# تأثير الماء على مقاومة الصدمة لمتراكبات البولي استر غير المشبع المدعم بالألياف الزجاجية

**م.د.محمد غازي حمد**

**قسم الفيزياء**

**كلية العلوم– جامعة الانبار**

**تاريخ الاستلام:2011/10/27** **تاريخ القبول:2012/10/23**

**الخلاصة.**

إن البحث الحالي يهدف إلى دراسة تأثير الماء المقطر على متانة الصدمة لمتراكبات البولي استر غير المشبع والمسلح بالألياف الزجاجية وبكسر حجمي مقداره (35%)، كل العينات حضرت بتقنية التشكيل اليدوي. استخدم راتنج البولي استر الغير مشبع كمادة رابطة لمواد التسليح والمتضمنة ألياف الزجاج الصناعية ذات الاتجاهية (0,90) والمحاكة بشكل حصيرة والألياف الزجاجية المقطعة عشوائية الاتجاه. إن العينات قطعت بالقياسات (6 x 60) ملم وذات سمك يعتمد على عدد طبقات ألياف الزجاجية وحسب مواصفات الجهاز المستخدم في الفحص. أجريت اختبارات الصدمة على العينات في الظروف القياسية (درجة حرارة المختبر).

من خلال ملاحظة النتائج والفحوصات للعينات نلاحظ إن هناك تحسن في مقاومة الصدمة بالنسبة للمادة الرابطة بعد إضافة ألياف الزجاج لها، ولغرض توضيح تأثير الماء على مقاومة الصدمة غمرت العينات في الماء المقطر لمدة (50) يوما. من خلال ملاحظة النتائج أيضا نجد انه كلما ازداد زمن تعرض العينات للماء فأن متانة الصدمة تزداد أيضا.

**الكلمات الرئيسية: البوليمر، المواد المتراكبة، ألياف الزجاج، مقاومة الصدمة.**

## 1. المقدمة.

إن التطور الصناعي والتكنولوجي يعتمد بشكل كبير على التقدم في حقل المواد و نتيجة لهذا التطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجالات ظهرت الحاجة لإيجاد البدائل للمواد ذات الاستخدامات الصناعية المتعددة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات ونوعية عالية من حيث الكلفة وخفة الوزن والخواص الفيزيائية والكيميائية بصورة عامة وذلك لاستخدامها في التطبيقات الصناعية المتعددة كالطائرات والرادارات والسفن والسيارات وغيرها، لذلك تم إنتاج ما يعرف بالمواد المتراكبة. إن المواد المتراكبة هي مواد تتكون من دمج مادتين أو أكثر لتنتج مواد أخرى لها خواصا لايمكن الحصول عليها من اي المركبات الأصلية المكونة لها بصورة منفردة. حيث يتم الحصول على أفضل تركيبة أو أفضل خواص اعتمادا على الاختيار الرصين

للمكونات غير المتشابهة كيميائيا يفصل بينهما سطح بيني مميز عند تصنيع المادة المتراكبة [1-3]. تتطلب التقنيات الحديثة المستخدمة في التطبيقات الفضائية خواصاً لايمكن الحصول عليها عند استخدام السبائك التقليدية والمواد المعدنية والسيراميكية والبولميرية، او كما هو الحال عند استخدام المواد الهندسية والتقنيات التي تستخدم تحت الماء وبعض التطبيقات الخاصة بوسائط النقل. فعلى سبيل المثال فان مهندسي الطائرات يبحثون عن مواد إنشاء تمتلك كثافات منخفضة ومقاومة وجساءة عاليتين، بالإضافة إلى مقاومة الخدش والتآكل الملائمة. لذلك تم اللجوء إلى تصنيع المواد المتراكبة وتطويرها للاستيفاء بمتطلبات التقدم التكنولوجي [4] .

تعد المواد البوليمرية من أهم مجاميع المواد الهندسية التي يزداد استخدامها مقارنة مع المواد الهندسية الأخرى ويمكن اعتبارها مجموعة من المواد الهندسية التي تمتاز بتراكيب جزيئية كبيرة ناتجة من عملية البناء بالربط للجزيئات الصغيرة. وتقسم إلى نوعين تبعا للتطبيق المطلوب أما مواد طبيعية أو مواد مصنعة بطرائق التصنيع المختلفة. و تمتاز المواد البوليمرية المصنعة بكثافة واطئة وسهولة في التصنيع ومقاومة عالية للتآكل الكيمياوي وكلفة واطئة ولكنها تمتاز بخواص ميكانيكية واطئة عند درجات الحرارة الواطئة و أيضا عند الدرجات الحرارة العالية [5]. كذلك فأن المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري من المواد الحديثة الاستخدام في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية، ومن أهم متطلبات استخدام هذه المواد المتانة الجيدة والأداء العالي ومقاومتها للاجهادات الداخلية والخارجية المؤثرة عليها إضافة إلى مقاومتها للظروف البيئية المحيطة من درجة حرارة والرطوبة وضغط وغيرها. إضافة إلى امتلاك هذه المواد مقاومة كلال أفضل من المعادن الهندسية التقليدية وكذلك جساءة و متانة عاليتين [6]. لذلك فعند تصنيع المواد المتراكبة يمكن إيجاد مجموعة من الخواص تحتاج إليها التطبيقات الهندسية والتي لا يمكن توفرها في المواد السيراميكية أو السبائكية أو البوليمرية [7].

على الرغم من مميزات المواد المتراكبة إلا إنها تمتلك أيضا بعض السلبيات مثل اختلاف الخواص للمادة المتراكبة الواحدة بسبب الاعتماد على اتجاه مواد التقوية، وكذلك فان العديد من المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري تكون عرضة للهجوم للمحاليل الحامضية والأملاح وغيرها من الضروف الخارجية [8]. إن المادة الرابطة في المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري هي أما أن تكون بوليمرات مطاوعة للحرارة مثل راتنج البولي اثلين والبولي ستايرين أو غير مطاوعة للحرارة مثل راتنج الايبوكسي أو راتنج البولي استر غير المشبع. غالبا ماتستخدم البوليمرات الغير مطاوعة للحرارة وهي لدائن صلبة القوام وذات مقاومة عالية للحرارة وتغيراتها وتتكون من وحدات تركيبية عضوية متكررة، وتعتبر هذه المواد من الأكثر استعمالاً في تصنيع المتراكبات لامتلاكها خصائص ميكانيكية وفيزيائية جيدة منها قابليتها على الترابط مع ألياف التسليح بشكل جيد مكونة فواصل رقيقة بين الألياف مؤدية إلى عدم ارتباطها مع بعضها مما

يجنب المتراكب الانهيار المفاجئ الناتج من انتشار الشقوق عند التعرض للأجهادات الخارجية [9]. يمكن تدعيم المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري بالألياف أو الدقائق أو الحشوات وغيرها من مواد التسليح الأخرى، وغالبا ما تستخدم الألياف على اختلاف أنواعها في تدعيم المواد البوليمرية وهي تراكيب خيطية منتظمة الشكل تتميز بخواص فيزيائية وميكانيكية جيدة وهي على نوعين أساسين وهما الألياف الطبيعية مثل القطن والألياف الصناعية مثل ألياف الزجاج والكاربون والكفلر، وتكون ألياف التدعيم ذات إشكال مختلفة منها الحزم المستمرة (Continous) والألياف المحاكة بشكل حصيرة (Woven Roving) أو الألياف المقطعة (Chopped) بأطوال مختلفة **[**10**]**.

## 2. تأثير الماء في المواد المتراكبة.

تختلف البوليمرات عن المواد الفلزية والسيراميكية بقابليتها على امتصاص الماء أو المحاليل، لذلك توجد صعوبات أحيانا عند تصنيع الحاويات لحفظ المحاليل من هذه المواد. فعند وضع المادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري في الماء يحدث انتشار لجزيئات الماء داخلها عن طريق المادة الرابطة والألياف والمسافات البينية والتي قد تؤدي الى انتفاخ المتراكب (*Swelling*)، وبالتالي التأثير على الخواص الميكانيكية للمادة المتراكبة [11]. يمكن حساب مقدار الزيادة في كتلة النموذج للمادة المتراكبة بسبب دخول أو انتشار الماء إليها باستخدام العلاقة التالية [12]:-

$$M = \frac{(W_{wet} - W_{dry})}{W_{dry}} \times 100\% \qquad (1)$$

حيث إن *(M)* هو النسبة المئوية لمقدار الزيادة أو النقصان بالوزن بعد مرور زمن مقداره *(t)* و $(W_{dry})$ وزن العينة قبل غمرها بالماء و $(W_{wet})$ يمثل وزن العينة المغمورة بالماء بعد مرور الزمن *(t)*.

كذلك يمكن حساب معامل الانتشار *(D)* باستخدام قانون فك الثاني للانتشار من معرفة مقدار كمية الماء الممتص من قبل العينة والزمن اللازم للامتصاص من خلال العلاقة التالية :[13]

$$D = \frac{\pi}{16}\left(\frac{h(M_2 - M_1)}{M_\infty(\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1})}\right)^2 \qquad (2)$$

حيث إن $(h)$ يمثل سمك النموذج، $(M_1)$ هي النسبة المئوية لكمية الماء الممتص خلال الزمن $(t_1)$ و $(M_2)$ هي النسبة المئوية لكمية الماء الممتص خلال الزمن $(t_2)$، أما $(M_\infty)$ فتمثل النسبة المئوية لكمية الماء الممتص عند وصول العينة إلى حالة الإشباع.

بصورة عامة فان المحاليل ذات الوزن الجزيئي الواطئ تسبب الفشل في البوليمرات وبالتالي المواد المتراكبة وذلك عن طريق تحفيز التصدع والتشقق بعمليات ميكانيكية تتألف من ثلاث مراحل، حيث إن المرحلة الأولى والثانية تشمل التحلل الكيميائي والتلدين، أما المرحلة الثالثة فتتضمن تكون الاجهادات الداخلية نتيجة لتجمع الجزيئات النافذة خلال بنية الشبكة للبوليمر. فعندما تتجمع هذه المراحل الثلاث في منطقة معينة للمواد المتراكبة سوف ينتج عنها فشل موضعي عند إجهادات أقل بكثير من تلك الملاحظة في غياب المحلول [13].

### 3. مقاومة الصدمة Impact Strength

تعد مقاومة الصدمة مقياساً لقوة المواد البوليمرية ومقاومتها للانكسار تحت تأثير الإجهاد عند السرع العالية. ويعد هذا الفحص من الفحوصات المهمة جداً من الناحية العملية وذلك لأنه يبين قوة المواد البوليمرية من خلال حساب الطاقة المطلوبة لكسر النموذج من البوليمر تحت ظروف محددة قياسية من درجة حرارة ورطوبة وغيرها [14].

إن قياس قوة التصادم للبوليمرات من الفحوصات المعقدة جداً لعدة أسباب منها تعدد فحوصات قوة التصادم واختلاف الأساس الذي تعتمد عليه واختلاف إشكال وأبعاد النماذج المستخدمة في الفحص واختلاف نوع الجهد المسلط في الفحوصات المختلفة واختلاف سرعة الجهد المفروض على النموذج الخاضع للفحص. لكن وبالرغم من تعدد هذه المتغيرات فيعد اختبار الصدمة من الفحوصات الأساسية في مختبرات السيطرة النوعية ومختبرات التصميم للمواد البلاستيكية ، وهناك عدة أنواع لقياس قوة التصادم أهمها: الفحص بطريق ايزود أو طريقة جاربي [15]. يمكن حساب مقاومة الصدمة حسب العلاقة [16]:-

$$Impact\ Strength\ = \frac{Impact\ energy\ (KJ)}{Sample\ area\ (m^2)} \qquad (3)$$

## 4. الجانب العملي.

### 4.1 تصنيع العينات.

تم اعتماد راتنج البولي استر غير المشبع (UP) من نوع (Viapad H-265) كمادة لدائنية قابلة للمعالجة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة بإضافة محلول مصلد (Hardener) إليها من نوع (MEKP1%) وبنسبة خلط وزنية (2:100) للحصول على المادة الرابطة (Matrix)

وذلك لتصنيع المواد المتراكبة المستخدمة في اختبار الصدمة وبكسر حجمي مقداره (35%) من مواد التسليح والتي تمثل الألياف الزجاجية (E-glass) والتي كانت بنوعين الأول: الألياف الزجاجية المنتظمة ذات الاتجاهية (0,90) والثاني: الألياف الزجاجية عشوائية الاتجاه (Random) ذات أطوال تتراوح بين (6 – 8 mm) وكلا النوعين ذات قطر (10 – 14 µm). صنعت عدة ألواح من البولي استر غير المشبع (UP) قبل وبعد التدعيم بالألياف الزجاجية باستخدام طريقة التشكيل اليدوي وبعدة طبقات من كلا النوعين من الألياف الزجاجية، وقطعت جميع هذه الألواح إلى عينات بالقياسات (6 x 60) ملم ذات سمك يعتمد على عدد طبقات ألياف التسليح ليتم بعد ذلك إجراء فحص الصدمة عليها. **الجدول (1)** يبين العينات المستخدمة في الاختبار.

## 4.2 جهاز اختبار الصدمة.

تعد فحوصات الصدمة مقياساً لقوة المواد البوليمرية ومقاومتها للانكسار تحت تأثير إجهادات بسرع عالية. لقد تم استخدام جهاز الصدمة من نوع ايزود (Izod Impact Test) ، الذي يتكون من بندول تثبت فيه المطرقة الخاصة بكسر العينات ،إذ يحتوي الجهاز على مطارق بأحجام مختلفة طاقاتها Joule (2, 4, 10, 20)، بحيث يمكن استبدال مطرقة بأخرى وحساب الطاقة المطلوبة للكسر وهنا استخدمنا طاقة (4 J)، وبسرعة فحص مقدارها (3.4 m/s)، يبين **الشكل (1)** جهاز الصدمة المستخدم في الفحص والموجود في قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة الانبار.

## 5. النتائج والمناقشة.

## 5.1 أمتصاصية الماء.

استخدم ميزان حساس ذو قدرة تحسس عالية ودقيقة (0.0001) وذلك لمعرفة وزن العينات قبل وبعد غمرها بالماء المقطر وبالتالي معرفة كمية الماء الممتصة خلال فترة الغمر، حيث غمرت جميع العينات بالماء المقطر لمدة (50) يوما وفي درجة حرارة المختبر.

إن عمليات الامتصاص الحاصلة لجميع عينات البولي استر غير المشبع المدعمة وغير المدعمة بالألياف الزجاجية عند غمرها بالماء تتبع قانون فك للانتشار، حيث يتم دخول الماء أما بالانتشار المباشر ضمن المادة الرابطة أو من خلال السطح البيني بفعل الخاصية الشعرية الذي يعمل كقناة لنفوذ الماء إلى المادة المتراكبة. وبكلا الحالتين سوف تتمركز جزيئات الماء ضمن السلسلة البوليمرية الأمر الذي سوف يؤدي الى انخفاض قوة التلاصق بين المادة الرابطة

والألياف وبالتالي التأثير على الخصائص الميكانيكية للمادة [9]. حيث إن كتلة الماء الممتص تزداد خطيا مع الجذر التربيعي للزمن بصورة تدريجية وببطيء حتى الوصول في النهاية إلى حالة الإشباع والتي عندها سوف تكون كمية الماء الممتصة ثابتة بمرور الزمن كما مبين **بالأشكال (2, 3, 4, 5)** والتي تبين العلاقة بين النسبة المئوية للربح بالكتلة (weight gain %) مع الجذر التربيعي للزمن $(day)^{1/2}$.

إن المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري المدعمة بالألياف تمتص الرطوبة من المحيط إثناء الاستخدام، وان كتلة الماء الممتصة تعتمد على عدة عوامل منها طبيعة كل من المادة الأساس ومادة التسليح المستخدمة، زمن التعرض للمحلول، شكل وابعاد النموذج ودرجة الحرارة. حيث ان جزيئات الماء الممتص تتمركز ضمن الطور الأساس للمادة المتراكبة مما يسبب في انتفاخ (Swelling) الراتنج وبالتالي التغير في أبعادها ذلك لان الماء يمثل عاملا ملدنا (Plasticizing factor) للمادة البوليمرية.

باستخدام العلاقة (2) تم حساب معامل الانتشار *(D)* لجميع العينات المغمورة بالماء المقطر كما هو مبين **بالجدول** (2). ومن خلال ملاحظة النتائج نجد إن كمية الماء الممتص من قبل العينات المدعمة بالألياف الزجاجية عشوائية الاتجاه تكون اكبر من العينات المدعمة بالألياف ذات الاتجاهية (0,90) والسبب في ذلك يعود إلى إن عدم انتظامية الألياف العشوائية سوف يؤدي إلى وجود فراغات بين الألياف وبالتالي ستمتص كميات اكبر من الماء لشغل هذه الفراغات.

## 5.2 اختبار الصدمة.

تم إجراء اختبار الصدمة باستخدام طريقة ايزود لعينات البولي استر غير المشبع الجافة والمعرضة للماء لمدة (50) يوما قبل وبعد التدعيم بألياف الزجاج ذات الاتجاهية (0,90) وألياف الزجاج العشوائية الاتجاه، حيث كانت الزاوية التي ازيحت بها مطرقة الجهاز تساوي (148) درجة في كل مراحل الاختبار.

من خلال ملاحظة النتائج المبينة **بالجدول (3)** والخاصة بالعينات الجافة نجد إن متانة الصدمة تزداد لعينات البولي استر الغير مشبع عند تدعيمها بالألياف الزجاجية ولكلا النوعين (0,90) والعشوائية الاتجاه، حيث إن طاقة الكسر تزداد بزيادة عدد طبقات التسليح من الألياف كما هو موضح **بالشكل (6)** والسبب في ذلك يعود إلى إن الألياف تعمل على توزيع الاجهادات على حجم اكبر من البوليمر وتقلل من احتمال تمركز الإجهاد عند منطقة محددة. إضافة إلى إنها تعمل كمعوقات تحول دون تقدم الكسر في العينات وتمنع نمو وتقدم الشقوق الصغيرة التي

تحدث نتيجة الصدمة وبالتالي زيادة مقاومة الصدمة. إن جميع العينات أظهرت عند الكسر مايشبة الكسر القصيف (Brittle fracture) كما مبين في **الشكل (7)** الذي يمثل منطقة الكسر في بعض العينات الجافة، حيث نلاحظ تهشم المادة الرابطة وتقطع الألياف الزجاجية في منطقة الكسر، ويعود السبب في ذلك إلى قوة الروابط الموجودة بين السلاسل البوليمرية للمادة الأساس وكذلك قوة التلاصق بين الراتنج ومواد التسليح التي تقيد حركة السلاسل البوليمرية وبالتالي حدوث الكسر الهش عند تعرض المادة لصدمة مفاجئة.

أما في حالة العينات المغمورة بالماء لمدة (50) يوما فنجد ان متانة الكسر لعينات البولي استر الغير مشبع تزداد أيضا عند تدعيمها بالألياف الزجاجية كما هو موضح **بالجدول (4)** وان طاقة الكسر تعتمد على عدد طبقات الألياف المستخدمة في التسليح، حيث تزداد بزيادة هذه الطبقات. عند مقارنة نتائج هذه العينات مع نتائج مثيلاتها من العينات الجافة نجد إن متانة الكسر قد ازدادت بعد تعرض العينات للماء لمدة (50) يوما كما هو موضح **بالجدولين (3) و (4)**. ويعود السبب في ذلك إلى إن الماء يعد عاملا ملدنا للمادة المتراكبة وبالتالي تكون المادة المتراكبة عند تعرضها للماء أكثر لدونة ومرونة عند مقارنتها مع مثيلاتها العينات الجافة، فجزيئات الماء الداخلة إلى المادة المتراكبة سوف تحتل مواقع بين السلاسل البوليمرية وبالتالي تعمل كمادة مزيتة لها وبذلك تكون أكثر مرونة. من ناحية أخرى فان الماء يسبب استرخاء الأواصر وقوى الترابط الجزيئية للمادة الأساس مما يعطي خاصية امتصاص مقدار اكبر من الطاقة في سلوك لدن وبالتالي رفع قيمة طاقة الصدمة للعينات المغمورة بالماء وهذا يتفق مع البحوث السابقة [17]. يبين **الشكل (8)** منطقة الكسر في بعض العينات المغمورة بالماء ومنها نلاحظ تهشم المادة الرابطة وتمزق الألياف بعد إن تم امتصاص مقدار اكبر من الطاقة في اختبار الصدمة عند مقارنتها بالعينات الجافة.

## 6. الاستنتاجات.

يمكن تلخيص بعض الاستنتاجات من هذه الدراسة وهي:

1. تزداد كمية الماء الممتص من قبل جميع عينات المادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري خطيا مع الزمن في بداية غمرها ومن ثم تكون العلاقة منحنية حتى تصل في النهاية الى حالة الإشباع.
2. تكون طاقة الكسر لعينات البولي استر الغير مشبع قليلة قبل تدعيمها بالألياف الزجاجية، وان منطقة الكسر تكون هشة (Brittle). حيث تزداد طاقة الكسر لهذه العينات بعد تدعيمها بألياف الزجاج وان طاقة الكسر تزداد بزيادة عدد طبقات الليف المستخدم في التسليح.

3. تزداد طاقة الكسر لجميع العينات المستخدمة في فحص الصدمة بعد غمرها بالماء المقطر لمدة (50) يوما. لان الماء يعتبر عاملا ملدنا للمادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري، حيث يعمل على استرخاء السلسلة البوليمرية وبالتالي امتصاص مقدار اكبر للطاقة من قبل العينات المغمورة بالماء المقطر مقارنة مع العينات الجافة عند إجراء فحص الصدمة.
4. ان عينات البولي استر الغير مشبع المدعمة بألياف الزجاج ذات الاتجاهية (0,90) تمتلك مقاومة كسر أكبر من العينات المدعمة بألياف الزجاج عشوائية الاتجاه بكلا الحالتين العينات الجافة والمغمورة بالماء.

**7. REFERENCE.**


[1] Th. M. Ali "Study the Mechanical Properties of Al-glass Composite", Engineering and Technology Journal, Vol. 27, No. 9, 2009.

[2] Ali H. R,"Study of temperature and ultraviolet radiation effect on the values of thermal conductivity of hybrid composite materials", Engineering and Technology Journal, Vol. 27, No. 14, 2009.

[3] Rozli Zulkifli. "Surface Fracture Analysis of Glass Fibre Reinforced Epoxy Composites Treated with Different Type of Coupling Agent", European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.29 No.1 (2009), pp.(55-65)

[4] William D."Material science and engineering" An international 5th edition (USA) (PP. 521-523) , (527- 543), (2000).

[5] R. K. Salman. "Optimization of composite material mechanical characteristics using computer modeling", degree of Master of Science in physics, department of physics in the college of science in AL-Anbar University, 2002.

[6] Younis Khalaf Jabbur,"Study of the physical properties of a composite polymer". degree of Master of Science in physics. College of Science, Al- Mustansiryah University. 2005.

[7] Mohammed K. "The effect of environmental conditions on the hydrostatic burst pressure and impact performance of glass fiber reinforced thermoset pipes", degree of Master in mechanical engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, December (2005).

[8] فاتن نعمان عبدالله "دراسة تأثير الحجم الحبيبي للدقائق و درجة حرارة التشكيل على الخواص الميكانيكية للمواد المركبة ذات الأساس من البوليمر" مجلة الهندسة والتكنلوجيا، المجلد (25). العدد (5). (2007).

[9] كمال حميد كاطع. " دراسة تأثير امتصاصية الماء على خاصية الانحناء لبعض الخلائط البوليمرية ومتراكباتها" رسالة ماجستير، قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بغداد. (2004).

[10] Sheelan Rafeeq."The effect of layers of epoxy composites reinforced with random, bidirectional and sendwich glass fibers in impact strength and thermal conductivity", degree of Master of Science in physics, department of physics in the college of science in Baghdad University, Jan. 2003.

[11] Kawakib. J. M. " Fatigue Behavior of E-glass Fibres / Epoxy Composites", Degree of Doctor of Philosophy in Physics, College of Science - University of Baghdad. September 2005.
[12] T. A. Collings and D. L. Mead."Effect of high temperature spikes on a carbon fiber- reinforced epoxy laminate", J of composites. Vol: 19. No: 1. PP: 61- 66. January 1988.
[13] Wurood M. H. "Effect of asidic solutions in some physical and mechanical properties for epoxy composites", Master of Science in Material Science, University of Technology - Applied Science Department. April 2006.
[14] J. D. Winkel and D. F. Adams, "Instrumented drop weight impact testing of cross- ply and fabric composites". Journal of composites, Vol 16, No 4, October 1985.
[15] A. Mateen and S. A. Siddiqi, "Impact properties of polyurethane and glass fibers reinforced composites" Journal of materials science 24 (1989) PP. (4516 – 4524).
[16] Ban A. Y. "Development and Characterization of Ternary Thermosetting Polymer Blends", Degree of Doctor of philosophy in materials science, Department of applied science of University of Technology. 2010.
[17] K. S. Han and J. Kovtsky. "Composite", Journal of Composites, Vol. 14, No. 1, Jan. (1983), PP. (67 – 70).

**الجدول (1):** يبين العينات المستخدمة في الاختبار.

| Samples | Meaning |
|---|---|
| *UP* | عينات البولي استر الغير مسلحة بالالياف الزجاجية |
| *UPG1W* | عينات البولي استر المسلحة بطبقة واحدة من الالياف الزجاجية (0,90) |
| *UPG2W* | عينات البولي استر المسلحة بطبقتين من الالياف الزجاجية (0,90) |
| *UPG3W* | عينات البولي استر المسلحة بثلاث طبقات من الالياف الزجاجية (0,90) |
| *UPG1R* | عينات البولي استر المسلحة بطبقة واحدة من الالياف الزجاجية العشوائية |
| *UPG2R* | عينات البولي استر المسلحة بطبقتين من الالياف الزجاجية العشوائية |
| *UPG3R* | عينات البولي استر المسلحة بثلاث طبقات من الالياف الزجاجية العشوائية |
| *UPG1W1R* | عينات البولي استر المسلحة بطبقة واحدة (0,90) وأخرى عشوائية من الياف الزجاج |
| *UPG1W2R* | عينات البولي استر المسلحة بطبقتين عشوائيتين بينهما طبقة (0,90) من الالياف الزجاجية |
| *UPG2W1R* | عينات البولي استر المسلحة بطبقتين (0,90) بينهما طبقة عشوائية من الياف الزجاج |

**الجدول (2)**: يبين سمك ومعامل الانتشار للعينات المغمورة بالماء المقطر لمدة (50) يوما.

| ***Samples*** | ***Thickness of Samples (h) (mm)*** | ***Diffusion Coefficient (D) $m^2.sec^{-1}$ $x10^{-13}$*** |
|---|---|---|
| *UP* | 1.50 | 4.010 |
| *UPG1W* | 0.95 | 0.441 |
| *UPG2W* | 1.10 | 0.605 |
| *UPG3W* | 2.00 | 1.890 |
| *UPG1R* | 0.95 | 0.613 |
| *UPG2R* | 1.90 | 2.230 |
| *UPG3R* | 3.20 | 5.290 |
| *UPG1W1R* | 1.75 | 1.580 |
| *UPG1W2R* | 3.10 | 6.040 |
| *UPG2W1R* | 2.00 | 2.990 |

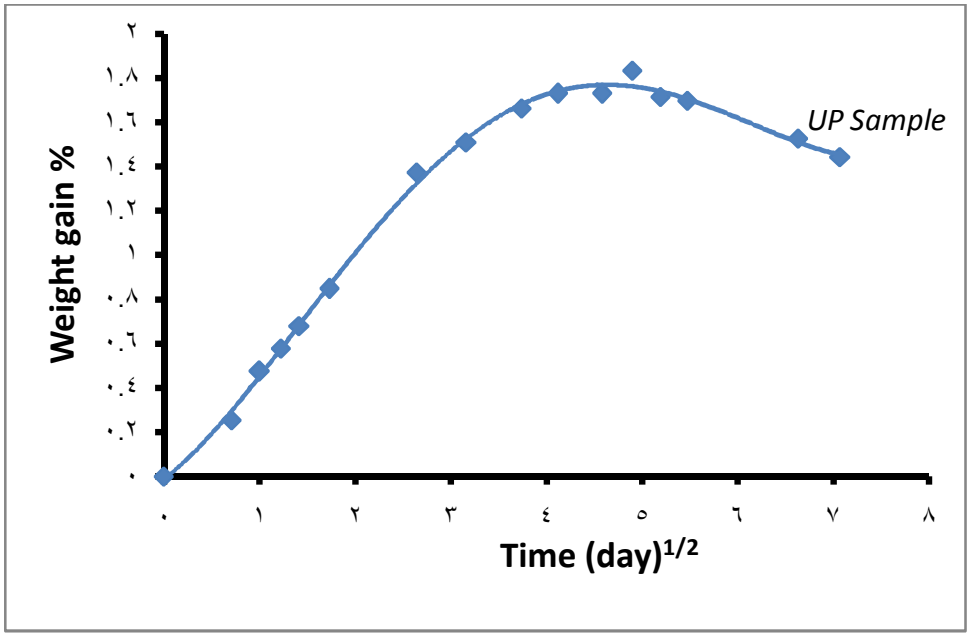
**الجدول (3)**: يبين سمك العينات وزاوية ازاحة مطرقة جهاز الفحص كذلك يبين مساحة المقطع العرضي وطاقة ومقاومة الصدمة للعينات الجافة.

| ***Samples*** | ***Thickness of Samples (h) (mm)*** | ***Cross section area ($mm^2$)*** | ***Angles of hammer after testing*** | ***Impact energy (U) (J)*** | ***Impact strength(I.S) ($KJ.m^{-2}$)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *UP* | 1.50 | 9.00 | 140 | 0.288 | 32.00 |
| *UPG1W* | 0.95 | 5.70 | 138 | 0.387 | 67.89 |
| *UPG2W* | 1.10 | 6.60 | 115 | 1.280 | 193.94 |
| *UPG3W* | 2.00 | 12.00 | 107 | 1.657 | 138.08 |
| *UPG1R* | 0.95 | 5.70 | 135 | 0.417 | 73.16 |
| *UPG2R* | 1.90 | 11.40 | 124 | 0.928 | 81.40 |
| *UPG3R* | 3.20 | 19.20 | 101 | 1.951 | 101.61 |
| *UPG1W1R* | 1.75 | 10.5 | 120 | 1.057 | 100.66 |
| *UPG1W2R* | 3.10 | 18.60 | 82 | 2.905 | 156.18 |
| *UPG2W1R* | 2.00 | 12.00 | 114 | 1.326 | 110.50 |

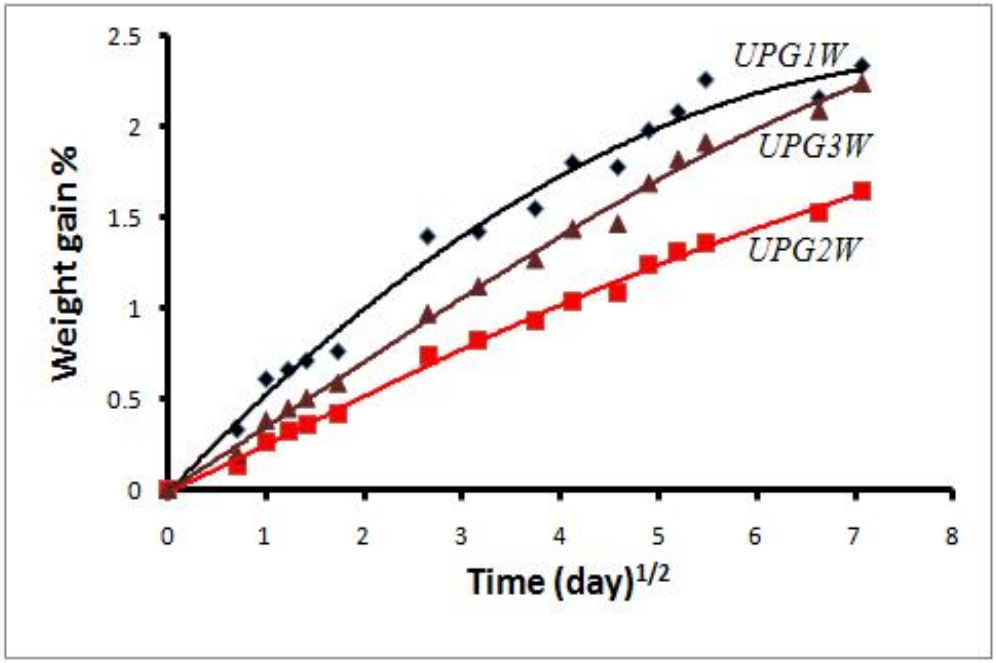
**الجدول (4):** يبين زاوية ازاحة مطرقة جهاز الفحص كذلك يبين مساحة المقطع العرضي وطاقة ومقاومة الصدمة للعينات المغمورة بالماء.

| ***Samples*** | ***Cross section area ($mm^2$)*** | ***Angles of hammer after testing*** | ***Impact energy (U) (J)*** | ***Impact strength(I.S) ($KJ.m^{-2}$)*** |
|---|---|---|---|---|
| *UP* | 9.00 | 130 | 0.458 | 50.89 |
| *UPG1W* | 5.70 | 137 | 0.398 | 69.82 |
| *UPG2W* | 6.60 | 106 | 1.705 | 258.33 |
| *UPG3W* | 12.00 | 103 | 1.852 | 154.33 |
| *UPG1R* | 5.70 | 132 | 0.568 | 99.65 |
| *UPG2R* | 11.40 | 120 | 1.057 | 92.72 |
| *UPG3R* | 19.20 | 99 | 2.091 | 108.91 |
| *UPG1W1R* | 10.5 | 100 | 2.000 | 190.48 |
| *UPG1W2R* | 18.60 | 62 | 3.860 | 207.53 |
| *UPG2W1R* | 12.00 | 112 | 1.380 | 115.00 |

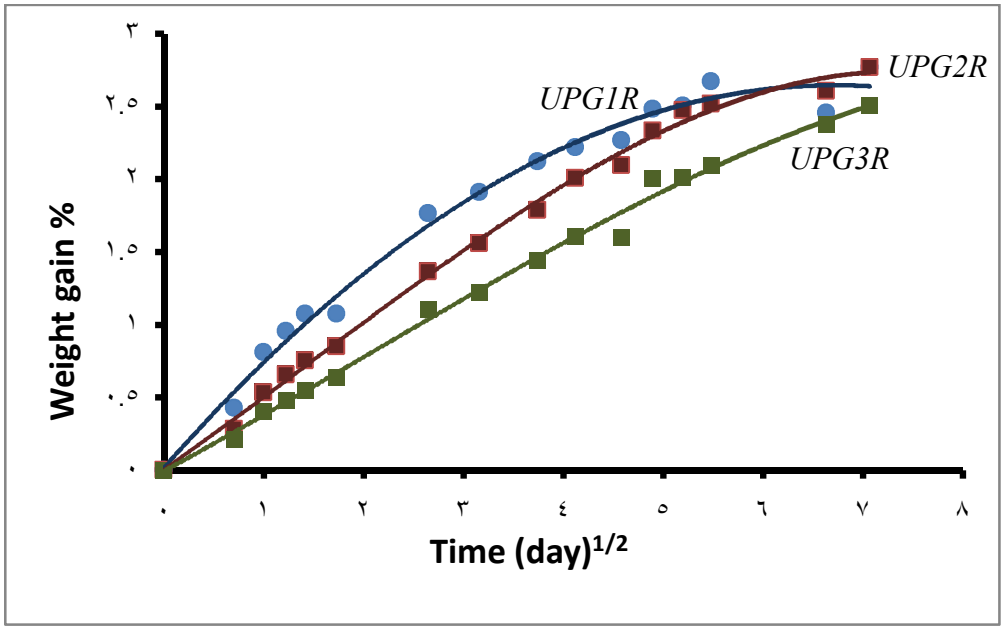
**الشكل( 1):** جهاز ايزود للصدمة المستخدم في الفحص.



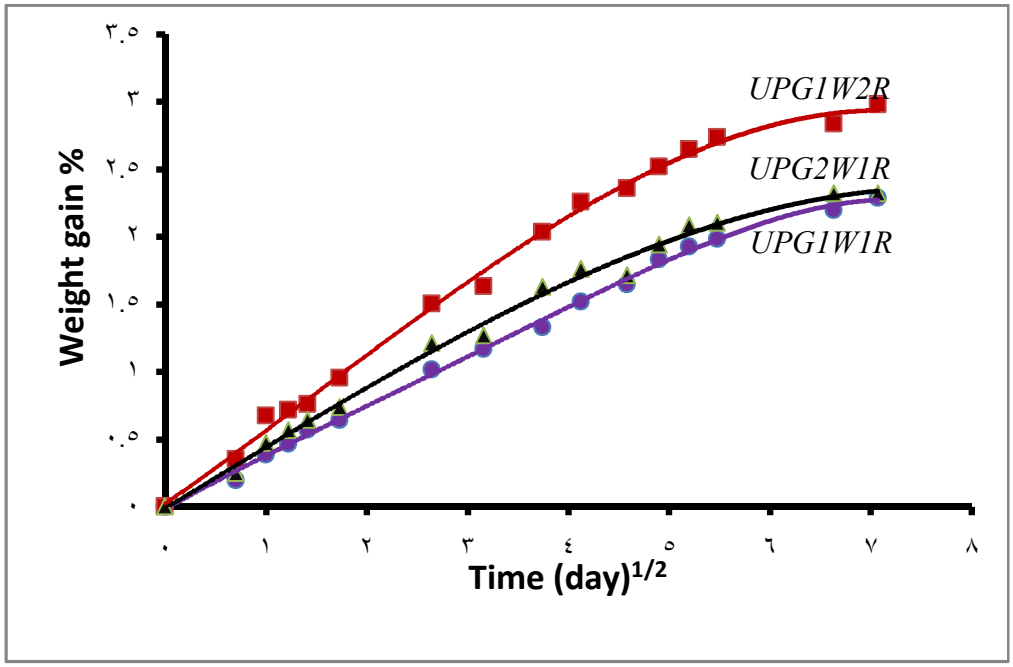

**الشكل (2):** العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي للزمن للعينة (UP) الغير مدعمة بالالياف.



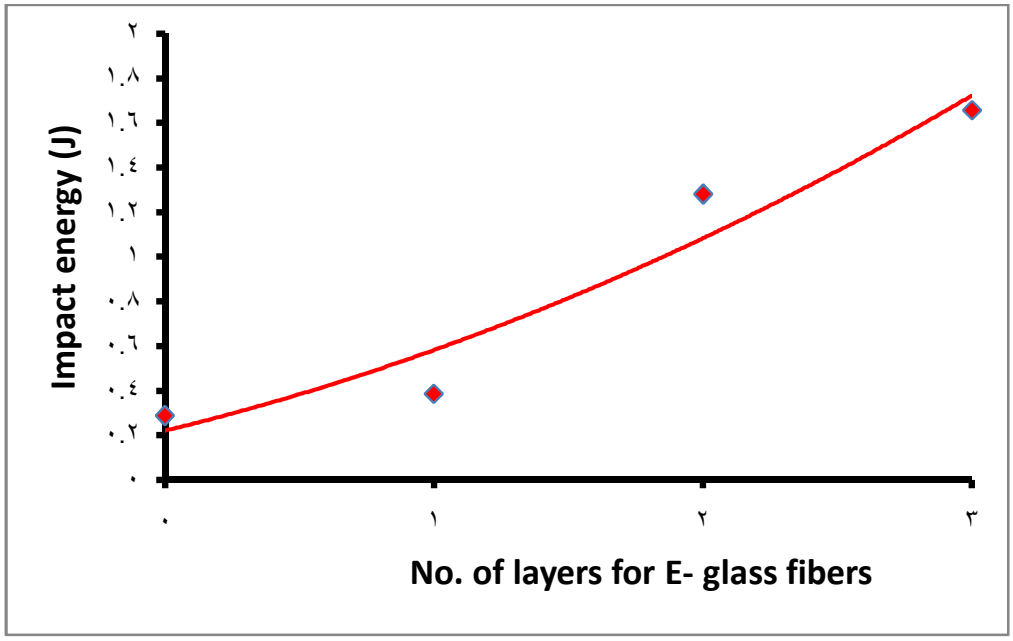

**الشكل (3)**: العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي للزمن لعينات **(UP)** المدعمة بالالياف الزجاجية ذات الاتجاهية **(0, 90)**.



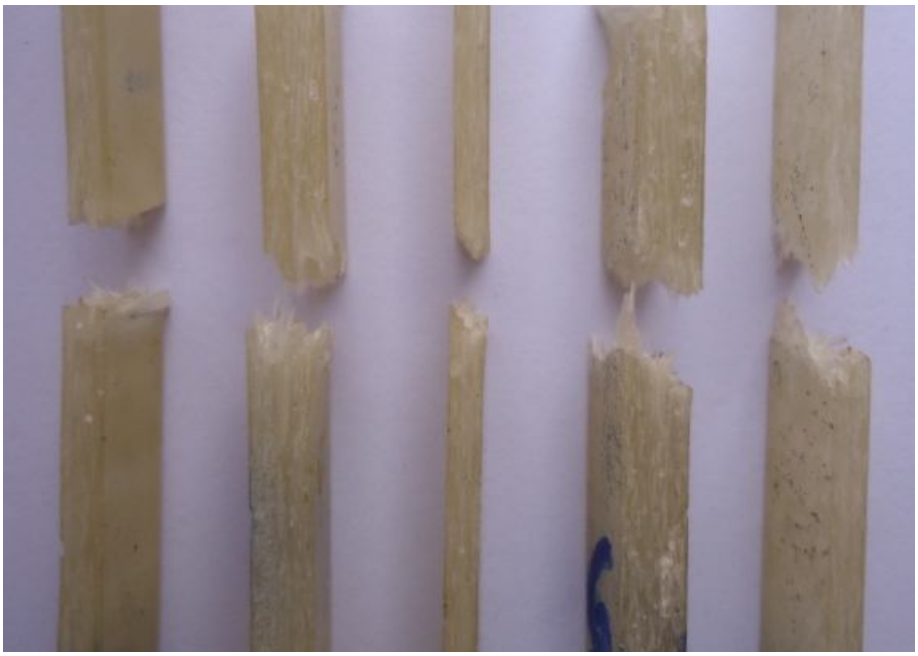

**الشكل (4)**: العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي للزمن لعينات **(UP)** المدعمة بالياف الزجاج عشوائية الاتجاه.



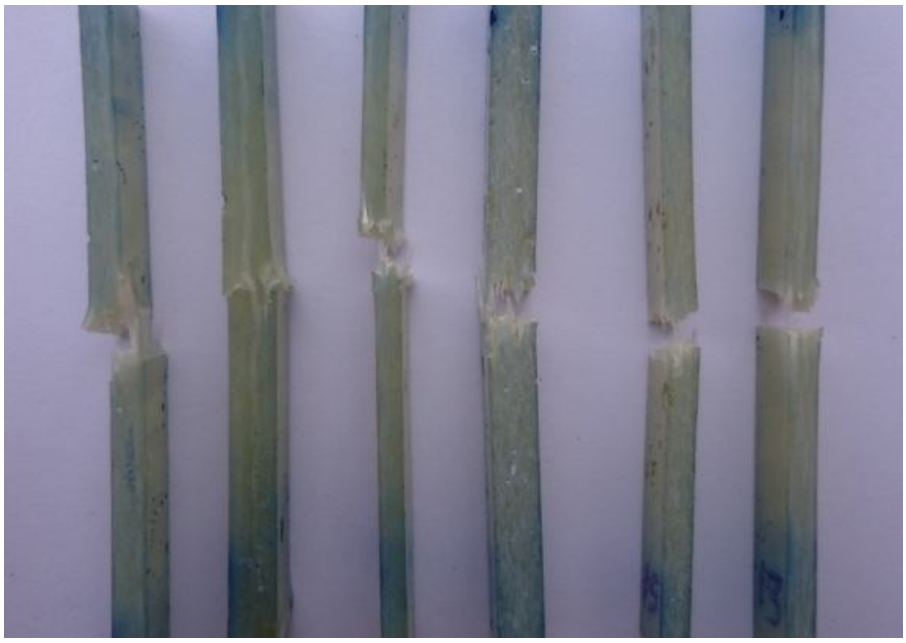

**الشكل (5)**: العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي للزمن لعينات **(UP)** المدعمة بالياف الزجاج **(0,90)** وعشوائية الاتجاه.




**الشكل (6)**: العلاقة بين عدد طبقات التسليح بالالياف الزجاجية **(0,90)** للعينات مع طاقة الصدمة.



**الشكل (7)**: يمثل منطقة الكسر في بعض العينات قبل غمرها بالماء.



**الشكل (8)**: منطقة الكسر في بعض العينات المغمورة بالماء.

# Effect of water on impact strength for unsaturated polyester composites reinforced with E-glass fibers

***Dr. Mohammed Ghazi Hammed***
***Department of physics***
***College of Science - University of Anbar***

**ABSTRACT.**

The present research aimed to study the effect of distilled water on impact strength for unsaturated polyester composites reinforced with E-glass fibers with volume fraction 35%, all samples were prepared by using hand lay up technique. Unsaturated polyester resin was used as matrix for the reinforced materials that consist of artificial glass fibers (woven roving) with directional (0,90) and chopped glass fibers with the random direction. The samples were cutting with measurement (60 x 6) mm and the sample thickness dependent on the number of layers of glass fibers. The impact tests are carried out on samples under the influence of normal conditions (laboratory temperature).

The results and examinations for these samples shows acceptable improvement in impact strengths of the matrix was observed after addition of glass fibers, to explain the effect of water on impact properties, the samples immersion in water for (50) days. The results show that as the exposure time increased the impact strength of samples increase.

**Keywords: Polymer, Composite materials, Glass fibers, Impact strength.**