الخواص الفيزيائية – الميكانيكية للمواد المصنعة من مركبات (البولي إيثلين / نشارة الخشب)

الباحث: م . باسم محسن عمار

قسم هندسة المواد التطبيقية في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة الخواص الميكانيكية – الفيزيائية لمركبات نفايات البولي إيثلين / نشارة الخشب. لتحقيق هذا الهدف تم تحضير عينات بطريقة الكبس بنسب مختلفة لنفايات البولي إيثلين مع نفايات الخشب ذات الأبعاد والأشكال المختلفة. أجري قياس كثافة الألواح المحضرة وحددت مقاومة الصدمة وقيست الامتصاصية. أظهرت نتائج الاختبارات إمكانية الحصول على طيف واسع من ألواح الخشب الصناعي بخواص مختلفة، وان كافة النسب المدروسة تحقق خواص خاصة بها تؤهلها للاستخدام في التطبيقات الصناعية، كما أظهرت النتائج إمكانية تصنيع الألواح دون الحاجة إلى المعالجة المسبقة لجزيئات الخشب، أو دون إضافة مواد بلاستيك حراري جديدة إلى البولي إيثلين المعاد تدويره المستخدم بالبحث.

الكلمات المفتاحية: البولي إيثلين المعاد تدويره RLDPE – نشارة الخشب

Mechanical and Physical Properties of materials made from (Polyethylene / wood waste)

ABSTACT

The results showed the possibility of getting at a wide rang of board with different properties, and all investigated percentage had special properties which to use in industrial application, also the result showed the possibility to produce these board without pretreatment of particles wood or without addition any virgin plastic to RLDPE

The results showed the possibility of getting of a wide spectrum of boards with different properties, and all studied percentages had special properties which allow them to use in industrial application, also the result showed the possibility to produce these boards without treatment of the wood particles or without addition any virgin plastic to RLDPE

Key Words: Polyethylene – Waste Wood –

مقدمة

تحتل صناعة الأخشاب الصناعية مكانة هامة في حياتنا المعاصرة، و قد بدأ الاهتمام بها منذ سنوات عديدة و لاسيما في البلدان المتقدمة صناعياً، فالاهتمامات الحاصلة من قبل منظمات حماية البيئة الخاصة بالحفاظ على الثروة النباتية دفعت بالاتجاهات العلمية للبحث عن مصادر أو صناعة تحقق البدائل المقبولة عن الخشب الطبيعي.

أهمية البحث

تختلف أنواع الخشب الصناعي فيما بينها بخواصها النهائية، ويعود السبب في هذا إلى اختلاف مصادر النفايات العضوية المستخدمة ونوعيتها ، واختلاف بارامترات عملية التصنيع، ونوعية المادة الرابطة البوليميرية (بلاستيك حراري – بلاستيك متصلب حرارياً)، وهذه الأسباب مجتمعة وفرّت في الأسواق العالمية طيف واسع من هذه الأنواع [1,2]. يمكن تلخيص أهمية البحث بالنقاط التالية:

1 – الحفاظ على البيئة من خلال تدوير نفايات رقائق البيوت البلاستيكية المنتشرة بشكل واسع في منطقة بانياس

2 – إنتاج ألواح الخشب الصناعي ودراسة خواصها الفيزيائية – الميكانيكية

الدراسة المرجعية Literature Review

تعتبر المالئات النباتية أرخص أنواع المالئات العضوية ثمناً، وتتألف بشكل أساسي من السليلوز (Cellulose) واللغنين (Lignin) وتحتوي على عدد كبير من المجموعات الهيدروكسيلية الآروماتية والأليفاتية والتي بسهولة يمكنها أن تتبادل التأثير كيميائياً مع عدد كبير ومتنوع من المواد البوليميرية[3]. تتعدد مصادر النفايات العضوية النباتية ويمكن تقسيمها لمجموعتين رئيسيتين:

1 – النفايات العضوية الصناعية: وهي نتاج العمليات التصنيعية المختلفة مثل النفايات الناتجة عن تصنيع التبغ والقطن وقصب السكر ومعامل الشوندر السكري وورش النجارة.....الخ.

2 – النفايات العضوية الطبيعية: وهي نتاج الطبيعة ذاتية التجديد مثل الأعشاب والأغصان البرية وأوراق الشجر ونفايات العملية الزراعية مثل بقايا جذوع قصب السكر والقطن والذرة الصفراء ودوار الشمس وقشور الرز والتبن.... الخ.

تشير الدراسات العلمية إلى استخدام نفايات البلاستيك الحراري أو خلائط من البلاستيك المعاد تدويره مع مواد بلاستيكية جديدة في صناعة الأخشاب الصناعية [4,5,6].

تظهر الدراسة [7] إمكانية استخدام نفايات البولي اثيلين منخفض الكثافة RLDPE في صناعة ألواح الخشب الصناعي، وقد تم تشكيل هذه الألواح بالكبس (بالضغط)، بزيادة نسبة نفايات البولي إيثلين منخفض الكثافة من %(50 – 30)، وقد تم التشكيل بدرجة حرارة 140C° و 180C° وضغط للتشكيل بين (30-40)kg/cm2 وزمن لتطبيق الضغط بين min (7-13)، كما تم دراسة تأثير الظروف المختلفة على الخواص الميكانيكية واستقرار أبعاد تلك الألواح الخشبية البلاستيكية، إضافة لدراسة البنية المجهرية

طور Chow Poo وزملاؤه [8] ألواحاً مركبة من البلاستيك الحراري (Thermoplastic) كمادة أساس مع شبكة من ألياف قصب الذرة، حيث جمعت ألياف قصب الذرة (Corn Stalk) من غرب الولايات المتحدة الأمريكية و تم تشكيل الألواح المركبة بثلاث طرق:

- الطريقة الأولى: تم تشكيل شبكة من %(80-90) ألياف قصب الذرة ممزوجة مع %(10-20) من البولي إثيلين عالي الكثافة الجديد (Virgin HDPE) و-10 %(20) من البولي إثيلين عالي الكثافة المعاد تدويره (RHDPE).
- الطريقة الثانية: تم تشكيل شبكة من %(80-90) من ألياف قصب الذرة ممزوجة بكمية صغيرة%(10-20) من البولي بروبلين (PP).
- الطريقة الثالثة : تم تشكيل شبكة من 40% ألياف قصب الذرة ممزوجة مع 60% من مادة البولي إثيلين منخفض الكثافة المعاد تدويره (R LDPE).

درس Fatih Mengel و زميله [9] السلوك الحراري للمواد المركبة المصنوعة من البولي إيثلين عالي الكثافة المعاد تدويره RHDPE كمادة أساس مضاف لها نفايات خشب الكافور(EWR)، وأجريت الاختبارات باستعمال التحليل الحراري (TGA) وتم تشكيل عدة نماذج للاختبار:

1 – النموذج الأول: بدون إضافة نفايات الخشب، أي (RHDPE) 100%

2 – النموذج الثاني: إضافة (EWR)50% و (RHDPE)50%

3 – النموذج الثالث: إضافة (EWR) % 50 مع (RHDPE) 46% المعدل بإضافة الماليك ألدهيد (MA) بنسبة 4%.

عمل Nwigbo Solomon وزميله [10] على تقييم الخواص الميكانيكية لألواح الخشب الصناعي المصنعة من البولي إيثلين منخفض الكثافة المعاد تدويره (RLDPE) كمادة أساس مع نشارة خشب الأيروكو كمادة مالئة، وتم الحصول على البولي إثيلين المعاد تدويره من الأكياس المستهلكة و المقطعة، وتم تحضير عينات الاختبار من خلال مزج RLDPE مع نشارة الخشب بشكل متناسب و باستخدام التشكيل بالحقن بضغط 150 MPa ودرجة حرارة C° 160، ولوحظ بنتيجة الاختبارات وجود انخفاض في كل من مقاومة الشدّ و الصدم، وازدياد الصلابة بزيادة نشارة الخشب، واستنتج الباحثون إمكانية استخدام نشارة الخشب لتحسين قيم الصلابة و القساوة لمركبات RLDPE/الخشب .

درس Idris وزملاؤه [11] إمكانية استخدام قشور البطيخ في تحضير مركبات الخشب/ البلاستيك، وقاموا بإنتاج ألواح بإضافة نفايات قشور البطيخ (بعد تجفيفها وطحنها ونخل الناتج إلى جزيئات صغيرة) إلى البولي إيثلين منخفض الكثافة المعاد تدويره (RLDPE)، وتم في هذه الدراسة تحديد البنية المجهرية و امتصاصية الماء (WA) والانتباج الحاصل بالسماكة (TS) ومعامل التمزق (MOR) ومعامل المرونة (MOE) وقوة الالتصاق الداخلي (IP) و خواص مقاومة الصدم للألواح.

درس Abdollah Najafi وزميله [12] إمكانية استخدام حشوات سللوزية لتدعيم و تقوية البولي إثيلين عالي الكثافة والمعاد تدويره (RHDPE) واستخدموا في دراستهم بودرة قشر الأرز (RH) وبودرة الخشب(WF) وبودرة محضرة من طحن نفايات من ألواح الخشب الصناعية المتوسطة الكثافة (MDF) وأيضاً جزيئات خشب كبيرة الحجم (Particleboard) ويرمز لها (PB).

شكل الباحثون أربعة أنواع من الألواح وفق النسب التالية:

(RHDPE) 40% مع 60% من إحدى المواد المالئة السابقة الذكر و 3% من MAPE (البولي إثيلين المطعم بالماليك ألدهيد) وكانت الكثافة الاسمية g/cm^3 1 وأبعاد اللوح 35 . × 35 × 1 cm

هدف البحث

تشير الدراسات السابقة إلى أن البحث عن مركبات خاصة بإنتاج الخشب الصناعي مازال إلى وقتنا الحالي قيد الدراسة، واستناداً إلى ذلك فإن هدف بحثنا يكون تحضير خشب صناعي من نفايات رقائق البيوت البلاستيكية المصنوعة من البولي إيثلين منخفض الكثافة الناتجة بكميات كبيرة في مدينة بانياس مع نفايات خشب صناعي غير منتظمة تمثل بقايا ورش النجارة .

طرائق البحث ومواده

1. المادة البلاستيكية الرابطة : تم استخدام مجروش نفايات رقائق البيوت البلاستيكية المصنوعة من البولي إيثلين منخفض الكثافة(RLDPE) المبينة بالشكل (1) كمادة أساس رابطة حيث تنتشر وبكثرة هذه النفايات بالساحل السوري باعتبار أن معظم السكان المحليين يعملون بالزراعة المحمية .
2. نفايات ورشات النجارة الناتجة عن عمليات تشكيل المنتجات الخشبية كمادة مالئة عضوية بأحجام وقياسات مختلفة (بودرة – جزيئات متوسطة – جزيئات خشنة – جزيئات طويلة) المبينة بالشكل (2)

الشكل (1) – مجروش نفايات رقائق البيوت البلاستيكية (RLDPE)

(b)

(a)

(d)

(c)

الشكل (2) – نفايات ورشات النجارة الناتجة عن عمليات تشكيل المنتجات الخشبية
(a)جزيئات طويلة– (b) جزيئات خشنة– (d) جزيئات متوسطة –(c) بودرة خشب

تم تشكيل أربع مجموعات من العينات جميعها محضرة من نفايات رقائق البيوت البلاستيكية كمادة أساس رابطة ولكنها تختلف فيما بينها بحجم وأبعاد المادة المالئة العضوية (بودرة ،جزيئات متوسطة، جزيئات عشوائية، جزيئات طويلة)، وبناء على ذلك تم تصنيف العينات المحضرة بالمخبر على الشكل التالي:

- مجموعة بودرة الخشب
- مجموعة الجزيئات المتوسطة
- مجموعة الجزيئات الطويلة
- مجموعة الجزيئات العشوائية

تضم كل مجموعة من هذه المجموعات خمس عينات وفق النسب التالية:

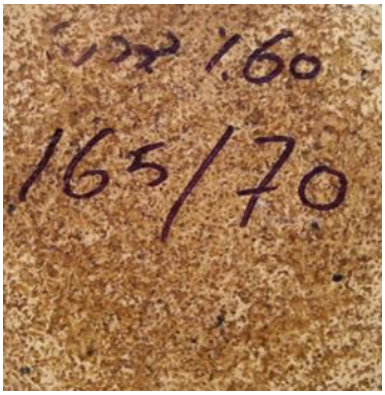
- 20% مالئ عضوي + 80% (RLDPE)
- 30% مالئ عضوي + 70% (RLDPE)
- 40% مالئ عضوي + 60% (RLDPE)
- 50% مالئ عضوي + 50% (RLDPE)
- 60% مالئ عضوي + 40% (RLDPE)

شكلت هذه العينات باستخدام مكبس تشكيل نصف هيدروليكي موضح بالشكل (3) وفق النظام التالي:

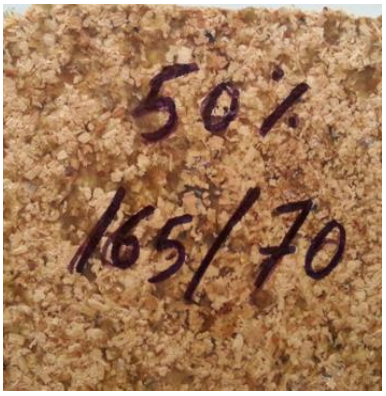
درجة حرارة نصفي القالب T = 165 C° – ضغط التشكيل الابتدائي P= 3 Kg/cm^2 – زمن تطبيق الضغط الابتدائي t = 5 min – ضغط التشكيل النهائي P= 65 Kg/cm^2 – زمن تطبيق الضغط النهائي 10 min – في نهاية دورة التشكيل تم تبريد قالب التشكيل بسرعة تبريد V=10 C°/min مع بقاء الضغط النهائي مطبقاً حتى الوصول إلى درجة حرارة يمكن خلالها نزع المنتج النهائي دون حدوث تشوه فيه. ويوضح الشكل (3) المكبس الذي استخدم في تحضير عينات الخشب الصناعي.

الشكل (3) – مكبس تشكيل نصف هيدروليكي

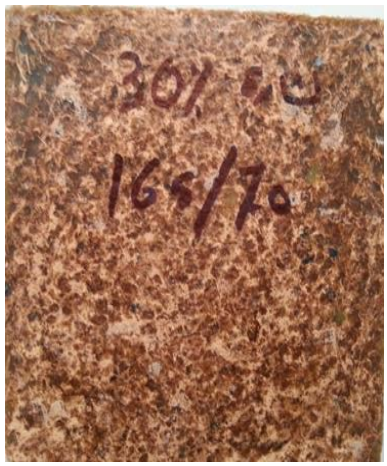
أما الشكل (4) فيوضح صور لبعض العينات المشكلة على المكبس بالأسلوب السابق الذكر.

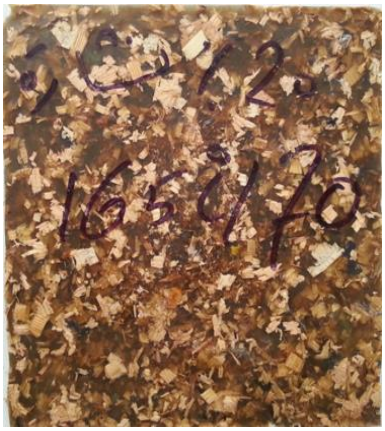


(a)



(b)





(d) (c)

الشكل (4) – (a)عينة خشب صناعي محضرة من 60% بودرة خشب + 40% RLDPE

(b) عينة خشب صناعي محضرة من 50% جزيئات متوسطة + 50% RLDPE

(c) عينة خشب صناعي محضرة من 20% جزيئات عشوائية + 80% RLDPE

(d) عينة خشب صناعي محضرة من 30% جزيئات طويلة + 70% RLDPE

القسم التجريبي

1 – تم حساب الكثافة باقتطاع عينات من الألواح المحضرة بالمخبر وذلك لمعرفة فيما إذا كانت الألواح المشكلة خفيفة أم ثقيلة وهل تقترب كثافتها من كثافة الأخشاب الطبيعية أم لا . تم حساب الكثافة بالعلاقة (1):

$$\rho = \frac{m}{V}, \frac{gr}{cm^3} \qquad (1)$$

حيث أن: m كتلة العينة المقتطعة

V حجم العينة وقد حسب بعد إجراء القياس الدقيق لأبعاد العينات المقتطعة بواسطة بياكوليس رقمي بدقة 0.01 mm.

2 – اختبار الصدم وفق شاربي Sharpy Test : تم تحضير عينات الاختبار وفق المواصفة القياسية (ASTM D256-93) بطول 100 mm وبمقطع عرضي (10 . 5) mm^2 .

3 – اختبار الامتصاصية القصيرة الأمد Short – Time Absorption

أجري اختبار الامتصاصية على العينات المحضرة لمدة قصيرة (ساعتين ،24 ساعة، 48 ساعة). قطعت عينات اختبار الامتصاصية من الألواح المحضرة على مكبس التشكيل بأبعاد cm(2.2) وقيست أوزان العينات قبل الغمر بالماء لمعرفة نسبة الامتصاصية الحاصلة بعد الغمر خلال الأزمنة المشار إليها أعلاه وحسبت النسبة المئوية للامتصاصية بالعلاقة (2):

$$W(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1}.100 \qquad (2)$$

حيث أن: W_1 وزن العينة قبل الغمر بالماء (gr)

W_2 وزن العينة بعد الغمر بالماء (gr)

W نسبة الامتصاصية (%)

غمرت عينات الاختبار في ماء عذب غير مقطر .

النتائج والمناقشة

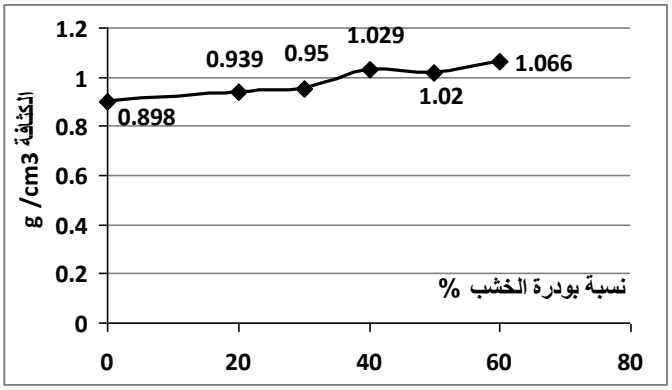
أظهرت نتائج قياس الكثافة للعينات المدروسة في هذا البحث قيم متباينة ويمكن تفسير هذا استناداً للاختلاف الواضح في كثافات المواد المالئة المستخدمة.

كما هو معلوم [3] تبلغ كثافة بودرة الخشب حوالي ($1.5\ g/cm^3$)، في حين تبلغ كثافة الأنواع الأخرى للمواد المالئة ذات الأبعاد الكبيرة المختلفة للجزيئات (متوسطة – طويلة – عشوائية) قيم كثافة الخشب المستمدة منها والتي تتراوح عادة بين g/cm^3 (0.8- 0.4). فإذا علمنا أن كثافة العينات المصنوعة فقط من (RLDPE) تبلغ g/cm^3 (0.898)، فإن الفرق الواضح بقيمة كثافة المادة الرابطة والمواد المالئة المستخدمة أعطى سلوكيات مختلفة لمسارات منحنيات الكثافة بدلالة المالئ العضوي .

يبين الشكل (6) منحني تغير كثافة عينات مصنعة من مجروش LDPE مع نسب مختلفة من نفايات بودرة الخشب، كما هو واضح من الشكل (6) تزداد الكثافة بزيادة

نسبة المالئ العضوي من g/cm^3 0.898 عند النسبة 0% للمالئ العضوي لتصبح مساوية g/cm^3 1.066 عند النسبة 60% .

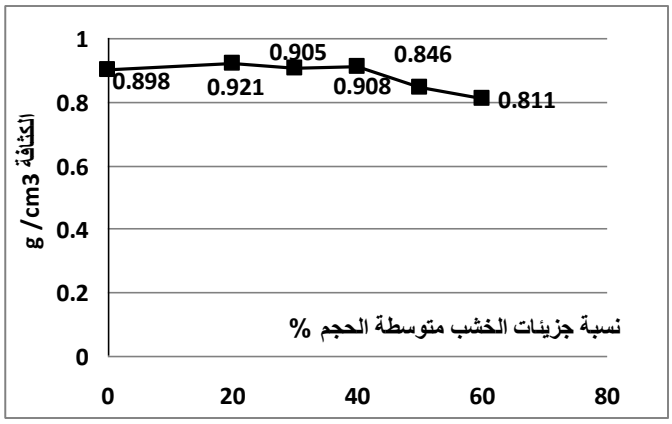
يمكن تفسير هذه النتيجة استناداً للاختلاف في قيم الكثافة بين المالئ العضوي و RLDPE الأمر الذي يوضح تزايد كثافة المركبات بزيادة نسبة مادة الحشو. من خلال النتائج التي توصلنا إليها يمكن القول أن كافة المركبات المبينة بالشكل (6) تنتمي من حيث التصنيف إلى الأخشاب القاسية العالية الكثافة وفق التصنيف الوارد في [13].



الشكل (6) – منحني تغير الكثافة لمركبات محضرة من RLDPE والحاوية على نسب مختلفة من بودرة الخشب كمالئ عضوي

أظهرت قياسات الكثافة التي أجريت على عينات مؤلفة من مجروش LDPE وجزيئات خشب متوسطة الحجم أن الفروقات بقيم الكثافة مقارنة مع كثافة مادة الأساس الرابطة صغير كما هو موضح بالشكل (7)، حيث نلاحظ حدوث زيادة طفيفة بكثافة العينات من g/cm^3 0.898 عند النسبة 0% لجزيئات الخشب متوسطة الحجم لتصبح 0.908 g/cm^3 عند النسبة 40% لتعود بعد ذلك للانخفاض لتصبح مساوية g/cm^3 0.811 عند النسبة 60%.

تظهر النتيجة المبينة بالشكل (7) أن قيم الكثافة تجعل هذه المركبات تنتمي للأخشاب الصناعية القاسية حسب [13]، وأن إضافة نفايات جزيئات الخشب المتوسطة الحجم حتى النسبة 60% يظهر انخفاض طفيف بقيم الكثافة بشكل عام. كما تظهر النتائج إمكانية إنتاج طيف واسع من المركبات المساوية لكثافة مادة الأساس تقريباً.

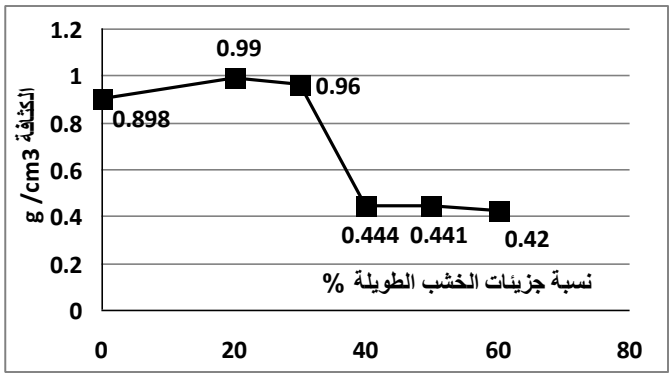


الشكل (7) – منحني تغير الكثافة لمركبات محضرة من RLDPE

والحاوية على نسب مختلفة من جزيئات خشب متوسطة الحجم كمالئ عضوي

يوضح الشكل (8) منحني تغير الكثافة للمركبات المكونة من مادة الأساس الرابطة مجروش RLDPE مع نسب مختلفة من المادة المالئة المؤلفة من جزيئات خشب طويلة، وكما هو واضح من الشكل حدوث تزايد طفيف بقيم الكثافة حتى النسبة 30% لتعود هذه القيم للانخفاض الحاد لتبلغ قيم منخفضة جداً $0.42\ g/cm^3$ عند النسبة 60% مادة مالئة.

تظهر النتائج المبينة بالشكل (8) إلى إمكانية إنتاج طيف واسع من الألواح تتدرج فيها الكثافة من الألواح العالية الكثافة حتى النسبة 30% وصولاً إلى الألواح ذات الكثافة المنخفضة المماثلة لألواح العزل [15]. من جهة أخرى فإن هذه النتيجة تقدم مركبات مشابهة لتلك التي تبديها بعض الأخشاب الخفيفة الوزن مثل خشب الشوح، وهذا ما يعتبر هدفاً أساسياً في بحثنا، ألا وهو الحصول على مركبات صناعية ذات خواص شبيهة قدر الإمكان من خواص الأخشاب الطبيعية.

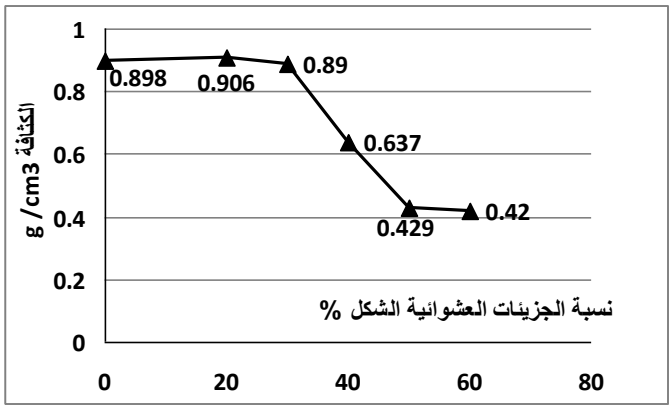


الشكل (8) – منحني تغير الكثافة لمركبات محضرة من RLDPE والحاوية على نسب مختلفة من جزيئات خشب طويلة كمالئ عضوي

إن البحث عن أحجام محددة لجزيئات المالئ العضوي يزيد من تكاليف العملية الإنتاجية بسبب زيادة مراحل الإنتاج. وبما أن الهدف الأساسي هو الحصول على منتجات خشب صناعي من نفايات (البلاستيك – مالئ عضوي) فإن البحث اقتضى ضرورة استخدام نفايات عشوائية بأشكال وأحجام متباينة دون القيام بأية عملية فرز أو تصنيف.

أظهر العمل التجريبي إمكانية استخدام مثل هذه النفايات العضوية العشوائية والحصول على منتجات بخواص يمكن اعتبارها جيدة، لبقاء عينات الاختبار متماسكة بعد زمن غمر بالماء تجاوز 400 يوم، كما أظهر العمل أيضاً أن النسبة العظمى للمالئ العضوي التي يمكن استخدامها وفق طريقة التحضير الواردة في الجزء العملي تبلغ 60% لكافة أنواع وأشكال المالئ العضوي، ولأنه عند استخدام نسب أعلى، وهو هدف رئيسي في عملنا، فإن الحصول على عينات متماسكة وذات خواص مقبولة بنفس ظروف التشكيل كان غير ممكناً. وبما أن الهدف التجريبي لهذا البحث هو الحصول على منتجات بأقل كلفة فإن زيادة نسبة المالئ العضوي لنسبة أكبر من المذكورة يتطلب إجراءات تحضيرية للمركبات قبل التشكيل تزيد من الكلفة الاقتصادية.

يظهر الشكل (9) منحني تغير كثافة عينات محضرة من مجروش LDPE مع جزيئات خشب عشوائية. كما هو واضح أن قيم الكثافة تقريباً ثابتة حتى النسبة 30% وحدوث انخفاض واضح وتدريجي بقيم الكثافة بزيادة نسبة الملء حتى النسبة 60%.



الشكل (9) – منحني تغير الكثافة لمركبات محضرة RLDPE
والحاوية على نسب مختلفة من جزيئات خشب عشوائية كمالئ عضوي

تظهر النتائج المبينة بالشكل (9) أن استخدام نفايات عشوائية أعطى تقريباً نفس النتائج الخاصة بجزيئات المالئ الطويلة، وإن نتائج قياسات الكثافة لكافة العينات السابقة المذكورة في الأشكال (6,7,8,9) أظهرت مدى الطيف الواسع من ألواح الخشب الصناعية التي يمكن الحصول عليها من هذه المركبات، فإذا علمنا أن كافة هذه العينات قد تم تحضيرها بظروف تشكيل ثابتة وفق الخطوات المذكورة في القسم العملي أصبح واضحاً إمكانية تصنيع ألواح بكثافات تتدرج فيها قيم الكثافة من تلك القريبة للأخشاب الخفيفة $(0.40\div0.45)g/cm^3$ المستخدمة كألواح للعزل إلى الثقيلة ذات الكثافة العالية (تقريباً $0.9\ g/cm^3$) القريبة من كثافة مادة الأساس البوليميرية.

مقاومة الصدم Impact Strength

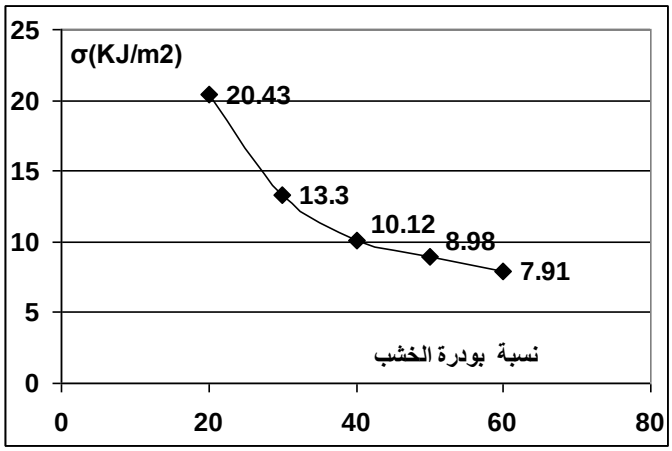
تساهم قيم مقاومة الصدم الخاصة بالمنتجات البلاستيكية بإعطاء فكرة كافية عن مقاومة المنتج النهائي لمقاومة الأحمال الديناميكية، كما هو معلوم [14] أن معظم الأجسام تنهار تحت تأثير الأحمال الديناميكية مثل الصدم أو من تأثير الحمولات الدورية الديناميكية، في حين يبقى تأثير الأحمال الستاتيكية مثل الزحف صغيراً جداً ويحتاج إلى أزمنة طويلة بالمقارنة مع زمن حياة المنتج تحت تأثير الحمولات الديناميكية.

تعتبر الاختبارات الخاصة بتحديد مقاومة الصدم لمركبات RPELD بدلالة نسبة المالئ العضوي من الاختبارات الميكانيكية الهامة في تحديد مقاومة منتجات هذه المركبات للأحمال الديناميكية التي يمكن أن تتعرض لها خلال زمن الاستثمار.

يوضح الشكل (10) أن قيم مقاومة الصدم لمركبات مجروش البولي إيثلين منخفض الكثافة RPELD الحاوية على بودرة الخشب كمادة مالئة تتناقص بزيادة نسبة المالئ العضوي. تتطابق هذه النتيجة مع العديد من الدراسات المرجعية [15] وهي متوقعة لأنه وكما هو معلوم أن مواد الإضافة بشكل عام، مهما بلغت نسبتها تسبب تناقص بقيم مقاومة الصدم.

حسب نظرية Griffith [14] تلعب المواد المالئة على اختلاف كميتها في كتلة الأساس دور مركزات الإجهاد في المنتج النهائي، والتي بدورها تجعل الحمولات على اختلاف أنواعها (ستاتيكية – ديناميكية) تتركز في مناطق معينة، وتعتبر من وجهة نظر مقاومة المواد المناطق الضعيفة التي يبدأ عندها تحطم البنية.

يوضح الشكل (10) منحني تغير مقاومة الصدم لمركبات RPELD بدلالة نسبة المالئ العضوي (بودرة الخشب) وكما هو ملاحظ أن أصغر قيمة لمقاومة الصدم تبديها المركبات الحاوية على نسب عالية من بودرة الخشب، حيث نلاحظ انخفاض بمقاومة الصدم بزيادة نسبة المالئ العضوي، ويعود السبب في هذا إلى المساحة السطحية الكبيرة لبودرة الخشب، الأمر الذي يسبب انخفاض قدرة الترطيب والتغليف لمادة الأساس، إضافة لزيادة حادثة التكتل التي تصعب من عملية تحقيق التجانس في البنية النهائية للخليط.



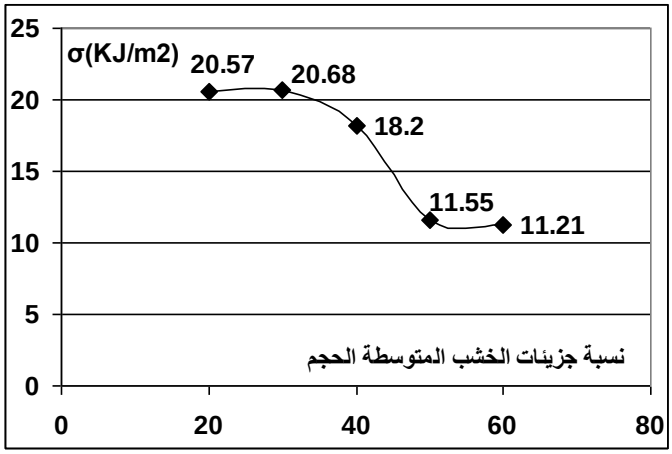
الشكل (10) – منحني تغير إجهاد الصدمة لمركبات RLDPE بدلالة نسبة المالئ العضوي بودرة الخشب

ينبغي أن نشير هنا أنه وللتغلب على التباين الحاصل بأبعاد الجزيئات بين مجروش RPELD وبين بودرة الخشب أجريت عملية فصل للمجروش بأبعاد للمنخل مساوية بالعين المجردة تقريباً لأبعاد جزيئات بودرة الخشب بهدف تحقيق تجانس في أبعاد مكونات المزيج.

يوضح الشكل (10) انخفاض مقاومة الصدم من 20.43 KJ/m^2 عند النسبة 20% لبودرة الخشب إلى القيمة 7.91 KJ/m^2 عند النسبة 60% أي انخفاض بمقدار 3 مرات تقريباً.

يتصدر الهدف الاقتصادي دوراً أساسياً في هذا البحث ولهذا السبب لم تنحصر دراستنا على شكل محدد للمالئ العضوي بل قمنا بدراسة تأثير مالئات (طويلة – متوسطة – عشوائية) أخرى بأبعاد كبيرة جداً بالمقارنة مع أبعاد بودرة الخشب.

يبين الشكل (11) أنه بزيادة حجم جزيئات المالئ العضوي قد تحسنت مقاومة الصدم للمركبات المدروسة حيث نلاحظ أنه عند استخدام مالئ عضوي ذات أبعاد متوسطة فإن مقاومة الصدم للمركبات المدروسة قد تحسنت، وكما هو واضح أن قيم إجهاد الصدم قد انخفضت من 20.57 KJ/m^2 عند النسبة % 20 لتبلغ القيمة 11.21 KJ/m^2 عند النسبة 60% أي أصغر بمقدار 2 مرة.



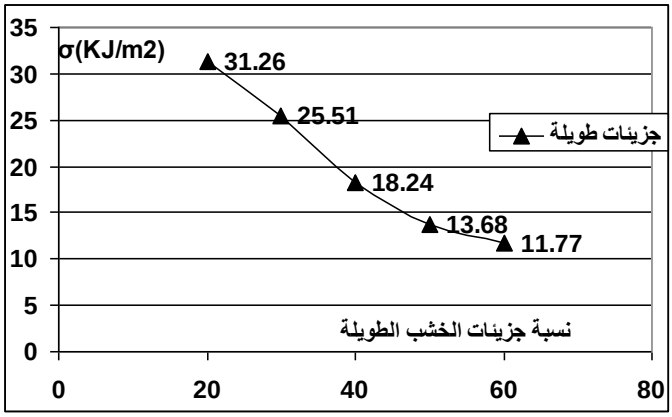
الشكل (11) – منحني تغير إجهاد الصدمة لمركبات LDPE بدلالة نسبة المالئ العضوي – جزيئات متوسطة الحجم

تؤكد هذه النتيجة تحسن واضح بمقاومة الصدم بالمقارنة مع قيم مقاومة الصدم للمركبات الحاوية على بودرة الخشب، ويعود السبب في هذا لتحسن القدرة التغليفية لمادة الأساس نتيجة انخفاض المساحة السطحية للمالئ العضوي، كما ويظهر الشكل (11) أيضاً أن قيم مقاومة الصدم عند استخدام مالئات متوسطة الحجم تبقى ثابتة تقريباً حتى النسبة 30% للمالئ العضوي يليها حدوث انخفاض صغير بمقاومة الصدم حتى 18.2 KJ/m^2، ويمكن تفسير هذه النتيجة استناداً لقدرة مادة الأساس على الترطيب والتغليف بشكل أفضل حتى هذه النسبة، كما ويلاحظ أنه بعد النسبة 40% يحدث انخفاض واضح وكبير بقيم إجهاد الصدمة لتصبح 11.21 KJ/m^2 عند النسبة 60%.

تعتبر هذه النتائج هامة من الناحية التطبيقية، فهي تظهر أن النسبة المثلى لعملية الملء لمثل هذا النوع من المادة المالئة تصل حتى 40% مع المحافظة على قيم جيدة لمقاومة الصدم، وأنه بزيادة حجم المالئ العضوي تتحسن قيم الصدم التي تبلغ عند استخدام 40% بودرة خشب 10.12KJ/m^2 في حين تبلغ عند استخدام جزيئات متوسطة الحجم 18.2 KJ/m^2 . من هنا تأتي أهمية هذه النتيجة التي تظهر تحسن مقاومة الصدم

باستخدام جزيئات متوسطة الحجم، ولهذا السبب قمنا بدراسة تأثير جزيئات كبيرة الحجم على مقاومة الصدم.

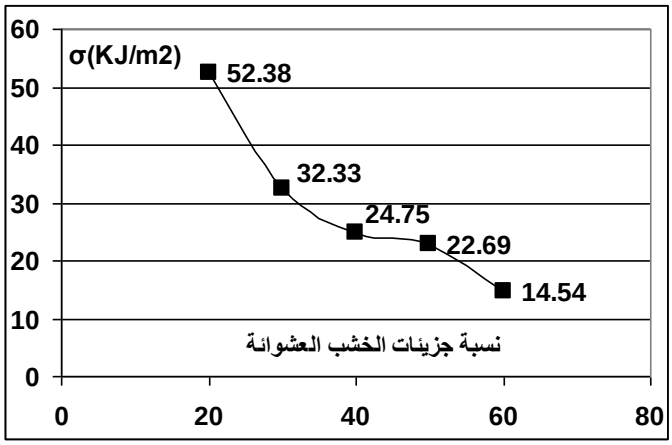
يظهر الشكل (12) منحني تغير إجهاد الصدم للمركبات الحاوية على جزيئات خشب طويلة، وكما هو واضح أن السلوك العام لمنحني إجهاد الصدم مطابق للمنحنيات السابقة، حيث يلاحظ انخفاض بإجهاد الصدم بزيادة نسبة المالئ العضوي، وأن قيمة هذا الإجهاد عند النسبة 20% تبلغ $31.26 \quad KJ/m^2$ وعند النسبة 40% تصبح $18.24KJ/m^2$ أي أكبر من إجهاد الصدم عند نفس النسبة بحالة استخدام بودرة خشب، أو عند استخدام جزيئات متوسطة الحجم، وتؤكد هذه النتيجة من تحسن قدرة تغليف مادة الأساس المستخدمة بسبب انخفاض المساحة السطحية لجزيئات المالئ العضوي.



الشكل (12) – منحني تغير إجهاد الصدمة لمركبات LDPE بدلالة نسبة المالئ العضوي – جزيئات طويلة

تهدف عملية حشو المادة البوليميرية بمواد ملء رخيصة الثمن وبنسب عالية لهذه المواد إلى تقليل التكلفة الاقتصادية للمنتج النهائي مع الحصول على خواص فيزيائية – ميكانيكية مرضية. بإجراء مقارنة بسيطة بين قيم إجهاد الصدم عند النسب 60% نرى أن القيم بشكل عام متقاربة، وأن أفضل هذه القيم تعود للمركبات الحاوية على مالئ عضوي ذات جزيئات كبيرة أو متوسطة الحجم بالمقارنة مع المادة المالئة بودرة الخشب.

بهدف تبيان التأثير الواضح لحجم المادة المالئة ولتجانس أبعادها على إجهاد الصدم تم دراسة تأثير مادة ذات أبعاد عشوائية مختلطة (قصيرة – متوسطة –طويلة) على مقاومة الصدم. يظهر الشكل (13) منحني تغير إجهاد الصدمة بدلالة نسبة المالئ العضوي ذات الجزيئات العشوائية، وكما هو واضح من الشكل حدوث تحسن كبير بإجهاد الصدم عند النسب المنخفضة 20% حيث بلغت قيمة هذا الإجهاد $52.28\ KJ/m^2$ في حين نلاحظ أنها تبلغ عند النسبة 40% القيمة $24.75\ KJ/m^2$ وعند النسبة 60% القيمة $14.54\ KJ/m^2$ وهذه القيم بالمقارنة، مع النتائج السابقة، أكبر من القيم العائدة للجزيئات الطويلة والمتوسطة.



الشكل (13) – منحني تغير إجهاد الصدم لمركبات LDPE بدلالة نسبة المالئ العضوي – جزيئات عشوائية

تظهر نتائج اختبارات الصدم حسب شاربي أن المجال الفعال الذي ينبغي البحث عنه، إذا كان المطلوب الحصول على منتجات مقاومة للصدم، يقع حتى النسبة 20% مالئ عضوي مهما اختلف شكل هذه الجزيئات، وأن تكثيف الدراسة ينبغي أن لا يكون على أبعاد جزيئات هذه المادة المالئة وإنما على تحسين شروط الالتصاق من خلال المعالجة المسبقة لجزيئات الخشب باستخدام مواد رابطة تكسب مجموعة البوليمير – المالئ الجذور الوظيفية اللازمة لتحسين ارتباط عناصر هذه المجموعة بعضها ببعض.

الامتصاصية قصيرة الأمد (Short – term water absorption)

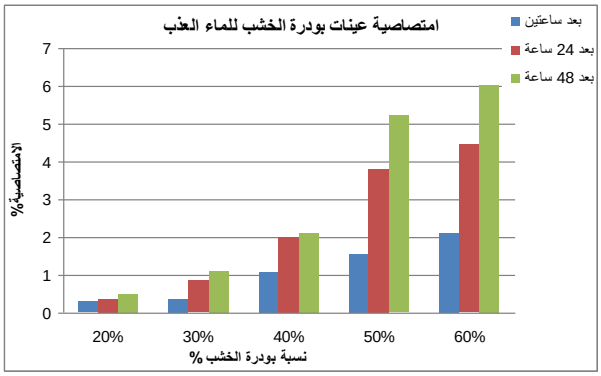
تهدف دراسة الامتصاصية للماء لمدة قصيرة إلى إجراء تقييم سريع لمقاومة العينات المصنعة لتأثير الماء، ويعتبر هذا الاختبار من الاختبارات السريعة التي تجرى على الأخشاب الصناعية، وهي معتمدة كاختبار واجب الإجراء في المواصفات القياسية العالمية الخاصة بالأخشاب الصناعية كإحدى الاختبارات الفيزيائية لهذه الأخشاب [13]. يترافق هذا الاختبار عادة مع قياس الانتباج أو التزايد الحاصل في السماكة (Thickness Swelling) بهدف قراءة التغيرات اللا عكوسة المحتملة الحصول بالأبعاد لهذه الأخشاب.

من الأشكال (14,15,16,17,18,19,20,21) نلاحظ ما يلي:

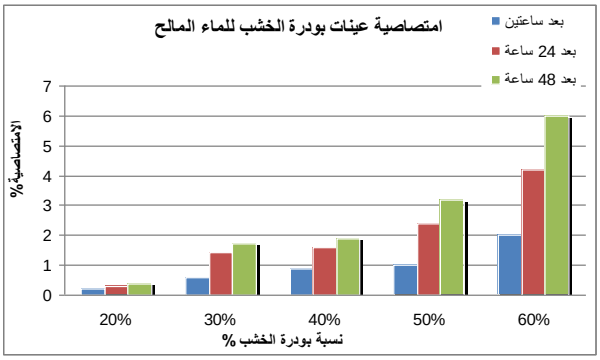
1 – الألفة الكبيرة للماء التي تبديها المركبات السيللوزية يفسر تزايد النسبة المئوية للامتصاصية بزيادة نسبة المالئ وبزيادة زمن الغمر بالماء

2 – انخفاض القدرة التغليفية والترطيبية لمادة الأساس بزيادة نسبة المادة المالئة يفسر تزايد مقدار الامتصاصية بزيادة نسبة المالئ العضوي

3 – بسبب المركبات الكبيرة الوزن الجزيئي المتوفرة بالماء المالح مثل كلوريد الصوديوم الأمر يفسر انخفاض الامتصاصية للماء المالح مقارنة مع الماء العذب

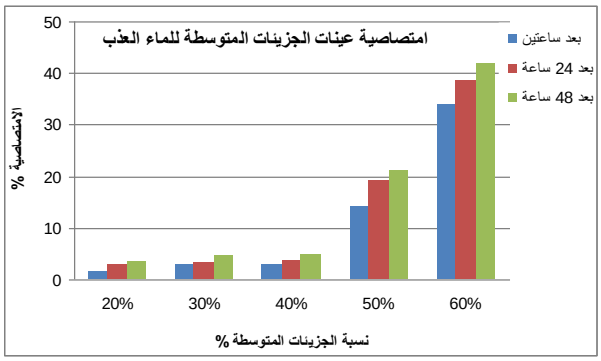


الشكل (14) – مقدار الامتصاصية بالماء العذب لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة بودرة الخشب



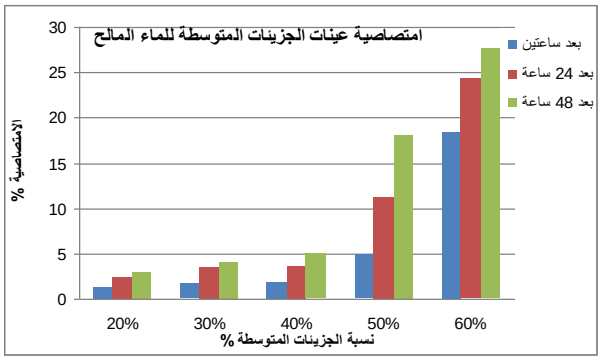
الشكل (15) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة بودرة الخشب

أظهرت نتائج الامتصاصية حدوث تباين واضح بقيم الامتصاصية باختلاف أبعاد جزيئات المالئ العضوي كما هو مبين بالشكلين (16,17) نتائج الامتصاصية السريعة عند استخدام جزيئات متوسطة الحجم في الماء العذب وماء البحر، وكما هو واضح أن قيم الامتصاصية تبلغ مستويات عالية عند النسبة 60% حيث تتجاوز الامتصاصية تقريباً 40% بعد زمن غمر 24 ساعة و 48 ساعة غمر بالماء. إن هذه النتيجة تشير إلى أن القدرة التغليفية لمادة الأساس RPELD ضعيفة ولا تمتلك القدرة على تحقيق التماسك اللازم بين كافة جزيئات المالئ العضوي، وتتطابق هذه النتيجة مع اختبار مقاومة الصدم الذي أظهر أن أصغر قيم لمقاومة الصدمة تعود للمركبات الحاوية على نسب عالية للمالئ العضوي.



الشكل (16) – مقدار الامتصاصية بالماء العذب لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

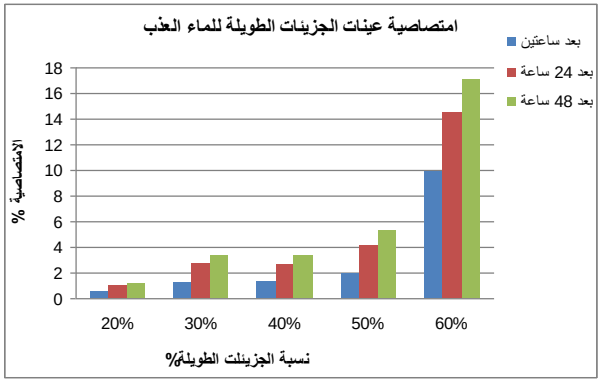
المالئ العضوي – جزيئات متوسطة الحجم



الشكل (17) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

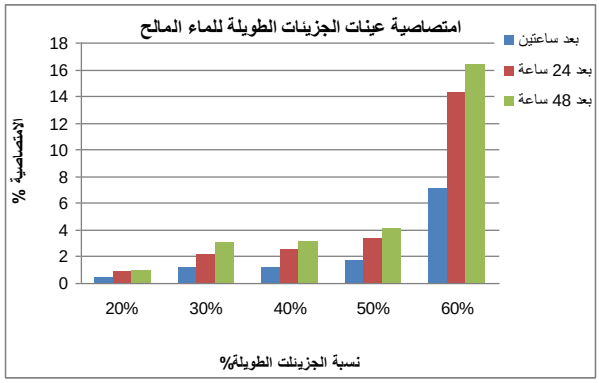
المالئ العضوي – جزيئات متوسطة الحجم

بشكل مشابه أجريت قياسات الامتصاصية السريعة على عينات حاوية على جزيئات خشب كبيرة الحجم. كما هو واضح من الشكلين (18,19) أن متوسط الامتصاصية بالماء العذب والمالح بعد مرور 48 ساعة تبلغ تقريباً 16% للنسبة 60% مادة مالئة، كما ويظهر الشكلين (20,21) تغير قيم الامتصاصية بدلالة نسبة المالئ العضوي الممثل بجزيئات خشب ذات أحجم مختلفة عشوائية.



الشكل (18) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

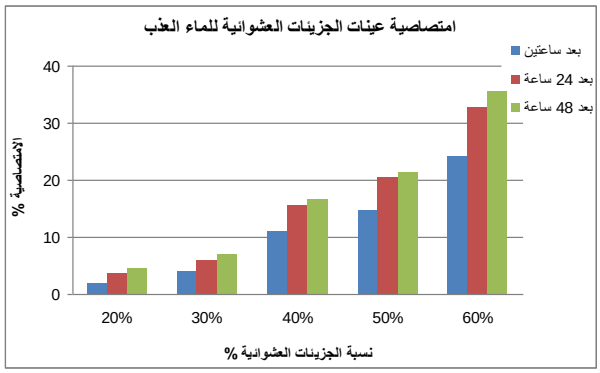
المالئ العضوي – جزيئات طويلة



الشكل (19) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

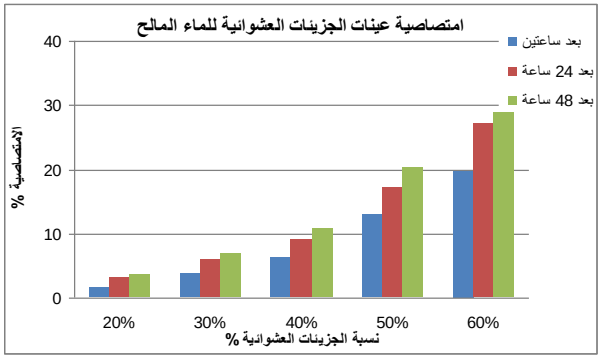
المالئ العضوي – جزيئات طويلة

كما هو واضح من الشكلين أكبر قيم للامتصاصية تصل إليه النسبة 60% حيث تبلغ القيمة الوسطى للامتصاصية 31% في الوسطين الماء العذب والمالح بعد مضي 24 ساعة على الغمر بالماء.



الشكل (20) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

المالئ العضوي – جزيئات عشوائية



الشكل (21) – مقدار الامتصاصية بالماء المالح لعينات مصنعة من RLDPE بدلالة نسبة

المالئ العضوي – جزيئات عشوائية

الاستنتاجات والتوصيات

1 – تظهر نتائج حساب الكثافة لكافة العينات مدى الطيف الواسع من الألواح الصناعية التي يمكن الحصول عليها من هذه المركبات، فإذا علمنا أن كافة هذه العينات قد تم تحضيرها بظروف تشكيل ثابتة أصبح من الواضح إمكانية تصنيع ألواح بكثافات تتدرج من الخفيفة ذات الكثافة $(0.40 \div 0.45)g/cm^3$ إلى الثقيلة ذات الكثافة $(1.066 \div 0.89)g/cm^3$.

2– تتناقص طاقة الصدم بزيادة نسبة المالئ العضوي وتتحسن بزيادة أبعاد وحجم جزيئات المالئ حتى نسبة معينة بسبب تحسن القدرة التغليفية لمادة الأساس نتيجة انخفاض المساحة السطحية للمالئ.

3– تزداد نسبة الامتصاصية بزيادة كل من زمن الغمر ونسبة المالئ العضوي وأبعاده ،وهذا يعني أنه يجب الابتعاد قدر الإمكان عن الألواح ذات النسب والأبعاد الكبيرة للمالئ العضوي عند استخدام هذه الألواح في بيئة رطبة .

4 – أظهرت نتائج الاختبارات إمكانية الحصول على ألواح خشب صناعي بخواص جيدة دون الحاجة إلى إجراء معالجات مسبقة للمواد المستخدمة في البحث

5 – تظهر الدراسة إمكانية استخدام نفايات الخشب بأحجام مختلفة، وأن كل حجم للمادة المالئة يجعل المنتج ذو خواص نهائية خاصة به

المراجع: References

1 – J. JAMES , ANDREJ. M. KRYSIK, POO CHOW -*Composite Panels with Biofiber or Office Wastepaper Bonded with Thermoplastic and/or Thermosetting*- United States Department of Agriculture – Forest Products Laboratory – Research Note-EPL-RN-0294 – 2004

2 – SAMSON .AYELE .BEKALO, HANS .WOLF .REINHARDT – *Fiber of Coffee and Husk and Hulls for Production of Particleboard* - Materials and Structure (2010)43, 1049-1060

3 – Е. ЕНЧЕВ, Г .БЛЬСКОВА – *ДЬРВЕСНО-ЗНАНИЕ*- ЗЕМИЗДАТ- СОФИЯ-1989 – 336

4 –AZADEH. KIAEIFAR, MOHSEN. SAFFARI, BEHZAD. KORD –*Comparative Investigation on The Mechanical Properties of Wood Plastic Composites Made of Virgin and Recycled Plastics* – World Applied Sciences Journal – 2011,14(5),735-738

5 – BLEZKI.A.K, REIHMANE .S, J. GASSAN - *Thermoplastics reinforced with wood fillers* - A literature review, Polymer-Plastics Technology and Engineering, 1998,37:451-468

6 –YONG.LEI, QINHLIN.WU, FEI. YAO, YANJUN. XU - *Preparation and properties of recycled HDPE/natural fiber composites*",2007

7 – ATUANYA.C.U, IBHADODE.A.O.A, IGBOANUGO.A.C – *Potential of Using Recycled Low Density Polyethylene in Wood Composite Board* – Tribolgy in industry,2011, volume 33, No;1 , 11-17

8 –POO. CHOW, CHARLIE. T. BOWERS, JOHN.A.YOUNGQUIST, JIM.H.MUEHI, ANDREZEJ.M.KRZYSIK – *Fasteners Resistance of Non-Woven and Melt-Blended Composite Made From Cornstalk Fibers and Recycled Plastic* - International Wood and Natural Fiber Composites Symposium April 10-11, 2002 in Kassel/Germany

9 –MENGEL.OGLU.FAITH, KARAKUS KADIR - *Some Properties of Eucalyptus Wood Flour Filled Recycled High Density Polyethylene Polymer -Composites* - Turk J Agric, 2008, 32, 537-546

10 -NWIGBO. SOLOMON, C.U.ATUANYA - *Evaluation of the Mechanical Properties of Recycled Polyethylene / Iroko wood Saw Dust Particulate Composite* -
J. Basic. Appl. Sci. Res,2011, 1(12)2806-2810
11 –IDRIS.U.D, AIGBODION.V.S, ATUANYA.C.U, ABDULL AHI. J
- *Eco-Friendly Water Melon Peels Alternative to Wood – Based Particleboard Composite* – Tribology in Industry –2011 Volume 33,N;4,173-181
12 – ABDOLLAH.NAJAFI – *Lignocelluloses Filler / Recycled HDPE Composites Filler Type on Physical and Flexural Properties*-
13 –SUCHSLAND. O, WOODSON. G. E – *Fiberboard Manufacturing in the United State,* Agric-Handbook 640
14 – Г.КАУШР- *АЗРУШНИЕ ПОЛИМЕРОВ* – Издательство Мира – МОСКВА, 1981,440
15 – В. П. СОЛОМКО – *НАПОЛНЕННЫЕ КРИСТАЛЛЗУЮЩИЕСЯ ПОЛМЕРЫ* – КИЕВ – НАУКОВА ДУМКА- 1980,264