مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية المجلد 19 (3) 2006

دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية - UV على خاصية الانضغاطية والصلادة لمادة متراكبة هجينة

رولا عبد الخضر عباس
قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

أجريت الدراسة بتدعيم المادة الاساس الراتنجية وهي الايبوكسي (Ep828) باستعمال الياف الكفلر والياف الزجاج (E-glass) المحاكتين بشكل حصيرة (Woven Roving) والياف البولي بروبلين بهيئة حصيرة من الياف مقطعة (Chopped Strand) وبكسر حجمي للالياف قدره (30%) وتم دراسة بعض الخصائص الميكانيكية لنماذج المتراكب المحضر بعد تعريضها للاشعة فوق البنفسجية ولفترات تشعيع مختلفة (30, 60, 90) ساعة اذ تم اجراء اختبار الانضغاطية واختبار الصلادة بطريقة برينل (Brinell) لغرض المقارنة بين سلوك المتراكب الهجيني في الظروف البيئية السابقة الذكر.

المقدمة

تعد المواد البوليمرية من اكثر المواد عرضة للظروف الجوية المختلفة لذا فان دراسة تاثير تلك الظروف البيئية على خواص هذه المواد اصبح ضروريا لقياس مدى تحملها لمثل تلك الظروف التي تدرج ضمن عوامل تحلل المادة مثل الرطوبة والحرارة والضوء وكذلك الاشعاعات بانواعها المختلفة التي تعمل على تكسر الاواصر الرابطة للبوليمير. ان الاشعة فوق البنفسجية (UV) ذات طول موجي (wave length) يتراوح ما بين nm(200-400)

الذي هو جزء من الطيف الشمسي (solar spectrum) هو الذي يؤثر وبشكل كبير على خواص البوليمر لان الاواصر التي تربط الذرات في السلسلة البوليمرية التي لها طاقة محددة لفك الارتباط فيما بينها، تقع ضمن هذا المدى من الطيف (3, 2, 1).

على الرغم مما ذكر سابقاً الا ان اغلب الادبيات تشير الى حقيقة كون الاشعة فوق البنفسجية تقسم على ثلاثة انواع وكما يأتي (1):-

1. اشعة فوق البنفسجية من نوع (UV-C) وتتراوح ما بين nm(200-400).
2. اشعة فوق البنفسجية من نوع (UV -B) وتتراوح ما بين nm(290-315).
3. اشعة فوق البنفسجية من نوع (UV -A) وتتراوح ما بين nm(315-400).

فمن ضمن الدراسات التي أجريت في هذا المجال ما توصل اليه الباحث (Dobois) عام (1999) حيث درس تاثير الاشعة فوق البنفسجية في مواد متراكبة مؤلفة من الايبوكسي المدعم بالياف الزجاج وبشكل طبقات واستنتج بان كثرة التعرض للاشعة فوق البنفسجية تؤدي الى تحلل المادة الاساس البوليميرية واستنتج ايضا انه بعد التعرض لـ (2000) ساعة من الاشعاع فان المادة المتراكبة فقدت (1%) من سمكها الاصلي (4).

كما درس الباحثات (M.Medhat and B.M.Deya) عام (2000) تأثير الحرارة والرطوبة والاشعاع في الخواص الميكانيكية والحرارية للفينيل استر قبل وبعد تدعيمه بالياف الزجاج مرة والياف الكاربون مرة ثانية وبعد ذلك استنتج بان الحرارة والرطوبة والاشعاع تؤثر سلباً في الخواص الميكانيكية كمتانة الانحناء والصلادة ولجميع النماذج (5).

في الواقع تم اجري البحث الحالي وفيه تم التركيز على دراسة تأثير الاشعة (uv) على السلوك الميكانيكي تلغى لنماذج من متراكبات الايبوكسي المدعمة بالياف الزجاج والكفلر والبولي بروبلين على الشكلالاتي:-

Glass / Kevlar / Poly Propylene / Poly Propylene / Kevlar / Poly Propylene / Poly Propylene / Poly Propylene / Kevlar / Glass.

ومقارنتها مع فترات تشعيع مختلفة.

الجزء العملي

تقسم المواد المستخدمة في هذه الدراسةعلى جزئين اساسيين هما:-

- **المادة الاساس (Matrix Material):**

ان المادة الاساس المستعملة في البحث هي راتنج الايبوكسي المحتوي على مجاميع الايبوكسي (Epoxides)، فقد استعمل النوع التجاري (Epiokote 828) والمجهز من قبل شركة (Shell) وهو سائل لزج شفاف ذو قابلية التصاق عالية وخاصة بالالياف علاوة على قلة الانكماش فيه عند الجفاف اما المصلد المستعمل هو مادة خفيفة القوام ذات لون شفاف، يضاف المصلد الى الراتنج بنسبة (1: 7) ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة.

- **مواد التقوية (Reinforcing Materials):**

وهي ثلاث انواع اساسية:

1- الياف الزجاج- E (E-Glass Fibers) بهيئة حصيرة محاكة (Woven Roving) أو (W.R.).
2- الياف الكفلر- 49 (Kevlar Fiber) بهيئة حصيرة محاكة (Woven Roving) أو (W.R.).
3- الياف البولي بروبلين بهيئة حصيرة من الياف مقطعة (C.S.M) أو (Chopped Strand Mat). ان هذه الالياف المستخدمة في هذه الدراسة ذات كسر حجمي (ϕ_F =%30).

تحضير النماذج وتقنية اختبارها:

ضمن مرحلة تهيئة القالب (Mold Preparation) تم استعمال قالب خاص لعملية الصب اليدوي (Hand Lay-Up) وقد أجريت عملية الصب بعد تهيئة القالب من المعدن

المغلون بابعاد Cm^3 (30x30x20) وتغليفه بمادة البولي فنيل الكحول (PVA) ليتسنى فيما بعد استخراج المصبوبات بسهولة بعد تصلبها بشكل تام.

بعد هذه المرحلة تأتي مرحلة تقطيع الالياف السابقة الذكر المحاكة بشكل حصيرة على هيئة طبقات (Laminats) وبنفس ابعاد القالب فبعد وضع هذه الطبقات من الحصائر داخل القالب يتم فوقها صب المادة الراتنجية السائلة وهو راتنج الايبوكسي بعد ان اضيف اليها المصلد بنسبة (7:1) اي ان لكل (7gm) من الايبوكسي يضاف (1gm) من المصلد وبعد اكتمال عملية الصب تركت القوالب لفترة من الزمن بحدود (24) ساعة بدرجة حرارة الغرفة. لقد تم حساب الكسر الحجمي باستخدام الطريقة الوزنية والمتمثلة بالمعادلة الاتية (6).

$$\phi_f = \frac{1}{1 + \frac{1-\psi}{\psi} * \frac{\rho_f}{\rho_m}} \quad \dots [1]$$

حيث ان ϕ_f : الكسر الحجمي، ψ : الكسر الوزني، ρ_f : كثافة الحشوة، ρ_m : كثافة الايبوكسي.

$$\psi = \frac{W_f}{W_c} * 100\% \quad \dots [2]$$

حيث ان (W_c, W_m, W_f) كتلة الالياف والمادة الاساس والمادة المتراكبة على التوالي.

ومن الجدير بالذكر ان هذه القوالب المجهزة تم تقطيعها لتحضير النماذج الخاصة بالاختبارات حسب المواصفات (ASTM).

لقد استخدام جهاز المكبس الهيدروليكي في حساب مقاومة الانضغاط، كما قيست الصلادة بطريقة برينل (Brinell. HBr).

كما استخدام جهاز خاص بتشعيع النماذج بالاشعة فوق البنفسجية نوع (Hanan) Yenotes 150 light and wether fatness tester.

بحيث عرضت النماذج الى مصدر ضوئي من نوع (Yenotest 150) وهو احد مصابيح الزينون بشدة ($2.3\ W/m^2$) وبمدى من الاطوال الموجية nm(300-350) علماً ان عمر الحياة لمثل هذا المصدر يصل الى (1000) ساعة ويعد احد المصادر الشائعة للأشعة

فوق البنفسجية والتي تشكل أحد اهم العوامل المؤثرة على البوليمرات بانواعها. ان مقياس الرطوبة الملحق بالجهاز يمكن ان يسجل قراءات مختلفة وقد تراوحت هذه القراءات بين %(40-60) وكذلك يوجد مقياس للحرارة في الحيز الموضوع فيه النماذج الذي تراوح ما بين ^{o}C(32-43) ان من الجدير بالذكر استخدمت نسبة رطوبة (40%) ودرجة حرارة (32 ^{o}C) عند اجراء عملية التشعيع للنماذج المحضرة.

1. تاثير اشعة (UV) على قيم مقاومة الانضغاط (δ_{Com}) للنماذج:

ان مقاومة الانضغاط تعرف بانها اقصى اجهاد تتحمله المادة الجاسئة تحت الضغط العامودي (7) ومع التقدم العلمي تمكن العديد من الباحثين الى التوصل الى حقيقة تكون حزم عقدية (Kink Bands) التي تقود الى حدوث الفشل في المواد المتراكبة عندما تتعرض الى الانضغاط المحوري وبصورة عامة ان ظاهرة التعقد (Kinking) تتربط بالتركيب البلوري سواء كانت للمعادن او في المواد البوليميرية فقد اكتشفت هذه الظاهرة لاول مرة من قبل الباحث (Orowan) عند دراسته التركيب البلوري للكادميوم.

وجديرا بالذكر ان هذه الحزم المتكونة قد تعزى الى حدوث الانزلاق البلوري على امتداد السلسلة البوليميرية الرئيسة ذات الاواصر التساهمية. ومع استمرار زيادة الحمل المسلط يزداد قطر العينة في حالة كونها اسطوانية الشكل نتجية تاثير بواسون الذي يقود الى حدوث تمدد جانبي يكون موزعا بصورة منتظمة في كل الاتجاهات من العينة. ومع ان من المنطقي حدوث ذلك عندما تكون القوة الضاغطة المسلطة موزعة بصورة منتظمة على مساحة العينة الا ان ذلك لا يحدث بسبب الاحتكاك الموجود على اسطح التماس المؤدي الى انعدام التوسع الجانبي الذي يصاحب عملية الانضغاط في اسطح التماس مما يقود الى اتخاذ العينة شكل البرميل (Barrel shape). مع الاستمرار بزيادة الحمل المسلط سوف يحدث الفشل في العينة لحظة انبعاج جوانب المادة وتشققها (8). من هذا الاختبار تم حساب مقاومة الانضغاط باستخدام العلاقة الاتية (9):-

$$\text{مقاومة الانضغاط} = \frac{\text{قوة الانضغاط}}{\text{مساحة المقطع}} \quad N/m^2 \quad \ldots [3]$$

ان المواد المتراكبة ذات الروابط البينية الضعيفة تبدي مقاومة ضعيفة اتجاه الحمل الانضغاطي ويعزى ذلك الى حدوث الانفلاق الطولي عندما تزداد قوى الشد الجانبي المتولدة بسبب تمدد بواسون على مقاومة الروابط البينية للشد، اما اذا كانت المواد المتراكبة ذات روابط بينية قوية فان مقاومة الشد الجانبي سوف تزداد وفي هذه الحالة تكون المادة الاساس متحملة الجزء الكبير من القوة المسلطة وبما ان التقوية ليست متواصلة فان فشل قصي محلي سوف يحدث في المادة الاساس والذي سيبدأ بنوع من الانبعاج (Buckling) والتشقق وعندها يبدا السطح البيني بالانهيار وتفقد المادة الاساس التقوية (10). فقد لوحظ من الاشكال (1) و(2) و(3) مع زيادة الحمل المسلط يزداد الانفعال في النماذج الواقعة تحت حمل الانضغاط ومع الاستمرار بزيادة الحمل سوف يحدث الفشل في النماذج عند النقطة (B) (Break Point) لحظة انبعاج وتشقق جوانب العينة.

كما اظهرت نتائج فحص الانضغاطية والموضحة في الجدول (1) والشكل (4) ان قيم مقاومة الانضغاطية للمواد المتراكبة المدعمة بالالياف تزداد بشكل ملحوظ عند (60hr) ففي فترات تعرض محددة لاشعة الـ (UV) يلحظ هنالك تحسن في الخواص الميكانيكية للبوليمير (المادة الاساس) ومن ثم للمادة المتراكبة باكملها حيث تؤدي هذه الاشعة الى اكمال عملية التقسية للبوليمير في حالة وجود جذور حرة، حيث تكتمل تفاعلاتها وتصبح قطعة واحدة وذلك عن طريق اكمال السلاسل البوليميرية لتفاعلاتها وباستمرار التعرض لهذه الاشعة تؤدي الى تدهور في السلسلة الجزيئية بحدوث تاكسد وتكوين غازات معينة حيث يؤدي هذا التحلل

الاشعاعي الى تكسير الاواصر ما بين السلاسل البوليميرية وهذا بدوره يؤدي الى الهشاشية وتفكك المادة بصورة تدريجية (11).

2. تاثير اشعة الـ (UV) على صلادة برينل (Brinel Hardness test):

ان مفهوم الصلادة يمكن اعتباره مقياساً للتشوه اللدن الذي يعاني منه المادة تحت تاثير الاجهاد الخارجي حيث ان عملية التشوه تتم بثلاث مراحل اساسية فالمراحل الاولى يحصل فيها تشوه مرن (Elastic) وذلك عند بداية تغلغل اداة الغرز داخل سطح النموذج وباستمرار التحميل يتحول الى تشوه مرن–لدن (Elastic-Plastic) وعندئذ تكتمل المرحلة الثانية، اما المرحلة الثالثة فتحدث بعد رفع الحمل من النموذج الذي يعاني من أثر متبقي (Residual Impression) عند سطحه (12).

كما اسلفنا سابقاً ان خواص البوليمر ومتراكبته ومنها صلادة المادة تعتمد على ظروف التشعيع فقد تبين من الجدول (2) والشكل (5) ان الصلادة تتحسن عند زمن تشعيع قدره (60) ساعة يتبعه بعد هذه الفترة الزمنية من التشعيع الانخفاض في صلادة المادة المحضرة للاسباب السابقة الذكر.

ان من الجدير بالذكر ان هناك العديد من العيوب التي تحدث في البوليمر ومتراكباتها بعد تعرضها للاشعاع يمكن ملاحظتها باستخدام مجاهر ذات قوة تكبير عالية الا ان هناك عيوب تحصل يمكن ملاحظتها بالعين المجردة واهم هذه العيوب التي تحصل للمادة متمثلة بما يأتي(13):-

1- حصول تقشير في سطح المادة الراتنجية.
2- ظهور بعض النقر على السطح.
3- حصول ضبابية على السطح.
4- تغير لون المادة الراتنجية.

وهذا ما تؤكده الاضرار العيانية التي تم ملاحظتها في اثناء اجراء هذه الدراسة.

الاستنتاجات

1- ان تدعيم راتنج الايبوكسي بالياف الزجاج والكفلر والبولي بروبلين قد حسن بشكل كبير جميع الخواص الميكانيكية والحرارية.

2- تغير خاصية الانضغاط والصلادة بتغير زمن التعرض للأشعة فوق البنفسجية التي يجري عندها الاختبار لذا تعد أشعة (UV) من العوامل الاساسية المؤثرة في سلوكية المتراكب والذي يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار في مختلف التطبيقات.

3- الانحدار في قيم مقاومة الانضغاطية والصلادة عند زمن تشعيع (90) ساعة.

4- ظهور على سطح عينات المواد المتراكبة بعض الاضرار العيانية عند تشعيعها لزمن يقدر بـــ(90) ساعة والمتمثلة بمايأتي:-

أ- حدوث الهشاشية (Brittelness) أي ان المادة تصبح ذات طبيعة قصفة وهذا يؤدي الى تكوين الشقوق (Cracking).

ب- حصول تقشر (Flaking) في سطح الراتنج مع ظهور بعض النقر.

ج- تغيرات في اللون وحدوث ضبابية السطح (Chalking).

د- تعرض الطبقات السطحية من البوليمرات الى التعرج Blistering.

المصادر

1. Application Ultra Violet Light Absorption an Transmission, (2000). http://www.cycro.com
2. Botten. W, (1998).Engineering materials technology, 3rd ed., a member of Reed Elsevier Group,
3. Kelen, T. (1983). Polymer degradation. Van. Nostrand Reienhold Company Inc.
4. Doubios, C. (1999). Journal of Applied Science and Manufacturing, 30, 361
5. Medhat, M, and Deya, M.B. (2000). Fourth internation conference on physics of contesed matter, University of Jordan, April 18-20,

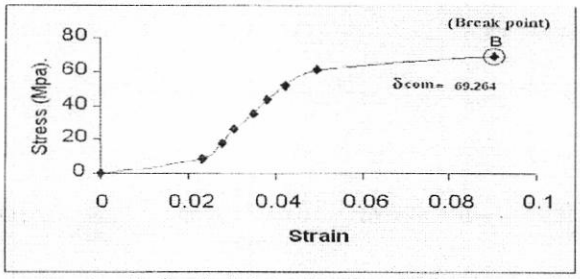
6. عبد الله. فراس فؤاد ، (2002). تأثير الظروف البيئية على آلية الكسر بالصدمة لمتراكبات هجينة، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية.
7. Seymour, R. B. (1990).Polymer composite, Alden Press, London,
8. Kaufman, S. H. (1977). Introduction to polymer science and technology: SPE Textbook, John Wiley and Sons, New York
9. الصافي، رولا عبد الخضر عباس ، (2001). دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمدة النوفولاك ومتراكباتها"، رسالة ماجستير، العلوم التطبيقية، جامعة التكنولوجية،.
10. Richarson ,W. M.O. (1977). Polymer Engineering Composite, Applied Science Pub. LTD, London.
11. الاشرم، مهند معن علي ، (1994). اللدائن وخواصها التكنولوجية (صناعة البلاستيك) ، كلية الهندسة – جامعة الاسكندرية وجامعة بيروت العربية، دار الراتب الجامعية، بيروت/ لبنان.
12. Swain, V. M, (1998), Material Science Engineering", A253, PP.(160-166).
13. Phillips, C. D. (1988). Journal of Materials Science and Technology, 4, P.(85-91).

جدول (1) يستعرض قيم مقاومة الانضغاط للنموذج المحضر عند ازمان تشعيع مختلفة

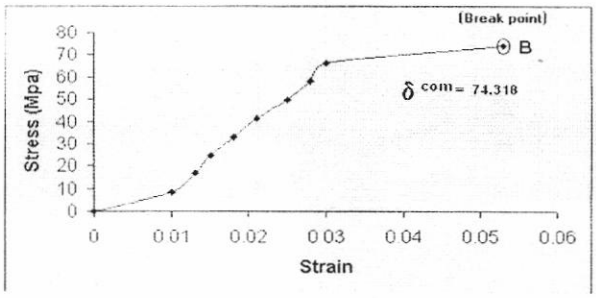
(δCom) (Mpa)	زمن التشعيع		
	30 hr	60 hr	90 hr
	69.264	74.318	61.364

جدول (2) يستعرض صلادة برنيل النموذج المحضر وعند ازمان تشعيع مختلفة.

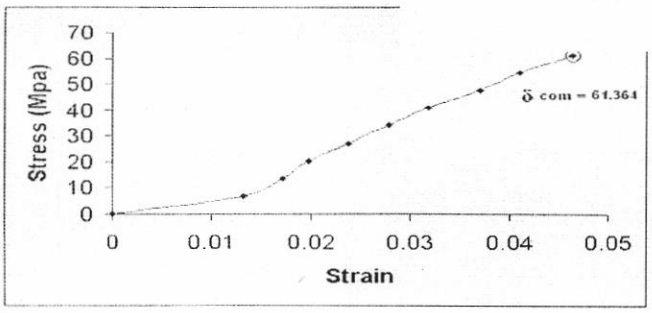
صلادة برنيل (HBr) No.	زمن التشعيع		
	30 hr	60 hr	90 hr
	30.1616	32.484	28.276



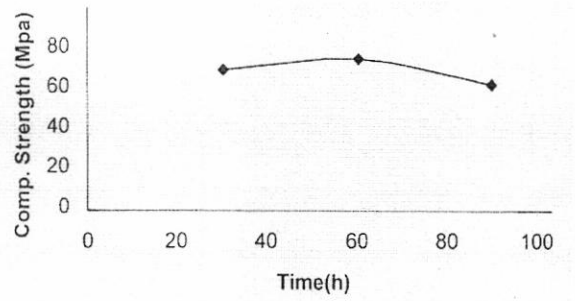
شكل (1) يوضح العلاقة بين الاجهاد والانفعال للنموذج المحضر عند زمن تشعيع يقدر بـــ (30) ساعة.



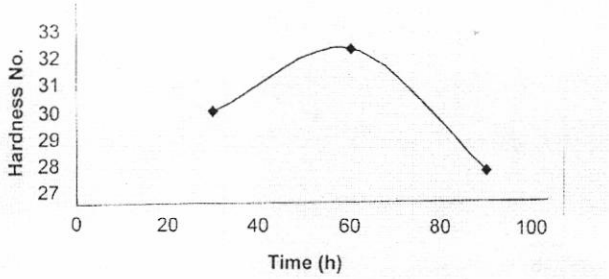
شكل (2) يوضح العلاقة بين الاجهـــاد والانفعـــال للنمـــوذج المحضر عند زمن تشعيع يقدر بـــ (60) ساعة.



شكل (3) يوضح العلاقة بين الاجهـــاد والانفعـــال للنمـــوذج المحضر عند زمن تشعيع يقدر بـــ (90) ساعة.



شكل (4) يوضح تاثير الاشعة فوق البنفسجية في اختلاف قيم مقاومة الانضغاط للمادة المتراكبة المحضرة



شكل (5) يوضح تاثير الاشعة فوق البنفسجية في اختلاف قيم صلادة برينل للمادة المتراكبة المحضرة

IBN AL- HAITHAM J. FOR PURE & APPL. SCI. VOL.19(3) 2006

The Study the Effect of Ultraviolet on the Compression and Hardness Property for Hybrid Material

R. A. K. Abbas
Department of Applied Sciences , University 0f Technology

Abstract

The study was carried out by reinforcing the resin matrix material which was (Epoxy – Ep828) by useing Kevlar fibers and glass fibers type (E-glass) both of them in the form of woven roving and poly propylene fibers in the form chopped strand mats. with (30%) volume fraction. Some mechanical properties of the were prepared composite specimens Ultraviolet radiation were stuied after being subjected to different weathering conditions included. Compression and hardness testing were carried out using Briell method so as to compare between composite behavior in the environments previously mentioned .