إنتاجها بربط مادتين أو أكثر من المواد مع بعضها . ويمكن صنع مادة مترابطة متقدمة حسب المقاييس تكون أخف وامتن وأقوى من المواد التي استخدمت في تصنيعها .

يمكن تعريف الإجهاد Stress على أنه القوة المسلطة على وحدة المساحة العمودية للينة ويمكن تعريفه أيضاً على أنه نسبة الحمل المسلط إلى مساحة المقطع العرضي للينة ويرمز للإجهاد بالرمز (σ) و وحدات قياسه N/m^2 ويعبر عنها بالصيغة التالية (5).

$$\sigma = P/A \dots\dots (١)$$

حيث (P) القوة بوحدة النيوتن .

(A) مساحة مقطع العينة بوحدة المتر المربع .

كذلك يمكن تعريف الانفعال Strain وهي الاستطالة الناتجة من تسليط قوة الشد أو التقلص الناتج من تسليط قوة بطريقتي الانضغاط ويرمز له (ϵ) ويمثل نسبة التغير في الطول إلى الطول الأصلي للعينة تحت الفحص ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي (٦) .

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \dots\dots (2)$$

حيث أن L : الطول النهائي .

L_0 : الطول الابتدائي ، ΔL : مقدار التغير في الطول ويكون الانفعال على نوعين :-

في عام ٢٠٠١ قام مجموعة من الباحثين المحليين (1) بدراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الميكانيكية لمادة مترابطة مكونة من راتنج البولي استر غير مشبع كمادة أساس مقواة بألياف الزجاج وبكسرين حجميين ٢٥% و ٥٠% ومقارنة نتائجها مع مادة مترابطة هجينة حاوية على ألياف الزجاج وألياف الكفلر . وأظهرت النتائج إن المادة المترابطة الهجينة أعطت خواصاً جيدة مقارنة مع باقي النماذج وكذلك ازدادت قيم التوصيلية مع زيادة درجة حرارة المحيط .

وفي عام 2003 قامت الباحثة (٢) بدراسة تأثير عدد الطبقات لمترابك الأيبوكسي المدعم بألياف الزجاج العشوائية المتعامدة على متانة الكسر والتوصيلية الحرارية إذ أظهرت النتائج أن متانة الصدمة والتوصيلية الحرارية تزداد بزيادة عدد طبقات التدعيم.

وفي عام 2004 قامت الباحثة (٣) بدراسة بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للمواد المترابطة المكونة من الأيبوكسي المدعم بألياف الزجاج ومسحوق الألومنيوم والمدعم أيضاً بألياف الزجاج ومسحوق السليكا بالإضافة إلى ذلك الأيبوكسي المدعم بمسحوق الألومنيوم مرة ومسحوق السليكا مرة، وقد أظهرت النتائج إن أفضل خواص ميكانيكية كانت للمترابكات الهجينة المدعمة بالألياف والدقائق إذ أنها امتلكت أعلى قيم لمعامل المرونة ومقاومة الصدمة ومقاومة الانضغاطية في جميع ظروف الجوية التي تعرضت لها.

وفي عام 2005 قامت الباحثة (٤) بدراسة بعض الخواص الميكانيكية والفيزيائية لراتنج الأيبوكسي المدعم بألياف الصوف الصخري ودقائق أسود الكربون وبكسر حجمي مقداره (20%) لكل منهما وقد تم الاختبار في ظروف مختلفة شملت الظروف الطبيعية ، والمحاليل الكيميائية.

درس الباحث (٥) تأثير الحرارة والمحاليل على قيم الخصائص الميكانيكية لمواد مترابطة هجينة مكونة من الخليط البوليمري (راتنج النوفولاك + الأيبوكسي) كمادة أساس مقواة بخلط من الدقائق والألياف (الألومينا + السليكا + الأسبستوس) واستنتج الباحث انه عند زيادة قيمة الكسر الحجمي تزداد قيم الخصائص الميكانيكية كذلك كان للمحاليل تأثير سلبي على قيم الخصائص الميكانيكية .

تعد المواد المترابطة خليط مكون من مادتين أو أكثر ذات مواصفات مختلفة، تتحد هذه المواد مع بعضها لتعطي التركيب المرغوب وكذلك المواصفات الجديدة

اذ عند ارتفاع درجة الحرارة يتغير منحنى الإجهاد باتجاه السلوك المطاطي وبانخفاض درجة الحرارة يتغير المنحنى باتجاه السلوك الهش .

٢ - المواد المستخدمة

٢-١ المادة الأساس Matrix :-

استخدم في هذا البحث استخدام راتنج البولي استر غير المشبع كمادة أساس (UP) وهو أحد أنواع الراتنجات غير مطاوعة للحرارة. يستخدم راتنج (UP) في مدى واسع من التطبيقات الصناعية .

استخدم راتنج البولي استر غير المشبع (UP) القابل للمعالجة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة عند تصلبه باستخدام محلول مصلد (Hardener) بإضافة مادة جلاتينية (Jel) في وقت قصير بدرجة حرارة الغرفة .

استخدم البادئ للتفاعل (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) وهو مركب من بيروكسيد ميثيل أثيل كيتون بشكل سائل شفاف بنسبة 2gm لكل 100gm من الراتنج بكونه لزج في درجة حرارة الغرفة .

ويتميز المصلد بأنه محلول شفاف . ولزيادة سرعة عملية التصلب للراتنج تستخدم مادة محفزة إضافية غامقة اللون بشكل سائل على هيئة قطرات وهي مادة الكوبلت (Co-Catalyst) كعامل مساعد محفز ونسبة إضافة 0.5gm لكل جزء من (100gm) جزء من الراتنج .

٤ - ٢ مواد التقوية Reinforcement Materials :- استخدمت الألياف (Fibers) كمادة لتقوية الوسط الراتنجي (راتنج البولي استر الغير المشبع) وهي على ثلاثة أنواع :-

١ - ألياف الكفلر (Kevlar Fiber) (K.F) : لقد استخدمت ألياف الكفلر (٤٩) في البحث لغرض التقوية وتصنيع مادة متراكبة هجينة وهي تكون ذات لون اصفر ولكن هذا اللون يتغير حسب الحياكة وتكون بشكل حصيرة من الألياف woven roving وبالطريقة المحاكاة علماً إنها مصنعة من شركة Dupont

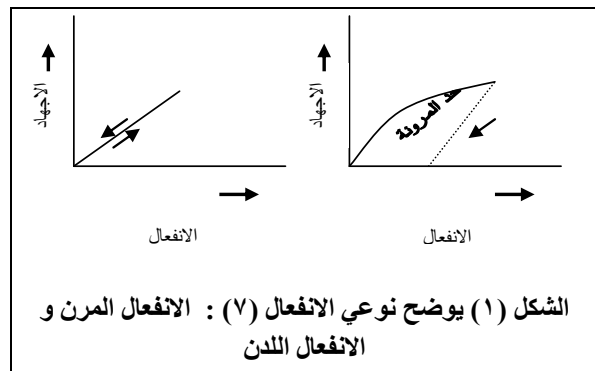
٢ - الأسلاك المعدنية Metal Fiber : استخدمت أسلاك معدنية لتقوية المادة الهجينة ورفع خصائصها الميكانيكية وهي أسلاك الحديد وتمتاز هذه الأسلاك بمقاومتها ومتانتها العاليتين وكلفتها المنخفضة وتوفرها بأقطار مختلفة بالإضافة إلى مقاومتها للظروف الجوية. حيث استخدمت بشكل أسلاك

١. الانفعال المرن Elastic Strain .
٢. الانفعال اللدن Plastic Strain (٢) .

الانفعال المرن :- يكون ذا خاصية عكسية إذ أنه يتلاشى بعد إزالة الإجهاد المسلط وقيمة الانفعال تتناسب طردياً مع مقدار الإجهاد المسلط كما في الشكل (١-١) .

الانفعال اللدن :- هو انفعال ثابت غير عكسي يحدث للمادة نتيجة الإجهاد المسلط بعد حد المرونة كما في الشكل (١-٢) .

وتعرف النسبة بين الإجهاد المسلط على الانفعال المرن الناتج على مادة معرضة للإجهاد بمعامل المرونة ويرمز له بـ (E) ويقاس بوحدات (N/m²) (٢)



أن الجزء الأول من المنحنى الموضح بالشكل (١) هو عبارة عن خط مستقيم يعبر عن سلوك المرونة Elastic Behavior التي تتسم بها البوليمرات بشكل عام لذا فإن ميل هذا الجزء من المنحنى يمثل معامل المرونة Elastic Modulus فضمن هذه الحدود وعند إزالة الإجهاد عن النموذج يسترجع البوليمر أبعاده الأصلية ذلك لأن الطاقة المصروفة عليه تكون مخزونة بشكل طاقة مرنة Elastic Energy ويتجاوز هذا الجزء فأما أن ينكسر (Fracture) النموذج إذا كان هشاً (Brittle) أو يخضع عند نقطة معينة تعرف بنقطة الخضوع (Yield Point) والتي تمثل نهاية السلوك المرن . وبعد هذه النقطة يحدث تشوه لدن ذلك لأن الطاقة المخزونة هنا تستهلك في فك الاشتباك الفيزيائي بين سلاسل البوليمر وقد تؤدي إلى كسر بعض الأواصر الرئيسية في البوليمر وتحدث استطالة في النموذج، بعد هذه المرحلة يلاحظ زيادة الإجهاد تدريجياً بسبب ترتيب سلاسل البوليمر باتجاه محور السحب وبذلك تزداد قوة النموذج (٦) .

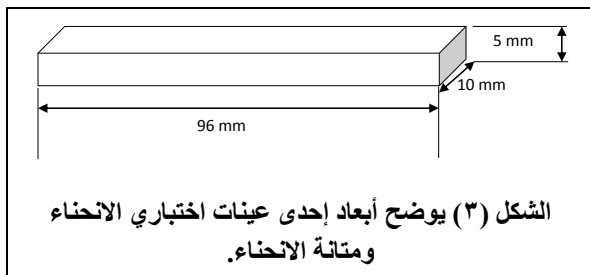
أن منحنى الإجهاد - الانفعال يعتمد على عدة عوامل منها ما يتعلق بظروف إجراء الفحص مثل درجة الحرارة وسرعة الشد أو سرعة الفحص ... الخ .

مستمرة (Continuous Wires) ونظراً لعدم توفر معلومات مسبقاً عن الخواص الميكانيكية لهذه الأسلاك فقد اجري تحليل لهذه الأسلاك بالأشعة السينية (X-ray) باستخدام جهاز التحليل لحيود الأشعة السينية نوع (Siemen SD500) وذلك معرفة بعض العناصر الداخلة في تركيب هذه الأسلاك.

3. ألياف الكربون (Carbon Fiber) (C.F)
استخدمت ألياف الكربون من نوع (Hst) التجارية والمحضرة من التفحم والتحلل الحراري المسيطر عليه لألياف البولي اكريلونتريل (PAN) في درجات حرارية تقارب 2600°C للحصول على ألياف الكربون التي تمتاز بثباتها العالي للمواد الكيميائية والحوامض، كذلك درجات الحرارة العالية [7].

2 - 5 عينات اختبار الانحناء Bending Test Specimens

حضرت العينات الراتنجية المدعمة بالألياف بشكل متوازي المستطيلات بسمك يتراوح بين 3.5mm و 10mm ويعرض ثابت 10mm بحيث يتم الحفاظ على نسبة الطول إلى السمك (32:1) ولجميع النماذج وحسب المواصفات القياسية ويبين الشكل (3) عينة اختبار الانحناء لكافة النماذج.



2 - 6 جهاز اختبار الانحناء Bending Test Instrument

لغرض حساب معامل المرونة لجميع النماذج الهجينة استخدم الجهاز المبين بالشكل (3) والذي تثبت فيه العينة من طرفيها على مرتكزين وتعلق الكتل (Masses) بصورة تدريجية على الحامل المثبت عند منتصف العينة مما يسبب انحناءها تدريجياً ومن خلال مؤشر مقياس الانحراف يمكن قراءة مقدار الانحراف Deflection الحاصل للعينة ذات الأبعاد المعلومة علماً إن جهاز اختبار الانحناء مصنع من شركة (Phywe) الألمانية.

5 - النتائج والمناقشة

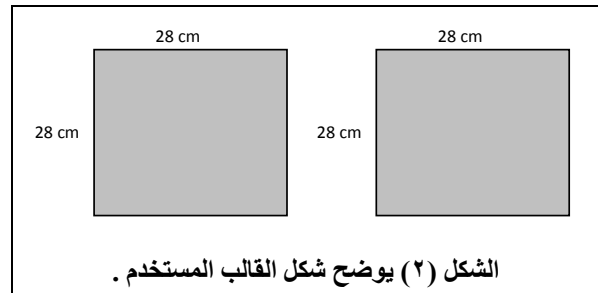
اجري اختبار الانحناء لعينات هجينة وبكسر جمعي 30% لجميع النماذج وفي ثلاث فترات تعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية (300، 600، 900) ساعة ولقد رسمت علاقة بين الحمل المسلط (M) بالغرام والانحراف الحاصل بالعينة (S) بالملمتر وحسب معامل المرونة من الميل (Slope) لكل منحنى وسجلت قيم معامل المرونة (E) وتغير فترات التعرض للأشعة كما موضح بالجدول (1) والشكل (4) يمثل العلاقة بين معامل المرونة وفترات التعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية.

3. ألياف الكربون (Carbon Fiber) (C.F)

استخدمت ألياف الكربون من نوع (Hst) التجارية والمحضرة من التفحم والتحلل الحراري المسيطر عليه لألياف البولي اكريلونتريل (PAN) في درجات حرارية تقارب 2600°C للحصول على ألياف الكربون التي تمتاز بثباتها العالي للمواد الكيميائية والحوامض، كذلك درجات الحرارة العالية [7].

2 - 3 عملية تهيئة القوالب Mold Preparation

1. لغرض صب الخليط يصنع قالب وهو عبارة عن لوحين من الحديد المغلّون وبالأبعاد $28 \times 28 \text{ cm}^2$ كما في الشكل (2)



2. بعد تهيئة القالب أجريت عملية تنظيف دقيقة تليها عملية التجفيف.

3. لضمان عدم التصاق الراتنج على القالب بعد التصليب تم تغطية الوجه الداخلي من كل قالب بطبقة رقيقة من مادة النايلون التجاري بدلاً عن الشمع وبدلاً عن مادة البولي فينيل الكحول (PVA) كمادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهزاً لعملية الصب.

4 - 4 نسب الإضافة Addition Ratio's

صنعت متراكبات هجينة وبكسر جمعي مقداره 30% وذلك بالاعتماد على العلاقات التالية (8).

$$\phi = \frac{1}{1 + \frac{1-\psi}{\psi} \left(\frac{\rho_f}{\rho_m} \right)} \dots\dots\dots (3)$$

اذ ان ψ :- الكسر الوزني للألياف في المادة المتراكبة.

L: طول النموذج .

إن الانحراف (**Deflection**) يتناسب طردياً مع الحمل المسلط فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترد المادة حالتها الأولى. ويستنتج من ذلك إن المادة تخضع لقانون هوك (**Hook's Law**) والجدول (١) يستعرض قيم معاملات المرونة لجميع النماذج عند فترات تعرض مختلفة وعلى ضوء نتائج هذا الاختبار نرى أن المادة المترابطة الهجينة H3 كانت ذات قيم معاملات مرونة أعلى من قيم معامل مرونة المواد المترابطة الهجينة الأخرى وهذا يعني إن الانحراف انخفضت قيمته في المادة المترابطة المقواة بثلاثة أنواع مقارنة بالمادة المترابطة الهجينة بالمواد الأخرى وذلك نظراً لوجود المواد المسلحة المتمثلة بالخليط المتجانس . فعند تسليط الإجهاد على المادة المترابطة سوف يتوزع الإجهاد على كل من المادة الأساس والألياف (٩) لذلك فإن الألياف سوف تتحمل جزء من الإجهاد . ولكون المواد الراتنجية مواد ذات طبيعة هشة أي إنها تبدي معدلات انفعال قليلة تحت تأثير إجهادات الانحناء لذلك فإن عملية إضافة الألياف للمادة الأساس (راتنجية) يحسن قيم معامل المرونة لها أي أن قيم معامل مرونة للمادة المترابطة أعلى من قيم معامل المرونة للمادة الراتنجية .

وكذلك يلاحظ من الشكل (٤) أن زيادة فترة التعرض إلى UV سوف يؤدي إلى انحدار في قيم معامل المرونة ويعزى سبب ذلك إلى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات في السلسلة البوليمرية مع زيادة فترة التعرض إلى UV للفحص مما يؤدي إلى ضعف في قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس مصحوبة بمعدلات انفعال كبيرة نسبياً تقود إلى انخفاض قيم معامل المرونة بعد إن تصبح المادة الأساس لينة أي أن عملية تعرض العينات إلى الأشعة سوف يؤدي إلى تكسر الأواصر ما بين (C-C, C-O, H-O, N-O) وبالتالي تؤدي تكسير الأواصر ما بين الجزيئات البوليمرية وبالتالي حدوث عملية الانفصال ما بين المادة الأساس والألياف بسبب ضعف المادة الأساس والتي انعكست على قوة منطقة السطح البيني الفاصل ما بين المنطقتين (المادة الأساس ومادة التقوية)

تتميز المواد المترابطة عن غيرها من المواد بأنها تحتوي على ثلاث مناطق تمثل المنطقة الأساس **Matrix Region** ومنطقة الألياف أو مادة التسليح **Reinforced Region** والمنطقة البينية **Interface Region** وتتغير الخواص الميكانيكية للمترابكات على تأثير كل منطقة في المنطقة الأخرى وهذا ما بينه الباحث (Yib) (٨) .

إن عُدت هذه المناطق هي المناطق لانتقال الإجهاد . فمواد التقوية في المترابكات البوليمرية عادة لا تتحمل معظم تأثير الإجهادات الخارجية وذلك لكون المادة البوليمرية (المادة الأساس) تقوم بنقل الإجهاد إلى الألياف عبر السطوح البينية .

إن الهدف الرئيس من اختبار الانحناء هو التعرف على السلوك الخطي أو ما يعرف أحياناً (**Hookean Behavior**) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط بالاتجاه العمودي على المستوي السطحي لها (12) .

ومن هذا الاختبار حسبت قيم معاملات المرونة (**E**) لجميع النماذج المهيأة لهذا الغرض باستخدام العلاقتين الآتيتين :-

$$I = \frac{BD^3}{12} \quad \text{.....(4)}$$

اذ ان **I**: عزم الانحناء الهندسي .

D: عرض النموذج.

B: سمك النموذج .

$$E = \left(\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right) \left(\frac{gL^3}{48I} \right) \quad \text{.....(5)}$$

اذ إن (**Mass/Deflection**) يمثل الميل (**Slope**)

g: التعجيل الأرضي .

جدول رقم (١) يبين تغير قيم معامل المرونة للنماذج الهجينة المختلفة مع تغير فترات التعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية

المادة المتراكبة والهجينة <i>Hybrid and Composite Material</i>	Young Modulus (MPa)		
	Exposure Time (Hour)		
	300	600	900
UP + KF (WR) + CF(WR)	12.508	10.361	8.652
UP + KF (WR) + MF(WR)	18.398	14.0934	11.284
UP + KF (WR) + CF (WR) + MF(WR)	25.766	21.491	14.321

٧. المصادر

[1] Najat J. Saleh and Samir Nassaf Mustafa, A Study of Some Mechanical, Thermal and Physical Properties of Polymer Blend with Iraqi Kaolin Filler Eng.& Tech. Journal ,Volume .29,No.11,P.P. 2114-2132, (2011).

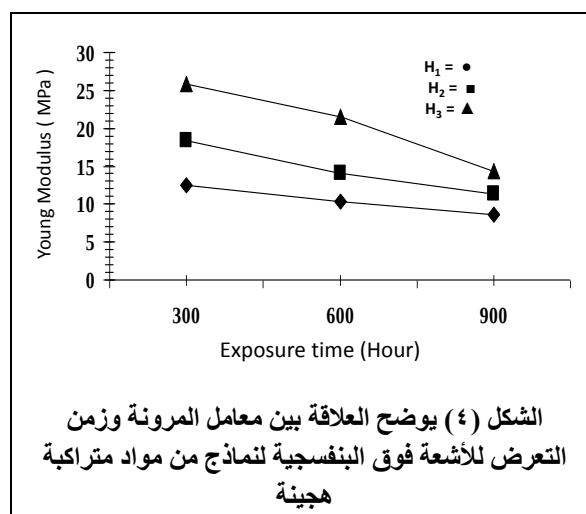
[٢] شيلان رفيق عارف ، "دراسة تأثير عدد طبقات متركب الايبوكسي المدعم بالياف الزجاج العشوائية المتعامدة والمتوافقة في متانة الكسر والتوصيلية الحرارية " رسالة ماجستير- جامعة بغداد . (٢٠٠٣) .

[٣] رعد حسين محمد الجنابي "دراسة تأثير ظروف التجوية (الإشعاع والمحاليل الكيميائية) على بعض خصائص متراكبات الايبوكسي " رسالة ماجستير الجامعة التكنولوجية، (٢٠٠٤) .

[٤] هناء علي مجيد العزاوي "دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمتراكبات من الصوف الصخري واسود الكربون" رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، (2005).

[5] A.H.AL-Azzawi , "The effect of some solutions on the physical properties of particulated composites " PhD thesis, Applied science department, University of Technology, 2008.

[6] Sabu Thomas, Kuruvilla Joseph, "Introduction to Polymer Composites New Challenges, and Opportunities " 2012 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Published (2012) .



الشكل (٤) يوضح العلاقة بين معامل المرونة وزمن التعرض للأشعة فوق البنفسجية لنماذج من مواد متراكبة هجينة

٦ - الاستنتاجات :

١ - كان تأثير الأشعة فوق البنفسجية تأثير سلبي على قيم معامل المرونة بحيث كلما زادت فترة التعرض إلى الأشعة قلت قيم معامل المرونة بسبب الانحلالات الداخلية الحاصلة في المواد المتراكبة المحضرة .

٢ - أبدت العينات الهجينة المقواة بالأنواع الثلاث من الألياف أعلى قيم معامل مرونة في كانت العينة الأولى التي تحوي خليط من الكفلر والكارون قد أعطت أقل قيم في حين اتخذت العينة الثانية التي تحوي على خليط من الكفلر والحديد قيم وسطية.

- [7] M Mottaghi, S Nouri Khorasani, M Nasr Esfahany, Comparison of the effect of nano-ZnO and conventional grade ZnO on the cross-linking densities of NR/BR and NR/SBR blends, Journal of Elastomers and Plastics , vol. 44 NO. 5 P.P.443-451,(September 2012).
- [8] Iqbal Hussein is an Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, at Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET), Dhaka (2012).
- [9] Wang Jihu, Application research on nano-ZnO in NR/SBR materials, CNKI Journal, , Tsinghua Tongfang Knowledge Network Technology Co., Beijing, (2009).
- [10] Saeed Taghvaei-Ganjali, Mercedeh Malekzadeh, Ali Abbasian, and Morteza Khosravi, Effects of Different Activator Systems on Cure Characteristics and Physicomechanical Properties of a NR/SBR Blend, Iranian Polymer Journal ,NO18-5, P.P. 415-425,(2009).