تأثير التسليح بالألياف الطبيعية على الخصائص الميكانيكية لمركبات البولي استر غير المشبع

رؤيا نعمان[1]

د. رامي منصور[2] د. لطيفة الحموي[3]

الملخص

تعد الألياف الطبيعية متنوعة ومصادرها تتجدد سنوياً على اختلاف أنواعها، وتتميز بقوة التصاق جيدة مع البوليمرات إضافةً لانخفاض كلفة الحصول عليها ومعالجتها مقارنة بالألياف الصناعية.

يهدف البحث إلى دراسة تأثير التسليح بالألياف الطبيعية (نسيج القنب – حصيرة سعف النخيل – الليف الطبيعي luffa) على الخواص الميكانيكية (شد – انحناء) لمركبات البولي استر غير المشبع.

بينت نتائج اختبار الشد تحسن قيم اجهاد الشد بزيادة عدد طبقات ألياف التسليح، وأعطى نسيج القنب أفضل القيم يليه كل من الليف الطبيعي وسعف النخيل.

باختبار العينات على الانحناء تبين أن أفضل النتائج تعود للمركبات المسلحة بالليف الطبيعي يليه نسيج القنب ثم سعف النخيل. بينت النتائج أيضاً أن التعامل مع سعف النخيل في تسليح UPR يتطلب أنظمة معالجة تتجاوز المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم.

الكلمات المفتاحية: ألياف طبيعية، نسيج القنب، سعف النخيل، ليف طبيعي luffa، مركبات مسلحة.

[1] طالبة دكتوراه – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

[2] استاذ – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

[3] استاذ مساعد - قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

The effect of reinforcing with natural fibers on the mechanical properties of unsaturated polyester composites

[1]Roya Noman
Dr. Rami Mansour[2] **Dr. Latifeh Alhamwi[3]**

Abstract

Natural fibers are diverse and their sources are renewed annually of all kinds, they have good adhesion strength with polymers ,in addition to the low cost of obtaining and processing them compared to synthetic fibers.

This research aims to study the effect of reinforcing with natural fibers (hemp tissue, date palm mat, luffa cylindrica) on mechanical properties (tensile strength and bending) of unsaturated polyester (UPR) composites.

The tensile test results showed an improvement in tensile stress values by increasing the number of reinforcing fibers layers, and hemp tissue gave the best values, followed by luffa cylindrica and date palm mat.

By testing the samples on bending, it was revealed that the best results are for the composites reinforced with luffa cylindrica, followed by hemp tissue and then date palm mat. The results also showed that dealing with date palm in reinforcing UPR requires treatment system that goes beyond chemical treatment with sodium hydroxide.

Keywords: natural fibers, hemp tissue, date palm, luffa cylindrica, reinforced composites.

[1]**PHD student; Faculty of Electrical & Mechanical Engineering; Tishreen University; Lattakia: Syria.** royianoma@gmail.com

[2]**Professor in designing and production department; Faculty of Electrical & Mechanical Engineering; Tishreen University; Lattakia: Syria**

[3]**professor assistant in designing and production department; Faculty of Electrical & Mechanical Engineering; Tishreen University; Lattakia: Syria.**

1- المقدمة:

تعد الألياف الطبيعية متنوعة ومصادرها تتجدد سنوياً على اختلاف أنواعها (كالنبات والخشب وريش الدجاج وشعر الانسان)، وتتميز بانخفاض كلفة الحصول عليها ومعالجتها مقارنة بالألياف الصناعية، كما تعد غنية بالسيللوز وسطوحها مغطاة بمادتي الهيدروكسيل والكربوكسيل وتتميز بقوة التصاق جيدة مع البوليمرات.

تستعمل المواد السيللوزية في المواد المركبة البوليمرية كحشوات طبيعية بشكل ألياف تقوية أو مساحيق ما يحقق الكلفة المنخفضة، الكثافة المنخفضة، خواص ميكانيكية محسنة (Georgeta *et al* .,2004,1150) [1].

تحوي أغلب المواد الطبيعية المستخدمة في تقوية المواد المركبة البوليمرية كل من السيللوز (cellulose)، ليغنو سيللوز (ligno cellulose) والبكتين (pectin) ويتم الحصول عليها من الخشب، الحبوب، القطن، الخضار، الكتان، القنب، جوز الهند، بعض أشجار الفواكه وأنواعها (E.Cerqueira *et al* .,2011,2047) [2].

2- الدراسات المرجعية:

تناولت العديد من الدراسات العلمية تسليح البولي استر غير المشبع وتحسين خواصه الميكانيكية باستخدام ألياف طبيعية من القنب (V. Patil *et al*.,201 8) [3]، ألياف قصب السكر (mohd *et al*.,2017)[4]، ألياف جوز الهند (Nurul *et al*., 2012) [5]، ألياف القنب مع مسحوق الذرا (Jamila *et al* ,2020) [6]، ألياف الموز (C.P *et al* .,2019) [7]، ألياف الموز المعالج (V Jagadale.,*et al*,2019) [8] وقد بينت هذه الدراسات أن استخدام الألياف الطبيعية كمواد تسليح قدم تخفيض جيد في التكلفة والكثافة وحسّن من قيم مقاومة الشد ومقاومة الانحناء للمادة المركبة الناتجة.

كما بينت دراسات أخرى (M.Asim *et al*.,2015 ؛ (Solaiman *et al*.,2020)[10] [9] امكانية استخدام ألياف نبات الأناناس كبديل متجدد ورخيص الثمن عن الألياف الصناعية ذات التكلفة العالية المستخدمة لتقوية المواد البوليميرية.

بالرغم من اختلاف طرق التحضير المتبعة فإن استخدام أليـاف الكتان كمواد تسليح يحسن من الخواص الميكانيكية للمادة المركبة الناتجة بشكل ملحوظ (Yiou *et al*., 2019) [11]؛(E .Muñoz *et al*., 2015) [12]؛(wang *et al*.,2016)[13]، وبشكل مشابه يحسّن استخدام حصيرة من ألياف التبغ في تسليح البولي استر غير المشبع من خواص الانحناء للمادة النهائية (Mohd *et al*.,2010)[14]؛ (Dody *et al*.,2016) [15]، بينما يساهم التسليح بحصيرة من الليف الطبيعي(luffa) في تحسين الخواص الميكانيكية للمادة الناتجة إضافة لخفة الوزن والكلفة المنخفضة ما يجعلها بديل مرشح للألياف الصناعية **(P. Mani *et al*., 2014)[16]؛(Niharika,2016)[17] .**

تعتمد خواص المواد المركبة على خواص الالتصاق بين الليف ومادة الأساس البوليمرية وقد ذكر العديد من الباحثين أن الخواص الميكانيكية للمادة المركبة تعتمد بشكل كبير على قدرة نقل الاجهاد بين مادة الأساس والليف، بمعنى آخر يعد الالتصاق بين الليف والبوليمر حجر الأساس لتحديد السلوك الميكانيكي للمادة المركبة. وقد وجدت بعض الدراسات (N.saba *et al*.,2019) [18] أن استخدام ألياف سعف النخيل بنسبة (50%) كمادة تسليح يحسّن كل من مقاومة الشد، ومعامل الاستطالة عند التحطم، إلا أنه يترافق مع حدوث كسر وسحب للألياف من مادة الأساس عند اجراء اختبار الشد (Elsadig *et al*.,2015) [19].

وأشارت دراسات أخرى إلى أن البناء الداخلي لليف يلعب دور هام في تغير الخواص التي يتمتع بها المركب النهائي الناتج (Yuxia *et al*., 2017) [20]؛(Gilberto *et al*., 2010)[21] .

بالتالي يمكن القول أن الطلب على المواد الجديدة ذات الخواص المحسنة ما يزال مستمراً، وحيث أنه من الصعب توافر كل الخواص في مادة واحدة فإن عملية البحث لتحسين الخواص ماتزال قائمة، وعلى الرغم من توفر العديد من طرق المعالجة الصناعية التي يمكن استخدامها مع المواد المركبة البوليمرية ذات الألياف الطبيعية إلا أن هناك مجموعة من المعوقات والقيود التي ماتزال تحد من هذه التقنيات، ويعد الاختيار الصحيح لنوع الليف إضافة لنظام المعالجة والتصنيع المستخدم الخطوة الأهم في تحقيق الاستخدام الأمثل للألياف الطبيعية كمواد تسليح في المركبات البوليمرية.

استناداً للدراسات المرجعية السابقة فإن هذا البحث يركز على دراسة الخواص الميكانيكية للمواد المركبة المسلحة بألياف طبيعية (القنب، أوراق سعف النخيل، الليف الطبيعي) آخذين بعين الاعتبار استخدام أوراق سعف النخيل بالشكل الذي تم الحصول عليه من نواتج التقليم السنوي دون إجراء أية عمليات تكنولوجية إضافية للحصول على الألياف كما يركز البحث على استخدام كل من الليف الطبيعي وألياف القنب دون اجراء معالجة كيميائية بهف تقليل كلفة وزمن دورة الانتاج.

3-أهمية البحث وأهدافه:

أدى التطور التقني والبحث الدائم عن بدائل متجددة للألياف الصناعية إلى استخدام العديد من المواد الطبيعية كمواد تسليح، ويعد الاختيار الصحيح لنوع الألياف المستخدمة في المواد المركبة الخطوة الأمثل لتحقيق الاستخدام المثالي، من هنا تأتي أهمية إجراء الاختبارات الميكانيكية لتلك المركبات لمعرفة ما تقدمه من تحسين في الخواص الميكانيكية للمنتج النهائي.

4- مواد البحث وطرائقه:

إن قلة التوافق بين الألياف السيللوزية الشرهة للماء والمواد البوليميرية الكارهة للماء قد يؤدي لحدوث تناقض بين الخواص الميكانيكية ضمن المادة المركبة الناتجة وهذا ما يستوجب إجراء معالجة كيميائية لتركيب الليف قبل استعماله كمادة تقوية. ويوجد العديد من المعالجات الكيميائية (قلوية /حامضية) التي يمكن إجراؤها على الألياف الطبيعية لزيادة قوتها وإزالة الشوائب وبالتالي تحسين خواص المنتجات النهائية.

بينت الدراسات العلمية أن المعالجة القلوية لسعف النخيل بهيدروكسيد الصوديوم بنسبة (4%) تؤدي إلى تحسين كل من مقاومة الشد، قوة القص، معامل الاستطالة واسترخاء الألياف وقوتها (Hendri *et al*., 2017) [22]؛ (Meheddene *et al*., 2014)[23] ؛ (Elsayed ,2014)[24].

وأشارت دراسات أخرى إلى أن المعالجة الكيميائية لعينات من الليف الاسفنجي(luffa) بهيدروكسيد الصوديوم لم تقدم أي زيادة ملحوظة في خواص الشد مقارنة بالعينات غير المعالجة (Valcineide *et al* .,2014) [25].

بالاعتماد على الدراسات العلمية السابقة الذكر تمت معالجة حصيرة ألياف سعف النخيل المبينة بالشكل (2) بنسبة (4%) هيدروكسيد الصوديوم لمدة (24) ساعة قبل استخدمها كطبقات تسليح بينما استخدم كل من نسيج القنب والليف الطبيعي بدون معالجة لأهداف اقتصادية. ويعود السبب في معالجة حصيرة سعف النخيل قبل الاستخدام إلى صعوبة التصاق الطبقات ببعضها البعض بسبب قوى الارتباط المنخفضة بين مادة الأساس وسعف النخيل.

4-1-المواد المستخدمة في البحث:

1- مادة البولي استر غير المشبع تحوي على (1.5% MEKP + 0.5 % cobalt nafthanate) ولها الخواص الموضحة بالجدول (1) بدرجة حرارة الوسيط المحيط عند الاختبار:

الجدول (1) خواص مادة البولي استر غير المشبع المستخدم في البحث

الخصائص	المواصفات	الواحدة
الحالة	سائل لزج وردي اللون	
اللزوجة عند الدرجة 21C	1-0.08	Pa.S
زمن التجلتن عند إضافة 1.5% من مادة MEKP	20-15	Min
درجة الحرارة الاكسوثرمية العظمى عند إضافة 1.5% من مادة MEKP	146	C°

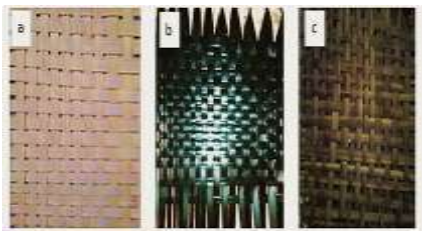
2- المادة البادئة: بيروكسيد الميثيل إيثيل كيتون (MEKP) نوع Butanox -M-50.

3- المادة المسرعة: محلول الكوبالت نفتنات الحاوي على نسبة 6 % كوبالت.

4- نسيج القنب: متوفر في الأسواق المحلية بشكل أكياس لتعبئة المحاصيل الزراعية.

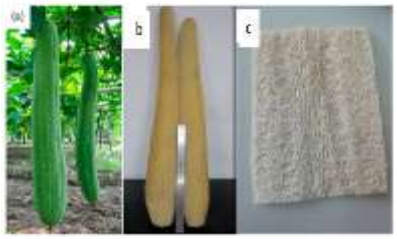
الشكل (1) صورة توضح نسيج القنب المستخدم

5- أوراق سعف النخيل: تم جمعها محلياً ثم غسلها وتجفيفها في الشمس لعدة أيام وفي مجففات بدرجة حرارة (80 C) حتى حدوث ثبات بالوزن، ومن ثم تشكيلها على شكل حصيرة بأبعاد cm (30X30) كما هو موضح بالشكل (a)، ثم معالجتها بهيدروكسيد الصوديوم كما في الشكل (b) بعد تجفيفها الشكل (c) تم استخدامها بشكل طبقات لتسليح مادة البولي استر غير المشبع.



الشكل (2) صورة توضح حصيرة سعف النخيل (a) بعد تشكيلها، (b) بعد المعالجة بالهيدروكسيد،(c) بعد التجفيف

6- الليف الطبيعي (luffa): مادة خفيفة الوزن ذات محتوى عالي من الليغنين تتمتع بتركيب ليفي مثقب متعدد الطبقات (poly porous structure)، يصل طول الليف داخل تركيبها الاسفنجي لحوالي (30mm)، تم جمعها محلياً ثم غسلها بالماء وتجفيفها بالشمس لعدة أيام ثم تشكيلها على شكل شرائح وتنضيدها بشكل طبقات تسليح ضمن مادة البولي استر غير المشبع.



الشكل (3) صورة توضح الليف الطبيعي (a) النبات الأخضر،(b) بعد الغسل والتجفيف،(c) الحصيرة النهائية

4-2- طرق تحضير العينات:

تم تحضير ألواح من البولي استر غير المشبع مع طبقات من ألياف التسليح المختارة للبحث بطريقة الدهان اليدوي (hand – lay up) حيث تم مدّ طبقة من مزيج البولي استر غير المشبع (الحاوي على النسب المختارة من مواد الإضافة) بواسطة فرشاة على لوح زجاجي ثم مدّ طبقة الألياف ليتم ترطيبها بالبولي استر غير المشبع بواسطة الفرشاة ثم طبقة أخرى من الألياف وهكذا حتى إكمال العدد المطلوب من الطبقات بعد ذلك تم ترك العينات للتصلب بدرجة حرارة الغرفة (وسطياً 20 C).

العينات المحضرة هي:

1. عينات من البولي استر غير المشبع المسلح بنسيج القنب بعدد طبقات (1,3,6).
2. عينات من البولي استر غير المشبع المسلح بحصيرة السعف بعدد طبقات (3,5,8,10).
3. عينات من البولي استر غير المشبع المسلح بالليف الطبيعي وبعدد طبقات (1,3,6).

الشكل (4) صورة توضح عينات البولي استر غير المشبع المسلحة بأنواع مختلفة من الألياف الطبيعية

3-4- طرق الاختبار والقياس:

❖ **اختبار الشد:**

تشير بعض الدراسات العلمية إلى أن تحقيق التصلب الكامل للبولي استر غير المشبع غير ممكن بينما يشير البعض الآخر إلى ضرورة إجراء معالجة حرارية للمنتج النهائي بالدرجة (60C) لمدة تتراوح بين (2-4) ساعة (Mehran *et al.*, 2004) [26]. لذلك وبعد تصلب العينات قمنا بإجراء معالجة حرارية للعينات عند الدرجة (60 C) لمدة ساعتين بهدف استكمال نضج تصلب البولي استر غير المشبع، بعد ذلك تم اقتطاع عينات مستطيلة بأبعاد (20x2) cm من الألواح المعالجة حرارياً من أجل اختبار الشد. تم اجراء الاختبارات على آلة شد نوع (iber test) عند سرعة الاختبار (5 mm/min) استناداً للمواصفات القياسية (ISO 6259).

الشكل (5) صورة عينات اختبار الشد المحضرة وجهاز الاختبار المستخدم.

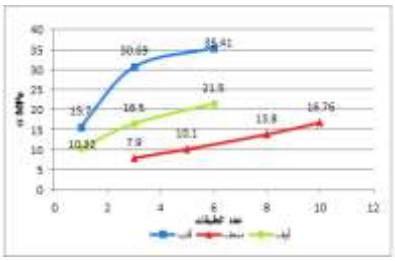
❖ **اختبار الانحناء :**

من أجل اختبار الانحناء ثلاثي النقاط (three – point test) تم اقتطاع عينات مستطيلة بأبعاد (20x2)cm من الألواح المعالجة حرارياً واختبارها على آلة اختبار نوع (iber test)، سرعة الاختبار (5 mm/min).

الشكل (6) صورة توضح أبعاد عينة اختبار الانحناء وجهاز الاختبار المستخدم.

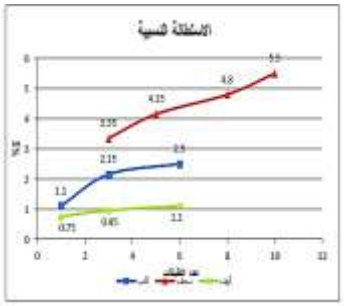
5- النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج اختبار الشد للعينات المسلحة بالألياف الطبيعية (حصيرة سعف النخيل – نسيج القنب – الليف الطبيعي) وجود تحسن واضح بقيم اجهاد الشد عند الانقطاع بزيادة عدد طبقات التسليح كما هو موضح بالشكل (7) حيث سببت زيادة عدد طبقات كل من القنب و الليف الطبيعي (من 1 إلى 6 طبقات) تحسن في قيم الاجهاد بنسبة (125.5%) و(108.3%) على التوالي بينما سببت زيادة طبقات سعف النخيل (من 3 إلى 10 طبقات) تحسن في قيم الاجهاد بنسبة (112.15%)، بالتالي يمكن القول أن أفضل النتائج يمكن الحصول عليها عند استخدام نسيج القنب، حيث يلاحظ حدوث تزايد لا خطي بقيم اجهاد التحطم يليها بالترتيب الليف الطبيعي ومن ثم حصيرة سعف النخيل.



الشكل (7) منحنيات تغير اجهاد الشد عند الانقطاع بدلالة عدد طبقات التسليح

ويظهر الشكل (7) أن كافة الأنواع المستخدمة بعملية التسليح تبدي قدرات متباينة على تحسين قيم اجهاد التحطم وأن الليف الطبيعي المستخدم يحتل مكانة وسطية بين نسيج القنب وحصيرة سعف النخيل.



الشكل (8) منحنيات تغير الاستطالة النسبية عند الانقطاع بدلالة عدد طبقات التسليح.

من المعلوم أن المادة تتصف بالقصافة عند استطالة نسبية تتراوح ضمن المجال (2-5%)، بملاحظة النتائج المبينة في الشكل (8) يبدو أن تأثير التسليح بمثل هذه الأنواع من الألياف على قيم الاستطالة النسبية بدلالة عدد الطبقات منخفض ومتفاوت ، فكما هو موضح بالشكل (8) إن قيم الاستطالة النسبية لهذه المركبات قد بقيت مساوية تقريباً لقيم الاستطالة النسبية للبولي استر غير المشبع النقي (1.5-2.5%) باستثناء قيم الاستطالة النسبية للمركبات المسلحة بحصيرة سعف النخيل، حيث نلاحظ ازدياد قيم الاستطالة النسبية بزيادة عدد الطبقات لتصل (5.5%) عند التسليح بعشرة طبقات، و يعود السبب إلى الانسلاخ غير المنتظم لألياف سعف النخيل من مادة الأساس.

إن السلوك المتباين لتأثير طبقات التسليح المختلفة المستخدمة في البحث تجلى بشكل واضح عبر مراقبة موقع الكسر من خلال الصور الفوتوغرافية التي أخذت لموقع كسر العينات التي عرضت لاختبار الشد، والتي أظهرت بوضوح أسباب الاختلاف بسلوك هذه المواد ضمن مادة الأساس. يظهر الشكل (9) الصور الفوتوغرافية لموقع الكسر لعينات مؤلفة من مادة (UPR) مسلحة بحصيرة من سعف النخيل، وكما هو واضح يتعرض موقع الكسر إلى أنماط متنوعة من الفشل، ويتجلى ذلك بوضوح بتحطم مادة الأساس وانقطاع الألياف وانسلاخها، وحدوث فصل بين الطبقات.

الشكل (9) صور فوتوغرافية لموقع الكسر عند التسليح بعدد مختلف من طبقات سعف النخيل

يمكن تفسير سبب الفصل بين طبقات المادة المركبة بضعف قوى الترابط بين مادة الأساس الرابطة وسطوح ألياف السعف المعالجة بمادة هيدروكسيد الصوديوم، فالتجربة أظهرت عدم امكانية استخدام سعف النخيل دون إجراء المعالجة الكيميائية بهدف تحسين الالتصاق بين الألياف ومادة الأساس UPR.

بالعودة إلى قيم إجهاد الشد عند الانقطاع المبينة بالشكل (7) نلاحظ تحسن قيم الاجهاد بزيادة عدد الطبقات وهذا ما يفسر تحسن رد فعل البنية تجاه القوى المطبقة، على الرغم أن أفضل الصور تقدمها العينات ذات الطبقات قليلة العدد (3 طبقات) لأنها ترصد بوضوح السلوك المشترك بين حصيرة ألياف السعف المعالجة ومادة الأساس وتعكس بشكل أدق صحة العلاقة بينهما. وما التحسن الواضح بقيم إجهاد الشد عند زيادة عدد طبقات حصيرة السعف إلا انعكاس للتأثير الحقيقي لعملية التسليح بمثل هذه المواد على الخواص النهائية للمادة المركبة.

يظهر الشكل (10) موقع الكسر لعينات مسلحة بطبقات من نسيج القنب غير المعالج كيميائياً. ويبدو من الشكل الترابط الجيد بين مادة الأساس ونسيج القنب حيث يلاحظ عدم انسلاخ للألياف في موقع الكسر، إضافة لعدم وجود فصل بين الطبقات، وهذا يدل على التآلف الجيد بين الألياف ومادة الأساس، وهو ما يفسر التحسن الواضح في مقاومة اجهاد الشد بزيادة عدد طبقات نسيج القنب. إن عدم حدوث انسلاخ لألياف القنب بموقع الكسر يدل على أن جملة (البوليمير – ألياف القنب) قد أصبحت وكأنها جملة مركبة بخواص انفعالية ثابتة.

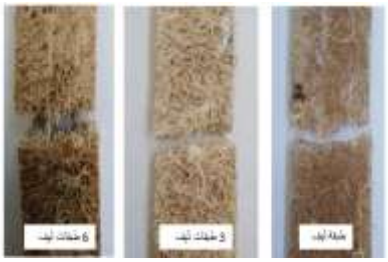
الشكل (10) صور فوتوغرافية لموقع الكسر عند التسليح بعدد مختلف من طبقات نسيج القنب

تؤكد الصور الفوتوغرافية لموقع الكسر أن أي تحسن محتمل الحدوث يعود بالواقع إلى نسيج القنب

المستخدم بسبب استمرار وثبات موقع الكسر. تؤكد الصور أيضاً محافظة المادة المركبة على السلوك الهش للتحطم الذي تملكه مادة الأساس، حيث يلاحظ أن سطح الكسر خال من التشوهات التي تم رصدها مقارنة بسطوح الكسر عند التسليح بسعف النخيل.

بشكل مشابه أجريت الدراسة التحليلية لسطح الكسر لعينات من UPR مسلحة بطبقات من الليف الطبيعي غير المعالج ، ويوضح بالشكل (11) أن هناك مساهمة مشتركة للألياف ومادة الأساس في تحمل وتشتيت اجهادات الشد المطبقة أثناء الاختبار. حيث يلاحظ انقطاع للألياف مع حدوث انسلاخات للألياف طفيفة جداً عند سطح الكسر.

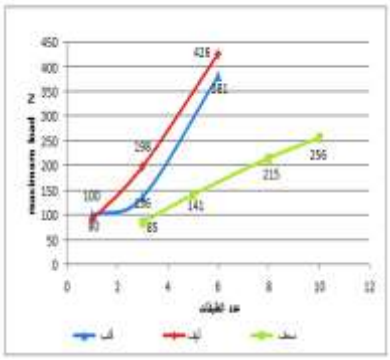
إن هذه الصورة الفوتوغرافية تظهر من جهة وضوح الترابط الحاصل بين ألياف التسليح ومادة UPR نتيجة تشرب الياف القنب والليف الطبيعي بمادة UPR ، وتقدم من جهة أخرى وكنتيجة للإنسلاخات الطفيفة الحاصلة في موقع الكسر فكرة عن ضرورة البحث عن الأسلوب اللازم اتباعه لتحسين قوى الالتصاق بين مادة الأساس ومادة الليف الطبيعي.



الشكل (11) صور فوتوغرافية لموقع الكسر عند التسليح بعدد مختلف من طبقات الليف الطبيعي

يشكل اختبار الانحناء الستاتيكي أهمية كبيرة في دراسة المركبات الصفائحية حيث يمكن من خلال هذا الاختبار تقييم قوى الالتصاق بين الطبقات المشكلة (بوليمر – ألياف التسليح). وقد أجريت هذه الاختبارات على العينات سابقة الذكر وأظهرت النتائج تطابقاً واضحاً مع ما ذكر أعلاه باختبارات الشد.

أظهرت نتائج اختبار الانحناء الستاتيكي للمركبات وجود اختلاف في سلوك انهيارها، حيث يبين الشكل (12) منحنيات تغير قوى الانحناء بدلالة عدد طبقات التسليح ويبدو واضحاً من الشكل (12) حدوث زيادة بالقوى اللازمة لانهيار العينات كافة بزيادة عدد طبقات التسليح.



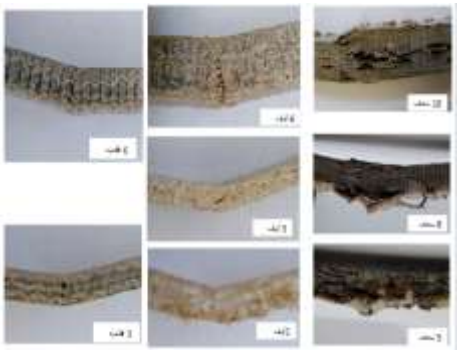
الشكل (12) منحنيات تغير الحمولة العظمى على الانحناء الستاتيكي بثلاثة نقاط بدلالة نوع وعدد طبقات التسليح

أيضاً يبدو من الشكل (12) أن أفضل النتائج تعود للمركبات المسلحة بالليف الطبيعي غير المعالج يليه بالترتيب نسيج القنب ثم المركبات المسلحة بحصيرة سعف النخيل، كما يظهر الشكل التزايد الخطي تقريباً بزيادة عدد طبقات التسليح من سعف النخيل. تظهر النتائج المبينة بالشكل (12) أيضاً عكس ما تم التوصل إليه باختبار الشد حيث يتبين أن المركبات المسلحة بالليف الطبيعي أفضل من المركبات المسلحة بنسيج القنب.

أصبح واضحاً من الاختبارات السابقة المبينة بالأشكال (7، 8، 12) أن أفضل النتائج يمكن الحصول عليها في عملية التسليح تكون عند استخدام كل من ألياف القنب والليف الطبيعي، وذلك بسبب قوى الارتباط المرتفعة بين مادة الأساس وهذه المواد. ولتأكيد صحة قوى الارتباط المرتفعة فيما بينها تم إجراء صور فوتوغرافية لموقع الكسر عند اختبار الانحناء ثلاثي النقاط وقد تأكدت لنا صحة الاستنتاجات التي توصلنا إليها عند تحليل الصور الفوتوغرافية العائدة لموقع الكسر في اختبار الشد.

كما هو موضح بالشكل (13) فإن العينات المسلحة بحصيرة سعف النخيل قد تعرضت لضرر كبير تمثل بحدوث فصل وتلف ضمن الطبقات في

موقع تطبيق القوة، وهذا يدل على ضعف قوى الارتباط من جهة وعلى المقاومة المنخفضة التي تبديها ألياف سعف النخيل عند استخدامها في عملية التسليح من جهة أخرى، وقد تطابقت نتائج اختبار الانحناء الستاتيكي مع اختبار الشد من حيث شكل الضرر الحاصل في مثل هذه المركبات.



الشكل (13) صور فوتوغرافية لعينات الانحناء بموقع التحطم بدلالة نوع وعدد طبقات التسليح.

أظهر تحليل الصور الفوتوغرافية للعينات المسلحة بكل من الليف الطبيعي ونسيج القنب أن التسليح بهاتين المادتين يعطي أفضل النتائج، حيث تدل الصور على وجود ارتباط جيد بين مادة الألياف ومادة الأساس، ويتجلى ذلك بحدوث انهيار للعينة عند اجراء اختبار الانحناء الستاتيكي دون تشكل فصل واضح بين الطبقات. إن هذه النتيجة تتشابه بالواقع مع النتائج التي حصلنا عليها من اختبار الشد مع ملاحظة أن كل من الليف الطبيعي ونسيج القنب قد تم استخدامهما دون اجراء المعالجة الكيميائية التي أجريت لسعف النخيل وذلك لأهداف اقتصادية.

من خلال مناقشة نتائج التسليح المبينة في المنحنيات (7، 8، 12) واستناداً لنتائج الاختبارات (الشد – الانحناء) أصبح واضحاً أن التعامل مع سعف النخيل في تسليح UPR يتطلب البحث عن أنظمة معالجة تتجاوز المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم، حيث أظهرت التجارب أن لهذه الألياف دور واضح في تسليح مادة UPR إلا أنه غير كاف عند المقارنة مع النتائج التي تم الحصول عليها عند التسليح بكل من الليف الطبيعي والقنب غير المعالجان.

6- الاستنتاجات:

– استخدام كل من نسيج القنب والليف الطبيعي في تسليح البولي استر غير المشبع أعطى أفضل النتائج مقارنة بحصيرة سعف النخيل.

- تطابق شكل الضرر الحاصل في مركبات UPR المسلحة بحصيرة سعف النخيل عند كل من اختبار الشد والانحناء وتجلى بحدوث فصل للطبقات مترافق بانسلاخ للألياف وتحطم للمادة البوليمرية.
- يحقق كل من نسيج القنب والليف الطبيعي ترابط جيد مع مادة UPR دون الحاجة للمعالجة الكيمائية.
- التعامل مع ألياف سعف النخيل في تسليح UPR يتطلب البحث عن أنظمة معالجة تتجاوز المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم.

7- التوصيات:

- ضرورة البحث عن أسلوب المعالجة اللازم لتحسين قوى الارتباط بين مادة الأساس البوليمرية والليف الطبيعي.
- دراسة الخواص الميكانيكية لأنواع أخرى من ألياف التسليح الطبيعية بالإضافة للألياف الهجينة.
- اجراء عملية التشكيل على الساخن لزيادة قوى الارتباط بين المادة البوليمرية وألياف التسليح.

Reference المراجع

1. Cazacu, Georgeta; Popa, Valentin. (2004). Blends and composites based on cellulose materials. In: Dumitriu S(ed) Polysaccharides: structural diversity and functional versatility. Marcel Dekker, New York, pp 1141–1177.
2. Cerqueira, E. F; Baptista, C; Mulinari, D. R. (2011). Mechanical behaviour of polypropylene reinforced sugarcane bagasse fibers composites. Eng Precidia, 10: 2011, pp.2046–2051.
3. Patil, V. M, and Bhanawat, P. D. (2018). Mechanical Properties of Jute Fiber Reinforced With Polyester Fiber. International Journal on Textile Engineering and Processes, Vol. 4, Issue 2.
4. Norizan, Mohed; Khalina, Abdon; Sapuan, S. M; Rahamh, Mohamed. (2017). Curing behaviour of unsaturated polyester resin -and interfacial shear stress of sugar palm fibre, Journal of Mechanical Engineering and Sciences, Vol.11, Issue 2, pp. 2650-2564.
5. Abdullah, Nural and Ahmad, Ishak. (2012). Effect of Chemical Treatment on Mechanical and Water-Sorption Properties Coconut Fiber-Unsaturated Polyester from Recycled PET. International Scholarly Research Network ISRN Materials Science, Volume 2012, Article ID 134683, 8 pages.
6. Ali, Jamila; Musa, Abubakar; Danladi, Abdullahi; Bukhari, Muhammad and Nyakuma, Bemgba. (2020). Physico-mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin Reinforced Maize Cob and Jute Fiber Composites. Journal of Natural Fibers ·
7. https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1841062
8. Unnikrishnan, C. P; Christy, T. (2019). Mechanical Properties of Reinforced Banana Fibre/
9. Bio-Fibre Hybrid Polymer Composites on Review. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), ISSN: 2321-9653; IC Value: 45.98; SJ Impact Factor: 7.177, Volume 7 Issue X.
10. 8-Jagadale, V; Padhi, N. (2019). Mechanical Behavior of Polymer Resin Composites Reinforced with Banana Fiber. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-4.،
11. Asim, M; Abdan, Khalina; Jawaid, M; Nasir, M; Dashtizadeh, Zahra; Ishak. R, M; and Hoque. E. M. (2015). A Review on Pineapple Leaves Fibre and Its Composites, Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Polymer Science, Volume 2015, Article ID 950567, 16 page
12. Soliman; Hoque, Mohammad, Bellal; Mahmud ,Zahid; Aman, Asraful; Hassan, Asif; Khan, Ruhul and Sultana, Nazrima. (2020). Study on Preparation and Mechanical Characterization of Blended Pineapple and Jute Fiber/Unsaturated PolyesterResin (UPR) Based Composite and Effect of Alkali on Composites. American Journal of Materials Science, 10(2): 42-47.
13. Shen,Yiou; Zhong, Junjie; Cai, Shenming; Ma, Hao; Qu, Zehua; Yichun, Guo and Li,Yan. (2019). Effect of Temperature and Water Absorption on Low-Velocity Impact Damage of Composites with Multi-Layer Structured Flax Fiber. Materials, 12, 453.
14. Muñoz, E.and García-Manrique, J. A. (2015). Water Absorption Behaviour and Its Effect on the Mechanical Properties of Flax Fibre Reinforced Bioepoxy Composites. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Polymer Science, Volume 2015, Article ID 390275, 10 pages.
15. Qiuhong, Wang; Yingchao, Ji; Hong, Li. (2016). Accelerated wet aging study of flax-reinforced UPR composites. Functional Materials, 23, No.1, p. 120-126.
16. Yuhazri, Mohd; Phongsakorn, P. T; Sihombing, Haeryip. (2010). A Comparsion Process Between Vacuum infusion and Hand Lay –up Method toward Kenaf /polyester Composite. International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS, Vol:10 No:03.
17. Ariawan, Dody; Salim, M. (2016). Durability of alkali and heat-treated kenaf fiber/unsaturated polyester composite fabricated by resin transfer molding under natural weathering exposure. Adv Polym Technol.;37,pp.1420–1434.
18. Mani, P; Dellibabu, G. V; Anilbasha, K.; Anbukarsi, K. Tensile and Flexural Properties of Luffa Fiber Reinforced Composite Material.International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 5, ISSN: 2278-0181.2014.
19. Mohanta, N. (2016). Preparation and Characterization of Luffa Cylindrica Fiber Reinforced Polymer Composite. PHD thesis, Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology Rourkela.

20. **Saba, N; Alothman, Othman; Almutairi. Zeyad; Jawaid, M; Ghori, Waheedullah. (2019). Date palm reinforced epoxy composites: tensile, impact and morphological properties. j mater res technol.8(5):3959–3969.**

21. **Mahdi , Elsadig; Ochoa, Daniel. Roberto.(2015) . Effect of Water Absorption on the Mechanical Properties of Long Date Palm Leaf Fiber Reinforced Epoxy Composites. Journal of Biobased Materials and Bioenergy. https://www.researchgate.net/publication/274140258**
22. **Chen, Yuxia; Na, Su; Zhang, Kaiting; Zhu, Shiliu; Zhao, Lei; Fang, Fei; Ren, Linyan and Guo, Yong. (2017). In-Depth Analysis of the Structure and Properties of Two Varieties of Natural Luffa Sponge Fibers. Materials, 10, 479.**
23. **Siqueira, Gilberto; Bras, J; Dufresne, A. (2010). Luffa cylindrica as a lingo cellulosic source of fiber, micro fibrillated cellulose and cellulose nano crystals. BioResources, vol 5, pp.727–740.**
24. **Hestiawan, Hendri; Kusmono, Kusmono; Jamasri, Jamasri. (2017). Effect of chemical treatments on tensile properties and interfacial shear strength of unsaturated polyester/fan palm fibers. Journal of natural fibers, ISSN: 1544-0478.**
25. **Machaka, Meheddene; Basha, Hisham; Abou Chakra, Hadi, and Elkordi, Adel. (2014). Alkali treatment of fan palm natural fibers for use in fiber reinforced concrete. European Scientific Journal April 2014 edition, vol.10, No.12 ISSN: 1857 – 7881.24 – Elbadr, Elsayed. (2014). Agro-Residues: Surface Treatment and Characterization of Date Palm Tree Fiber as Composite Reinforcement. Hindawi Publishing Corporation Journal of Composites, Volume 2014, Article ID 189128, 8 pages.**
26. **Tanobe, Valcineide; Flores–Sahagun, H, Thais; Amico, Sandro; Muniz, Graciela and Satyanarayana, K. G. (2014). Sponge Gourd (Luffa Cylindrica) Reinforced Polyester Composites: Preparation and Properties. Defence Science Journal, Vol. 64, No. 3, pp. 273-280.**
27. **–Hayaty, Mehran; Beheshty, Mohammad. (2004). Shrinkage cure cure characterization and processing of unsaturated polyester resin containing PVC c low-profile additive. Iranian polymer Journal, vol.13 (5), pp. 389-396.**