

دراسة تأثير الماء والمحاليل الكيميائية على بعض الخواص الميكانيكية للمادة المتراكبة المكونة من الايبوكسي المدعم بألياف الكربون

احمد مظفر هاشم
قسم الهندسة الميكانيكية كلية
الهندسة- جامعة القادسية

أسيل محمد عبد الله
قسم هندسة المواد
الجامعة التكنولوجية

نور صباح صادق
قسم العلوم التطبيقية
الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

يتضمن هذا البحث تصنيع مادة متراكبة مكونة من المادة الأساس وهو راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الكربون المقطعة وبكسر حجمي مقداره ($V_f = 20\%$) ، وتم دراسة بعض الخواص الميكانيكية لنماذج المادة المتراكبة المحضرة بعد تعريضها لبيئات مختلفة شملت (الهواء، الماء المقطر، وهيدروكسيد البوتاسيوم وحامض النتريك) علماً أن المعيارية لجميع المحاليل الكيميائية كانت مساوية لـ 1، تم إجراء اختبارات ميكانيكية على هذه النماذج وهي: (اختبار الانحناء، واختبار مقاومة الصدمة واختبار الصلادة بطريقة برينل) كل 15 يوم ولمدة 60 يوم .
كلمات رئيسية : الانحناء ، ألياف الكربون ، الايبوكسي ، الصلادة ، الصدمة.

A STUDY THE EFFECT OF WATER AND CHEMICAL SOLUTION ON SOME MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL CONSIST OF EPOXY REINFORCING WITH CARBON FIBERS

Noor Sabah Sadiq
Department of Applied Science
University of Technology

Aseel Mahmud Abdulla
Department of Materials Engineering
University of Technology

Ahmed Mudfaffer Hashim
Department of Mechanical Engineering
University of Qadisiya

Abstract

In this research we made a composite material consist of the matrix which is epoxy resin type (Thortex) with the reinforcing of chopped carbon fibers with volume fraction of 20%. Some mechanical properties were studied of prepared composite specimen after subjected different environments included (air, distilled water, KOH, HNO₃) The normality for all these chemical solutions is (1). Several mechanical tests are carried out on these samples, and these are: Bending test, Impact Strength test, Brinell Hardness test, every 14 days for 60 days.

المقدمة

البوليمرات بصورة عامة مقاومة لتأثير الماء لذلك فهي تستعمل وبصورة واسعة في صنع الحاويات والأنابيب ، ولكن هذا لايعني انها لاتمتص الرطوبة بصورة نهائية فهي تمتص نسبة قليلة جدا مقارنة مع باقي المواد الفلزية والسيراميكية.

توجد بوليمرات تمتلك مقاومة عالية للتأثيرات الكيميائية والرطوبة (Chemical attack) وأخرى عرضة للتصدع والانتفاخ والتلين ، إذ أنها تذوب بصورة كاملة فمثلاً النايلون يبدي تحللاً قليلاً عند تعرضه لحوامض ضعيفة (Weak acid) بينما يتأثر بالحوامض القوية (Strong acid) ولكنه مقاوم للقواعد والمذيبات العضوية (W.Bolton, 1998).

المواد المترابطة ذات الأساس البولمري دخلت نطاق واسع من الاستخدامات والتطبيقات منها استعمالها في الادوات الرياضية وفي صناعات الفضاء وتكون هذه المواد في تماس مباشر مع السوائل والابخرة سواء منها العضوية أو المائية. لذلك فان هنالك مشاكل سوف تظهر متعلقة بنفاذية المواد المترابطة لهذه البيئات.

إن نفاذية الماء والمحاليل الكيميائية الى المواد المترابطة تتم بواسطة ميكانيكية تعرف بميكانيكية الانتشار والتي تتضمن الانتشار المباشر لجزيئات الماء في المادة الاساس ومنها الى مادة التدعيم مثل الالياف . هنالك ميكانيكية أخرى لنفاذية الماء والمحاليل وهي ميكانيكية الخاصية الشعرية والانتقال بواسطة الشقوق المجهرية المايكروية. تحت هذه الميكانيكيات وتصبح فاعلة فقط بعد حدوث تحطم في المادة المترابطة. ميكانيكية الخاصية الشعرية تتضمن جريان جزيئات الماء على طول منطقة السطح البيئي ما بين الالياف والمادة الاساس يتبع ذلك انتشار من السطح البيئي إلى المادة الراتنجية تكون هذه الميكانيكية فعالة في حالة حدوث الانفصال ما بين الالياف والمادة الأساس (K. Van Den Abeele, 1999).

بصورة عامة فإن تأثير الماء على المادة المترابطة ذات الأساس البوليمري المدعم بالألياف يشبه إلى حد ما تاثيره على المادة البوليمرية لأن المادة البوليمرية هي المادة الاساس وهي التي تحتض الالياف من جميع الجهات. حيث أن المادة المترابطة ذات الاساس البوليمرية بعد أمتصاصها للماء ولفترات طويلة من الزمن تعاني المادة من ظاهرة الانتفاخ وهذه الظاهرة تخلق أجهادات داخل المادة تدعى أجهادات الانتفاخ وهذه تخلق مشكلة تحطم الطبقات الداخلية ما بين الالياف والمادة البوليمرية اذا ما غمرت ولفترات طويلة في الماء (Davis, 1983).

إن إضافة ألياف الكربون إلى البوليمرات يؤدي إلى الحصول على مادة مترابطة ذات اساس بوليمري تتحمل درجات حرارة عالية.لذا فان دراسة تأثير الظروف البيئية على خواص هذا المواد اصبح ضروري لقياس مدى تحملها لهذه الظروف .حيث أن بعض التفاعلات البوليمرية غير المرغوب بها احياناً تظهر نتيجة التعرض الطويل للعوامل الجوية (Budinski, 2005).

قام الباحث Awazzan وزملاءه في عام 2005 بدراسة تأثير محلول هيدروكسيد البوتاسيوم على متانة الشد لمادة مترابطة ذات أساس بوليمر مقوى بالياف الكربون حيث أستخدموا تراكيز مختلفة للمحلول وبدرجات حرارية مختلفة، وقد لاحظوا أن متانة الشد تقل بعد تعريض المادة المترابطة لمحلول هيدروكسيد

البوتاسيوم كما لاحظوا حصول انسحاب وأنفصال للالياف الكربون من مادة الاساس بعد تعريضها للمحلول لفترة طويلة (Awazzan, 2005).

في عام ٢٠٠٦ قام الباحث E.C.Botelho et al بدراسة تأثير الرطوبة على خصائص أجهاد القص لمادة متراكبة مكونة من راتنج الايبوكسي مدعم بطبقات من الياف الكربون. حيث وجدوا أن العوامل البيئية كالرطوبة والحرارة تؤثر على تطبيقات المواد المتراكبة بحيث تقلل من الخصائص الميكانيكية بعد فترة من الزمن، حيث يحدث انحلال بالمادة المتراكبة نتيجة للعوامل البيئية والتي تكون بشكل رئيسي أما أضرار فيزيائية او كيميائية في المادة الاساس وكذلك يحدث تقليل الترابط بين المادة الاساس والليف (السطح البيني) وتقليل متانة وجساءة الالياف (Botelho, 2006). وبعد الاطلاع على هذه البحوث وغيرها أجري بحثنا الحالي وفيه تم التركيز على دراسة الظروف البيئية على خواص الصلادة والانحناء ومقاومة الصدمة لنماذج متراكبات الايبوكسي المدعم بالياف الكربون المقطعة.

الجانب العملي

تقنية تحضير النماذج:

تم تحضير نماذج المواد المتراكبة باستخدام طريقة (الصب اليدوي) واستعمل راتنج الايبوكسي نوع (Thortex) كمادة أساس ومواصفاته موضحة في الجدول رقم (1) وهو سائل شفاف اللون يتحول الى الحالة الصلبة بأضافة محلول مصلد بنسبة (٣:١) ويتم خلطهما معا بواسطة قضيب زجاجي وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون الفقاعات بعد ذلك يتم اضافة الياف الكربون المقطعة الى الايبوكسي بالتدريج مع الخلط المستمر بالقضيب الزجاجي الى ان يحث التجانس بينهما بعدها يتم صب الخليط في قالب خاص مصنع من الحديد المغلوق وبأبعاد (٢٥*٢٥)cm. بعد (٢٤) ساعة يتم أستخراج المصبوبة من القالب ، ثم بعد ذلك تتم عملية المعالجة (Curing) بدرجة حرارة (50°C) ومدة ثلاث ساعات، وذلك لاتمام التفاعلات الكيميائية ولتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة أثناء عملية التصلب ويتم تقطيع القالب بأبعاد قياسية معينة حسب الموصفات القياسية لاجراء الاختبارات الميكانيكية ، ومن ثم تغمر النماذج في المحاليل الكيميائية وهي (هيدروكسيد الصوديوم ، حامض النتريك ، الماء المقطر) وبمعدارية لجميع المحاليل المستخدمة ، وكانت مدة الغمر ١٥ يوم ولمدة ٦٠ يوم لجميع النماذج ، علماً أنه تم استخدام كسر حجمي (20%) للالياف بعد أن تم حسابها من العلاقة الآتية (Raghad, 2004):

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

حيث إن:

- Ψ : الكسر الوزني لمادة التدعيم في المادة المترابطة.
 ρ_m, ρ_f : كثافة المادة الأساس والحشوة على التوالي.
 ϕ : الكسر الحجمي لمادة التدعيم في المادة المترابطة.

الاختبارات المستخدمة

١- جهاز اختبار الانحناء Bending Test Instrument

أستخدم جهاز اختبار الانحناء والمصنع من قبل شركة Phywe الألمانية لغرض حساب معامل يونك لجميع النماذج. وتم حساب معامل مرونة من خلال المعادلات الآتية:

$$E = \frac{MgL^3}{48 IS} \text{ (MPa)} \quad (2)$$

ويعطي ا: عزم الانحناء الهندسي كما يأتي:

$$I = \frac{bd^3}{12} \quad (3)$$

حيث:

M: الكتلة المسلطة على النموذج (gm).

g: التعجيل الأرضي (9.81 m/sec^2).

L: المسافة بين نقطتي الارتكاز (mm).

S: الانحناء (الانحراف) الناتج من الحمل المسلط (mm).

M/S: ميل المنحني من العلاقة بين الكتلة والانحراف.

I: عزم الانحناء الهندسي، ويحسب من المعادلة الآتية:

b: عرض النموذج (mm).

d: سمك النموذج (mm).

٢- جهاز اختبار الصدمة Impact Test Instrument

استخدام جهاز الصدمة من نوع شاربي Charpy Impact Test لغرض إجراء اختبار الصدمة على العينات المحضرة. إذ يحتوي الجهاز على مطارق بأحجام مختلفة طاقاتها (2,5.30.45)J على

التوالي بحيث يمكن استخدام مطرقة بأخرى وحسب الطاقة المطلوبة للكسر. وتم حساب مقاومة الصدمة باستخدام المعادلة الآتية :

$$I.S = \frac{\text{Fracture energy}}{\text{Cross sectional area for the specimen}} \quad (\text{KJ/m}^2) \quad (4)$$

3- جهاز اختبار الصلادة Brinell Hardness Test Instrument

تم استخدام المكبس الهيدروليكي نوع (Leybold harris No. 36110) حيث تم تسليط حمل ثابت بواسطة اداة غرز ممثلة بكرة فولاذية صلادة قطرها (5mm) وبعد تغلغل الكرة داخل سطح النموذج لمدة (15) ثانية باستخدام حمل قياسي ثابت. وبعد إزالة الحمل المسلط يتم قياس قطر الأثر المتولد على السطح، ويمكننا حساب رقم صلادة برينل من خلال المعادلة الآتية :

$$H.B.N = P / \{(\pi(D/2)) * \{D - (D^2 - d^2)^{1/2}\} \} (\text{MPa}) \quad (5)$$

حيث أن :

P: الحمل المسلط (N) ، D: قطر الكرة (mm) ، d: قطر الاثر (mm)

النتائج والمناقشة

تأثير المحاليل الكيماوية على بعض الخواص الميكانيكية:

أن معدل امتصاصية الماء والمحاليل الكيماوية وكميتها الممتصة من قبل المادة المترابكة يسيطر عليه بواسطة عدة عوامل منها: التركيب الكيميائي للراتنج، عامل الترابط التشابكي ومدى الترابط وقوة الالتصاق لمواد التدعيم مع الراتنج المستعمل أي كفاءة منطقة السطح البيني. أن المحاليل النافذة الى المواد المترابكة تسبب تغيرات في الابعاد، مولدة بذلك أجهادات داخلية وينتج عنها هبوط في أغلب الخواص الميكانيكية (Raghad H, 2004).

1- معامل المرونة (معامل يونك) :

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة والمعقدة لكونه يتضمن التعرض لنوعين من القوى الأولى قوة ضغط (Compression) والثانية قوة شد (Tension) (Parratt, 1972).

إن الهدف الرئيس من اختبار الانحناء هو التعرف على السلوك الخطي أو ما يدعى في اغلب الأحيان (Hookean Behavior) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط بالاتجاه العمودي على المستوى السطحي لها (Raghad, 2004). أن التأثيرات الكيماوية على المواد المترابكة تعتمد على تركيبها الكيميائي. حيث إن التفاعلات الكيماوية ما بين المحاليل النافذة ومكونات المادة المترابكة تتضمن مهاجمة هذه المحاليل للمادة

المتراكبة عند منطقة السطح البيئي. حيث إن هذه التفاعات تتضمن بصورة رئيسية التحلل المائي لأواصر البوليمر (Hydrolysis of Polymer Bonds) (Raghad, 2004).

إن الشكل رقم (1) يبين العلاقة بين معامل يونك وزمن الغمر، ان عملية غمر النماذج المتكونة من (80% أيبوكسي و 20% ألياف الكربون) بمحاليل مختلفة مثل المحاليل الحامضية (HNO_3) والمحاليل القاعدية (KOH) بمعيارية (1N) وكذلك الغمر بالماء. في البداية تقل قيمة معامل المرونة، وذلك نتيجة لحدوث بعض الانكماش والتشبع غير الكافي ما بين المادة الأساس ومواد التدعيم أثناء عملية القولية للمادة المتراكبة، فان شقوقا صغيرة ممكن أن تنشأ على السطح والفجوات تظهر في المادة الأساس فعندما تتعرض هذه المادة المتراكبة للمحيط الكيميائي فان المواد الكيميائية سوف تنتشر في المادة الأساس وخصوصا في الفجوات التي تكونت أثناء مرحلة القولية، وبذلك ينتج عنها عمليات الامتصاص، التفاعات الكيميائية، اللدونة (Abeele, 1999). ، و لكن مع تقدم زمن الغمر سيزداد تدريجيا في الغمر في الماء وهذا يظهر حالة التشبع مما يجعل النموذج أكثر أنفعالا عند تعرضه الى قوى الانحناء مما يؤدي الى ارتفاع في قيم معامل المرونة. ولكن بعد مرور (30 يوما) من تعرضه للماء قيم معامل المرونة ستتناقص وذلك بسبب تكون طبقة حامية بعد عملية التشبع نتيجة اندماج الاواصر البوليمرية بعملية التحلل والاندماج الكيميائي ، ستبدأ هذه الطبقة بالانهيار مما يجعل النماذج تفقد مكوناتها لذلك سنقل قيم معامل المرونة بينما عندما تتعرض هذه النماذج الى المحاليل الحامضية مثل (HNO_3) حامض النتريك بعيارية (1N) التصرف الأولي سيكون مشابها للتصرف أعلاه عند تأثير الماء عليها ولكن هذا التصرف بعد مرور (30 يوما) نلاحظ ارتفاع في هذه القيم وأنخفاض بسيط في قيم معامل المرونة ويعزى ذلك الى أن المادة الحاضنة (الأيبوكسي) تمتلك تركيب تشابكي للسلسلة البوليمرية حيث أن وجود الالياف سيكون ترابط بيني بمرور الوقت مع الغمر في المحاليل الحامضية سيحصل نوع من فك لهذا الترابط البيئي مما يسبب تغلغل المحاليل الكيميائية فيها حيث تعتبر هنا الالياف كنقاط ضعف في حالة تعرضها للسوائل مما يؤدي الى ضعف مقاومة الانتشار وهذا بالتالي يجعل الذي يعمل فقط هو المادة الحاضنة فقط عند تعرضها الى القوى الخارجية (الانحناء) مما يسبب ارتفاع قيم معامل المرونة مما في حالة تعرضها للماء أو المحاليل القاعدية كما وجد في بعض الأبحاث الخاصة (Bledzki, 1998). كذلك نلاحظ أن نفس التصرف الأولي يحصل في حالة التعرض للمحاليل مثل هيدروكسيد البوتاسيوم حيث تقل قيم معامل المرونة لحد (30) يوم لكن بعد التعرض لهذا النوع من المحاليل لفترة أطول سنقل هذه القيم للأسباب أعلاه ، لاحظ الجدول رقم (2) لكن بالرغم من تشابه تصرف هذه الأنواع من المتراكبات مع المحاليل الحامضية والقاعدية والماء ألا أن المحاليل الحامضية كانت أكثر فعالية من غيرها حيث أمتازت بارتفاع قيم معامل المرونة أكثر من في حالة المحاليل القاعدية.

2- مقاومة الصدمة

كمبدأ أساس فان اختبار الصدمة هو محاولة لقياس الممانعة لنمو الشق إذ إن ممانعة أي مادة صلبة لنمو شق ما تعتمد على ماهية ميكانيكية امتصاصية الطاقة المتواجدة عند مقدمة الشق (Richardson, 1977) إن آلية الفشل التي تحدث في المادة بالإجهادات السريعة تعد من الخصائص الميكانيكية التي لاقت اهتماما كبيرا من قبل العديد من الباحثين لان هنالك دوما خطراً يكمن في إن مثل هذه المواد البوليمرية قد تكون مطيلية (Ductile) تحت تأثير الإجهادات الساكنة ولكنها قد تبدو هشة (Brittle) تحت تأثير الإجهادات السريعة (Baijal, 1982).

الشكل رقم (2) يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة وزمن الغمر. أساساً أن اختبار الصدمة هو محاولة لمعرفة أو لقياس مواقع نمو الشقوق ، وإن نمو الشقوق في المواد الصلبة يعتمد على ميكانيكية امتصاص الطاقة. ميكانيكية الفشل والتي تحدث بالمادة مع الاجهادت السريعة والتي تعتبر أهم الأسباب وأكثرها أهمية من العديد من الاسباب المؤدية الى فشل المادة، وذلك بسبب كون المادة البوليمرية تعتبر مادة مطيلية لذلك فإنه يعتبر الخطر المؤدي الى الفشل تحت تأثير الاجهادت المسلطة، ولكنها تعتبر هشة عند تعرضها للاجهادات السريعة .

عموما ، هنالك زيادة في طاقة الكسر للنماذج ، التي دعمت مع الالياف بالمقارنة مع المادة الحاضنة فقط. أن الالياف تحمل الاجزاء الأكبر من أجهاد الصدمة، الالياف تعمل هنا كمضادات للشقوق (تعمل على إيقاف الشقوق ولا تجعلها تستمر بالسير نحو الفشل) (Balgess. Al- Dabbagh, 1996). بصورة عامة فان المحاليل الكيميائية المخففة ذات الوزن الجزيئي الواطيء تسبب الفشل في البوليمرات وبالتالي للمواد المتراكبة وذلك عن طريق التصدع والتشقق بواسطة ميكانيكية تتألف من ثلاث مراحل، حيث المرحلة الاولى والثانية تشمل التحلل الكيميائي والتلدين، أما المرحلة الثالثة فتتضمن تكون الاجهادت الداخلية نتيجة لتجمع الجزيئات النافذة خلال بنية الشبكة للبوليمر. فعندما تتجمع هذه المراحل الثلاث في منطقة معينة للبوليمر وبالتالي في المادة المتراكبة فانه سوف ينتج عنها فشل موقعي عند أجهادات اقل بكثير من تلك الملاحظه في غياب الوسط المخترق (المحاليل الكيميائية). كما ان امتصاص الماء ممكن ان يؤدي الى تلدين المادة الاساس نتيجة لتحطم قوى فاندر فالز ما بين السلاسل البوليمرية، أي انه يقلل من حاجز الطاقة لحركات أجزاء السلسلة (J.Comyn, 1985) وكما موضح بالشكل رقم (2) حيث أن تأثير المحاليل الكيميائية يظهر جليا على النماذج للمواد المتراكبة حيث أن المحلول القاعدي سيققل من قيم مقاومة الصدمة بعد مرور (10) أيام من التعرض لهذا المحلول حيث يعتبر هذا المحلول هو الاكثر فعالية من في حالة المحاليل الحامضية، لاحظ الجدول رقم (3).

3- الصلادة بطريقة برينل

من المعروف أن الصلادة تعني مقياس مقاومة المادة للتشوع اللدن الموقعي ، أن اختبار الصلادة هو أكثر الاختبارات الميكانيكية استخداماً لعدة أسباب حيث يعتبر طريقة بسيطة ورخيصة ، وفحص لائتلافي وفي بعض الأحيان نستطيع تخمين بقية الخواص الميكانيكية من معلومات الصلادة مثل مقاومة الشد. الجدول رقم (4) يوضح نتائج اختبار صلادة برينل حيث لعبت المحاليل الكيماوية دورا كبيرا في أنقاص قيم الصلادة بعد التعرض لفترة طويلة حيث عملت هذه المحاليل بكل أنواعها حامضية وقاعدية على تحلل مكوناتها مما يؤدي الى الفشل. أن أنتشار المحاليل الكيماوية خلال المواد يؤدي الى كسر الاواصر نتيجة وجود الفقاعات والمناطق البينية بين الالياف والمواد المدعمة كما تظهر النتائج في الشكل (3) (Salih, 2006).

الاستنتاجات

من خلال البحث تم التوصل الى النتائج التالية :

- (1) مما سبق وجد أن المحاليل الكيماوية تؤثر بشكل واضح بتخفيض معظم الخواص الميكانيكية للمواد البوليمرية ولكن في حالة المواد المترابكة أدى وجود الألياف الكربونية إلى زيادة كثيرا من الخواص حتى عند الغمر لفترات طويلة.
- (2) من نتائج اختبار معامل المرونة نلاحظ عند الغمر في المحاليل لجميع النماذج ولمدة 15 يوم انخفاض في قيم معامل المرونة ولكن بعد مرور 60 يوم نلاحظ أن قيم معامل المرونة قد زادت بشكل ملحوظ في كل من الحامض والماء وكان للحامض ذا تأثير أكبر على النماذج بينما كان تأثير المحاليل القاعدية طفيف.
- (3) أما في حالة مقاومة الصدمة نجد أن الغمر لمدة 15 يوم في لجميع النماذج قد أدى إلى انخفاض مقاومة الصدمة لجميع النماذج ثم تبدأ بالارتفاع بعد هذه المدة. وعند زيادة زمن الغمر لمدة 60 يوم نلاحظ أن قيم طاقة الصدمة قلت ولجميع النماذج حيث كان الماء أكثر تأثيرا في خفض طاقة الصدمة بالمقارنة مع المحاليل الأخرى.
- (4) شهدت قيم صلادة برينل عند الغمر في المحاليل انحدار ملحوظ بنسب متفاوتة حيث بعد مرور 15 يوم على الغمر قلت قيم صلادة برينل ولجميع النماذج عدا المحلول القاعدي حيث ازدادت قيم الصلادة وعند زيادة زمن الغمر مدة 60 يوم قلت قيم الصلادة ولجميع النماذج وكان الماء أكثر تأثيرا في خفض قيم الصلادة بالمقارنة مع المحاليل الأخرى.

References

- 1- A. Awazzan, H.A.Al – Turaif , M.A.Daous , " *Influence of KOH Solution on Tensile Strength and Chemical stability of Carbon Fiber – Reinforced Epoxy resin composite*", Journal of Applied Polymer Science Vol. 96, No.1 p.p. (1682-1690) 2005
- 2- A. Davis and D. Sims " *Weathering*", of Polymers Applied science, 1983

- 3- Ali H.R.Al-Azzaawi, "***A study in to the Physical behaviour of Polymeric and other reinforced blends under the influence of the chemical solution***", A thesis of M.S.C Department of Applied Science, University of Technology 2006.
- 4- A.K.Bledzki, J.Gassan, "***Composites reinforced with Cellulose based fibers***" Progress in Polymer Science Vol. 24, p.p. (221-274) Germany, Dec., 1998.
- 5- Balgess M. D Al- Dabbagh, "***Reinforcing and Studying the properties of Epoxy and Unsaturated polyester***", Ph.D. thesis .Department of Applied Science. University of Technology 1996.
- 6- E.C.Botelho, L.C.Pardini and M.C.Rezende, Fatigue and Aeronautic Material Research Group, Department of Material and Technology, Published online 30 sep., 2006.
- 7- G. Kenneth Budinski and Michael K. Budinski, "***Engineering Materials Properties and Selection***". United states of America, New Jersey, 2005.
- 8- J.Comyn, "Polymer Permeability", Elsevier Applied Science Puplishers Ltd, London and New York 1985.
- 9- K. Van Den Abeele E-mail: Koen. [vandenabeele@bwk9](mailto:vandenabeele@bwk9.kuleuven.ac.be) . Kuleuven. ac. be K. Van de Velde E-mail: Kathleen. [vandavelde@rug](mailto:vandavelde@rug.ac.be). ac. be "***Correlation Between Dynamic Nonlinearly and Static Mechanical Properties of Corroded E-Glass Reinforced Polyester Composites***" Vol. 19B, P(1359-1366), (1999).
- 10- M.D. Baijal, "***Plastics Polymer Science and Technology***", John Wiley and Sons, New York, (1982).
- 11-M. O. W. Richardson, "***Polymer Engineering Composites***", Applied Science Pub. LTD, London, (1977).
- 12- N.J. Parratt, "***Fiber- Reinforced Materials Technology***", 1st Published, Van Nostrand Reinhold Company. London (1972).
- 13- Raghad H. M. Al – Janabi, "***Studying the effect of weathering conditions on some properties of epoxy composites***" M.Sc. Thesis Department of applied science. University of Technology, 2004.
- 14-W.Bolton, "***Engineering Materials Technology***", 3rd ed., Butter worth – Heinemann, 1998.
- 15- Zaid Ghanem Mohammad Salih, "***A study into the Physical behavior of polymeric and other reinforced blends under the influence of the chemical solutions***" A thesis of M.S.C. Department of Applied Science, University of Technology, 2006.

جدول رقم (1) يبين مواصفات راتنج الايبوكسي المستخدم في البحث.

موصفات الايبوكسي (Thortex)	
Abrasion Resistance	0.023cm/01000 cylices
Adhesion	35Kg/cm (500 Psi)(on concrete)
Scratch Resistance	No failure 2.5
Flexural Strength	400 Kg/cm (5700 Psi)
Tensile Strength	60 Kg/cm (2300 Psi)

الجدول رقم (2) قيم معامل المرونة (Modulus Elasticity) لجميع النماذج قبل وبعد الغمر في المحاليل الكيميائية.

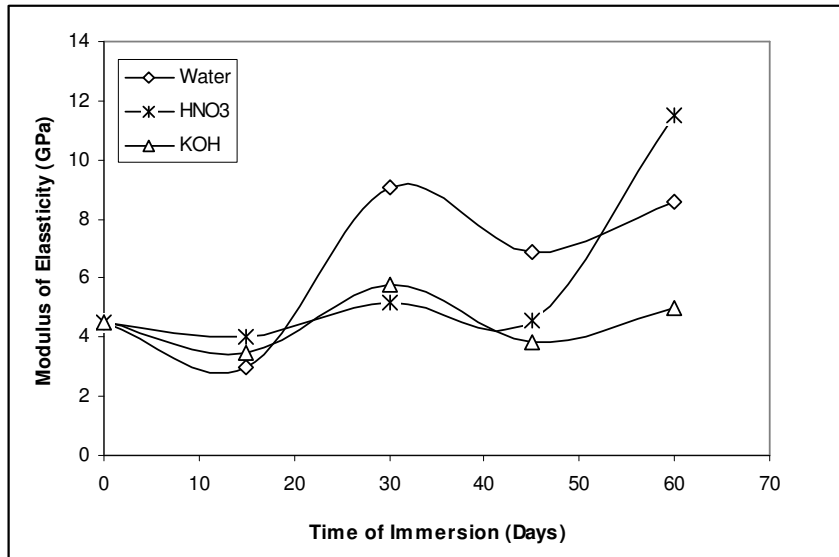
Solutions	E (GPa) t = 0 day	E(GPa) t = 15 days	E(GPa) t = 30 days	E(GPa) t = 45 days	E(GPa) t = 60 days
Water	4.48	2.96	9.092	6.908	8.595
HNO3	4.48	4	5.2	4.542	11.522
KOH	4.48	3.485	5.789	3.82	4.975

جدول (3) قيم مقاومة الصدمة (Impact Strength) لجميع النماذج قبل وبعد الغمر في المحاليل الكيميائية.

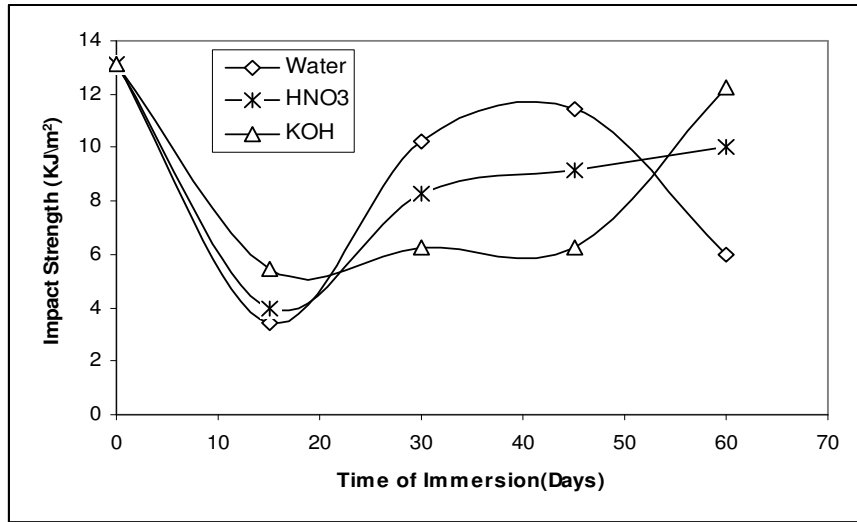
Solutions	I.S(KJ/m ²) t = 0 day	I.S(KJ/m ²) t = 15 days	I.S(KJ/m ²) t = 30 days	I.S(KJ/m ²) t = 45 days	I.S(KJ/m ²) t = 60 days
Water	13.14	3.42	10.2	11.42	6
HNO3	13.14	4	8.28	9.14	10
KOH	13.14	5.42	6.28	6.28	12.28

جدول رقم (4) قيم صلادة برينل (Brinell Hardness) لجميع النماذج قبل وبعد الغمر في المحاليل الكيميائية.

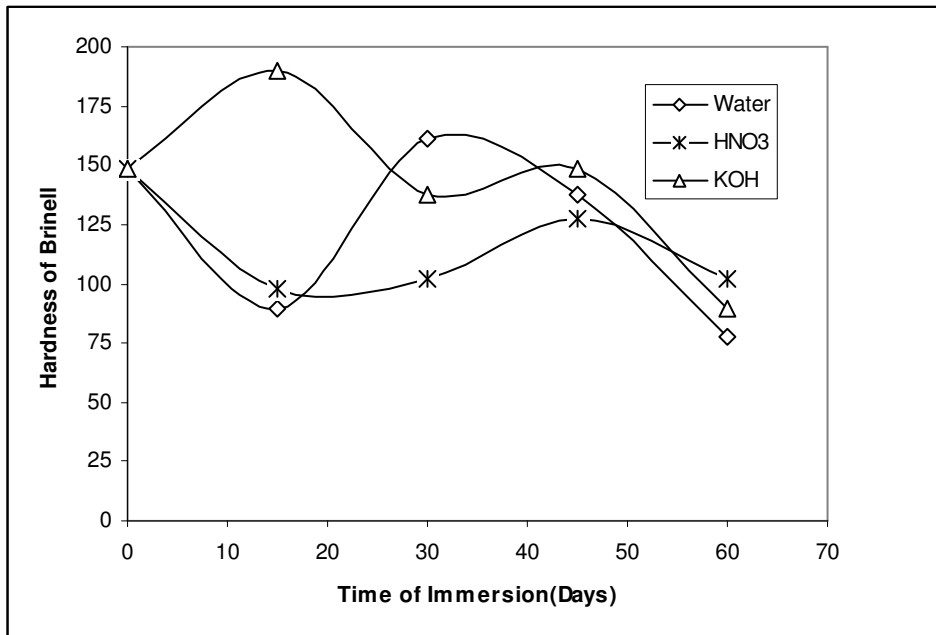
<i>Solution</i>	<i>BHD(MPa)</i> <i>t = 0 day</i>	<i>BHD(MPa)</i> <i>t = 15 days</i>	<i>BHD(MPa)</i> <i>t = 30 days</i>	<i>BHD(MPa)</i> <i>t = 45 days</i>	<i>BHD(MPa)</i> <i>t = 60 days</i>
Water	148.54	89.12	160.84	137.42	77.8
HNO3	148.54	97.9	102.4	127.38	102.4
KOH	148.54	190.16	137.42	148.12	89.12



الشكل رقم (1) تأثير زمن الغمر في المحاليل المختلفة على قيم معامل يونك لنماذج المادة المترابطة.



الشكل رقم (2) تأثير زمن الغمر في المحاليل المختلفة على قيم متانة الصدمة لنماذج المادة المتراكبة.



الشكل رقم (3) تأثير زمن الغمر في المحاليل المختلفة على قيم صلادة برينل لنماذج المادة المتراكبة.