# تحضير متراكبات بوليمرية من الايبوكسي وألياف الزجاج المحاكة عشوائيا ودراسة خواصها الميكانيكية

ابتهاج زكى سليمان ألحليم

رؤى عصام ابراهيم الراوى

قسم الكيمياء/ كلية التربية للبنات/ جامعة الموصل

E-mail: Ebtzeki@yahoo.com E-mail: roaaesam14@gmail.com

(أستلم 4/ 9 /2018 ؛ قُبل 18/ 2018/12)

#### الملخص

تم في هذا البحث تحضير المتراكبات البوليمرية من راتنج الايبوكسي كمادة أساس مع ألياف الزجاج بنسب وزنية مختلفة (%11, %80, %8, %8, 6%, 8%, 10%, 11%) كمواد مدعمة وقد تمت المقارنة بين المتراكبات البوليمرية قبل وبعد التدعيم ووجد انه كلما زادت نسبة الالياف أدى ذلك الى زيادة في قيم كافة الخواص الميكانيكية (مقاومة الصدمة، الصلادة، معامل المرونة، مقاومة الانضغاط، الصلادة) تتخفض بزيادة درجة الحرارة.

الكلمات الدالة: راتتج الايبوكسي، الياف الزجاج، الخواص الميكانيكية.

## Preparation Polymeric Composites from Epoxy with Randomly Woven Fiber Glass and Studies the Mechanical Properties

Rwaa E. Ibrahiem

Ebtahag Z. Sulyman

Department of Chemistry/ College of Science/ University of Mosul

#### **ABSTRACT**

In this study, polymer compositions of epoxy resins were prepared as a base material with fiber glass at different weight ratios (4%, 6%, 8%, 10% and 11%) as reinforced materials. Polymeric compositions were compared before and after reinforcement. Fibers have increased the values of all mechanical properties (Impact resistance, hardness, elasticity, compressive strength). The values (elasticity coefficient, compressive strength, hardness) are reduced by increasing the temperature.

**Keywords**: Epoxy resins, fiber glass, mechanical properties.

#### المقدمة

لقد استخدمت المواد المتراكبة المقواة بالألياف منذ آلاف السنين، فحضارة وادي الرافدين تميزت بأنها أول من استخدمت المواد المتراكبة (بيريادي واخرون، 1980)، فالأشوريون سلحوا طبقات البناء بألياف القصب لبناء الزقورات لتثبيت طبقات البناء الضخمة لكن المصريين القدماء أضافوا القش إلى الطين لتصنيع الطابوق ومنعه من التشقق أثناء عملية التجفيف (سلمان،2011). وقد ظهر مصطلح المتراكبات المتقدمة (Advanced Composites) لتصميم مواد متراكبة معينة متعددة الوظائف تمتلك خواص ميكانيكية وفيزياوية لم يسبق لها مثيل التي من الممكن ضبطها حتى تتوافق مع متطلبات التطبيقات الخاصة (Golestaneh)

(2010. تصنع المواد المركبة البوليمرية من مادتين هما المادة الأساس (البوليمرية) وتمتاز بخفة وزنها ومرونتها العالية ( .2010. تصنع المواد المركبة البوليمرية من مادتين هما المادة الأساس (2007)، ومادة التقويات ، والهدف منها الحصول على خواص تعرز خواص المادة الأساس (2007 Mohammad et al., 2016; Al-Mosawi et al., 2015؛ Chianelli-Juniora et al., 2013). وهناك طرائق عدة (2007 Cervenka and Moore, 2002; Xianming et al., 2009).

وهذا المصطلح يمكن ان يتضمن مواد تحتوي ألياف تقوية، أما أن تكون مستمرة أو متقطعة، أو بالحالتين، وهي من الممكن أن تكون موجهة (oriented) او عشوائية (random) التوزيع ضمن مادة الوسط، او تكون مرتبة بشكل منفرد او مكونة من طبقات (laminates). أما المتراكبات الهجينة، والمتكونة من ألياف (الزجاج و الكيفلار) في أشكال مختلفة ضمن الوسط الراتنجي، فتعد ذات أهمية بالغة صناعيا، لان ألياف الزجاج تمتاز بالمتانة و المقاومة الجيدة للصدمة، لكنها ذات معامل مرونة قليل، فإضافتها الى الإيبوكسي تجعل من المادة المتراكبة الناتجة مادة ذات صلابة عالية و مقاومة صدمة جيدة (2011 Mousa, 2011؛ Al- Mosawi, 2009)

وهذا ما شجع الباحثين للعمل في هذا المجال فقام الباحث (Maki et al., 2012) بدراسة مقاومة الصدمة و بدرجات حرارية (£60°C) (20, 40, 60°C) لخليط بوليمري مكون بنسبة (£90) راتنج الايبوكسي ونسبة (£10) بولي يوريثان مدعم بألياف (PVC) والياف الالمنيوم و بكسر حجمي مقداره (%15)، وقد أظهرت النتائج ان تدعيم المادة الأساس بالألياف قد زاد من قيم مقاومة الصدمة كذلك ان زيادة درجة الحرارة أدت إلى زيادة قيم مقاومة الصدمة، وقام الباحث (مرسي، 2010) بتحضير مادة متراكبة من راتتج البولي استر غير المشبع (UPE) ومطاط نترايل - بيوتادايين (NBR) وقد تم التدعيم بمسحوق الزجاج و الذي أضيف بكسور حجمية مختلفة (10, 15, 20%) ووجد إن إضافة مسحوق الزجاج إلى الخليط البوليمر يؤدي إلى زيادة التوصيلية الحرارية، وكما تم حساب معاملا لانتشار لجميع النماذج في المحاليل (C3H6O, H2O) بتركيز 0.5N، وجد إن أعلى لقيمة لمعامل الانتشارية ظهرت في محلول الأسبتون وان أقبل قيمة لمعامل الانتشارية ظهرت في الماء، ودرس الباحث (Al-Mosawi et al., 2015) السلوك الميكانيكي لراتتج الإيبوكسي بواسطة جزيئات الألومين االنانوية (nm) وحبيبات الألومينا (µm) الدقيقة مع كسر الوزن (40%)، وهذه الخصائص متضمنة: قوة الانضغاط، قوة الانثناء، ومعاملا المرونة وأظهرت النتائج تحسنا في الخواص الميكانيكية للايبوكسي بعد التعزيز بواسطة الألومينا (النانو والصغري)، حيث تزيد هذه الخصائص مع زيادة في نسبة التعزيز. كما قام الباحث (احمد، 2017) بدراسة الخصائص الميكانيكية وكذلك الخصائص الفيزيائية لخليط بوليمري من راتنج الايبوكسي مع مطاط البولي يوريثان بنسبة وزنية (15 % wt)، وأظهرت النتائج أن هناك علاقة طردية بين كل من مقاومة الشد ومقاومة الصدمة والمواصلة الحرارية مع زيادة الغمر من (28) يوماً على عكس الصلادة تنخفض بزيادة زمن الغمر، كما ترتفع مقاومة الانحناء عند زيادة الغمر إلى 14 يوم ثم تتخفض بعد ذلك بزيادة الغمر إلى 28 يوماً، والنسبة المئوية لامتصاصية الماء تزداد بزيادة الغمر من (50) يوم وان متانة الخليط الجاف أعلى من متانة الخليط المغمور بالماء المقطر.

#### الهدف من البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحضير مواد مركبة تظهر مقاومة جيدة لحمولات الصدمة ومقاومة انضغاط عالية والتعرف على سلوك المواد البوليمرية قبل التدعيم، ومن ثم دراسة الخواص الميكانيكية (مقاومة الصدمة، الصلادة، مقاومة الانضغاط، معامل المرونة) لجميع النماذج قبل وبعد التدعيم بألياف الزجاج المحاكة عشوائيا.

#### الجزء العملى

#### المواد المستخدمة:

#### 1-المادة الأساس ( Matrix Material ):

المادة الأساس المستعملة في البحث هي راتتج الأيبوكسي نوع (MasterBrace ADH 1420) ذو الكثافة (Phenol, 4-nonyl) أما المصلد فهو (Phenol, 4-nonyl) ومجهزان من شركة BASF، حيث يضاف المصلد إلى الايبوكسي بنسبة (3:1) وبذلك يمكن الحصول على عينات مناسبة للقولبة عند درجة حرارة الغرفة.

#### -2 مواد التدعيم (Reinforcing Materials)

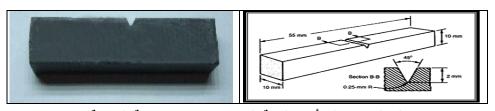
استعملت مواد التدعيم (ألياف الزجاج Glass Fibers) لتقوية راتنج الأيبوكسي فقد تم استخدام ألياف الزجاج (Macro Glass Fiber) نوع (Anti-Crak HP 67/36) التي تكون بشكل الياف قصيرة مقطعة بأطوال (36 mm) ذات منشأ صينى.

#### (Preparation of samples) تحضير النماذج

حُضِرت أربعة أنواع من النماذج للاختبارات الميكانيكية:

#### (Impact Testsamples) نماذج اختبار الصدمة

حضرت نماذج اختبار الصدمة حسب المواصفة القياسية الامريكية (ASTM-D256-87) وبأبعاد (10×10×55 mm<sup>3</sup>) وبأبعاد (ASTM-D256-87) والملائمة للفحص. عمق الحز في النماذج (mm) وبزاوية حز مقدارها (45°) وتم الحصول على الطاقة الممتصة اللازمة Tokyo ) المجهز من شركة (Charpy Impact Instrument) المجهز من شركة (Koki Seizosho, LTD)، والشكل (1) يوضح شكل وأبعاد العينة المحضرة لاختبار مقاومة الصدمة.



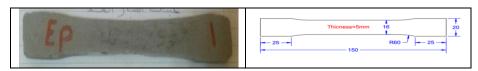
الشكل 1: شكل وأبعاد العينة المحضرة لاختبار مقاومة الصدمة

#### 2- نماذج اختبار الصلادة (HardnessTestingsamples)

تم استخدام نماذج ليست قياسية فأي نموذج من المادة المركبة يكون مناسباً لهذا الاختبار، وتم استخدام جهاز الصلادة (Shore Durometer)، نوع (Shore-D) المجهز من شركة (WOLPERT – Germany) الخاصة بقياس صلادة المواد البوليمرية المصلدة حرارياً (Thermosetting Polymer) وهو عبارة عن جهاز مشابه للبوصلة يحتوي على إبرة في المنتصف وتتضمن طريقة الفحص وضع الجهاز بصورة عمودية على العينة المراد قياس الصلادة لها بحيث يكون مماساً لسطح العينة المراد قياس صلادتها لكي تغرز الإبرة في سطح المادة ثم يتم الانتظار مدة ثلاث ثوانٍ بعدها يتم اخذ قيمة الصلادة من الجهاز، وقد تم أخذ ما لا يقل عن ثلاثة قراءات في أماكن مختلفة من العينة ومن ثم اخذ المعدل.

#### 3- نماذج اختبار الشد (Tensile Test samples)

تم اعتماد المواصفة القياسية (ISO-R527) في تحضير نماذج اختبار مقاومة الشد (وكانت النماذج بشكل شرائح). أُستخدم هذا الاختبار لمعرفة خواص المادة المركبة تحت تأثيرجمل شد محوري باتجاهين، واستخدم جهاز (Test machine Universal) المجهز من شركة ELE-England في قياس هذه الخاصية وبمعدل حِمل (50 KN)، والشكل (2) يبين شكل وأبعاد العينة المحضرة لاختبار الشد.



الشكل 2: شكل وأبعاد العينة المحضرة الختبار الشد

### (Compressive Resistance Test samples) نماذج اختبار مقاومة الإنضغاط -4

تم تحضير نماذج اختبار مقاومة الانضغاط حسب المواصفة (ASTM-D618) وهو بشكل اسطواني أستخدم مكبس هيدروليكي نوع (Testing Machine Co.LTD) المجهز من شركة WOLPERT - Germany لتعيين أقصى حمل انضغاط يتحمله النموذج وبقسمة هذا الحمل على مساحة مقطع النموذج قبل التشوه تم احتساب مقاومة الانضغاط للنماذج كافة، والشكل (3) يوضح شكل العينة المحضرة لاختبار مقاومة الانضغاط.

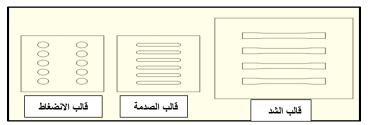


الشكل 3: شكل العينة المحضرة لاختبار مقاومة الانضغاط

#### طريقة التحضير Metheod Preparation

تم استخدام راتتج الايبوكسي وأضيف إليه المصلد (Phenol,4-nonyl) بنسبة3:1 ليتحول إلى مادة جلاتينية تتصلد بدرجة حرارة الغرفة. ثم حضرت عينات لمواد متراكبة من الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج بنسب وزنية (4%، 6%، 8%، 10%).

اتبعت تقنية القولبة اليدوية (Hand-Lay up Molding) في عملية تحضيرالنماذج قبل التدعيم بألياف الزجاج وبعده. حضر الراتنج بإضافة المصلد إلى الايبوكسي بنسبة (3:1) ثم أضيف الراتنج إلى مواد التقوية، وبعدها يوضع الخليط في القوالب المخصصة للقياسات والتي تكون حسب المواصفات القياسية الخاصة لكل فحص وبعد اكتمال عملية الصب تترك لمدة 24 ساعة في درجة حرارة (2°°C) و (55°C) لتتم عملية التصلب (curing) والتداخل والتجانس التام بين الجزيئات وتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة أثناء عملية الصب، والشكل (4) يبين الرسم التخطيطي للقوالب المستخدمة في تحضير العينات.



الشكل 4: الرسم التخطيطي للقوالب المستخدمة في تحضير العينات

#### النتائج والمناقشة

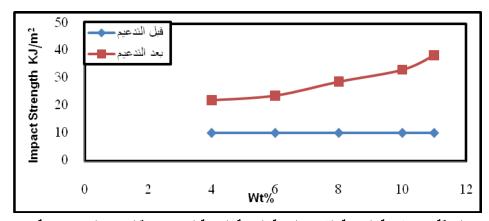
#### Impact Strength (I.S) مقاومة الصدمة -1

فحص مقاومة الصدمة من الطرائق العملية التي تعطي دلالة صحيحة بالصورة الوصفية عن قوة المواد ومقاومتها للكسر تحت تأثير الإجهاد عند السرع العالية (ادم وكاشف الغطاء، 1983؛ William D. Callister, Jr.,2001)، وقد تم حساب مقاومة الصدمة باستخدام العلاقة:

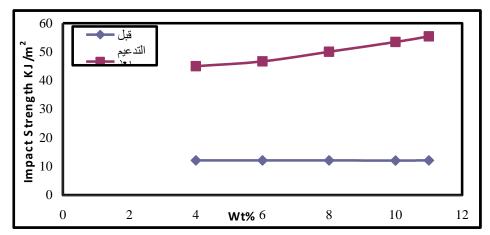
$$I \cdot S = \frac{energy \ of \ fracture \ (J)}{area \ of \ cross \ section \ (m^2)} \qquad \cdots (1)$$

تعد مقاومة الصدمة بشكل عام منخفضة للايبوكسي نظرًا لهشاشته ولكن بعد تقويته بالألياف نلاحظ ان قيم مقاومة الصدمة قد ازدادت بشكل كبير عما هو عليه في حالة الايبوكسي غير المدعم، ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (5)، ويرجع السبب في ذلك إلى كون الألياف سوف تتحمل الجزء الأكبر من طاقة الصدمة المسلطة على المادة المركبة مما يحسن هذه المقاومة. وهكذا تزداد مقاومة الصدمة مع زيادة نسبة التقوية بالألياف إلى (10%) و (11%) وهو يتفق مع النتائج التي توصل إليها الباحث (2009).

ومن (الجدول 1) والشكل(5) نلاحظ ان قيم مقاومة الصدمة تزداد مع زيادة درجة الحرارة نتيجة لارتخاء الاواصر بين جزيئات المادة وحركتها انزلاقيا مما يعطيها إمكانية امتصاص جزء من الطاقة مما يؤدي الى زيادة الطاقة اللازمة للكسر (Zuhair, 2007).



الشكل 5: العلاقة بين مقاومة الصدمة (I.S) والنسبة الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة 25 م°



الشكل 6: العلاقة بين مقاومة الصدمة (I.S) والنسبة الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بدرجة حرارة 55 م°

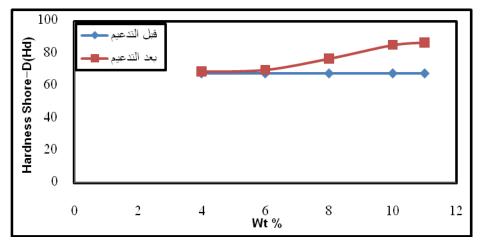
composite 25°Cat	مقاومة الصدمة (KJ/m <sup>2</sup> )	composite 55°Cat	مقاومة الصدمة (KJ/m <sup>2</sup> )
EP	10.400	EP	12.09
EP+G.F 4%	22.25	EP+G.F 4%	44.98
EP+G.F 6%	23.94	EP+G.F 6%	46.68
EP+G.F 8%	29.02	EP+G.F 8%	50.06
EP+G.F 10%	33.37	EP+G.F 10%	53.45
ED+C E 110/	29.7	ED+C E 110/	55 20

الجدول 1: قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند درجتي الحرارة 25 م° و 55 م°

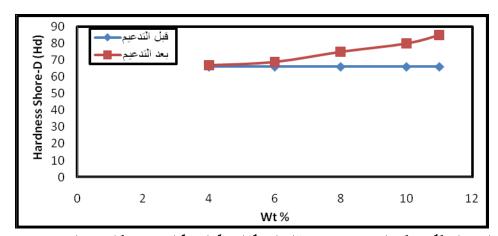
#### Hardness (Test Shore-D) اختبار الصلادة -2

تعد خاصية الصلادة من الخواص الميكانيكية السطحية المهمة والتي يمكن تعريفها بانها مقياس التشوه اللدن- الذي يمكن أن تعاني منه المادة تحت تأثير اجهاد خارجي مسلط عليهانتيجة تعرضها بشكل عام للخدش والاختراق من قبل معدات أصلد منها أثناء استخدامها في المجالات التطبيقية المختلفة (محمد،1993؛ Bolton1998).

من خلال البحث نلاحظ ان قيم الصلادة قد تحسنت بعد تدعيم الايبوكسي بالألياف ويعود ذلك إلى زيادة التشابك والتراص الناتج عن الترابط التشابكي بين الايبوكسي وألياف الزجاج والذي يقال من حركة جزيئات البوليمر وبالتالي تزداد صلادتها مما يؤدي إلى زيادة مقاومتها للتشوه (Xianming et al., 2009). وتزداد صلادة المادة المتراكبة مع زيادة نسبة الألياف المضافة (Florian et al., 2005) كما موضح في الشكلين (8,7). إن قيم الصلادة المحسوبة بدرجة حرارة الغرفة 25 م° قد تحسنت بعد تدعيم الايبوكسي بالألياف وان خواص الألياف الزجاجية تتمتع بالصلادة العالية وقابليتها على تحمل الجزء الأكبر من الاجهادات (عباس، 2007) (Mohammad, 2016). ولكن قيم الصلادة نقل مع ارتفاع درجة الحرارة، ويعزى سبب ذلك إلى ان زيادة ليونة المادة بسبب حركة الوحدات الابتدائية وارتخاء الأواصر بينها وهذا يؤدي إلى إضعاف مقاومتها للخدش والغرز (Kenneth, 1993; Crawford, 1987) كما موضح في (الجدول 2).



الشكل 7: العلاقة بين قيم الصلادة (Shore-D) والنسبة الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 25 م°



الشكل 8: العلاقة بين قيم الصلادة (Shore-D) والنسبة الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 55 م°

Composite at 25°C	Hardness Shore-D (Hd)	composite at 55°C	HardnessShore-D (Hd)
EP 25C°	68	EP 55C°	66
EP+G.F 4%	69	EP+G.F 4%	67

الجدول 2: قيم الصلادة للايبوكسى قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند 25 م° و 55 م°

Composite at 25°C	Hardness Shore-D (Hd)	composite at 55°C	HardnessShore-D (Hd)
EP 25C°	68	EP 55C°	66
EP+G.F 4%	69	EP+G.F 4%	67
EP+G.F 6%	70	EP+G.F 6%	69
EP+G.F 8%	77	EP+G.F 8%	75
EP+G.F10%	85.5	EP+G.F 10%	80
EP+G.F 11%	87	EP+G.F 11%	85

#### 2- معامل المرونة: (Elasticity of Modulus)

ان دراسة التغير الحاصل في أبعاد شبيكة البوليمر كدالة للإجهاد (stress) وهي إحدى الخصائص الميكانيكية المهمة لجميع البوليمرات. فعند تسليط جهد ما على نموذج من البوليمر بسرعة ثابتة ومن ثم قياس التشوه الحاصل فيه إما بدلالة التغير في الطول أو التغير في المساحة أو في الحجم يمكن التعرف على سلوك البوليمر تحت تأثير الإجهاد. ومن طبيعة منحني الاجهاد – الانفعال (stress - strain curve) يمكن الحصول على معلومات مفيدة جدا عن خصائص البوليمر من حيث قوته ومتانته ومرونته وأقصى جهد يمكن أن يتحمله النموذج وأقصى استطالة قد تحدث في النموذج إضافة إلى الكثير من المعلومات الهندسية المهمة جدا (بيريادي وآخرون، 1980؛ ادم وكاشف الغطاء، 1983).

الإجهاد هو القوة المسلطة على وحدة مساحة المقطع العرضي للنموذج ويرمز له بالرمز (٥):

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad \dots (2)$$

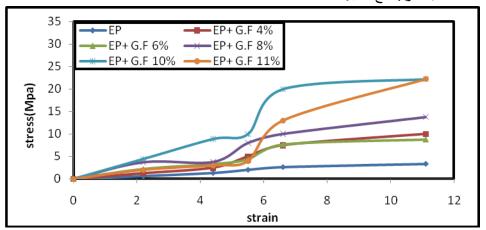
اما الانفعال (E) Strain فيمثل مقدار استطالة النموذج نتيجة التعرض للإجهاد نسبة للطول الاصلي للنموذج.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L^2} \qquad ....(3)$$

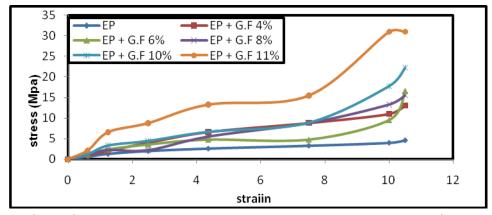
ومن خلال جهاز الشد تم الحصول على قياسات تمثل العلاقة بين الإجهاد و الانفعال للايبوكسي قبل وبعد تدعيمه بألياف الزجاج، وتم تحديد قيمة معامل المرونة (معامل يونك yong models E) من ميل المنحني والذي يمثل النسبة بين الإجهاد و الانفعال وحسب العلاقة التالية (E) (Chianelli et al., 2013 (Gibson, 1994)).

$$\mathbf{E} = \frac{\sigma}{s} \qquad \dots (4)$$

حيث يتناسب الإجهاد (الحمل) طرديا مع الانفعال، وبزوال تأثير الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأولى، أي انه ضمن حدود المرونة يتناسبا لإنفعال تناسبا طرديا مع الاجهاد.



الشكل 9: العلاقة بين كل من الإجهاد والانفعال للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند 25 م°



الشكل 10: العلاقة بين كل من الإجهاد والانفعال للايبوكسي قبل وبعد التدعيم بنسب وزنية مختلفة عند 55 م°

ونتائج اختبار معامل يونكا ظهرت إن المادة المتراكبة المدعمة بالياف الزجاج تمتلك معامل مرونة أعلى من المادة البوليمرية قبل التدعيم ويزداد معامل المرونة كلما ازدادت النسب الوزنية، لكون الألياف تتحمل الجزء الأكبر من الإجهاد المسلط على المادة المتراكبة (Seymour, 1999)، والشكلين (10،9) يوضحان أن زيادة درجة الحرارة إلى 55 م° يؤدي إلى انخفاض معامل المرونة للمادة المتراكبة قبل وبعد التدعيم والسبب يرجع إلى ارتخاء الأواصر الناتج عن زيادة درجة الحرارة وكلما ازدادت النسبة الوزنية للألياف يزداد معامل المرونة للمادة المتراكبة قبل وبعد التدعيم كما موضح في (الجدول 3).

composite at	Young's Modulus	composite at 55°C	Young's Modulus
25°C	MPa		MPa
EP 25C°	3	EP 55C°	2.54
EP+G.F 4%	3.64	EP+G.F 4%	2.93
EP+G.F 6%	3.7	EP+G.F 6%	2.97
EP+G.F 8%	4.55	EP+G.F 8%	3.68
EP+G.F10%	6.82	EP+G.F10%	4.6
EP+G.F 11%	8.18	EP+G.F 11%	6.77

الجدول 3: قيم تغيير معامل يونكللايبوكسى قبل وبعد التدعيم عند الدرجات الحرارية 25 م°و 55 م°

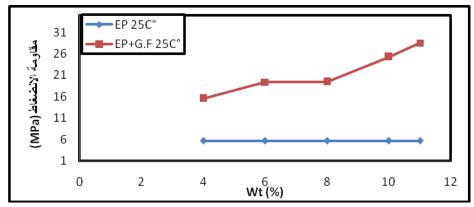
#### 4- اختبار مقاومة الانضغاط Compressive Resistance Test

إن فحص مقاومة الانضغاط للمادة يعد من الفحوصات المهمة لمعرفة قوة البوليمر ومدى تحمله. فهناك العديد من المواد قد تكون هشة (brittle) في حالة الانضغاط. لذلك نجد أن فحص الانضغاط يستخدم لتحديد مقاومة الخضوع بالإضافة إلى مقاومة الانضغاط (Derek Hull,1981) .

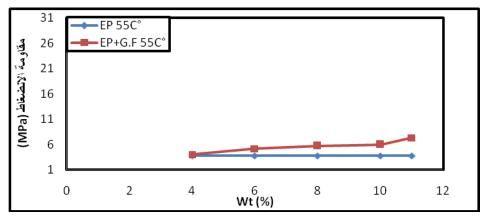
بصورة عامة إن مقاومة الانضغاط تعرف بأنها أقصى إجهاد تتحمله المادة الصلبة تحت الضغط العمودى:

$$C. S (MPa) = \frac{Force (N)}{area (m^2)} - - - - - (5)$$

أظهرت نتائج قيم مقاومة الانضغاط عند درجة الحرارة 25 م° وبالاعتماد على المعادلة (4) ان المادة المدعمة بالألياف تمثلك مقاومة انضغاط أعلى من تلك التي بدون تدعيم، لان الألياف تتحمل معظم الجهد المسلط على المادة حيث تزداد مقاومة المادة المركبة للانضغاط مع زيادة نسبة الألياف المضافة نظرًا لتوزيع الحمل على الألياف وكذلك كفاءة الربط بين المادة الأساس وألياف التقوية مما يرفع قيم مقاومة الانضغاط (Al-Rawi et al., 2006) البكري، 2012)، ويمكن ملاحظة ذلك في الشكلين (12,11).



الشكل 11: العلاقة بين الانضغاط (C.S) والنسب الوزنية المئوية للايبوكسى قبل وبعد التدعيم عند 25 م°



الشكل 12: العلاقة بين الانضغاط (C.S) والنسب الوزنية المئوية للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند 55 م°

Composite at 25°C	Compressive Strength MPa	Composite at 55°C	Compressive Strength Mpa
EP 25C°	5.66	EP 55C°	3.76
EP+G.F 4%	15.56	EP+G.F 4%	4
EP+G.F 6%	19.39	EP+G.F 6%	5.13
EP+G.F 8%	19.42	EP+G.F 8%	5.73
EP+G.F 10%	25.27	EP+G.F 10%	6
EP+G.F 11%	28.48	EP+G.F 11%	7.33

الجدول 4: مقاومة الانضغاط للايبوكسي قبل وبعد التدعيم عند ( 25 م° و 55 م°)

نلاحظ من (الجدول 4) ان مقاومة الانضغاط تقل بارتفاع درجة الحرارة وذلك بسبب ارتخاء الاواصر الناتج عن زيادة درجة الحرارة.

#### الاستنتاجات

أن أهم الاستنتاجات التي تم التوصل أليها خلال هذا البحث تلخص بما يلي:

1- إن إضافة ألياف الزجاج إلى الايبوكسي أدى الى زيادة في قيم كافة الخواص الميكانيكية التي أجريت في البحث والمتمثلة بخواص ( مقاومة الصدمة، الصلادة، معامل المرونة، مقاومة الانضغاط).

2- تزداد قيم كافة الخواص الميكانيكية المذكورة أعلاه مع زيادة النسبة الوزنية للألياف.

3- ان قيم (معامل المرونة، مقاومة الانضغاط، الصلادة) تتخفض بزيادة درجة الحرارة.

#### المصادر العربية

احمد، عدنان رعد؛ ارحيم، سيف صباح؛ عبد المجيد، مؤيد فائق (2017). دراسة عملية لبعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لخليط بوليمري ثنائي من (راتنج الايبوكسيبولي – يوريثان). مجلة تكريت للعلوم الهندسية، 24(2)، 86-93

آل آدم، كوركيس عبد؛ كاشف الغطاء، حسين على (1983). "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات". جامعة البصرة، ص755.

البكري، هدى عبد الرزاق يونس (2012). دراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكب البولي استر غير المشبع المدعم بألياف الزجاج المحاكة عشوائيا وتأثير المحاليل الحامضية على بعض خصائصه الفيزيائية. مجلة علوم الرافدين، 23(1)، 114-129.

بيريادي، ذنون محمد عزيز؛ عبد ال ادم، كوركيس (1980). "كيمياء الجزيئات الكبيرة (البوليمرات)". وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. ص 56-57.

سلمان، علي جاهل (2011). تأثير التقوية بالألياف على الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية للراتنجات المتصلبة بالحرارة. مجلة القادسية للعلوم الهندسية. 4(1)، 189-201.

الصافي، رولا عبد الخضر عباس (2001). دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك و متراكباتها. رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية.

عباس، رولا عبد الخضر (2007). التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجيني. مجلة جامعة النهرين - العلوم، 11-00.

محمد، عواطف عذاب؛ حسين، سيناء ابراهيم؛ علي، انعام حسين ( 2007). دراسة تأثير درجة الحرارة على الصلادة (BH) لراتنج الايبوكسي والبولي أستر غير المشبع. مجلة أم سلمه للعلوم. 4(4)،583 -589.

محمد، أكرم عزيز (1993). "كيمياء اللدائن". جامعة الموصل، ص 258-259.

مرسي، بشرى حسني ( 2010). دراسة الخاصية الانتشارية والتوصيلية الحرارية لخليط من UPE/NBR مدعم بمسحوق سيراميكي. مجلة ديالي للعلوم الصرفة. (4)، 136-148.

#### المصادر الأجنبية

- Al-Mosawi, A.I.; Abbas A.S.; Mustafa, A.R. (2015). Mechanical properties of epoxy nano composite. *International J. Advanced Research*, **3**(6), 1468-1472.
- Al-Mosawi, A.I. (2009). Study of some mechanical properties for polymeric. composite, material reinforced by fibers. *AL-Qadisiyah J. for Engi. Sci.*, **2**(1), 14-24.
- Al–RawiKh, R.; Yosif, R.H.; Najem, T.S. (2006). Mechanical properties of epoxy–polyurethane polymer blends. *Um–Salama Sci. J.*, **3**(4), 637–642.
- Bolton, W. (1998). "Engineering Materials Technology". 3<sup>rd</sup> ed., Butter Worth-Heineman.pp.193-200.
- Cervenka, A.; Moore, D.R. (2002). Future requirements in the characterization of continuous fiber-reinforced polymeric composites. *IUPAC Technical Report, PureAppl. Chem.***4**, 601-628.
- Chianelli-Juniora, R.; Reisb, J.M.L.; Cardosoa, J.L.; Castroa, P.F. (2013). Mechanical characterization of sisal fiber-reinforced recycled hdpe composites. *Materials Research*, **16**(6), 1393-1397.
- Crawford, R.J. (1987). "Plastic Engineering". 2<sup>nd</sup> ed, Pergamon Press, New York
- Derek Hull, (1981). "An Introduction to Composite Materials". Cambridge University Press, first Published. pp.32-26.
- Florian, H.; Gojny, M.; Wichmann, H.G. (2005). Composites Part A: Applied Sci. and Manufacturing. **36**(11), 1525-1535.

- Gibson, F. (1994). "Principles of Composite Material Mechanics". Mc. Graw Hill, Inc, New York.pp.83-90.
- Golestaneh, M.; Amini, G.; Najafpour, G.D.; Beygi, R.M.A. (2010). Evaluation of mechanical strength of epoxy polymer concrete. *World Applied Sci. J.*, **9**(2), 216-220.
- Hibbeler, R.C. (2011). "Mechanics of Materials". 8<sup>th</sup> ed, Pearson prentice Hall,81-83.
- Kenneth, H.G. (1993). "Fundamental Principles of Fiber Reinforced Composites". 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press.
- Maki, S.A.; Ahmed, O.H.; Abdullah, M.Z.; Gheni, B.A. (2012). A study of reinforcing and temperature effect of impact strength for polymer blend. *Ibn Al-Haitham J. for Pure and Applied Sci.*, **3**(25),169-178.
- Mohammad, R.M.; Seiwench, N.R.; Rawabi, A.K. (2017). Evaluation of mechanical strength of epoxy polymer concrete reinforcement with different types of fibers. *Ibn Al-Haitham J. for Pure and Appl. Sci.*, **30**(1),63-72.
- Mousa, B. H. (2011). Study some of mechanical properties and effects of immersion in solution of (epoxy /unsaturated polyester) blend which reinforced with glass fiber. *Engineering and Techn. J.*, **29**(10), 464-473.
- Seymour, R.B. (1999). "Polymer Composite". 1st ed., Utrecht, The Nether Land.pp. 165-176.
- Sihama, E.; Al-Kaisy, S.; Sarmad, I. (2013). Effect of reinforced system by palm fibers on the mechanical insulation (thermal and acoustic) properties for polymer composite materials. *Eng. and Techn. J.*, **31**(2), 217-234.
- William, D. Callister, Jr., (2001). "Fundamentals of Materials Science and Engineering An Interactive ". John Wiley and Sons, Inc., 5<sup>th</sup> ed., United States of America.pp.250-254.
- Xianming, S.; Tuan, A.N.; Zhiyong, S.; Yojun, L.; Recep, A. (2009). Effect of nanoparticles on the anticorrosion and mechanical properties of epoxy coating. *Surface and Coating Techn.*, **204**, 237-245
- Zuhair, J. (2007). Addition natural pigments colorants and stabilizers materials polymers. Ph.D. Engineering Material, College of Engineering, Babylon University.