تأثير درجة الحرارة والمحاليل الكيمائية على قيم معامل المرونة لمواد متراكبة هجينة

د.علي حسن رسن هذال العزاوي* د. بلقيس محمد ضياء الدباغ** و د.سلام حسين علي الحداد**

تاريخ التسلم:3 / 8 / 2008
تاريخ القبول:1 / 4 / 2010

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مواد متراكبة هجينة مكونة من خليط بوليمري من راتنجات الفينول – فورمالديهايد نوع نوفولاك والايبوكسي مقوى بمساحيق الالومينا والسيليكا بالإضافة إلى ألياف الاسبيستوس وبكسور حجمية (40%,30%) وتم تحضير ستة مواد متراكبة هجينة ومقارنة النتائج ما بين المواد المحضرة ومن ثم إجراء اختبار الانحناء لحساب معامل المرونة في درجات حرارية مختلفة و محاليل كيمائية مختلفة . وأظهرت النتائج انه كلما ارتفعت درجة الحرارة قلت قيم معامل المرونة وكذلك كلما زادت فترة غمر العينات في المحاليل الكيميائية المختلفة قلت قيم معامل المرونة كذلك أظهرت النتائج إن العينات التي تحوي على خليط من الالومينا والسيليكا وبكسر حجمي 40% وخصوصا العينات H_6 قد أعطت اعلي قيم لمعامل المرونة في حين أعطت العينات التي تحوي على الالومينا وبكسر حجمي 30% قد أعطت اقل قيم لمعامل المرونة وخصوصا العينات H_1 .

The Effect Of Temperatures and Chemical Solutions on The Elasticity Modulus Of Hybrid Composite Materials

Abstract

In this one of the work a hybrid composites materials were prepared which consist polymer blend – Phenol formaldehyde – Novolac type and epoxy resins reinforced by silica, alumina powder and asbestos fibers with two volume fractions (30%, 40%), six hybrids prepared. Bending test was done in order to determine the Young's modulus in different temperatures and different chemical solutions. the result show that Young's modulus decreases with increasing temperatures and with increasing the immersion times in different chemical solutions , and the result show that the samples H_6 (Volume fraction 40%) gives high values of young modulus while the samples H_1 (Volume fraction 30%) gives low values of young modulus .

https://doi.org/10.30684/etj.28.13.19
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

المقدمة

تعتمد الاستخدامات العامة والهندسية للبوليمرات إلى حد كبير على صفاتها الميكانيكية الجيدة وخاصة قابليتها للتشوه بتأثير القوى المختلفة وتنشأ هذه الازدواجية في صفات البوليمر من طبيعة تركيبه حيث أن وجود نوعين من القوى وهي الأواصر الكيميائية القوية(مثل الأصرة التساهمية) والروابط الثانوية بين الجزيئات(مثل قوى العزم الثنائي القطب) و التي تؤثر بصورة أو بأخرى على صفاتها الميكانيكية (1) .

أن الخواص الميكانيكية للبوليمرات تعتمد اعتماداً كبيراً على درجة الحرارة بحيث إن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى إضعاف الروابط بين الوحدات المتكررة في البوليمرات لذلك يكون للحرارة دور سلبي على البوليمرات بالإضافة إلى زمن التحميل ويعود هذا الاعتماد إلى طبيعة البوليمر اللزوجة – المرونة (Visco Elastic) – فالبوليمرات تتصف بصفات السائل اللزجة (Viscous Behavior) التي عند فرض إجهاد يتلاشى على هيئة حرارة وعند رفع الإجهاد عندها تبقى في الحالة المشوهة (Deformed Form) غير قادرة على استعادة مواصفاتها الأولية . وفي الوقت نفسه فأن معظم البوليمرات تمتاز بصفات المرونة أي عند فرض إجهاد ما عليها فأنها تخزن الشغل المصروف عليها على هيئة طاقة مخزونة وحال زوال الإجهاد فأن المادة تسترجع أبعادها الأولية على سبيل المثال المواد المطاطية في حين هذه المواصفات لاتوجد في الايبوكسيدات والبولي استرات وغيرها من الراتنجات .

لذا فأن دراسة الخواص الميكانيكية للبوليمرات تعتبر معقدة جداً وذلك لتعدد المتغيرات المؤثرة على الخاصية الواحدة . و تمتاز البوليمرات بكونها ذات خواص متماثلة اتجاهياً (Isotropic) على المستوى العياني Macroscopic و الدقيق Microscopic فعلى سبيل المثال أن الخواص الميكانيكية للمواد المتراكبة المدعمة بألياف مستمرة تعتمد على اتجاه الألياف ، كمية الألياف لوحدة الحجم وعلى خواص الألياف نفسها (1).

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

$$\sigma = P/A \qquad \ldots\ldots(1)$$

حيث **(P)** القوة بوحدة النيوتن .

(A) مساحة مقطع العينة بوحدات المتر المربع .

كذلك يمكن تعريف الانفعال Strain وهي الاستطالة الناتجة من تسليط قوة الشد أو التقلص الناتج من تسليط قوة بطريقة الانضغاط ويرمز له (e) ويمثل نسبة التغير في الطول إلى الطول الأصلي للعينة تحت الفحص ويمكن التعبير عن ذلك كما يلي (2) .

$$e = \frac{\mathrm{D}L}{Lo} = \frac{L - L_o}{L_o} \qquad \ldots\ldots (2)$$

حيث أن: L: الطول النهائي.

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

1. الانفعال المرن Elastic Strain
2. الانفعال اللدن Plastic Strain (2).

الانفعال المرن :- يكون ذا خاصية عكسية إذ أنه يتلاشى بعد إزالة الإجهاد المسلط وقيمة الانفعال تتناسب طردياً مع مقدار الإجهاد المسلط .

الانفعال اللدن :- هو انفعال ثابت غير عكسي يحدث للمادة نتيجة الإجهاد المسلط بعد حد المرونة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

وتعرف النسبة بين الإجهاد المسلط على الانفعال المرن الناتج على مادة معرضة للإجهاد بمعامل المرونة ويرمز له بـ(**E**) ويقاس بوحدة الباسكال (Pa) .(3)

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

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

أما سرعة السحب أو الشد فتؤثر على قوة الشد والاستطالة تأثيراً كبيراً .حيث عند زيادة سرعة السحب فأن مقاومة الشد (Tensile Strength) سوف تزداد والاستطالة تقل إلى درجة تؤدي إلى التمزق الهش (Brittle Fraction) ويعود سبب ذلك إلى أنه عند السرع العالية للشد لا يفسح الوقت الكافي للجزيئات أو سلاسل البوليمر للتخلص من الطاقة المصروفة عليها كإجهاد مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة عند نقطة معينة وبالتالي حدوث تمزق واضح أو هش عند هذه النقطة ولكن عند سرعة الشد البطيئة يكون هنالك وقت كافٍ لسلاسل البوليمر أن تستنفذ الطاقة المصروفة على هيئة حرارة تنتشر على مساحة اكبر من النموذج وبذلك يؤدي إلى انخفاض قوة الشد وزيادة الاستطالة .

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على منحنى الإجهاد -الانفعال هي فيما يتعلق بتركيب البوليمر مثل الوزن الجزيئي للبوليمر ودرجة التشابك – Cross Linking) ..... الخ .

حيث عند زيادة الوزن الجزيئي للبوليمر فأن قوة الشد تزداد غير أن هذه الزيادة تبلغ نهاية عظمى بعدها يكون لزيادة الوزن الجزئي تأثير طفيف على قوة الشد أما درجة التشابك فتؤثر تأثيراً واضحا على منحنى الإجهاد -الانفعال حيث عند زيادة درجة التشابك فأن قوة الشد سوف تزداد والاستطالة تقل والعكس صحيح (4) .

وهناك نوع آخر من الإجهاد هو إجهاد القص (Shear Stress) حيث يمكن إيجاد معامل اخرمنه وهو معامل الجساءة الذي يعرف على أنه النسبة بين إجهاد القص(t) إلى انفعال القص (**y**) .

$$G=t/y \quad \ldots\ldots (3)$$

أن نسبة التغير في الطول إلى التغير في مساحة المقطع في البوليمرات التي لا تعاني خضوعا مقدار ثابت يعرف بنسبة بوزن (Poisson's Ratio) تتراوح قيمتها (0.2 -0.5) وبالنسبة إلى الراتنجات .

$$PR = \frac{\text{lateral strain}}{\text{longitudinal strain}} = n \quad \ldots (4)$$

وهنالك علاقة رياضية تربط ما بين G, E, n (2)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad \ldots\ldots (5)$$

ومن الجدير بالذكر أن معاملات المرونة في الراتنجات المدعمة بالألياف تتغير مع الاتجاه الذي يمكن أن يكون فيه ترتيب الألياف داخل الراتنج (4).

ولحساب قيم معاملات المرونة (***E***) لجميع النماذج المهيأة لهذا الغرض يتم استخدام العلاقتين الآتيتين:

$$\boldsymbol{I} = \frac{\boldsymbol{BD^3}}{\boldsymbol{12}} \quad \ldots\ldots (6)$$

حيث ***I***: عزم الانحناء الهندسي .
D: عرض النموذج.
B: سمك النموذج .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$E = \left(\frac{Mass}{Deflecation}\right)\left(\frac{gL^3}{48I}\right) \quad \text{.... (7)}$$

حيث إن (Mass/Deflection) يمثل الميل (Slope) المحسوب من الأشكال المذكورة سابقا.

g: التعجيل الأرضي .

L: طول النموذج.

2. الجزء العملي:

استخدم في هذا البحث راتنجات الفينول – فورمالديهايد نوع نوفولاك وراتنجات الايبوكسي كمادة أساس حيث خلطت المادتين البوليمريتين لتكوين خليط بوليمري Polymer Blend إما مواد التقوية المستخدمة فتم استخدام مسحوق الالومينا ومسحوق السيليكا وألياف بالإضافة إلى ألياف الاسبيستوس. الاسبيستوس المستخدم في البحث من نوع (Chrysotile) على شكل ألياف غير مستمرة أشبه بالشعيرات (Discontinuous Fibbers – Whiskers) ويعرف أيضا بالاسبستوس الأبيض (white asbestos) والذي يوجد في بعض أنواع الصخور ويمتاز بمقاومته العالية للحرارة وقيمة كثافته 2.4 g/cm^3 (13).

الجداول (1,2, 3, 4) توضح قيم بعض الخصائص العامة للمواد الأساس ومواد التقوية المستخدمة ونقاوتها.

تم تحضير العينات الهجينة باستخدام طريقة القولبة اليدوية وحسب الخطوات الآتية :

1 – يتم إذابة النوفولاك الصلب باستخدام كحول المثيل وبنسبة وزن 0.5 وزن النوفولاك مع العلم إن كثافة النوفولاك (0.91 g/cm^3).

2 – يتم تصليد النوفولاك السائل باستخدام مادة مصلدة وهي هيكسا مثيلين تترا امين HMTA وبنسبة (11- 13)% من النوفولاك .

3 – الايبوكسي السائل يتم تصليده باستخدام مادة مصلدة من مادة ميثا فاينيلين داي امين (MPDA) وبمقدار 33% من وزن الايبوكسي .

4 – الخليط في الخطوة (2) يتم خلطه مع الخليط في الخطوة (3) وبمقدار 80% (Novolac + 20% Epoxy)وذلك لتكوين خليط بوليمري (شبكة بوليمرية متداخلة Interpentrating polymer network – IPN) .

5 – الخليط البوليمري في الخطوة (4) يتم تقويته بأنواع مختلفة من مواد التقوية (الالومينا,السيليكا والاسبيستوس) وبكسرين حجمين (40%,30%) .

6 – ستة مواد متراكبة هجينة تم تحضيرها وهي :

H_1 = Blend + [Al_2O_3 + AS] (30) %

H_2 = Blend + [SiO_2 + AS] (30) %

H_3 = Blend + [Al_2O_3 + SiO_2+ AS] (30) %

H_4 = Blend + [Al_2O_3 + AS] (40) %

H_5 = Blend + [SiO_2 + AS] (40) %

H_6 = Blend + [Al_2O_3 + SiO_2+ AS] (40) %

7 – يتم تقطيع القوالب للحصول على عينات اختبار الانحناء والتي تكون بهيئة متوازي المستطيلات وبسمك يتراوح بين (3.5-3)mm وعرض 10mm بحيث يتم الحفاظ على نسبة الطول إلى السمك (1/32) حسب المواصفات القياسية العالمية (ASTM) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

8- يتم إجراء اختبار الانحناء لغرض حساب معامل المرونة ولجميع النماذج الهجينة باستخدام الجهاز المبين بالشكل (8) والذي تثبت فيه العينة من طرفيها على مرتكزين وتعليق الكتلة (Mass) بصورة تدريجية على الحامل المثبت عند منتصف العينة مما يسبب انحنائها تدريجيا ومن خلال مؤشر مقياس الانحراف يمكن قراءة مقدار الانحراف (Deflection) الحاصل في العينة ذات الإبعاد المعلومة علما إن جهاز اختبار الانحناء مصنع من شركة Phywe الألمانية .
تم غمر العينات المحضرة لاختبار الانحناء في محاليل كيمائية مختلفة هي حامض النتريك وقاعدة هيدروكسيد الصوديوم وملح كاربونات الصوديوم مع العلم إن المحاليل كانت بنفس التركيز (1N) كما تم غمر العينات كافة في فترات زمنية مختلفة

(90,60,30) يوم وذلك لتوضيح زمن غمر العينات على قيم معامل المرونة للنماذج كافة .

3.النتائج والمناقشة:

تم إجراء اختبار الانحناء في درجات حرارية مختلفة وتم تسجيل قيم معامل المرونة (E) مع التغير في درجات الحرارة وهذا موضح في الشكل (1) إما الإشكال (2), (3), (4),(5), (6), (7) فتمثل مقدار التغير الحاصل في قيم معامل المرونة لعينات هجينة مغمورة في المحاليل الكيمائية المختلفة وفي فترات زمنية مختلفة ومن الإشكال السابقة الذكر يمكن استنتاج إن قيم معامل المرونة تقل ولجميع النماذج مع الزيادة في درجة الحرارة ومع الزيادة في فترة غمر العينات في المحاليل الكيمائية المختلفة.
تتميز المواد المتراكبة عن غيرها من المواد بأنها تحتوي على ثلاث مناطق تتمثل بمنطقة المادة الأساس Matrix Regionومنطقة الدقائق أو مادة التسليح Reinforced Regionوالمنطقة البينية Interface Regionوتتغير الخواص الميكانيكية للمتراكبات على تأثير كل منطقة في المنطقة الأخرى وهذا ما بينه الباحثون (5).
إذ عُدت هذه المناطق هي مناطق لانتقال الإجهاد. فمواد التقوية في المتراكبات 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 للمادة أو ما يعرف أحيانا Hookean (Behavior) (6).

ويلاحظ من الإشكال السابقة الذكر 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) وعلى ضوء نتائج هذا
الاختبار نرى أن المادة المتراكبة المقواة بخليط من الالومينا والسيليكا (H_6,H_3) كانت ذات قيم معاملات مرونة أعلى من قيم معامل مرونة المواد المتراكبة الهجينة الأخرى وهذا يعني إن الانحراف قد انخفضت قيمته في المواد المتراكبة (H_6,H_3) مقارنة بالمواد المتراكبة الهجينة الأخرى وذلك يعود إلى عملية التجانس الحاصلة ما بين مواد التقوية . فعند تسليط الإجهاد على المادة المتراكبة سوف يتوزع الإجهاد على كل من المادة الأساس ومواد التسليح المتمثلة بالدقائق بالإضافة إلى قيم معامل المرونة العالي للالومينا والتي تصل إلى 400GPa تقريبا (7) .
ولكون المواد الراتنجية مواد ذات طبيعة لدائنية أي إنها تبدي معدلات انفعال عالية تحت تأثير إجهادات الانحناء لذلك فأن عملية إضافة الدقائق للمادة الأساس (راتنجية) والتي هي عبارة عن خليط

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بوليمري من النوفولاك والايبوكسي يحسن قيم معامل المرونة لها أي إن قيم معامل مرونة للمادة المتراكبة أعلى من قيم معامل المرونة للمادة الراتنجية . ونظراً لكون المادتين المتراكبتين (H_6,H_3) أعطت قيم معامل مرونة مقارنة بالمواد المتراكبة الأخرى وذلك لكون المادتين (H_6,H_3)تحويان خليط من الالومينا والسيليكا وهذا الخليط سوف يعمل على زيادة خاصية التجانس والتي لها تأثير كبير على خاصية المرونة . لذلك فان خليط الالومينا والسيليكا المتجانس يعطي قيم معامل مرونة عالية عندما تتواجد في المادة المتراكبة ويعود ذلك إلى إن الدقائق سوف تتوزع بصورة ممتدة على طول العينة وبالاتجاه المستعرض الذي يعمل على منع التشوه في المادة الأساس (8).

ولقد اثبت العديد من الباحثين (9) إن العينات المقواة بخليط متجانس من الدقائق تعطي معامل مرونة أعلى من العينات المقواة بنفس الدقائق ولكن بصورة منفردة ويعزى ذلك إلى تأثير الحافات الحرة (Free Edges) التي تؤدي إلى تمركز الإجهادات عند الحافات وبالتالي نشوء شقوق أولية تؤدي إلى توهين العينة نسبة إلى إجهادات القص بين الطبقات ولوحظ إن اقل معامل مرونة كانت لنماذج العينة الهجينة (H_4,H_1) ويعود سبب ذلك إلى وجود دقائق الالومينا التي تمنع التشوه في المادة الأساس والموزعة في جميع الاتجاهات ولكن قيمتها لم تتعدّ القيم في الحالة الأولى لعدم استمرارية الدقائق على طول العينة وبالاتجاه المستعرض .

وكذلك يلاحظ من الشكل (1) مع ارتفاع درجة سوف يؤدي إلى انحدار في قيم معامل المرونة ويعزى سبب ذلك إلى زيادة الطاقة الحركية للجزيئات في السلسلة البوليمرية مع ارتفاع درجة الحرارة للفحص مما يؤدي إلى ضعف في قوى الترابط بين السلاسل الجزئية للمادة الأساس مصحوبة بمعدلات انفعال كبيرة نسبيا تقود إلى انخفاض قيم معامل المرونة بعد إن تصبح المادة الأساس لينة (10) .

في حين عند انخفاض درجة الحرارة تزداد قيم معامل المرونة بسبب حدوث حالة الشد في الروابط الموجودة بين السلاسل الجزئية مما يؤدي إلى تقيد حركتها بحيث تصبح المادة صلدة وذات معدلات انفعال واطئة مما يزيد من معامل مرونتها (10) .

ولوحظ إن قيمة معامل المرونة قد قلت مع ارتفاع درجة الحرارة ويعزى ذلك إلى إن المادة الأساس قد بدأت بالتحول إلى حالة الانتقال الزجاجي إضافة إلى وجود الفجوات في المواد المتراكبة والتي تحوي على الغازات المحصورة فيها والتي تتمدد عند زيادة درجة الحرارة مؤدية بذلك إلى تكوين اجهادات داخلية تقلل من جساءة المادة إضافة إلى الاختلاف في قيمة معامل التمدد الحراري للمادة الأساس والدقائق يؤدي إلى خلق اجهادات تقلل من جساءة المادة (10).

بالنسبة إلى تأثير المحاليل الكيمائية على قيم معامل المرونة , من المعروف إن هناك بوليمرات ومواد متراكبة تمتلك مقاومة عالية للتأثيرات الكيمائية بالمقابل هناك مواد متراكبة ذات أساس بوليمري تكون عرضة للتصدع (Crazing) والتلين (Soften) والانتفاخ (Swelling) أو أنها تذوب بصورة كاملة في بعض الأنواع (11).

ولقد أظهرت النتائج تغيرا في قيم معامل المرونة وذلك بعد الغمر في المحاليل الكيمائية بحيث قلت قيم معامل المرونة ولجميع النماذج وكما هو موضح في الإشكال السابقة الذكر ويعود سبب ذلك إلى إن المحاليل المنتشرة داخل الفجوات المايكروية (Micro Cavities) سوف تقلل من طاقة المرونة (Elastic Energy)للمادة المتراكبة الهجينة وبذلك تقل قيم معاملات المرونة . إضافة إلى

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تأثير سطح البيني حيث عند امتصاص المحلول من قبل المادة سوف تحصل عملية تمزق جزئي للأواصر مكونة فجوات إضافية مملؤة بالمحاليل الكيمائية والذي يزيد من لدونة المادة ومن ثم يقلل معاملات المرونة (12). إضافة إلى حصول عملية الانكماش (Shrinkage) والتشبع غير الكافي ما بين المادة
الأساس ومواد التسليح إثناء عملية التصنيع بحيث تنشأ شقوق صغيرة على سطح المادة والفجوات تظهر في المادة الأساس فعندما تتعرض المادة إلى المحاليل الكيمائية سوف تنتشر في المادة الأساس وخصوصا في الفجوات التي تكونت إثناء مرحلة القولبة وبذلك ينتج عنها عمليات الامتصاص والتفاعل الكيمائي واللدونة وفي النهاية انحلال المادة المتراكبة ونقصان في قيم معامل المرونة عند
الغمر في المحاليل الكيمائية وفي فترات زمنية طويلة (13) .

4. الاستنتاجات

1 – قلت قيم معامل المرونة ولجميع النماذج مع ارتفاع درجات الحرارة ونفس الشئ للمحاليل الكيمائية وهذا يدل على التأثير السلبي للحرارة والمحاليل الكيمائية على قيم معامل المرونة .

2 – أعطت العينات التي تحوي على خيط من الالومينا والسيليكا(H_6,H_3) أعلى قيم معامل مرونة مقارنة مع باقي النماذج وذلك يعود لعملية التجانس الحاصلة ما بين مكونات مواد التقوية .

3 – أعطت العينات التي تحوي على دقائق السيليكا فقط قيم معامل مرونة اعلى من العينات التي تحوي على دقائق الالومينا فقط.

المصادر:

علي حسن رسن ،" دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمواد متراكبة هجينة"، رسالة ماجستير،قسم العلوم التطبيقية - الجامعة التكنولوجية،(2002).

[2]NIIR Board," Polymers and Plastics Technology Handbook" Publisher: Asia Pacific Business Press Inc., 2006..

[3]Mahuya Das, Anindya Pal, Debabrata Chakraborty" Effects of mercerization of bamboo strips on mechanical properties of unidirectional bamboo-novolac composites ", J Appl Polym. Sic. 100:238-244, 2006.

[4] Systems for Pultrusion" American Composites Manufacturers Association. October 6-8, 2004. Exposure on the Mechanical and Bonding Properties of Hybrid FRP Reinforcing Bars for Concrete Structures **",**Journal of Composite Materials, 2005**,**.

[5]H. W. C. Yib and, J .B. Shortall,"J.of Adhesion", Vol.8, No.2, P.P. (155-169), (1976).

[6]Ing-Nan Jan, Tzong-Ming Lee,Kuo-Chan Chiou,and Jiang-Jen Lin" Comparisons of Physical Properties of Intercalatedand Exfoliated Clay/Epoxy Nanocomposites", American Chemical Society, 44, 2086 - 2090, 2005.

[7]H.Unal, "Influence of Filler Addition on the Mechanical Properties of Nylon-6 Polymer ",Journal of Reinforced Plastics and Composites, 23, 5, 461-469 ,2004.

[8]Work W.J., Horie K. & Hess M.," Polymer Blends Definitions", International union of pure & applied chemistry, October (2004).

[9] نداء عبد الزهرة العلاق،" دراسة متراكبات الايبوكسي المدعمة بالألياف والكريات الزجاجية"، رسالة ماجستير،قسم العلوم التطبيقية - الجامعة التكنولوجية،(2000).

[10]Abdullah Al Kafi, M Z Abedin, M D Beg, K L Pickering, Mubabak Khan**,** "Study on the Mechanical

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Properties of Jute/Glass Fiber-reinforced Unsaturated Polyester Hybrid Composites: Effect of Surface Modification by Ultraviolet Radiation "Journal of Reinforced Plastics and Composites 2006,

[11]Jong-Pil Won, Chan-Gi Park , "Effect of Environmental

[12] Yaping Zheng, "Study of SiO_2 Nanoparticles on the Improved Performance of Epoxy and Fiber Composites ", Journal of Reinforced Plastics and Composites, 24, 3, 223-233, 2005.

[13]R. P. Swamy ,G. C. Mohan Kumar ,Y. Vrushabhendrappa, "Study of Areca-Reinforced Phenol Formaldehyde Composites ", Journal of Reinforced Plastic and Composites, 23, 13, 1373-1382, 2004.

[14] 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

[15] H .H.Thanon, "Investigation of Physical and thermal Properties for Novolac Hybrid Composites", PhD thesis, Applied Science Department, University of Technology, (2006).

جدول (1) يوضح الخصائص العامة لمادة راتنجات الفينول (14) .

properties	Unit	Values
Tensile Strength	MPa	48.3
Tensile Modulus	MPa	8276
Flexural Modulus	MPa	7042
Specific gravity	---------	1.40
Elongation at break	%	1
Impact Strength	J/m	16.5
Water absorption	%	0.50
Resistivity	Ohm.m	109-1013
Dielectric Strength	Kv/mm	8.87
Dielectric Constant	106 Hz	5.5

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (2) يوضح بعض الخصائص الميكانيكية , الحرارية , والكهربائية لراتنجات الايبوكسي (14 – 15)

Mechanical	Unit of measure	
Mixed Viscosity	Poise	1.0
Density	gm/cm^3	1.12
Tensile Strength	N/mm^2	26.0
Flexural Strength	N/mm^2	63.0
Elastic Modulus	GPa	16
Young Modulus	GPa	3.4
Compressive Strength	N/mm^2	70.0
Thermal	Unit of measure	
Thermal Expansivity	$10^{-6}K^{-1}$	60
Thermal Conductivity	W/m.K	0.1
Specific Heat	J/Kg.K	1050
Electrical	Unit of measure	
Electric Resistance	Ohm	High

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (3) يوضح بعض الخصائص الميكانيكية , الحرارية , والكهربائية لمادة الالومينا النقية (14) .

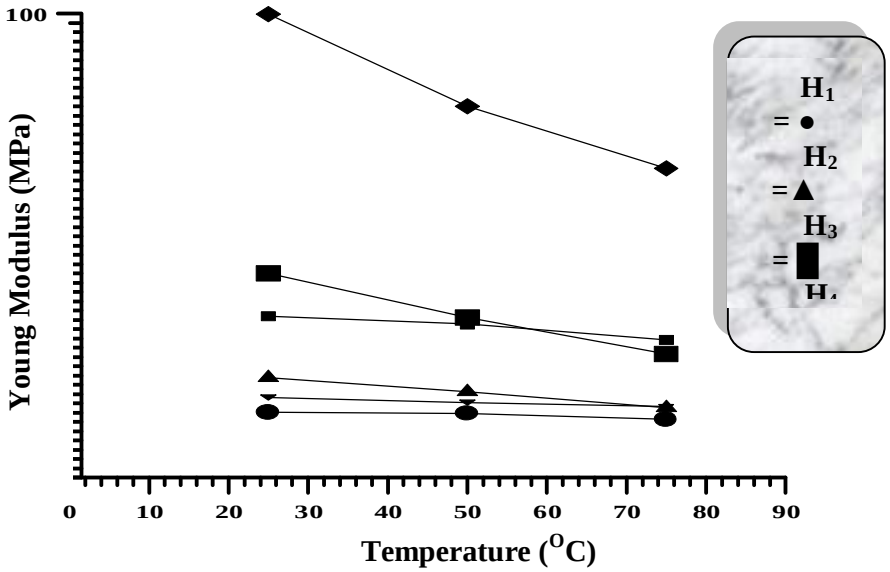
99.5 % Alumina (Al_2O_3)		
Mechanical	Unit of measure	SI
Density	gm/cm^3	3.89
Porosity	%(%)	0
Flexural Strength	MPa	379
Elastic Modulus	GPa	375
Shear Modulus	GPa	152
Bulk Modulus	GPa	228
Piossons Ratio	----------	
Compressive Strength	MPa	2600
Hardness	Kg/mm^2	1440
Fracture Toughness	MPa $m^{0.5}$	4
Max Use Temp	^0C	1750
Thermal	Unit of measure	
Thermal Conductivity	W/m.K	35
Thermal Coeffiecient	$10^{-6}/^0C$	8.4
Specific Heat	J/Kg.K	880
Electrical	Unit of measure	
Dielectric Strength	Ac – Kv/mm	16.9
Dielectric Constant	@ 1 MHz	9.8

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

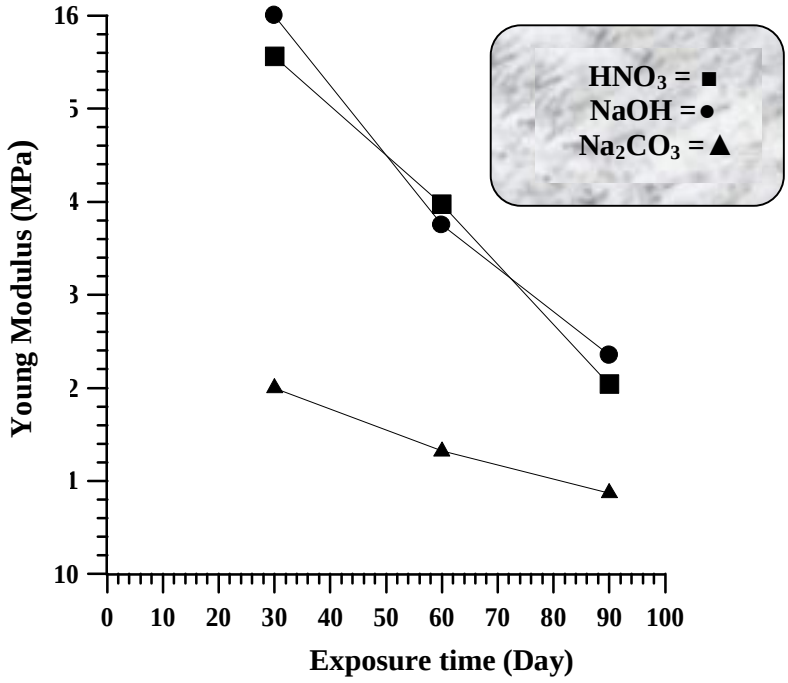
جدول (4) يوضح أطوار السيليكا والوزن النوعي لكل طور ودرجة الحرارة التي يتحول فيها الطور من شكل إلى شكل أخر(15).

Form	S.G	Temp(^{O}C)	To	S.G	C.E
α-Quartz	2.65	573	ß $_1$-Quartz	2.60	2.4
α -Tridmite	2.32	117	ß $_1$-Tridmite	2.32	0
ß-Tridmite	2.32	163	ß $_2$-Tridmite	2.32	0
α -Cristobalite	2.32	220	ß -Cristobalite	2.21	5.6
ß $_1$-Quartz	2.60	870	Tridmite	2.32	12.7
ß $_2$-Tridmite	2.32	1470	Cristobalite	2.21	5
ß $_1$-Cristobalite	2.21	1128	Vitreous silica	2.21	0
α-Quartz	2.65	-----	Vitreous silica	2.21	20
ß $_1$-Quartz	2.60	-----	Vitreous silica	2.21	17.6
ß $_1$-Tridmite	----	-----	Vitreous silica	2.21	5
Quartz	-----	1470	Liquid silica	-----	-----
Tridmite	-----	1670	Liquid silica	-----	------
Cristobalite	-----	1710	Liquid silica	------	-----
α-Quartz	2.65	------	α -Tridmite	2.32	14.2
α-Quartz	2.65	-------	α -Cristobalite	2.32	14.2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

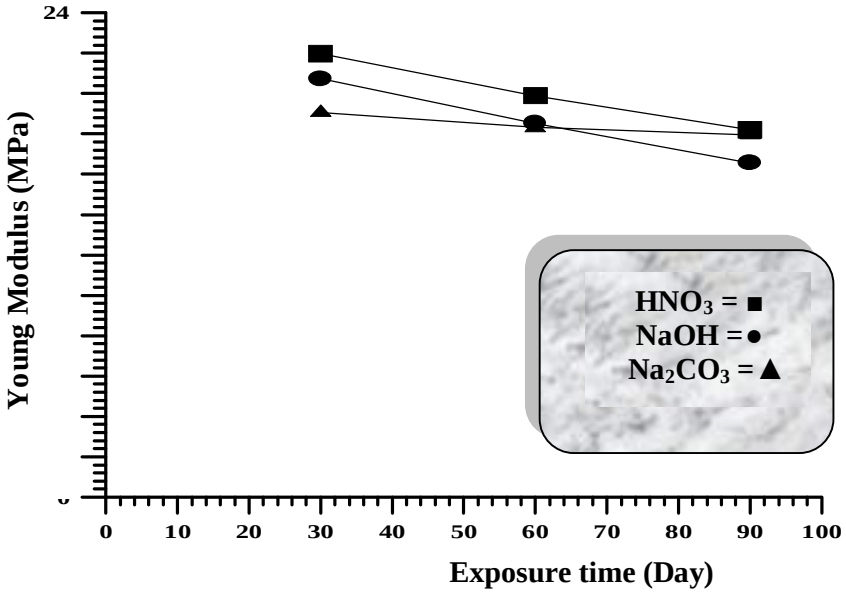


الشكل (1) يوضح العلاقة بين التغير في قيم معامل المرونة مع التغير في درجات الحرارة لجميع المواد المتراكبة هجينة المحضرة .

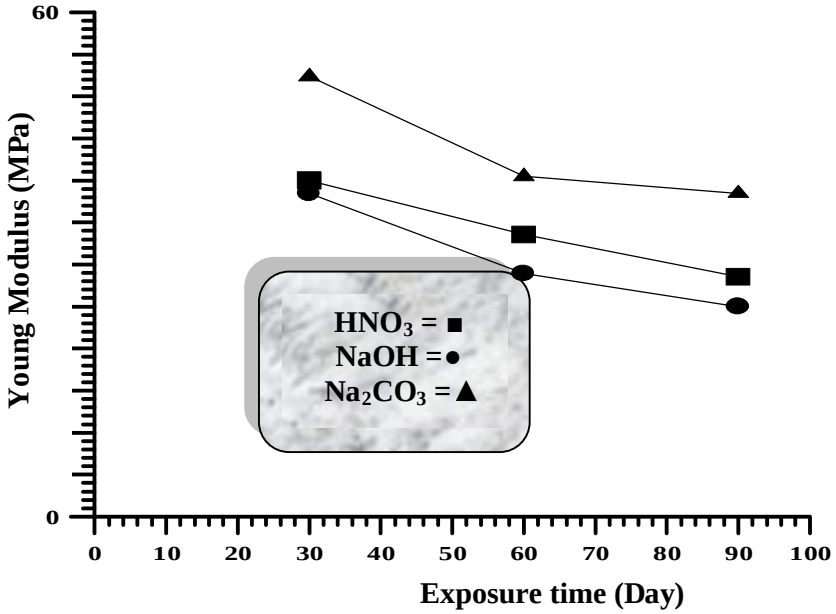


الشكل (2) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_1) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

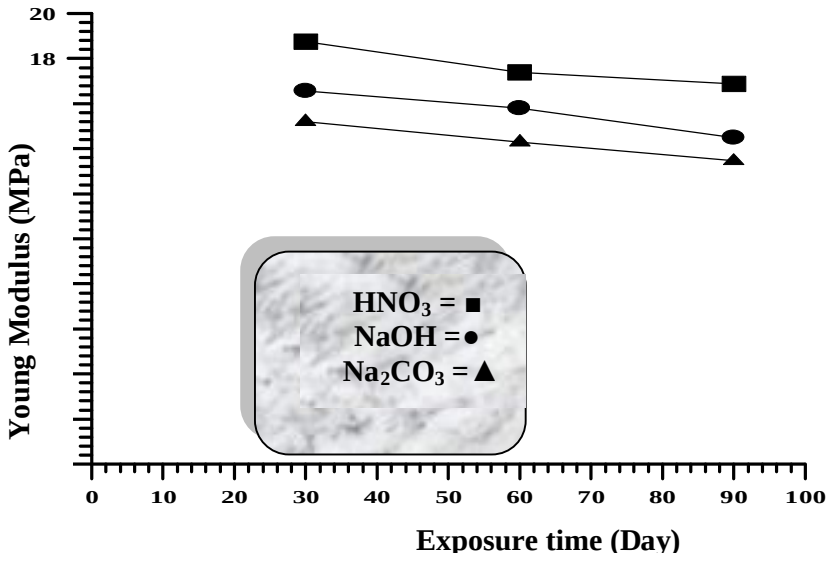


الشكل (3) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_2) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .

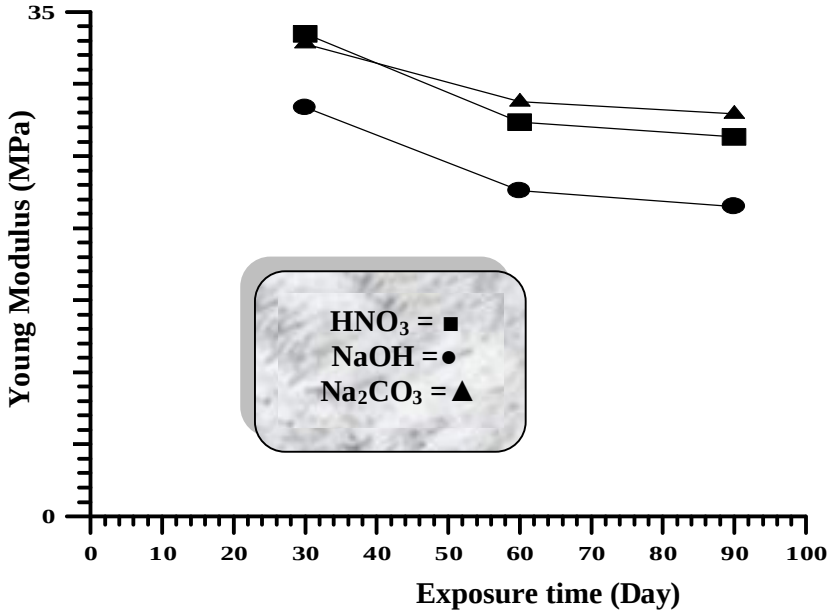


الشكل (4) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_3) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

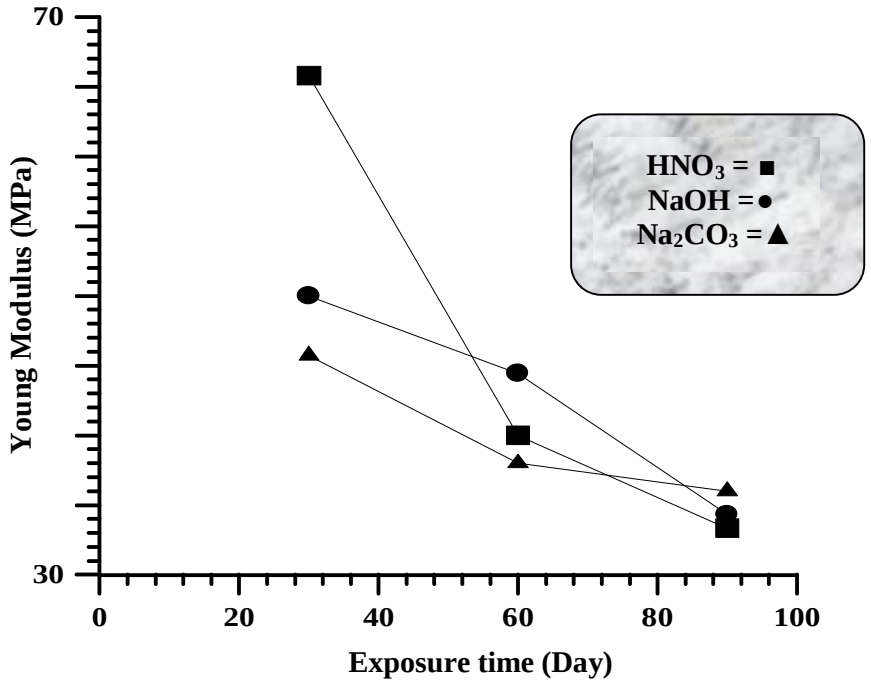


الشكل (5) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_4) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .

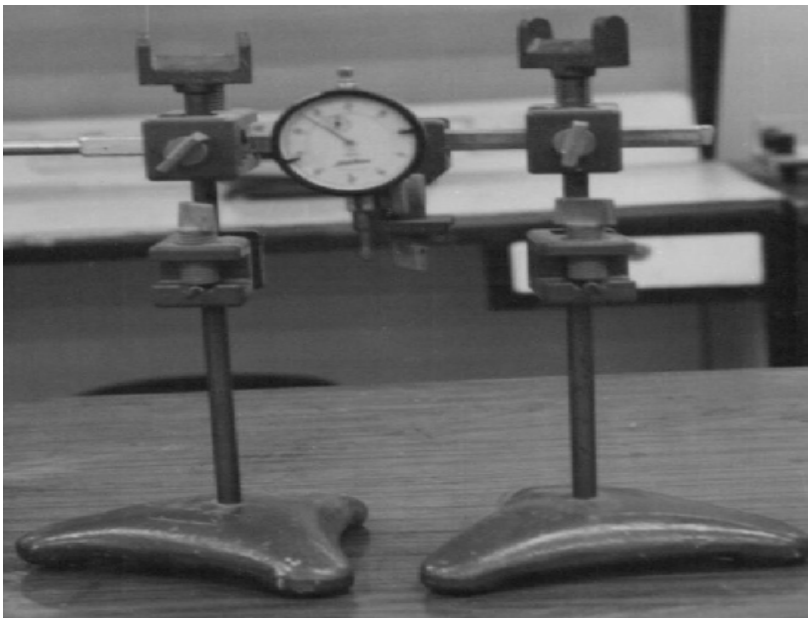


الشكل (6) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_6) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (7) يوضح التغير في قيم معامل المرونة لمادة متراكبة هجينة (H_7) مغمورة في محاليل كيميائية مختلفة وفق أزمان غمر مختلفة .



الشكل (8) يبين الجهاز المستخدم في اختبار الانحناء.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com