

## Study the Effect of Coupling Agents (Polyvinyl alcohol) and (Lignin) on Mechanical Properties for Polymer Composite Materials

**Dr. Balkees Mohammed Diaa**

Applied Sciences Department, University of Technology\Baghdad.

**Hassan Talal Jaafar Al-Kadimey**

Applied Sciences Department, University of Technology\Baghdad.

Email:hassantalal9999@yahoo.com.

Received on:8/11/2015 & Accepted on:4/2/2016

### ABSTRACT:

In this research study the mechanical properties of (Impact, Hardness and Surface roughness) for PMCs materials that used for (Load-bearing structure, Sandwich panels , radio controlled vehicles, sporting goods ...etc.), the PMCs materials made from epoxy resin (Polyp rime-EP) type as matrix and a random glass fiber (E-type) as a reinforcement with volume fraction (20%) by Hand-Lay up process after addition of coupling agent (Polyvinyl alcohol (PVA)) with percent of (0.5%) for first sample and addition of coupling agent (Lignin (Lg)) with percent of (0.5%) for second sample but third sample was polymer composite material without addition of coupling agent for comparing with others, and we noticed an enhancement in mechanical properties for polymer composite material after addition of coupling agent. Either when immersion the three samples in solutions, first solution was water (H<sub>2</sub>O) and the second solution nitric acid (HNO<sub>3</sub>) diluted with concentration (0.1N), for seven weeks to each solution, mechanical properties were tested for samples every week, showed decreasing in values of mechanical properties, the polymer composite materials that contains coupling agents expressed more resistance than polymer composite material untreated with coupling agent. And the material that contains coupling agent after immersion in water showed much higher resistance to mechanical properties than immersion in diluted nitric acid.

**Keywords:** (Coupling agents ; Lignin (Lg); Polyvinyl alcohol (PVA) ; Impact ; Hardness ; Surface Roughness ); Polymer Matrix Composite (PMCs).

### دراسة تأثير عوامل الربط (بولي فينيل الكحول) و (اللجنين) على الخصائص الميكانيكية لمواد بوليمرية متراكبة

الخلاصة:

تم في هذا البحث دراسة الخصائص الميكانيكية (الصدمة والصلادة وخشونة السطح) لمواد بوليمرية متراكبة والمستخدمه في (هياكل الاسناد والسقوف الثانوية والمحركات الموجهه ببلاسيكي (الراديوي) و الادوات الرياضيه... الخ) ، المواد البوليمرية متراكبة محضرة من راتنج الأيبوكسي نوع (Polyprime-EP) كمادة أساس وألياف الزجاج العشوائية نوع (E-Glass) كمادة مدعمة وبكسر حجمي ( $V_{\text{fiber}} = 20\%$ ) بطريقة القلوبة اليدوية بعد اضافة عامل الربط بولي فينيل الكحول (PVA) وبنسبة وزنية (0.5%) للنموذج الاول وأضافة عامل الربط اللجنين (Lg) وبنسبة وزنية (0.5%) للنموذج الثاني اما النموذج الثالث فكانت مادة بوليمرية متراكبة بدون اضافة عامل الربط لغرض اجراء المقارنة ، وقد لاحظنا هنالك تحسناً في الخصائص الميكانيكية للمادة البوليمرية المتراكبة بعد اضافة عامل الربط. اما عند غمر النماذج الثلاثة في المحاليل، المحلول الاول الماء (H<sub>2</sub>O) والمحلول الثاني حامض النتريك (HNO<sub>3</sub>) المخفف بتركيز (0.1N) ، ولمدة سبعة أسابيع لكل محلول ، حيث تم فحص الخصائص الميكانيكية للنماذج كل اسبوع ، تبين هنالك انخفاض في قيم الخصائص الميكانيكية، حيث ابدت المواد البوليمرية المتراكبة التي تحتوي على عوامل الربط مقاومة اعلى من المادة البوليمرية المتراكبة الغير معاملة بعامل الربط. واطهرت المادة التي تحتوي على عامل الربط بعد الغمر بالماء مقاومه اعلى للخصائص الميكانيكية من بعد الغمر بحامض النتريك المخفف.

**المقدمة :**

أن عامل الربط هو عبارة عن مادة كيميائية له القدرة على التفاعل مع كل من المادة المدعمة والمادة الاساس (الراتنج) للمادة المتراكبة ، وأن عامل الربط يكون دوره أو مكانه بالسطوح ما بين الراتنج والمادة المدعمة لتشكيل بذلك جسوراً كيميائية بينهما ، وأيضاً يمكن أن يربط مواد الاضافة او مواد التقوية المائتات (Fillers) الغير عضوية أو الألياف مع الراتنجات العضوية لتشكيل أو تعزز بذلك المادة المتراكبة بقوى ربط أقوى للسطوح ، بالإضافة الى منع التكتل ، ويحسن من توزيع المادة المدعمة على المادة الاساس وبذلك فإن عامل الربط يحتوي على العديد من الوظائف ويمكن أن يطبق من محلول أو من طور غازي (على شكل غاز) للمادة المدعمة لتضاف على المادة الأساس (الراتنج) أو قد تطبق لكليهما. [1]

ان المواد المتراكبة هي مزيج فيزيائي ماكروسكوبي (Macroscopic) بين مادتين أو أكثر من المواد التركيبية ، إحدهما تسمى بطور التدعيم (Reinforcement Phase) ، وتكون بشكل ألياف ، أو دقائق ، أو صفائح ، وتكون مطبورة في مادة أخرى تسمى المادة الأساس ( Matrix ) . وتعطي خصائص مختلفة متميزة عن تلك المواد الفردية للمركب [2].

إن مادة التسليح في المادة الأساس قد تكون معدناً ، أو سيراميكاً ، أو بوليمراً لذا فإن مواد التدعيم تكون قوية وذات كثافة واطئة ، بينما المادة الأساس تكون عادة مطيلية ومثينة ، فالمواد المتراكبة إذاً ستجمع قوة مادة التدعيم مع متانة المادة الأساس ، ومنها نحصل على مزيج من الخواص المناسبة وغير المتوفرة في أي مادة أخرى. وإن منافسة المواد البوليمرية المتراكبة للمواد الأخرى تعتمد على خواصها الميكانيكية المرغوبة لكونها رخيصة نسبياً وتمتلك قوة ومرونة عاليتين إضافة الى سهولة تصنيعها. وتعتمد الخواص الميكانيكية للمواد المتراكبة على عدة عوامل تتضمن الخواص النوعية للمادة الأساس وطور التدعيم ، وخاصة الكسر الحجمي ، وقوة الترابط بين الطورين [3].

أن الخواص الميكانيكية تميز المواد عن بعضها عند تسليط قوة على المادة ، عادة تتعلق بالسلوك المرن واللدن للمادة. ومن هذه الاختبارات هي [4] :-

**الصدمة :**

يعتبر اختبار الصدمة من الطرق التي تعطي علاقة واضحة عن متانة المادة ومقاومتها للكسر تحت تأثير اجهادات بسرور عالية. حيث يعرف الكسر بأنه انفصال الجسم الى قسمين او عدة اقسام بسبب تأثير قوى طبيعية خارجية ويتولد عن الانفصال سطوح جديدة [5] . اختبار الصدمة هو من نوع چاربي (Charpy Test) حيث في هذا الاختبار يتم وضع العينة أفقياً وتضرب في وسطها بواسطة المطرقة وعلى وزن بمقدار (5 Joules) . وتحسب الصدمة من العلاقة الآتية [6]:

$$I.S = U/A \quad (*)$$

حيث ان :

$$I.S = \text{متانة الصدمة وتقاس بـ } (KJ/m^2).$$

$$U = \text{طاقة الكسر } (KJ).$$

$$A = \text{مساحة المقطع } (m^2).$$

**الصلادة :**

تعرف الصلادة عادة بأنها مقاومة السطح للغرز (Indentation) ولكنها في نفس الوقت تعطي فكرة جيدة جداً ونسبية عن متانة وتماسك كتلة المادة أيضاً، وذلك باستعمال أحمال صغيرة، وهو اختبار لا إتلافي (Nondestructive). والجهاز المستخدم هو شور (Shore-D) ويستعمل للبلاستك الصلد (Harder) ، وأيضاً من أسباب الأفضلية لأختبار الصلادة هو سهولة الاختبار [7].

**خشونة السطح :**

ومن مزايا هذا الأختبار هو أختبار لا إتلافي (Nondestructive) ويمكن حمل الجهاز بسهولة ، حيث أثبتت هذه النماذج قيمتها في الأستخدام العملي لأختبار جودة نهاية السطح . والتي تخدم بالعمل بها بلمسة واحدة والملاسة بالجهاز مع سطح النموذج لقياس خشونة السطح له على شرط أن تكون هذه المواد مسطحة وقابلة للملاسة مع الجهاز وبخلاف ذلك فإن الجهاز لايعطي قراءة أو قياس لخشونة السطح[8].

## المواد المستخدمة :

- 1-راتنج الأيبوكسي نوع Epoxy (Polyprime-EP) .
- 2-ألياف الزجاج العشوائية نوع Glass Fiber (E-Glass) .
- 3-عامل الربط بولي فينيل الكحول (PVA) Polyvinyl alcohol .
- 4- عامل الربط اللجنين عالي الجودة (Lg) Lignin High-Quality .

## الجزء العملي :

تم استخدام راتنج الأيبوكسي كمادة اساس في المادة البوليمرية المتراكبة من نوع (Polyprime-EP) المصنع في شركة (Henkel Polybit Co.) وهو عبارة عن سائل شفاف متوسط اللزوجة له قابلية التصاق عالية وقليل الأنكماش قابل للمعالجة الى الحالة الصلبة عند تصلبه بإضافة محلول مصلد (Hardener) والمصلد عبارة عن مادة سائلة خفيفة القوام شفافة (عديمة اللون) تضاف بنسب دقيقة معروفة مسبقاً (3:1) (أي كل 3gm من الأيبوكسي يضاف إليه 1gm من المصلد) ويتم الخلط بواسطة قضيب زجاجي (Glass Rod) وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون فقاعات وللوصول الى حالة التجانس والجدول رقم (1) يوضح خصائص المواد المستخدمة.

الجدول رقم (1) : يوضح بعض خصائص المواد المستخدمة في البحث.

Material	Properties
<b>Epoxy Resin (EP)</b>	<b>Density</b> : 1.04 (gm/cm <sup>3</sup> ) <b>Thermal Conductivity</b> : 0.1(W/m.°C) <b>Electrical Resistance</b> : High <b>Shrinkage on Curing</b> : 1% <b>Chemical Resistance</b> : Good in Water, attacked by Strong acids <b>Solid Content</b> : 100%
<b>E-Glass Fiber (GF)</b>	<b>Density</b> : 2.56 (g/cm <sup>3</sup> ) <b>Thermal Conductivity</b> : 0.1(W/m.°C) <b>Elongation at break</b> : 3-4% <b>Diameter (µm)</b> : 5-25 <b>Water absorption</b> : < 0.1% <b>Poisson ratio (ν)</b> : 0.22
<b>Polyvinylalcohol (PVA)</b>	<b>Density</b> : 1.19 to 1.31 g/cm <sup>3</sup> <b>Molecular Weight</b> : Between 26,300 and 30,000 g/mol <b>Color</b> : Colorless White-To-Cream <b>Appearance</b> : Granular Powder like clear hard Sugar <b>Purity</b> : 99.8% by GC <b>Powder Solubility</b> : 80°C.
<b>Lignin Powder (Lg)</b>	<b>Purity</b> : 93% <b>Color and Appearance</b> : Brown Powder <b>Molecular Weight</b> : 10,000-100,000 g/mol <b>Moisture</b> : 4% max <b>Dry matters</b> : >90 <b>Sulphate</b> : 2-5% <b>Lignosulphate content</b> : 60% min

تم تدعيم الراتنج بألياف الزجاج نوع (E-Glass) بكسر حجمي ( $V_{fiber} = 20\%$ ) وبأستخدام تقنية القوالب اليدوية (Hand Lay-Up Process) للمادة البوليمرية المتراكبة. حيث تتم العملية عن طريق تهيئة قالب ذو أبعاد 20x20cm من ثم تجرى له عملية تنظيف دقيقة لتلافي حدوث الخدوش فيه ولتجنب تشوه سطوح العينات ويتبعها عملية تجفيف للقالب. ومن ثم يغطى القالب بطبقة من عازل شفاف من الفايبلون اللاصق على الجدران المحيطة به لكي لايلتصق النموذج الراتنج بقالب الصب بعد تصلبه وسهولة أستخراج المصبوبات منه بعد أكمال عملية التصلب، وبعد أكمال عملية الصب توضع الصفيحة المعدنية الثانية فوق القالب مع وضع أثقال عليها لضغط المصبوبة لضمان خروج جميع الفقاعات منها ثم يترك لمدة 24 ساعة ليتصلب بعدها يتم وضع المصبوبة في فرن للتجفيف بدرجة حرارة 55-60 C<sup>0</sup> لمدة ثلاث ساعات حتى يتم تصلبه بالكامل لغرض أتمام عملية المعالجة وهي مرحلة ضرورية للحصول على افضل تشابك. والشكل رقم (1) يوضح تقنية القوالب اليدوية مع القالب المستخدم.



الشكل رقم (١) : يوضح القالب المستخدم وهو بأبعاد 20x20 cm لأجراء تقنية صب القوالب اليدوية .

**النموذج الأول (PVA) :** تم استخدام عامل الربط الأول Polyvinylalcohol (PVA) وهو عبارة عن مسحوق حبيبي يشبه (السكر الخشن) والمصنع في شركة (Panreac DIDACTIC) في (أسبانيا- برشلونة) ولونه شفاف مائل الى الأبيض أو الكريم ، وهو يعمل كمادة رابطة (عامل ربط – Coupling Agent) بعد ان يتم تذويبه في الماء المقطر فقط عند تسخينه بدرجة حرارة  $80C^{\circ}$  فما فوق وينسب محددة وهي 1gm من PVA لكل 10ml من الماء ، وجرى تقوية وغمر الياف الزجاج بعامل الربط (PVA) المذوب وبنسبة وزنية (0.5%) ولمدة يوم واحد ومن ثم تم صب راتنج الايبوكسي مع الالياف التي تم تقويتها بعامل الربط (PVA) داخل القالب.

**النموذج الثاني (Lg) :** تم استخدام عامل الربط الثاني Lignin Powder High Quality (Lg) وهو عبارة عن مسحوق دقيق وناعم قهوائي اللون (Brown) والمصنع في (الصين) ، قابل للذوبان في الماء، حيث تم إذابة 20gm من Lg في 50ml من الماء ، وجرى تقوية وغمر الياف الزجاج بعامل الربط (Lg) المذوب وبنسبة وزنية (0.5%) ولمدة يوم واحد ومن ثم تم صب راتنج الايبوكسي مع الالياف التي تم تقويتها بعامل الربط (Lg) داخل القالب.

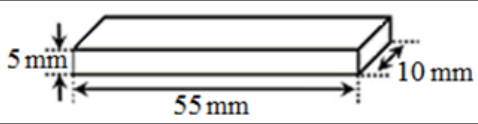
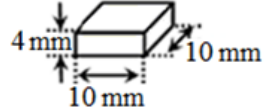
**النموذج الثالث (EP/GF) :** تم استخدام راتنج الايبوكسي وتدعيمه بأستخدام الياف الزجاج (غير مغمورة وخالية من عامل الربط) لغرض اجراء المقارنة بين المادة التي تحتوي على عامل الربط والتي لا تحتوي عليها. وتم أدخل النماذج الثلاثة في الفرن وبدرجة ( $55-60C^{\circ}$ ) لغرض أتمام عملية المعالجة (Post Curing) والتخلص من الفقاعات على السطح ولضمان تجانس الراتنج وأنتشاره ضمن الالياف كما في الشكل رقم (٢) يوضح المواد البوليمرية المترابطة المقولبة بعد اجراء عملية الصب اليدوي والمعالجة.

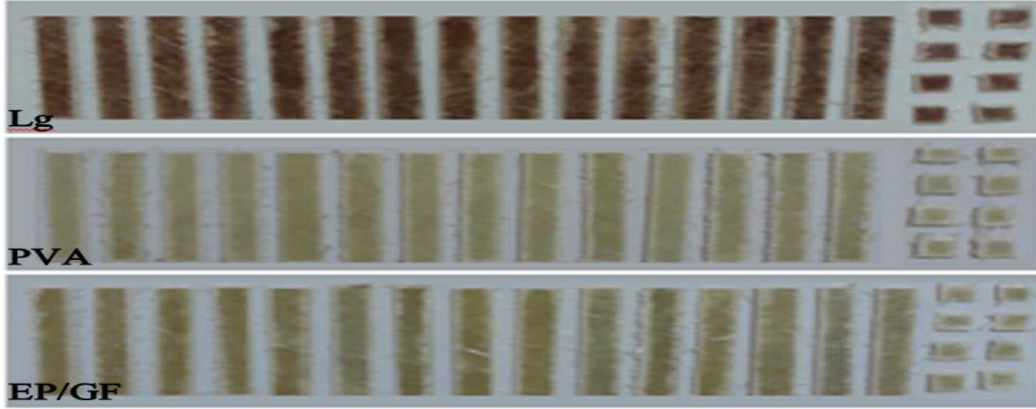


الشكل رقم (٢) : يوضح مقولبات المواد البوليمرية المترابطة بعد اجراء عملية الصب اليدوي والمعالجة

وبعد الانتهاء من عملية الصب والمعالجة يتم تقطيع المصبوبة السابقة حسب المواصفات القياسية. الموضحة في الجدول رقم (٢) الى نماذج الأختبارات المطلوبة وهي الصدمة، الصلادة وخشونة السطح كما في الشكل رقم (٣) .

الجدول رقم (٢) : يوضح أبعاد تقطيع العينات وحسب المواصفات القياسية [9].

Test	Sample Dimensions	Standard Specifications
Impact Test		ISO – 179
Hardness Test		ASTM – D2240

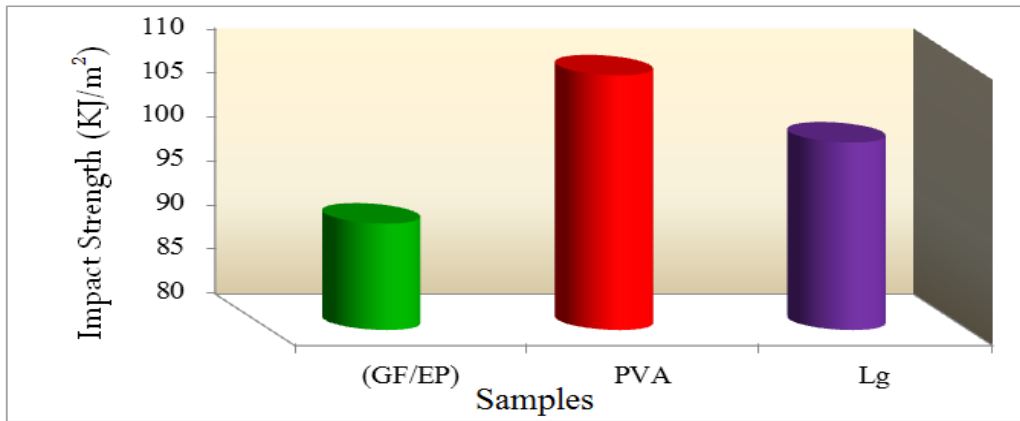


الشكل رقم (٣) : يوضح المواد البوليمرية المتراكبة بعد إجراء عملية التقطيع للنماذج.

تم اختبار النماذج السابقة لعدة فحوصات ميكانيكية وهي الصدمة والصلادة وخشونة السطح، حيث تم إجراء اختبار الصدمة و الاختبار المستخدم هو من نوع چاربي (Charpy Test) في هذا الاختبار يتم وضع العينة أفقياً وتضرب في وسطها بوساطة المطرقة وعلى وزن بمقدار (5 Joules) أما بالنسبة لاختبار الصلادة فالجهاز المستخدم هو شور (Shore-D) نوع (TH-210) ويستعمل للبلاستيك الصلب (Harder) وأيضاً من أسباب الأفضلية لاختبار الصلادة هو سهولة الاختبار لذا تم حساب المعدل لثلاث قراءات من نفس النموذج وبما يخص جهاز خشونة السطح المستخدم كان من نوع (TR-200) حيث توجد هنالك عدة أنواع للقراءات تتضمن مع الجهاز والمستخدم هنا هي : إشارة (Ra) : وتمثل قراءة خشونة السطح وهي أنحراف المتوسط الحسابي ذو قيمة محددة للقيمة المطلقة (Absolute Value) من خلال ظهور القياس في الشاشة.

#### النتائج والمناقشة

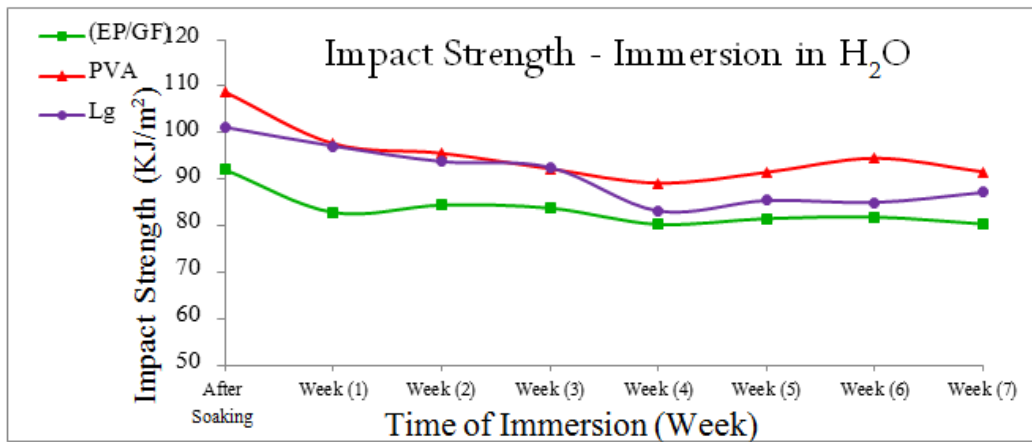
في الشكل رقم (٤) لوحظ انه أقصى متانة صدمة كانت للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (PVA) وأدنى متانة صدمة كانت للنموذج (EP/GF) ويمكن تفسير النتائج كالتالي : عند تقوية المادة البوليمرية المتراكبة بعوامل الربط فأن طاقة الكسر السطحية لهذه المتراكبات سوف تزداد إذ ان عوامل الربط سوف تعمل على زيادة الترابط ما بين المادة الأساس والمادة المدعمة (الألياف) وتعمل أيضا على اعاققة نمو الشقوق الدقيقة وبالرغم من ان هذه الممانعة المضافة الى نمو الشقوق ليست عالية جداً ولكن بسبب طاقات الكسر الواطئة للبوليمرات الغير المدعمة والغير مقواة بعوامل الربط فأن الممانعة المضافة تكون ذات اهمية كبيرة ومن الممكن ان تكون ضعيفين او ثلاثة اضعاف طاقة الكسر للراتنج وحده [10].



الشكل رقم (٤) : يوضح تغير مقاومة الصدمة لنماذج المواد البوليمرية المتراكبة.

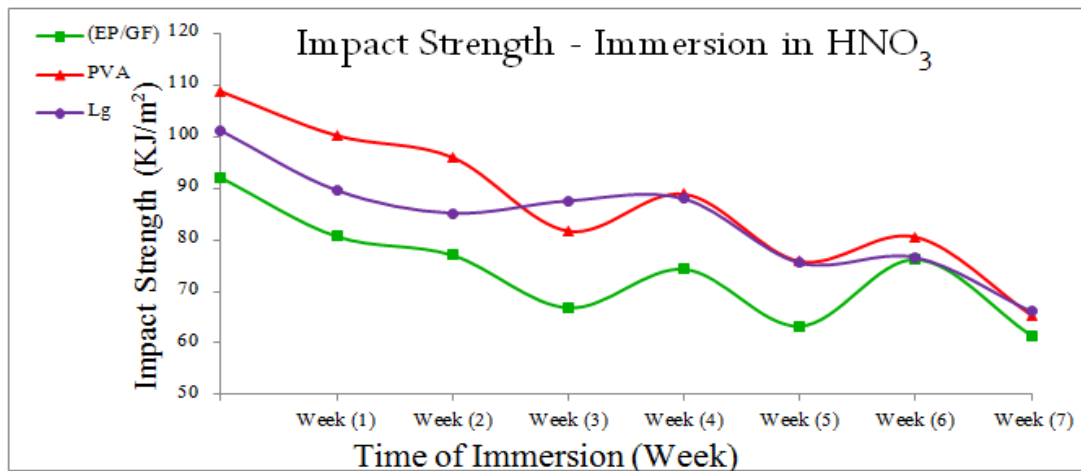
في الشكل رقم (٥) لوحظ أنه أقصى متانة صدمة بعد الغمر بالماء (H<sub>2</sub>O) ولسبعة أسابيع هي للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (PVA) وأدنى متانة صدمة كانت للنموذج (EP/GF). وبينت نتائج اختبار الصدمة بعد

غمر النماذج في الماء ( $H_2O$ ) إن متانة الصدمة للمتراكبات البوليمرية قد لاقت هبوطاً في قيم مقاومة الصدمة بعد زيادة فترة الغمر في الماء لمدة سبعة أسابيع مقارنة مع قيمتها قبل الغمر.



الشكل رقم (٥): يوضح تغير مقاومة الصدمة لنماذج المواد البوليمرية المتراكبة عند الغمر بالماء ( $H_2O$ ).

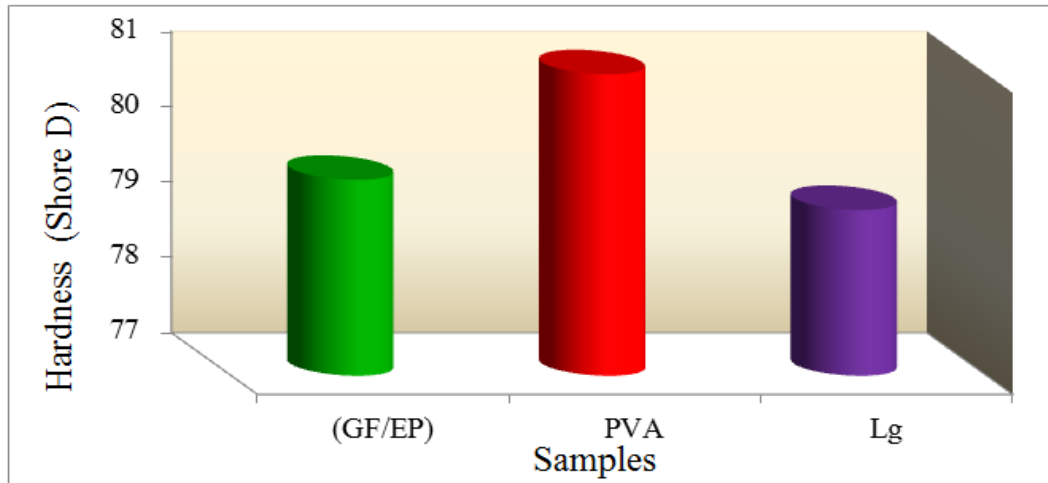
في الشكل رقم (٦) لوحظ أنه أقصى متانة صدمة عند الغمر بحامض ( $HNO_3$ ) بتركيز (0.1N) ولمدة سبعة أسابيع هي للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (Lg) وأدنى متانة صدمة كانت للنموذج (EP/GF). واما بالنسبة لتأثير حامض ( $HNO_3$ ) بتركيز (0.1N) على المواد المتراكبة البوليمرية فكانت في حالة انخفاض لقيم متانة الصدمة للفترة الزمنية للغمر سبعة أسابيع أكثر مما في الماء.



الشكل رقم (٦) : يوضح تغير مقاومة الصدمة لنماذج بوليمرية المتراكبة عند الغمر بالحامض ( $HNO_3$ ) بتركيز (0.1N).

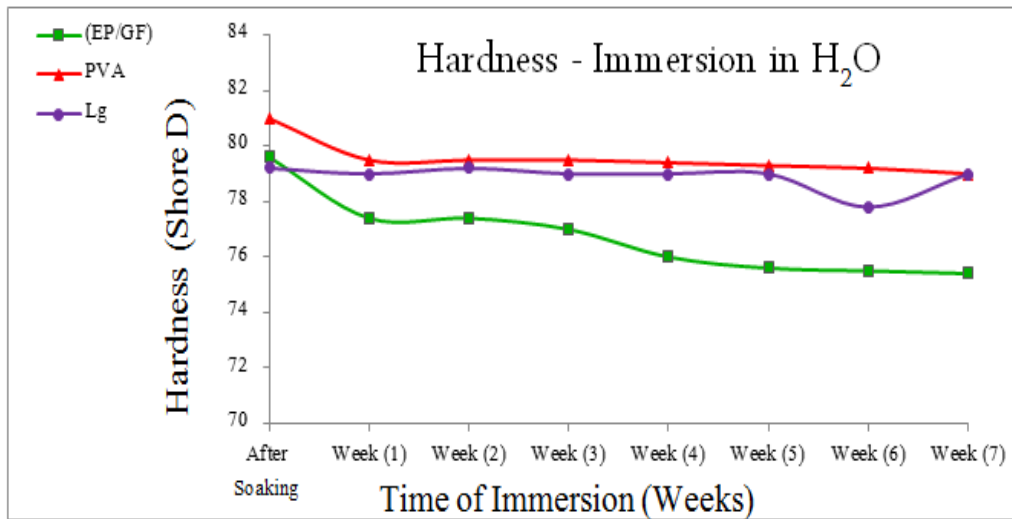
وبصورة عامة ممكن تفسير الانخفاض الحاصل بعد الغمر بالماء والحامض للشكل (٥) و (٦) في قيم مقاومة الصدمة هو بسبب فقدان الالتصاق ومتانة الربط عند السطح الفاصل ما بين المادة الأساس والمادة المدعمة مع زيادة فترة التعرض للمحاليل الغمر [11].

في الشكل رقم (٧) لوحظ أنه أعلى قيمة للصلادة هي للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (PVA) وأقل قيمة للصلادة كانت للنموذج (EP/GF). وان السبب في زيادة قيم الصلادة يعود الى وظيفة عامل الربط الذي يعمل على زيادة التراص والذي يقلل من حركة جزيئات البوليمر (المسافات بين السلاسل البوليمرية قصيرة)، مما أدى الى زيادة مقاومة المادة الى الخدش والقطع، وبذلك تزداد مقاومتها للتشوه اللدن، وان الترابط القوي عند السطح البيئي بين راتنج الأيبوكسي والألياف الزجاج وبمساعدة عامل الربط هو نتيجة لزيادة الترابط التشابكي لهم والذي ينتج عنه حيز مغلق يعمل على زيادة الصلادة. والانخفاض في قيم الصلادة للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (Lg) سببه يعود لزيادة المسافات بين السلاسل البوليمرية بعضها البعض [12].

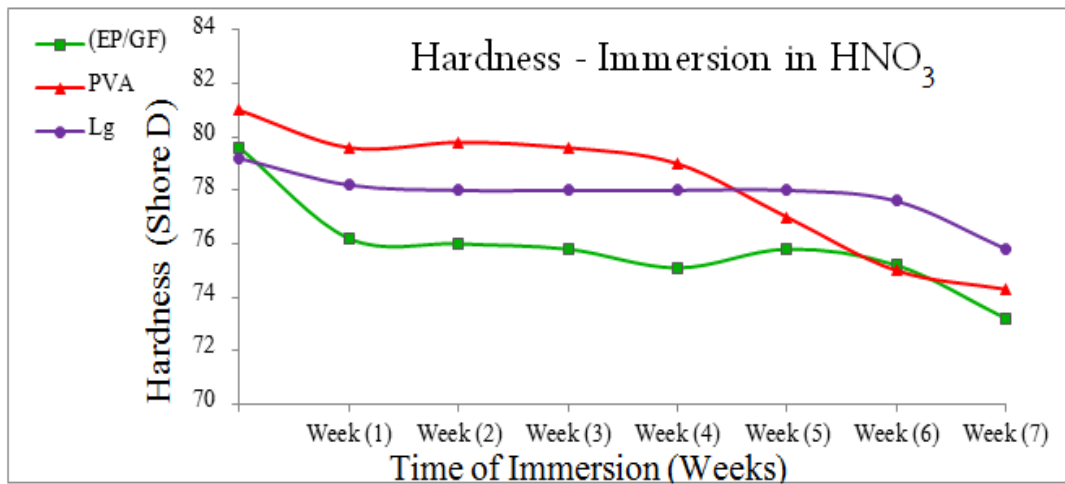


الشكل رقم (٧) : يوضح تغير الصلادة لنماذج المواد البوليمرية المتراكبة.

في الشكل رقم (٨) لوحظ أنه بعد غمر النماذج في الماء ( $H_2O$ ) ولمدة سبعة أسابيع ، أن جميع النماذج قد ابدت انخفاضاً ملحوظاً في قيم الصلادة. وكانت أعلى قيمة للصلادة بعد الغمر بالماء ولسبعة أسابيع هي للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (PVA) وأقل صلادة كانت للنموذج (EP/GF).

الشكل رقم (٨) : يوضح الصلادة لنماذج المواد البوليمرية المتراكبة عند الغمر بالماء ( $H_2O$ ) .

في الشكل رقم (٩) لوحظ أنه بعد غمر النماذج في حامض ( $HNO_3$ ) بتركيز (0.1N) ولمدة سبعة أسابيع ، أن جميع النماذج قد ابدت انخفاضاً ملحوظاً في قيم الصلادة . وكانت أعلى قيمة للصلادة بعد الغمر بالحامض ولسبعة أسابيع هي للنموذج الذي يحتوي على عامل الربط (Lg) وأقل صلادة كانت للنموذج (EP/GF). والسبب في ذلك يعود الى تغلغل المحلول (الماء أو الحامض) الى منطقة السطح البيني (منطقة ترابط الألياف مع المادة الاساس) ويؤدي الى تحللها وانفصالها عن بعضها البعض مؤدية الى فشل النموذج اذ يؤدي انتشار هذه المحاليل خلال المواد الى تكسر الاواصر بين السلاسل البوليمرية وظهور الفقاعات التي تعد من ظواهر التشنه في النموذج [13].

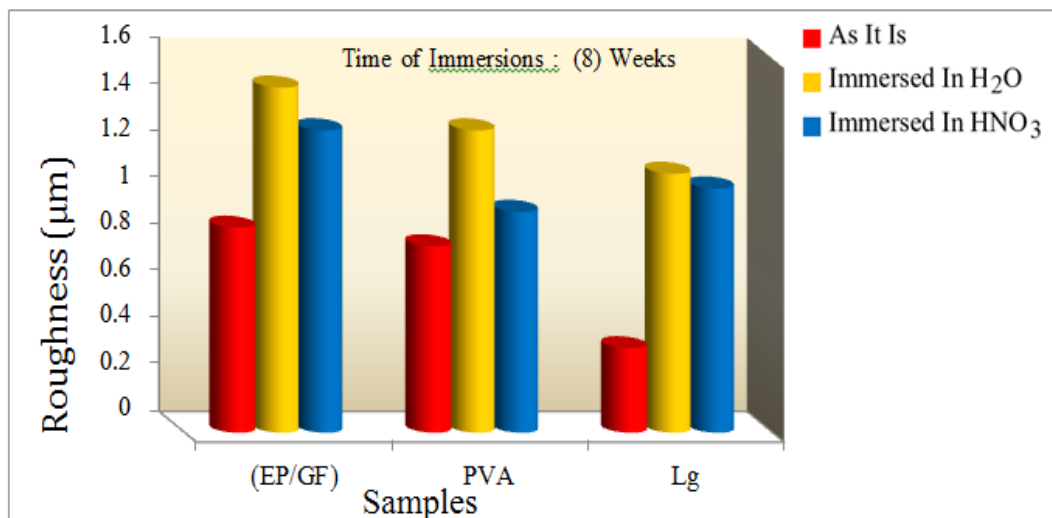


الشكل رقم (٩) : يوضح تغير الصلادة لنماذج بوليمرية المتراكبة عند الغمر بالحامض (HNO<sub>3</sub>) بتركيز (0.1N).

وبالنظر الى الشكل رقم (٨) ، نجد أنه النماذج المغمورة بالماء (H<sub>2</sub>O) والتي تحتوي على عوامل الربط حافظت على صلابتها لمدة أطول من المادة الخالية من عوامل الربط ، والسبب هو أن عامل الربط يساعد على التماسك والترابط بين راتنج الأيبوكسي واللياف الزجاج لفترة أطول.

وبالنظر الى الشكل رقم (٩) ، نجد أنه المواد المغمورة بالحامض لوحظت هبوطاً في قيم الصلادة أقوى من الماء الاعتيادي وذلك لأن مادة راتنج الأيبوكسي (Attacked By Strong Acids) تهاجم من قبل حوامض القوية لأجل تحللها ، وأن المواد التي تحتوي على عوامل الربط أظهرت صلادة أعلى من المواد الخالية من عوامل الربط ، والسبب هو نفس السبب السابق.

في الشكل رقم (١٠) لوحظ ان أعلى قيمة لخشونة السطح كانت لنموذج الخالي من عامل الربط (EP/GF) في حين أقل قيمة كانت تنتمي لنماذج التي تحتوي على عامل الربط (Lg) والسبب هو وجود النتوات والخدوش على سطح النموذج ، بذلك يكون النموذج الذي يحتوي على عامل الربط (Lg) يمتلك نعومة أعلى من باقي النماذج البوليمرية المتراكبة . علما ان خشونة السطح للنماذج تقاس ومن ثم يتم اختيار النموذج الافضل (خشونة أو نعومة) وحسب طبيعة الاستخدام لتلك المادة.



الشكل رقم (١٠) : يوضح تغير قيم خشونة السطح لنماذج البوليمرية المتراكبة في البحث قبل وبعد الغمر في المحاليل الكيميائية.



أما بالنسبة لتأثير الغمر بالمحاليل الكيميائية على قيم خشونة السطح فأظهرت النتائج زيادة في قيم خشونة السطح بعد الغمر لمدة ثمانية أسابيع بالماء الاعتيادي ( $H_2O$ ) وزيادة أكبر من الاثنين قبل الغمر وبعد الغمر في الماء ( $H_2O$ ) عند الغمر لمدة ثمانية أسابيع بحامض النتريك المخفف ( $HNO_3$ ) وبتركيز (0.01N) وكانت الأقل خشونة هي للنماذج التي تحتوي على عوامل الربط والأعلى للنموذج الخالي من عوامل الربط ، ويعود السبب لوجود عوامل الربط بالمادة تحافظ على التماسك من سطح المادة المتراكبة (تحافظ على نعومتها) لفترة أطول من النماذج الخالية من عوامل الربط. حيث تعمل المحاليل الكيميائية في الاغلب على تحلل سطوح المواد بالتغلغل داخل المادة وجعلها أكثر ليونة من السطح وبالتالي تظهر النتائج سبب هذا التغير الكبير الحاصل بعد الغمر في قيم خشونة للسطح للأثنين الماء والحامض.

#### الاستنتاجات :

- ١- أظهرت المادة التي تحتوي على عامل الربط (PVA) أعلى قيمة لمتانة الصدمة وأعلى قيمة للصلادة. وايضاً أظهرت أعلى قيمة لمتانة الصدمة وأعلى قيمة للصلادة بعد الغمر بالماء ( $H_2O$ ) ولمدة سبعة أسابيع. وأظهرت أقل قيمة لخشونة السطح بعد الغمر بحامض النتريك المخفف بتركيز (0.1N) ولمدة ثمانية أسابيع.
- ٢- أظهرت المادة التي تحتوي على عامل الربط (Lg) أقل قيمة لخشونة السطح وايضاً أظهرت أقل قيمة لخشونة السطح بعد الغمر بالماء ( $H_2O$ ) ولمدة ثمانية أسابيع. وأظهرت أعلى قيمة لمتانة الصدمة وأعلى قيمة للصلادة بعد الغمر بحامض النتريك المخفف بتركيز (0.1N) ولمدة ثمانية أسابيع.
- ٣- المادة التي تحتوي على عامل الربط (PVA) تأثرت بالحامض أكثر من المادة التي تحتوي على عامل الربط (Lg). والمادة التي تحتوي على عامل الربط (Lg) تأثرت بالماء أكثر من المادة التي تحتوي على عامل الربط (PVA).

#### المصادر :

- [1] - J.z. Lu , Q.Wu and H.s. Mc Nabb Jr. , " Chemical Coupling in Wood Fiber and Composite : A Review of Coupling Agents and Treatment " , Society of Wood Science and Technology State-of-the-Art , Vol.32 , No.1 , PP.88-104 , (2000).
- [2] - Kreith, F., "Mechanical Engineering Handbook (Section-12- Composites by Victor A. Green hut) " ,CRC Press LTD., (1999).
- [3] - Kakani, S. L., and Kakani, A., "Material Science" ,New Age International LTD., Publishers, pp. 594-596, (2004).
- [4] - Dr. Georgis Abd Al Adam and Dr. Hussein Ali Kashef Al Gitaa, "Technology and Polymer Chemistry " , Faculty of Science - University of Basra, (1983).
- [5] - David,W., and et al, "Metal Structure and Thermal Properties and Transactions," translated by Jafar Al-Haidari and Adnan Nama, Baghdad University of Technology (1989).
- [6] - Crawford, R. J., "Plastics Engineering," 2<sup>nd</sup> Ed Pergamom Press, New Yourk, (1987).
- [7] - William, D., C, Jr. "Fundamentals of Materials Science and Engineering," John Wiley & Sons, Inc., (2003).
- [8] - KCL, PFI and STFI-Packforsk , " Surface roughness and surface compressibility " , SCAN-test Methods Secretariat, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, SCAN-P 84:02 , Sweden , (2002).
- [9] - Denac, M., and Musil, V., "J. Acta. Chem. Slov.," Vol. 46, No. 1, pp. 55-67, (1999).
- [10] - M. Richardson, "Polymer Engineering Composite", Applied Science Pub. LTD, London, (1977).
- [11] - Hanaa A. M. , " Studing The Mechanical and Thermal Behavior For Composites of Rock Wool and Carbon Black " , Master Thesis , University of Technology , Department of Physics Applied Sciences , (2005).
- [12] - Alaa M. H. , " Study The Physical Properties of Polymer Blends Reinforced by Metal Laminates and Micro Cotton " , Master Thesis , University of Technology , Department of Material Applied Sciences , (2012).
- [13] - Davis, A., and Sims, D., "Weathering of Polymer," Applied Science Pub, London, (1983).