الخواص الميكانيكية لمتراكب بوليمري مدعم بالمخلفات الزراعية

بشرى حسني موسى محمد

الجامعه التكنولوجية - قسم العلوم التطبيقية - فرع المواد - بغداد - العراق

الخلاصة

تتركز هذه الدراسه على تحضير متراكب بوليمري من البولي استر غير المشبع (UPE) المدعم بكسر وزني مقداره (10%) من الياف مقشة الذرة الطبيعيه (الطويلة والقصيرة) باستخدام تقنية القولبة اليدوية ، وقد تمت معاملة الألياف الطبيعية بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (Na OH) وبتركيز قدره (0.5) نورمالتي. ودرست بعض الخواص الميكانيكية مثل (مقاومة الصدمه ، متانة الانحناء وصلادة شور D) على هذا المتراكب البوليمري. ومن خلال النتائج وجد أن مقاومة الصدمه تزداد عند التدعيم بالياف المقشة الطويلة المُعامله بالمقارنه مع الالياف القصيرة والبولي استر غير المشبع النقي بينما تقل متانة الانحناء والصلاده للمتراكب المُعامل مما هو عليه للبولي استر غير المشبع النقي .

الكلمات المفتاحية :مخلفات زراعيه ، متراكب بوليمري ، الياف مكنسه الذرة ، الخواص الميكانيكية

Mechanical Properties of Polymer Composite Reinforced by Agricultural Wastes

Bushra Hosni Musa

University of Technology – Applied Sciences – Material Science

Bsh.material@uotechnology.edu.iq

Received 27 March 2017 **Accepted 14 May 2017**

Abstract

This study is concerned on prepare polymer composite from unsaturated polyester resin (UPE) reinforced with (10%) weight fraction of broomcorn natural fibers (long and short) by using hand lay-up technique. The natural fibers treated with 0.5 normality of NaOH solution . Some mechanical properties such as (Impact strength, flexural strength and shore D hardness)

have been studied. It was found that the impact strength increased when unsaturated polyester reinforced by treated long broomcorn fibers compared with short fiber and pure unsaturated polyester while, flexural strength and hardness values decreased of treated composite compared with pure unsaturated polyester.

Keyword: Agricultural wastes, polymer composite, broomcorn fibers, mechanical properties

المـقـدمــة

المخلفات الزراعيه agro-wastes هي نواتج ثانويه للانتاج الزراعي والتي تكون على هيئة قشورhusk وقش straw وعرانيص الذره cobs او ألياف . ان المتراكبات البلاستيكية المدعمه بالمخلفات الزراعيه هي مزيج من البوليمر (اولي او معاد تدويره) الممتلىء او المحشو بالمخلفات الزراعيه للحصول على مادة بخواص افضل من خواص الماده النقيه لاستخدامها في التطبيقات الوظيفية المتعدده . لذلك فقد جذبت دراسة المتراكبات المدعمه بالمخلفات الزراعيه والالياف الطبيعيه اهميه كبيرة لدى الاكاديمين والصناعين بسبب خواصها الممتازه مثل تحسين المقاومه الميكانيكية وحواجز الماء والاوكسجين واستقرار الابعاد والحراره ومقاومة البلى والمقاومه الكيميائية ...الخ[1]

لقد اصبحت الزيادة السريعه في كمية وفئات المخلفات الزراعية نتيجة الزراعة المكثفة في أعقاب النمو السكاني وتحسين مستويات المعيشه مشكله مزدهرة كالمخلفات الفاسدة التي تبعث غاز الميثان والحرق في الهواء الطلق من قبل المزارعين لتنظيف اراضيهم التي تنتج غاز ثاني اوكسيد الكاربون والملوثات الحية .لقد ساهم تحسين ادارة النفايات من النفايات الزراعية في التخفيف من حدة تاثير تغيرات الطقس وتلوث الماء و التربه والهواء [1]

المتراكبات composites هي جمع مادتين او اكثر احداهما يسمى الطور الاساس (بوليمر، سيراميك ومعدن) والثاني يسمى الطور المدعم (الياف ، طبقات و دقائق) . تصنف المواد المتراكبة عادة اعتمادا على مادة التدعيم الى متراكبات بوليمريه ، متراكبات سيراميكيه(سمنتيه) ومتراكبات معدنيه[2]

يتم انتاج المتراكبات ذات الاساس البوليمري من متراكبات تستخدم الرتنج كمادة أساس ممتلئة بمواد تدعيم مختلفة. يصنف البوليمر(الراتنج) الى صنفين : البوليمرات المطاوعه للحراره مثل (البولي اثيلين ، البولي بروبيلين ، بولي كلوريد الفاينيل ، البولي ستايرين ..الخ) والبوليمرات المتصلدة بالحرارة مثل(الايبوكسي ، البولي استر وراتنجات الفينول فورمالديهايد ...الخ) والتي تدعم بانواع مختلفه من الالياف كالالياف الطبيعية (النباتيه ، الحيوانية و غير العضوية mineral) والالياف المصنعه من قبل الانسان المستخدمة في التطبيقات المختلفة [3].

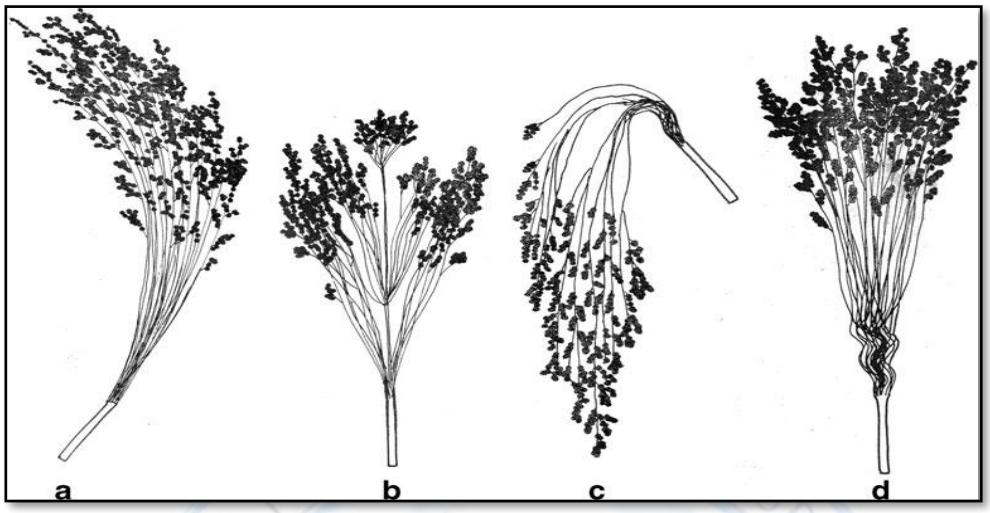
استغلت المصادرالطبيعية بشكل كبيركبديل عن المواد الصناعية نتيجة زيادة التلوث. ولهذا السبب لقت الالياف الطبيعيه المستخدمة في تدعيم المتراكبات اهتماماً كبيراً [3].حيث تمتلك الالياف الطبيعية العديد من الميزات الرائعه التي جعلتها تفوق الالياف الصناعية المستعملة في التسليح التقليدي للمواد كألياف الزجاج والياف الكاربون والياف الكفلر وغيرها ومن هذه

الميزات: صديقة للبيئة ، متوفرة بكثرة ، خفيفة الوزن، ذات كثافة واطئة ، رخيصة الكلفة ،سهلة الفصل ،تمتلك مقاومة محددة ، جسئة rigid ، ذات متانة عالية، قوية ، استقرارية هندسية عاليه للاجزاء المصنعة، غير قابلة للتآكل، ذات خواص حرارية وعزل جيدة ، تقلل من البلى واهتراء الالات ، قليلة الإحتكاك لمعدات التجهيز ، لها قابلية التجدد ، لها قابلية على امتصاص الضوضاء و قابلة للتحلل البايولوجي ، سهلة التدوير، غير سامة ، تقلل من تهيج الجلد وحساسية الجهاز التنفسي وغير مسببة للسرطان ، خفض استهلاك الوقود الاحفوريfossil fuel (النفط والفحم الحجري)، مواد قاعدية تمتص CO_2 الحامضي ، وتوفرالطاقة[3-9]. ومع ذلك، فإن أهم عيوب متراكبات الألياف الطبيعية هي نسبة امتصاص رطوبة عالية. لذلك، يتم معاملتها الكيميائية وذلك لتعديل خصائص سطح الألياف [9]. وتستخدم متراكبات الألياف الطبيعية في البناء والتشييد والتعبئة والتغليف والسيارات و تبطين عربات السكك الحديديه من الداخل وأجهزة التخزين [9].

وفي الوقت الحاضر تم دراسة انواع متنوعة من متراكبات الالياف الطبيعيه وتشمل الكتانflax ،القنب hemp، قش الجوت jute straw ، الخشب wood، قشور الرزrice husk ،الحنطه wheat، الشعيرbarley ،الشوفان oats،حبوب الجاودارrye ، القصب cane (السكر والخيزران)، العشبgrass ،القصب reeds ، التيل kenaf ، الرامي قنب سيام ramie ،زيت النخيل oil palm ، سيزالsisal، جوز الهند coir، ورد النيل water hyacinth ،سرة الارض pennywort، كابوك kapok ، ورقة التوتpaper mulberry ، ليف الموز banana fiber، ليف ورقة الاناناس pineapple leaf fiberو ورق البردي papyrus [3]

تصنف المتراكبات البوليمريه المدعمة بالالياف اعتمادا على ترتيب الالياف سواء كانت مستمره او غير مستمره في المادة الاساس الى عدة انواع منها: المتراكبات المدعمة بالالياف غير المستمرة والتي تتكون من الياف مقطعه او شعيرات ، والمتراكبات المدعمه بنسيج القماش fabric والتي قد تكون منسوجه woven او محيوكه knitted او مظفوره braided ، والمتراكبات المدعمه بالالياف المستمره ، والمتراكبات الشعيريه Filamentary composite حيث تكون الالياف مستمره في المادة الاساس والمتراكبات المدعمه بالالياف احادية الاتجاه Unidirectional fiber حيث تكون كل الالياف موجهه في اتجاه واحد [10] .

ان أصل نبات مقشة الذرة broomcorn لم يتم تحديدها و تنتمي إلى صنف من النباتات المعروفة باسم السيرغوم sorghums اسمها العلمي(*Sorghum vulgare*) و (Holcus sorghum L) ولكنه يختلف عن السيرغوم الأخرى في ان فروع الرأس تنتج في شكل الفرشاة [11] . و يستخدم السيرغوم الموضح في الشكل (1) بشكل اساسي لغذاء الإنسان وعلف الحيوان، ومواد البناء، و السياج ، وصناعة المكانس بمختلف الأحجام والأشكال والاغراض [12]



الشكل (1) انواع سنبلة مقشة الذرة: A) الحالات العادية السليمه normal; Defective panicle types
B) النبات مائل C spike) ملتوية,crooked ، D) المجعدهcurly، [12]

يهدف بحثنا الحالي الى دراسة تأثير التدعيم بالياف مقشة الذرة المُعاملة بالقاعده وبكسر حجمي مقداره 10% على الخواص الميكانيكية مثل الصلادة و الصدمة ومتانة الانحناء للبولي أستر غير المشبع .

الجزء العملي

المواد المستخدمة

1- المادة الاساس(البولي استر غير المشبع UPE)

هو سائل شفاف اللون ذو لزوجة معتدلة (سعودي المنشأ) وبكثافة (1. 2 غم /سم^3) ويضاف اليه مصلد (Hardener) شفاف اللون وهو مركب من بيروكسيد مثيل اثيل كيتون (MEKP) بنسبة (2 غم) لكل (100 غم) من الراتنج ليتم معالجته ويصبح صلباً ، كما يتم اضافة معجل من مادة الكوبلت (Co – Catalyst) والذي يكون بشكل سائل غامق اللون على هيئة قطرات وبنسبة اضافة(0.2 غم) لكل (100 غم) من الراتنج لغرض زيادة سرعة عملية التصلب للراتنج، وبعد فترة زمنية معينة بحدود نصف ساعة يبدأ بالتحول الى مادة جيلاتينية (Gel) عند درجة حرارة الغرفة .

2- المادة المدعمة (الياف مقشة الذرة)

استخدمت الياف مقشه الذرة Broomcorn في تدعيم راتنج البولي استر غير المشبع والتي تنمو في اربيل ، ثم نُظفت هذه الالياف وغُسلت بشكل جيد بالماء المقطر و جُففت بدرجه حرارة الغرفه قبل ادخالها في فرن بدرجه حراره (70 م ^{O}) لمدة ثلاث ساعات ثم قُطعت يدوياً الى الياف قصيرة بطول (5 ملم) والياف طويله بطول (100 ملم) كما في الشكل (2،3) بعد ذلك تُعامل جزء من الالياف كيميائياً باستخدام محلول قاعدي كهيدروكسيد الصوديوم وبعياريه(0.5 نورمالتي)

لمدة نصف ساعة وعند درجة حرارة الغرفة لتنظيف سطح الليف الطبيعي ولانتاج الياف بجوده عاليه وللحصول على التصاق جيد مع المادة الاساس ولازالة السليلوز القابل للذوبان غير المرغوب فيه والسليلوز نصفي و البكتين واللجنين، وغيرها من الألياف . بعد ذلك تم غسل هذه الالياف المعاملة بالماء المقطر جيداً لازالة المحلول القاعدي ثم رُشحت باستخدام ورق الترشيح . واخيراً جُففت هذه الالياف قبل الاستعمال لمدة يومين وحُفِظت في فرن تجفيف عند درجة حرارة (100 م ^{O}) ولمدة ست ساعات.

الشكل (2) الياف مقشة الذرة الطويلة

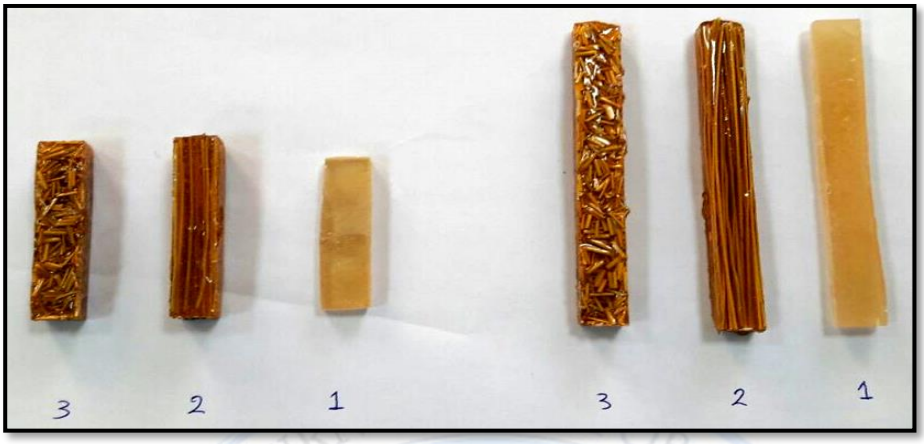
الشكل(3) الياف مقشة الذرة القصيرة

طريقة التحضير :

استخدمت طريقة القولبة اليدوية Hand lay – up molding لتحضير عينات المادة المتراكبه . فقد استخدم قالب مرن من مطاط السيلكون كما في الشكل ادناه لسهوله اخراج العينات من القالب ولكي لا يلتصق ولا يتفاعل مع العينه و المصنع بابعاد تتناسب مع ابعاد العينات التي تم تحضيرها للفحصوات المختبريه.

الشكل (4) قوالب مطاط السيليكون

وقد تم تحضير ثلاث عينات منها :اولاً: راتنج البولي استر غير المشبع (UPE): اذ تم خلطه مع مصلده بنسبة (100 غم) من البولي استر لكل (2 غم) من المصلد بأستخدام قضيب زجاجي وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون فقاعات وللوصول الى حالة التجانس ،ثانياً: متراكب البولي استر غير المشبع المدعم بالياف مقشة الذرة القصيرة المعاملة / (UPE composite treated short BCF) : تم اضافة الياف مقشة الذرة القصيرة المعامله بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الى البولي استر غير المشبع بشكل مستمر للحصول على كسر وزني للالياف مقداره 10% وثالثاً: متراكب البولي استر غير المشبع المدعم بالياف مقشة الذرة الطويلة المعاملة (UPE / treated long BCF) composite : ترتب الياف مقشة الذرة الطويله المعاملة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم بمسافات متساويه عن بعضها داخل القالب ثم يصب عليها البولي استر غير المشبع للحصول على كسر وزني للالياف مقداره 10% . وبعد الانتهاء من عملية القولبة ، تستخرج العينات من القوالب كما في الشكل(5) وتدخل في فرن حراري بدرجة حرارة (60-55)م ° و لمدة ساعتين لاتمام عملية المعالجة Curing.



الشكل(5) 1- بولي استر الغير مشبع النقي 2- بولي استر غير المشبع مدعم بالياف مقشة الذرة الطويله

3- بولي استر غير المشبع مدعم بالياف مقشة الذرة القصيرة

الاختبارات الميكانيكية

1- اختبار صلادة شور Shore D Hardness test

أُستخدم مقياس فحص صلادة شور D نوع (TH210) ايطالي المنشأ الذي يكون بشكل جهاز يدوي يتكون من نابض مُحمل باداة غرز بشكل ابرة تخترق سطح العينة وبعدها يسجل الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز والذي يمثل قيمة الصلادة.

اختبار الصدمة Impact test

أُستخدم جهاز الصدمة نوع جاربي (Charpy Impact Test) المصنع من قبل الشركة الامريكية Testing Machine INC., AMITYVILLE, New York وذلك لحساب الطاقة المطلوبة للكسر والتي يمكن من خلالها حساب مقاومة الصدمة للمادة . و يتكون هذا الجهاز أساسا من البندول و مقياس الطاقة حيث يتم رفع مطرقة الجهاز والتي تحمل طاقه (30 جول) الى اقصى ارتفاع وتثبت جيدا وتوضع العينة في المكان المخصص لها بشكل افقي بين مسندي الجهاز ويتم تصفير مقياس الطاقة اولا ثم يحرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس وبحركة تأرجحية تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية يفقد جزء منها في كسر العينة فيقرأ مؤشر المقياس طاقة الكسر للعينة (U_c) . ان ابعاد العينة حسب مواصفة القياسية ISO 179 كالاتي : طول العينة (55 ملم) وعرضها (10 ملم) وسمكها (10 ملم) وتم حساب مقاومة الصدمة Impact Strength (I.S) من العلاقة الرياضية الاتية [9] :

$$I.S = U_C / A \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان :

U_C: طاقة الكسر مقاسة بوحدة (KJ).

A: مساحة المقطع العرضي للعينة مقاسة بوحدة (m^2).

2- اختبار متانة الانحناء Flexural strength test

أُستخدم مكبس هيدروليكي من نوع (Leybold Harris NO.36110)الماني المنشأ لقياس متانة الكسر flexural Strength وقُطعت العينات وفقا للمواصفات القياسية الامريكية ASTM-D790 كالاتي : طول العينة (100 ملم) وعرضها (10 ملم) وسمكها (5ملم) وتثبت نهايات العينة على مساند يتم وضعها على القاعدة المتحركة للجهاز وبعد ذلك ترفع هذه القاعدة بواسطة ذراع الجهاز الى الاعلى حتى يصبح سطح العينة بتماس مع السطح العلوي للجهاز ، ثم يتم تصفير المقياس الذي يقوم بقراءة قيمة الحمل المسلط وتثبت اداه مدببة في منتصف القاعده العليا للجهاز ويسلط الحمل تدريجياً على العينة الى ان يحدث فشل للعينة ويتم حساب قيمه ذلك الحمل. ان قيمه متانة الكسر (F.S) تحسب من القانون الاتي [13] :

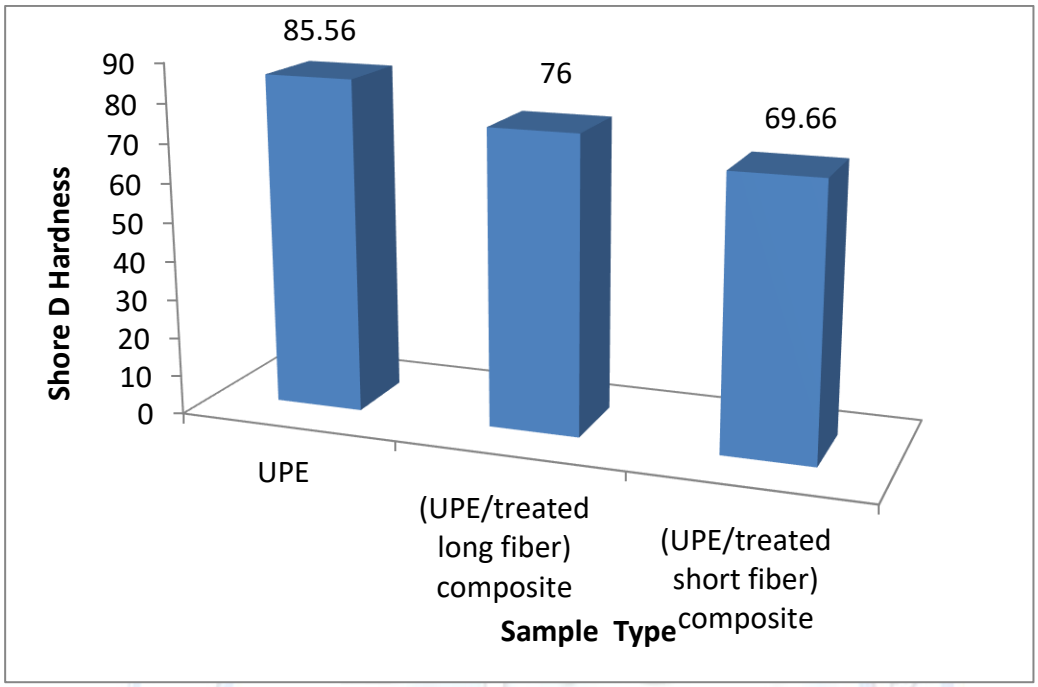
$$F.S = 3PS/2bt^2 \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث تمثل P: الحمل المسلط لحين حصول الفشل للعينه (نت) ، S: طول المسافه بين المسندين للعينه (ملم) ، b : عرض العينه (ملم) و t: سمك العينه (ملم).

النتائج والمناقشة

1- اختبار صلادة شور

لقد اظهرت النتائج من الشكل (6) ان قيم الصلادة للعينات تقل عند تدعيم البولي استر بالياف مقشة الذرة بالرغم من معامله الليف كيميائياً كما وجد ان البولي استر غير المشبع النقي امتلك اعلى قيمة للصلادة بالمقارنه مع بقية العينات لأن تركيز الاجهادات تتجمع عند المناطق الضعيفه حيث تكون قوى الالتصاق ضعيفه بين المادة الاساس والليف [14] .

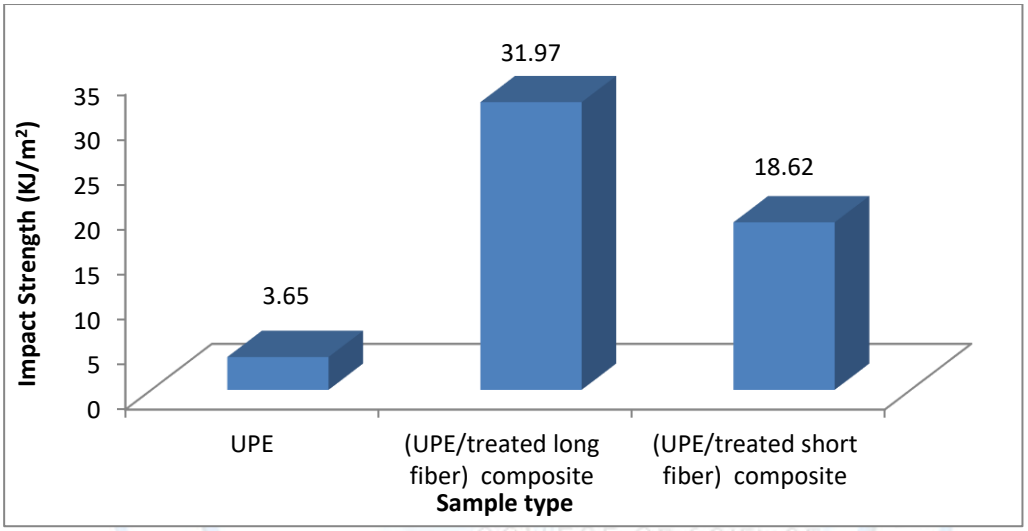


الشكل (6) تغير الصلادة مع نوع العينه

2- اختبار الصدمة

اوجدت النتائج الموضحه في الشكل (7) ان اعلى قيمة لمقاومه الصدمه كانت عند تدعيم البولي استر غير المشبع بالياف مقشة الذرة الطويله وبطول (100 ملم) بالمقارنه مع البولي استر غير المشبع النقي والبولي استر غير المشبع المدعم بالياف مقشة الذرة القصيرة وبطول (5 ملم) والسبب يعود الى ان الليف القصير قد لايكون متراكب متوافق composite compatible بسبب الترابط غير الجيد بين الألياف والمادة الاساس. في العموم فان التوزيع الضعيف للألياف يمكن ملاحظته لأقل نسبة من الليف. كما يمكن ملاحظة ميكانيكة الكسر للألياف وانسحاب الألياف وآليات كسر الألياف بسهولة [15] . ان الزيادة التدريجيه في مقاومة الصدمة هي نتيجه زيادة محتوى الليف وقوى الانضغاط والتي تلغي الفجوات في المتراكبات وكذلك يساهم طول الليف في زيادة مقاومة الصدمه [15] . يلعب الليف دور مهم في مقاومه الصدمه حيث انه يقاوم انتشار الشقوق ويلعب كوسط ناقل للحمل . وينتقل الحمل المسلط بشكل فعال نظرا لفعاليه قوة الترابط البيني وان طول الليف يؤثر بشكل كبير على مقاومة الصدمة لتحمل الحمل المفاجيء وعندما تتجاوز طاقة الصدمة مقاومة الليف فيحدث كسر الليف وينتقل الكسر في جميع اجزاء المتراكب [15]. كما يمكن تفسير ان المعاملة الكيميائية والتعديل لسطح الليف اعطت قوة التصاق اقوى بين الالياف والمادة الاساس وان هذا البحث يتوافق مع النتائج التي توصل لها الباحثان Ismail و Zamani [16]

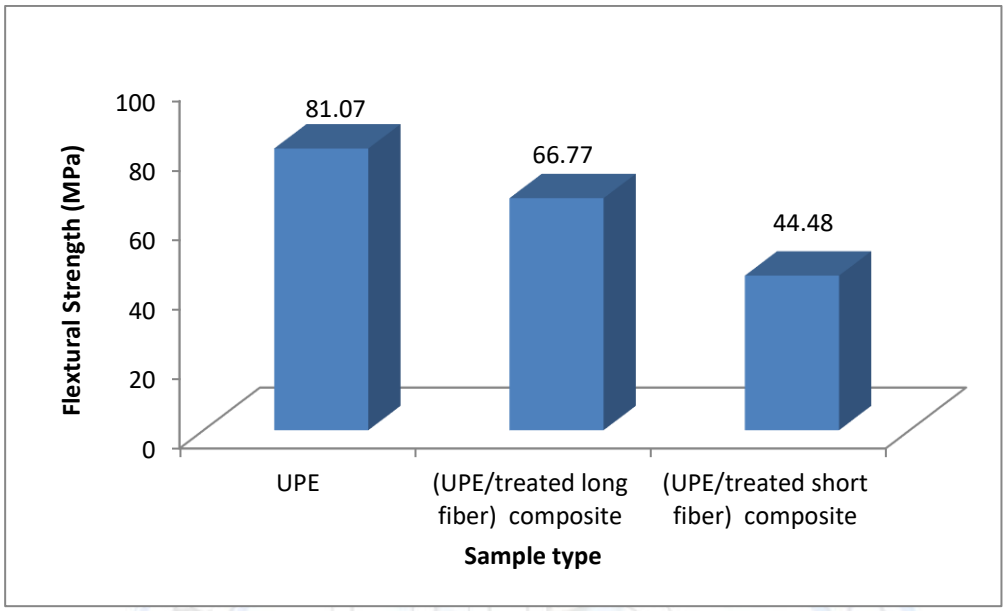
إن وجود الألياف يقلل من الطاقة الممتصة من قبل عينة، إضافة الى ان الألياف تولد مناطق لتركيز الإجهاد التي تتطلب طاقة أقل لبدء الشق [17] ويرجع ذلك إلى الربط الضعيف اي قوة الترابط القليله بين الألياف الطبيعية والبولي أستر غير المشبع ، وتزداد قابلية امتصاص طاقة الصدمة للمتراكب ويُمتص مقدار كبير من الطاقة بواسطة بدأ الشق على طول السطح البيني بين المادة الاساس والليف خلال فصل الليف debonding [18]



الشكل (7) تغير مقاومة الصدمة مع نوع العينه

3- اختبار متانة الانحناء

ان قيم متانة الانحناء للبولي استر غير المشبع المدعم بالياف مقشة الذرة موضحة في الشكل (8) . ولوحظ ان قيم متانة الانحناء تقل عند تدعيم البولي استر بالياف مقشة الذرة الطويله والقصيرة مما هي للبولي استر غير المشبع بالرغم من المعاملة الكيميائية للالياف ويعود ذلك الى ان تركيز الاجهادات تتجمع عند المناطق الضعيفه التي تكون فيها قوى الالتصاق ضعيفة بين المادة الاساس والالياف [14] ونظرا لزيادة تفاعلات الالياف-الألياف ومشكلة التشتت مما يؤدي الى انخفاض الخواص الميكانيكية للمواد المتراكبة [19] . ان طول الليف الكبير له القدرة على مقاومة الانحناء اكثر من الليف القصير .



الشكل (8) تغير متانة الانحناء مع نوع العينه

الاستنتاجات

لقد وُجِـد ان قيم مقاومة الصدمة تزداد عند تدعيم البولي استر غير المشبع بالياف مقشة الذرة الطويلة والمُعاملة بالقاعدة بالمقارنه مع قيمتها عند التدعيم بالالياف القصيرة والبولي استرغيرالمشبع النقي و ان معاملة الالياف بالمحلول القاعدي يساعد على تنظيف السطح وزيادة الالتصاق بين سطح الليف والبوليمر وبالنتيجة يحسن خواص المادة المتراكبة ، بينما وجد ان قيم متانة الانحناء والصلادة تقل عند التدعيم بالياف مقشة الذرة الطويلة والقصيرة بسبب مشكله التشت التي تضعف الخواص بين الليف والراتنج .

References

1. Hammajam Alhaji Abba, Ismarrubie Zahari Nur, Sapuan Mohd Salit , 2013, " Review of Agro Waste Plastic Composites Production ", Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 1, PP.(271-279),.
2. Dr. Pavla Tesinova . , 2011," Composite Materials from Natural Resources: Recent Trends and Future Potentials, Advances in Composite Materials - Analysis of Natural and Man-Made Materials " , Chemical and Materials Engineering Department , Ed. , China .
3. Taj S., Munawar, M.A., & Khan, S.U.. Review, 2007, "Natural fiber-reinforced polymer composites ", Proc Pakistan Acad Sci , Vol 44, No.2 , pp. (129–144) .

4. Singha, A.S and Vijay Kumar Thakur , 2008, " Mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites", Bull. Mater. Sci., Vol. 31, No. 5, PP.(791–799).

5. Saxena, M., Pappu, A., Haque, R., & Sharma, A., 2011," Sisal Fiber Based Polymer Composites and Their Applications Cellulose Fibers: Bio- and Nano-Polymer Composites " . Springer Book ISBN 13 .

6. Saxena, M., Asokan, P., & Bakshi, P., 2008 , " Sisal potential for engineering application– an overview . In: Sisal fiber technologies for sustainable rural employment generation ". Allied Publications, New Delhi, pp. (112–154).

7. Mohanty, A.K., Misra, M., & Drzal, L.T. , 2005, " Natural fibers biopolymers and biocomposites " , 1 edition , CRC press.

8. Xin, X., Xu, C. G., & Qing, L. F ,2007," Friction properties of sisal fiber reinforced resin brake composites ". Wear, Vol. 262, pp. (736–741).

9. U.S.Bongarde, V.D.Shinde, 2014, "Review on natural fiber reinforcement polymer composites" , International Journal of Engineering Science and Innovative Technology ,Volume 3, Issue 2, PP(431-436).

10. Jack R. Vinson and Robert L. Sierakowski, 2004, "The Behavior of Structures Composed of Composite Materials ", 2nd Edition , Kluwer Academic publishers , New York .

11. R. S.Washburn , Costsj Bureau , and J. H.Martin ,1933, " An Economic Study of Broomcorn Production V", Technical Bulletin No.347 , united states department of agriculture Washington D.C.

12. Janos Berenji , Jeff Dahlberg , Vladimir Sikora , and Dragana Latkovic ,2011, " Origin, History, Morphology, Production, Improvement, and Utilization of Broomcorn [Sorghum bicolor (L.." Economic Botany, 65(2), pp. (190–208).

13. Crawford R.J.,1987 ," Plastics Engineering", 2nd edition, Pergamon Press, New York.

14. X. Li, S.A. Panigrahi, L.G. Tabil, W.J. Crerar, 2004 ," Flax Fiber-reinforced Composites and the Effect of Chemical Treatments on their Properties ", The Society for engineering in agricultural, food, and biological system, Paper Number: MB04- 305.

15. P. Amuthakkannan, V. Manikandan, J.T. Winowlin Jappes, M. Uthayakumar ,2013 , " Effect of fiber length and fiber content on mechanical properties of short basalt fiber reinforced polymer matrix composites, Materials Physics and Mechanics , 16 , PP.(107-117).

16. A. E. Ismail, N. A. Zamani, 2008, "Tensile and impact behavior of hybrid extruded glass/natural fiber reinforced polypropylene composites" , Tun Hussein University of Malaysia, International Conference on Environmental Research and Technology , PP. (793- 796).

17. Raghad Hussein Mohammed, Mustafa Amer Hassan, Noor Sabah Sadeq , 2010 , " The Edition Effect of Natural Fibers on Polymeric Materials and Study some of Thermal and Mechanical Properties " , Journal of Al-Nahrain University , Vol.13 (1), pp.(84-90).

18. Kaundal R, Patnaik A and Satapathy ,2012 , " A Comparison of the mechanical and thermo-mechanical properties of unfilled and SiC filled short glass polyester composites" , Silicon , Vol. 4, PP.(175–188).

19. Sreekala, M.S., J.George, M.G. Kumaran and S. Thomas, 2002 ,"The mechanical performance of hybrid phenolformaldehyde- based composites reinforced with glass and oil palm fibers", Composite. Science technology , Vol. 62, PP. (339- 353) .