

دراسة الخواص الميكانيكية لمادة البولي أستر المقوى بسعف النخيل المعالج كيميائياً بمحاليل خل التفاح وهيدروكسيد الصوديوم NaOH وحامض الهيدروكلوريك HCl

أسيل محمود عبد الله *

تاريخ التسلم: 2009/11/4

تاريخ القبول: 2010/3/11

الخلاصة

في هذا البحث أجريت معاملة كيميائية بمحاليل مختلفة (خل التفاح ، هيدروكسيد الصوديوم NaOH وحامض الهيدروكلوريك HCl) بتركيز ثابت 5% لفترات زمنية مختلفة (3,18,72,168,240 Hours) لسعف النخيل المستخدم في تقوية البولي أستر لتصنيع مادة متراكبة. تم إجراء فحوصات ميكانيكية مثل فحص الصدمة ومتانة الانحناء ، ووجد أن متانة الانحناء والطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر تزداد بعد إجراء المعاملة الكيميائية. وقد أعطت المعاملة بخل التفاح تأثيرات واضحة على الخواص الميكانيكية ، حيث أعطت أقصى متانة انحناء والتي تبلغ (2.912 MPa) وأقصى قيمة للطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر والتي بلغت (3.4 J) عند فترة زمنية للغمر (18 Hours).

الكلمات المرشدة: مادة متراكبة، بولي أستر، سعف النخيل، متانة الانحناء، الياف طبيعية.

Study of Mechanical Properties for Polyester Reinforced by Date Palm with Maleic, NaOH, and HCl Chemical Treatments

Abstract

In this paper a chemical treatment with (Maleic, NaOH, HCl) solutions at a constant concentration with different times (3, 18, 72, 168, 240 Hours) is conducted in natural fibers (Date palm) are used as reinforcing phase in polyester matrix to form composites. Mechanical properties of these composites such as flexural strength, impact are evaluated and possible chemical reaction taking place during composite making. Maleic treatment showed a relatively good effect in improving the mechanical properties of the composite. Flexural strength and impact energy reached the maximum values of (2.912 MPa) and (3.4 J) respectively at immersed time (18 Hours).

مميزات بدأ استخدام الالياف الطبيعية في تقوية البوليمرات، وبدأ مصطلح المواد المتراكبة المقواة بالالياف الطبيعية يأخذ دوره وينتشر تدريجياً وبشكل واضح وبأشكال مقاطع الالياف المختلفة سواء كانت شرائح (Strip plate)، أو ذات المقطع الدائري (Circular) [4]. أن تطبيقات المادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري المقواة بالالياف الطبيعية تستخدم في مجالات كثيرة وواسعة مثل استخدامها في تطبيقات الهندسية المدنية كما في الابراج [5] وتستخدم في صناعة

مقدمة

بدأ الاهتمام في الآونة الأخيرة في مجال الألياف الطبيعية (Natural Fibers) والتركيز على البحوث التي تهتم في استخدام هذه الألياف لتقوية البوليمرات وجذب انظار الباحثين إليها حيث ان استخدامها يفتح افاق جديدة لتوسيع التطبيقات الهندسية [1] ولما تمتع به من خواص جيدة مثل خفة في الوزن كثافة قليلة ، غير سامة، مصادر متجددة [2]، وتوفرها بالإضافة الى كلفتها المنخفضة [3]. ونظرا لما تمتع من

هيدروكسيد الصوديوم NaOH بتركيز (2 %) حيث وجد الباحثون أن مقاومة الشد تزداد بشكل طفيف للمادة المترابطة المقواة بألياف جوز الهند المعاملة كيميائياً مقارنة بالمادة المترابطة المقواة بألياف جوز الهند غير المعاملة.

قام الباحث (R. Wirawan) وزملاءه في عام 2009 [11] بدراسة السطح البيئي لمادة مترابطة ذات أساس بوليمري (بولي فينيل كلورايد) مقواة بألياف الخشب ، وتوصل الباحثون إنه للحصول على سطح بيئي جيد لابد من إجراء معاملة كيميائية للألياف الطبيعية أو إضافة مادة رابطة (Coupling agent).

البحث الحالي يهدف إلى استخدام ألياف طبيعية بدلا من الألياف الصناعية لتقوية البولييمرات لانتاج مادة مترابطة ذات أساس بولي أستر مقوى بسعف النخيل ودراسة الخصائص الميكانيكية لهذه المادة المترابطة مثل متانة الانحناء والطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر ، ثم إجراء المعاملة الكيميائية لسعف النخيل بمحاليل مختلفة هي خل التفاح وهيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك بتركيز ثابت ومقارنة الخواص الميكانيكية للمادة المترابطة قبل وبعد إجراء المعاملة الكيميائية لسعف النخيل. كما يساهم البحث الحالي في المحافظة على البيئة باستخدام هذه المادة البوليمرية المقواة بألياف طبيعية غير سامة.

الجانب العملي

المواد المستخدمة في تحضير نماذج البحث يمكن تقسيمها كالآتي:
أولاً: مادة التقوية

تم استخدام سعف النخيل ، وهو عبارة عن ألياف طبيعية تم الحصول عليها من النخلة مباشرة، حيث تم تقطيعه ومن ثم وضعه في الماء والملح لمدة (48 Hours) ومن ثم تجفيفه في أشعة الشمس وبعدها قطع إلى قطع متساوية وأصبح جاهز للاستخدام. الجدول رقم (1) يبين الخواص الميكانيكية لسعف النخيل [7].

طرق استخدام مادة التقوية:

استخدم سعف النخيل كماده تقوية بطريقتين يمكن توضيح ذلك كما يلي:

- 1- استخدام سعف النخيل المقطع بشكل مباشر بدون إجراء أي معاملة.
- 2- تم إجراء معاملة كيميائية لسعف النخيل المقطع.

المعاملة الكيميائية:

السيارات [6]. والشكل رقم (1-a) يوضح صورة لمادة مترابطة ذات أساس بوليمري مقواة بالألياف الطبيعية ، في حين يوضح الشكل رقم (I-b) الجزء الداخلي لباب سيارة المصنع من نفس المادة المذكورة آنفاً.

الألياف الطبيعية هي مادة مترابطة على هيئة ألياف سليولوزية مرتبطة مع بعض في مادة الأساس التي تدعى لكنسين (Lignin) ، وهي وحده بناء الليف وتكون غير متجانسة ، كل ليف يتكون بدوره من تركيب طبقي يتألف من عدة طبقات، طبقه اوليه وهي طبقه رقيقه والتي تكون اول طبقه من حيث الموقع. أما طبقه الثانويه تتألف من ثلاث طبقات والطبقه الوسطيه تتألف من سلسله حلزونييه ليفيه دقيقه جدا، وهذه الطبقة الوسطيه تعتبر مقياس الخواص الميكانيكية للليف. الزاويه بين محاور الاليف والتركيب الليفي الدقيق تدعى (Microfibrillar angle). أما ماده الاساس للاليف الطبيعيه فتكون طور عشوائي معقد جدا يتألف من مـــــــاده شبه سليولوزيه (Hemi cellulose) ولكنين وبكتين ، وهي جزيئات من الهيدروجين مرتبطة مع السليولوز. ويعتقد بأنه التركيب الطبقي لوحده الليف [7]. الشكل رقم (2) يبين تصنيف الألياف الطبيعية بصورة عامة [8].

الدراسات السابقة وهدف البحث:

قام الباحث (X-Li S. A. Panigrahi) وزملاءه في عام 2004 [9] بدراسة تأثير المعاملة الكيميائية بمحاليل مختلفة مثل هيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك على الخواص الميكانيكية لمادة مترابطة ذات أساس بوليمري مقواة بالألياف الكتان (Flax fiber)، حيث وجد الباحثون أن متانة الشد تزداد عند إجراء المعاملة الكيميائية للألياف مقارنة مع نفس المادة المترابطة المقواة بالألياف غير المعاملة.

قام الباحث (R. Kahrman) وزملاءه [7] في عام 2005 بدراسة الخواص الميكانيكية لماده مترابطة ذات اساس بوليمري مقواه بسعف النخيل، حيث وجنوا أن متانه الشد تزداد بنسبه 5% عند اضافته ماده رابطة (Coupling agent).

قام الباحث (M. V. Gelfuso) وزملاءه في عام 2009 [10] بدراسة مقاومة الشد لمادة مترابطة ذات أساس بوليمري (بولي بروبيلين) مقواة بألياف جوز الهند بكسر وزني (0-20 wt%) حيث قام الباحثون بإجراء معاملة كيميائية بمحلول

ثم يتم صب المزيج السائل على شكل سيل من إحدى جوانب قالب بحيث يسيل بصورة مستمرة ومنظمة. بعد إجراء العمليات السابقة يتم الحصول على نماذج المواد المترابطة. الشكل رقم (4) يوضح عينات البولي أستر قبل وبعد التقوية بسعف النخيل.

الفحوصات

من الفحوصات التي اجريت على النماذج المحضرة:

فحص الصدمة:

تم استعمال جهاز شاربي لفحص الصدمة (Charpy Impact test) حيث تم استخدام النماذج بأبعاد قياسية (55×10×10 mm) وبدون حز على وفق (ASTM-D256) 87. وتم الحصول من الاختبار على الطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر مباشرة من جهاز الصدمة، والشكل رقم (5) يوضح رسم تخطيطي لشكل العينة المستخدمة في اختبار الصدمة.

فحص الانحناء:

تم تحضير عينات الانحناء بأبعاد قياسية (191×13×4.8 mm) وبنسبة طول إلى السمك (span to Depth Ratio) مقدارها 1:32 على وفق المواصفات الأمريكية (ASTM D-790)، والشكل رقم (6) يوضح رسم تخطيطي لشكل العينة المستخدمة في اختبار متانة الانحناء. وتم الحصول على متانة الانحناء من المعادلة التالية [12]:

$$(1)$$

حيث أن:

σfs: متانة الانحناء، F: الحمل المسلط عند حدوث الكسر، L: المسافة بين المساند، b: عرض العينة، d: سمك العينة.

النتائج والمناقشة Results and Discussion

اختبار متانه الانحناء:

إن متانه الانحناء للبولي أستر تبلغ (0.468 MPa) وازدادت هذه القيمة عند التقوية بسعف النخيل لتصبح (0.62 MPa) ويعود سبب ذلك الى وجود السليولوز [8] لكن هذه الزيادة تعتبر قليلة جداً ويعزى ذلك للأسباب التالية: الألياف الطبيعية لها قابلية عالية على امتصاص الرطوبة وهذا يؤدي الى ضعف قابلية الترطيب [11] وذلك ينتج عنه انفصال الألياف وتقليل متانه السطح البيني [13] والسبب

تم وضع سعف النخيل بعد الغمر في الماء، التجفيف ثم التقطيع في المحاليل الكيميائية التالية، والشكل رقم (3) يوضح سعف النخيل مغمر في بأحد المحاليل الكيميائية.

خل التفاح (Maleic)، حامض الهيدروكلوريك (HCl)، هيدروكسيد الصوديوم (NaOH):

استخدم خل التفاح الاميركي المنشأ (Old dutch) وحامض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم بتركيز ثابت (5%)، حيث تم غمر سعف النخيل بالمحاليل المذكورة أعلاه لفتترات زمنيه مختلفه هي (3,18,72,168,240 Hours).

ثانياً: مادة الاساس

مادة الأساس (Matrix material): تم استخدام راتنج البولي أستر غير المشبع والمصنع من قبل شركة (SIR) السعودية كمادة أساس، والذي يكون على شكل سائل لزج شفاف عند درجة حرارة الغرفة وهو أحد أنواع البولييمرات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting polymers) يتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة وذلك بإضافة المصلد (Hardener) إليه والمصنع من قبل نفس الشركة المذكورة أعلاه. والمصلد عبارة عن بيروكسيد ميثيل أنثيل كيتون (Methyl Ethyl Keton Peroxide) والذي يكون على شكل سائل شفاف (MEKP) يضاف إلى راتنج البولي أستر غير المشبع بنسبة (2 grams) لكل (10 grams) من الراتنج عند درجة حرارة الغرفة. والجدول رقم (2) يبين خصائص مادة البولي أستر غير المشبعة المستخدمة في البحث حسب مواصفات الشركة المنتجة.

القوالب المستخدمة

تم تصنيع قالب ذو قاعدة وجوانب من الزجاج وتكون الجوانب متحركة. وهذه الجوانب تكون متغيرة على وفق أبعاد العينة المراد تصنيعها.

تحضير العينات

تم استخدام الطريقة اليدوية-Hand lay-out في تحضير النماذج حيث تبدأ بعملية مزج مادة التقوية بكسب وزني مقداره ثابت (6 wt%) مع مادة الأساس مع المصلد نخلط المزيج بشكل مستمر وببطيء ويستمر المزج لمدة (8-10) دقائق إلى أن يتجانس الخليط

إلى أن تصل إلى أدنى قيمة والتي تبلغ (0.45) MPa عند الغمر لمدة (240 Hours) ، وهذه القيمة أقل حتى من قيمة التقوية بدون إجراء المعاملة الكيميائية. ويمكن تفسير ذلك أنه حدث انفصال للألياف الطبيعية بفعل تأثير حامض الهيدروكلوريك (HCl) الذي سبب نعومة عالية لسطح الألياف [9] وأدى إلى إضعاف السطح البيئي بشكل كامل ، مما جعل الألياف الطبيعية تسلك سلوك فجوات داخل مادة الأساس.

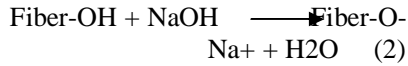
أما في الشكل رقم (9) فنلاحظ أن قيمة متانة الانحناء تزداد عند المعاملة بخل التفاح وتستمر قيمة متانة الانحناء بالزيادة كلما زادت الفترة الزمنية لغمر سعف النخيل. ويمكن تفسير ذلك أن المعاملة بخل التفاح تؤدي إلى زيادة الربط بين الليف والمادة الأساس وتكوين سطح بيئي جيد. وإن تحسين الخواص الميكانيكية بالمعاملة الكيميائية يعطي استقراراً بالآصرة التساهمية بين سليولوز الألياف والمادة الأساس [7]. إن سطح الألياف الطبيعية المعامل كيميائياً يكون بهيئة جسر لزيادة الربط الكيماوي بين الألياف ومادة الأساس [14].

اختبار الصدمة:

توضح الأشكال (10,11,12) على التوالي العلاقة بين الطاقه الممتصه اللازمه لحدوث الكسر والفترة الزمنية المستخدمه لمعامله سعف النخيل بمحلول (خل التفاح ،هيدروكسيد الصوديوم ،حامض الهيدروكلوريك) على التوالي. نلاحظ من الأشكال المذكوره اعلاه ان قيم الطاقه الممتصه اللازمه لحدوث الكسر تزداد مع زياده الفتره الزمنية لمعالجه الالياف الى ان تصل الى اعلى قيمه (3.4 J)، (1.55 J)، (0.65 J) على التوالي. الفتره الزمنية نفسها والتي تبلغ (18 hr) ويعزى سبب ذلك الى تكوين سطح بيئي جيد. نتيجة المعامله الكيميائيه لسطح الالياف مما أدى الى ترابط مناسب بين الليف والماده الأساس وساهم ذلك في زياده معقولته لقابليه الليف على نقل الاجهادات [15]. نلاحظ من الأشكال المذكوره سابقا ان قسيم الطاقه الممتصه اللازمه لحدوث الكسر للماده المتركيبه المقواه بسعف النخيل المعامل كيميائياً ب(خل التفاح ،هيدروكسيد الصوديوم ،حامض الهيدروكلوريك) تنخفض تدريجياً بزياده الفتره الزمنية للمعامله الكيميائيه الى ان تصل الى ادنى قيمه (0.5,0.4,0.54 J) على التوالي ،للفتره الزمنية (240 Hr) ويعود سبب ذلك الى ارتفاع

الأخر يعود الى وجود نسبه عاليه من مجاميع الهيدروكسيل المرتبطه هيدروجينياً بجزيئات السليلوز واللكتين [9] ويقود ذلك الى ضعف الربط وعدم التوافق بين لآلياف الطبيعيه التي هي ماده تالف الماء (hydrophilic) مع ماده الأساس البوليمريه وهي ماده طارده للماء (hydrophobic) [3].

نلاحظ من الشكل (7) ان قيمه متانته الانحناء تزداد عند اجراء معامله كيميائيه بمحلول هيدروكسيد الصوديوم للفترة الزمنية (18Hours) لانه المعامله بالقاعده تؤدي الى زياده كميته السليلوز العشوائي على حساب السليلوز المتبلور ،وازاله الاصره الهيدروجينيه وتعمل هذه المعامله ايضا على تحويل كامل وانتقال بالتركيب البلوري للسليلوز ،وان محلول هيدروكسيد الصوديوم يؤثر على وجود اللكتين. ويمكن تمثيل التفاعل بالمعادله التاليه [7].



ان المحلول القاعدي يؤثر على سليولوز الالياف بتفاعل التضخم (Swelling) عندما يكون السليلوز المتبلور في حاله ارتخاء. وتتمثل بخلايا Cellulose I والتي تتغير بالمعامله الى شكل جديد Cellulose II ،الذي يكون اكثر استقرارا [7].

لكن نلاحظ في نفس الشكل عند زياده الفتره الزمنية الى (240hr) تنخفض متانته الانحناء بشكل ملحوظ الى ادنى قيمه وهذا يعود الى حدوث التفكك (degradation) [7] نتيجة البقاء لفرته زمنية طويله في محلول هيدروكسيد الصوديوم.

كما نلاحظ من الشكل رقم (8) أن قيمة متانة الانحناء ازدادت عند المعاملة بحامض الهيدروكلوريك (HCl) لمدة (18 Hours) حيث بلغت (1.093 MPa). إن سبب ذلك يعود إلى أن الحامض يؤدي إلى إزالة طبقة من على السطح الخارجي للليف ، ويقال من وعورة أو عدم انتظام السطح [9] وهذا يؤدي إلى زيادة التداخل أو الترابط للسطح البيئي. إن خواص السطح البيئي التي نستطيع تحسينها بواسطة تغييرات مناسبة ، وهذا يعطي زيادة في تغيير التدخل الفيزيائي والكيميائي للسطح البيئي [7]. ونلاحظ من الشكل نفسه انخفاض قيمة متانة الانحناء بزيادة الفترة الزمنية للغمر

النخيل. بينما لنفس الفترة الزمنية لمحلول خل التفاح يؤدي إلى زيادة متانة الانحناء.

المصادرReferences

- [1] D. Guinez, G. Jasso, F. Navarro, F. Davalos, and J. Ramos, "Chemical Treatments on Sisal Fiber to produce composite material with polyethylene and polystyrene", Advanced Technologies International Symposium, Budapest, Hungary, September, pp.13-16, 2005.
- [2] A. Grozdanov, G. Bogoeva Gaceva, A. Boskovic, M. Avella, G. Gentile and A. Dekanski, "Thermal Stability of Differently Treated Natural Fiber Reinforcements For Composites", ICOSECS-International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries, 2009.
- [3] S. C. Mishra, Nadiya Bihari Nayak, and Alok Satapathy, "Investigation on bio-waste reinforced epoxy composite", Journal of reinforced plastics and composites, vol. 00, No. 0, pp. 1-5, 2009.
- [4] Julio Davalos, "Characterization of boarded interface for wood-fiber reinforced polymer composite", PhD, International conference on advanced engineered wood composites, July, Vol. 3, pp. 10-14, 2005.
- [5] A. Lopez Anido, Lech Muszynski, Douglas J. Gardner, Barry Goodell, and

اجهاد الاحتكاك للسطح البيني، والربط الكيميائي بين الليف والمادة الأساس [15] كما لانستبعد تأثير تركيز الاجهادات في نهايه الليف على نقل اجهادات في المادة المتراكبه [11]. ان متانه الصدمه للماده المتراكبه تتاثر بعده عوامل [15] هي:

- 1- الانفصال بين الليف والماده الأساس
- 2- الكسر الماده الأساس
- 3- حدوث الانسحاب للالياف من الماده الأساس.

بصوره عامه يمكن تفسير حدوث الفشل للعينات المستخدمه في البحث جميعها ابدت تجاوب للصدمه والذي انعكس بشكل واضح في عمليه الفشل الذي تضمنت حدوث بدايه الشق ثم نموه في الماده الأساس البوليمريه، وحدث كسر للالياف وانسحاب (Pull out)، وانفصال وتمزق [16]. ومن الجدير بالذكر انه عند استخدام الالياف الطبيعيه في تقويه البولي استر قد ازدادت قيمه الطاقه الممتصه اللازمه لحدوث الكسر من (0.18 J) الى (0.24J) وهذا يؤدي الى زياده خواص المتانه للماده [16].

الاستنتاجاتConclusion

- 1- إن نوع المحاليل المستخدمة للمعاملة الكيميائية لسعف النخيل تؤثر وبشكل ملحوظ على متانة الانحناء والطاقه الممتصه اللازمه للكسر للماده المتراكبه ذات الأساس البوليمري المقواة بسعف النخيل.
- 2- إن خل التفاح بتركيز 5% يعطي أفضل النتائج في قيمة متانة الانحناء والطاقه الممتصه اللازمه للكسر ولفترات زمنية مختلفه ويكون أفضل محلول كيميائي مستخدم لمعاملة سعف النخيل، أي أفضل من محلول هيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك.
- 3- إن الفترة الزمنية (18 Hours) هي أفضل فترة زمنية لإعطاء أعلى قيمة لمتانة الانحناء والطاقه الممتصه اللازمه للكسر ولجميع المحاليل الكيميائية المستخدمة في البحث مقارنة بالفترات الزمنية الأخرى.
- 4- إن الغمر لفترة زمنية طويلة لمدة (240 Hours) بمحلولي محلول هيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك يؤدي إلى ضعف قيمة متانة الانحناء والطاقه الممتصه اللازمه للكسر للماده المتراكبه ذات الأساس البوليمري المقواة بسعف

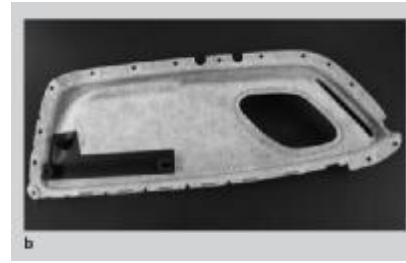
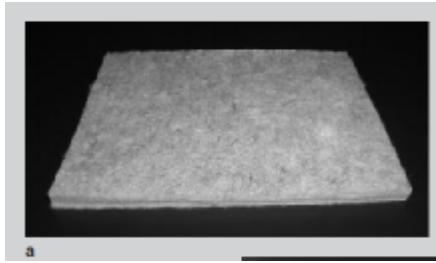
- Conference on Advanced Materials, Rio de Janeiro, Brazil, Vol.11, pp.20-25,, 2009.
- [11] R. Wirawan, E. S. Zainudin, and S. M. Sapuan, "Mechanical properties of natural fiber reinforced PVC", Sains Malaysiana, Vol.38, No.4, pp. 531-535, 2009.
- [12] William D. Callister, "Materials Science and Engineering an introduction", 7th Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2007.
- [13] Al-Emran Ismail, and Nor Azila Zamani, "Tensile and impact behavior of hybrid extruded glass/natural fiber reinforced polypropylene composite", International conference on environmental research and technology, 2008.
- [14] A. K. Bledzki, and J. Gassan, "Composites reinforced with cellulose based fiber", Progressin polymer science, Vol.24, pp.221-274, 1999.
- [15] J. B. Zhong J. Lv, and C. Wei, "Mechanical properties of sisal fiber reinforced urea-formaldehyde resin composites", Express polymer letters, vol. 1, No. 10, pp.681-687, 2007.
- [16] M. A. Maleque, and F. Y. Belal,, "Mechanical properties study of pseudo-stem banana fiber reinforced epoxy composite", The Arabian journal for science and Benjamin Herzog, "Performance-based material evaluation of fiber-reinforced polymer-wood interfaces in reinforced glulam members", Journal of testing and evaluation, vol. 33, No. 6, 2005.
- [6] James Holbery, and Dan Houston, "Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications", JOM, November, pp. 80-84, 2006.
- [7] Maya Jacob John, and Rajesh D. Anandjiwala, "Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites", Polymer composites, Wiley InterScience, pp.187-207, 2008.
- [8] Muhammad Jannah Bin Jusoh, "Studies on the properties of woven natural fibers reinforced unsaturated polyester composites", MSc, University Sains Malaysia, September, 2008.
- [9] X - Li, S. A. Panigrahi, L. G. Tabil, and W. J. Crerar, "Flax fiber-reinforced composites and the effect of chemical treatments on their properties", Society for engineering in agricultural, food and biological, No. MB04-305, pp.1-10, 2004.
- [10] M. V. Gelfuso, M. B. Cavalcante, and D. Thomazini, " Properties of coconut fibers reinforced polypropylene matrix", International

الجدول رقم (1) يبين الخواص الميكانيكية لسعف النخيل [7].

<i>Fiber</i>	<i>Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Young's modulus (GPa)</i>	<i>Elongation at break (%)</i>	<i>Density (g/cm³)</i>
Date palm	97-196	2.5-5.4	2-4.5	1-1.2

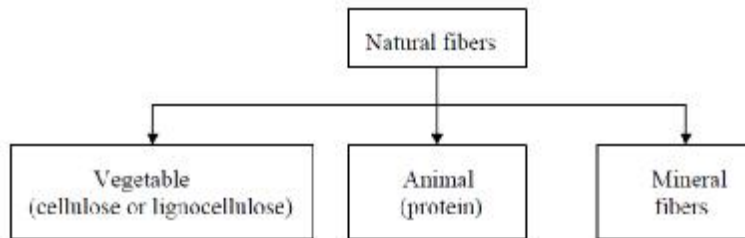
الجدول رقم (2) يبين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية والحرارية لمادة البولي أستر غير المشبعة المستخدمة في البحث حسب مواصفات الشركة المنتجة.

<i>Specific weight</i>	<i>Thermal conductivity w/m °C</i>	<i>Specific Heat J/Kg. k</i>	<i>Coefficient of thermal expansion 10⁻⁶</i>	<i>Tensile strength MPa</i>	<i>Percent Elongation EL %</i>
1.15	0.17	710-920	100-180	41.4-89.7	<2.6



الشكل رقم (1)

- a يوضح صورة لمادة متراكبة ذات أساس بوليمري مقواة بالألياف الطبيعية.
-b يوضح الجزء الداخلي لباب سيارة المصنع من نفس المادة المذكورة أعلاه [6].



الشكل رقم (2) يبين تصنيف الألياف الطبيعية بصورة عامة [8].



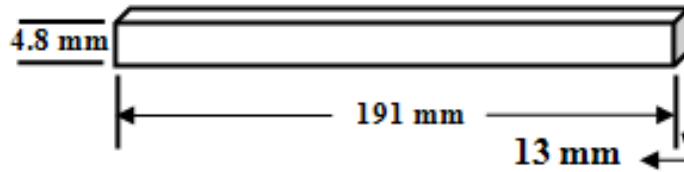
الشكل رقم (3) يوضح سعف النخيل مغمور بأحد المحاليل الكيميائية.



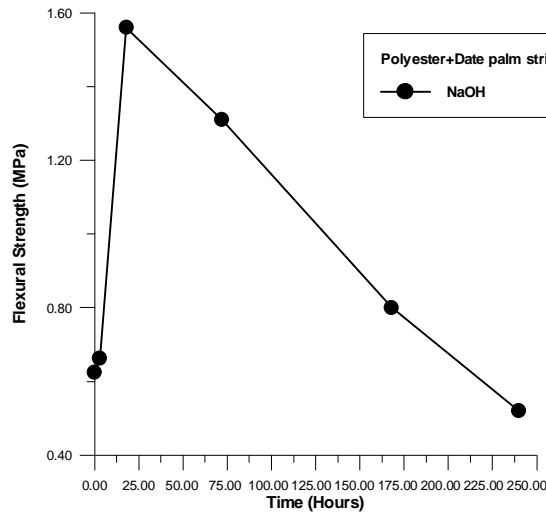
الشكل رقم (4) يوضح عينات البولي أستر قبل وبعد التقوية بسعف النخيل.



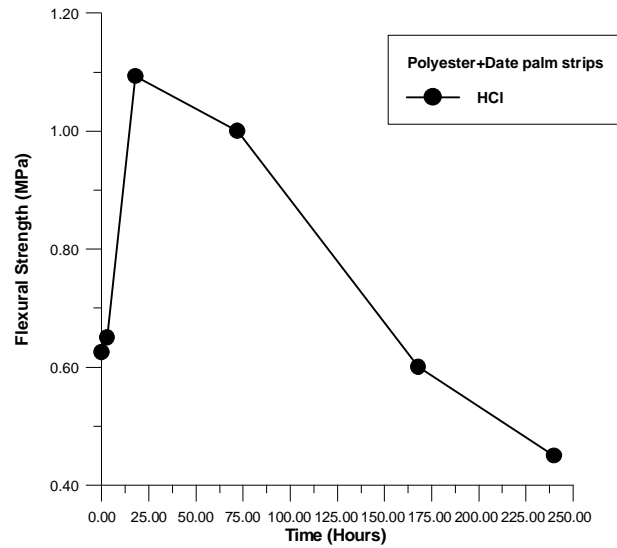
الشكل رقم (5) يوضح رسم تخطيطي لشكل العينة المستخدمة في اختبار الصدمة.



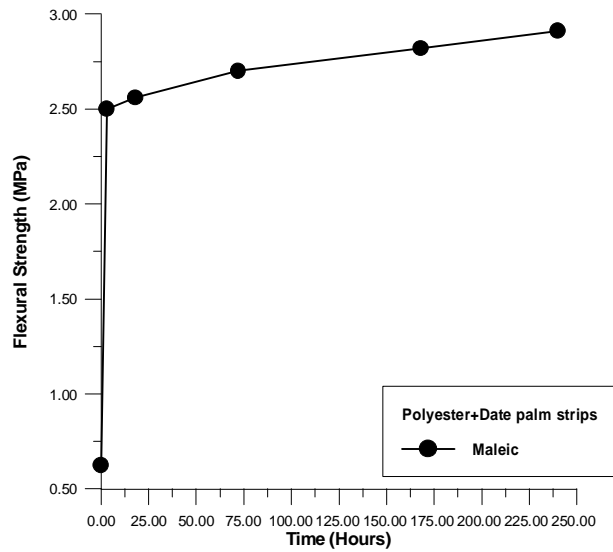
الشكل رقم (6) يوضح رسم تخطيطي لشكل العينة المستخدمة في اختبار الانحناء.



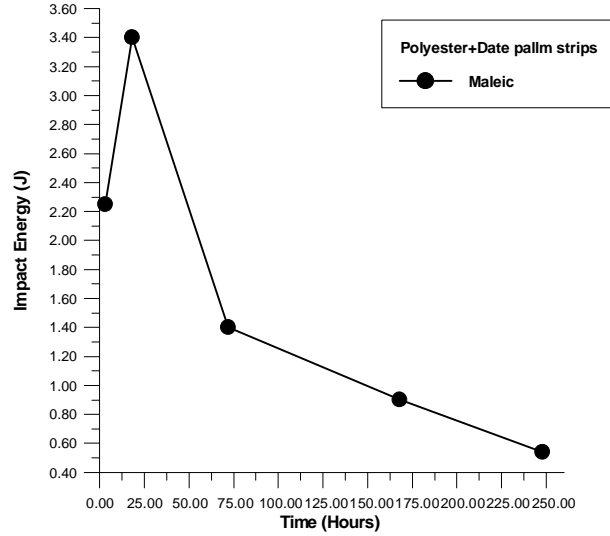
الشكل رقم (7) يوضح العلاقة بين زمن الغمر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ومتانة الانحناء للمادة المترابطة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بسعف النخيل.



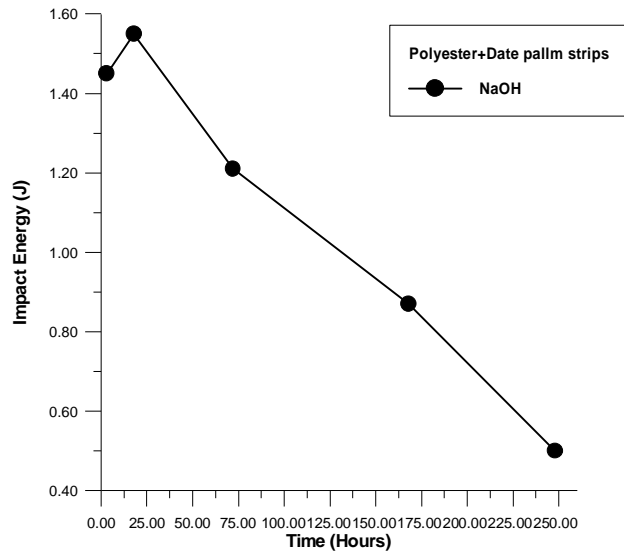
الشكل رقم (8) يوضح العلاقة بين زمن الغمر بمحلول حامض الهيدروكلوريك HCl ومتانة الانحاء للمادة المتراكبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بسعف النخيل.



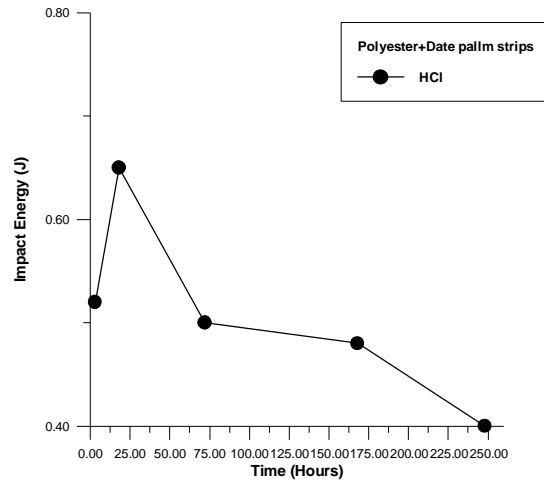
الشكل رقم (9) يوضح العلاقة بين زمن الغمر بمحلول خل التفاح Maleic ومتانة الانحاء للمادة المتراكبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بسعف النخيل.



الشكل رقم (10) يوضح العلاقة بين زمن الغمر بمحلول خل التفاح Maleic والطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر للمادة المتراكبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بسعف النخيل.



الشكل رقم (11) يوضح العلاقة بين زمن الغمر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH والطاقة الممتصة اللازمة لحدوث الكسر للمادة المتراكبة ذات الأساس من البولي أستر المقواة بسعف النخيل.



الشكل رقم (12) يوضح العلاقة بين زمن الغمر حامض الهيدروكلوريك HCl والطاقة الممتصة.