دراسة تأثير عامل الربط (ثنائي الميثيل ثنائي كلوروسيلان) وبعض المضافات الاخرى الداخلة في تصنيع الخشب البلاستيكي على الصفات الميكانيكية والحرارية والفيزيائية

*رولا عبد الخضر عباس **زياد طارق خضير **محمد منذر حسين
*الجامعة التكنولوجية /قسم العلوم التطبيقية
**جامعة ديالى/كلية العلوم- قسم الفيزياء
بغداد - العراق

الخلاصة

في هذا البحث درس تأثير اضافة عوامل تحسين النوعية (معززات الالتصاق السيلانية، المواد النافخة، مضادات الاكسدة)على الخواص الميكانيكية والحرارية والفيزيائية لاختبار أرضيات الخشب البلاستيكي المصنوعة من البولي بروبيلين المقواة بدقائق مخلفات نبات الحنطة بحجم دقائقي 212 مايكرومتر وبنسبة 40% من وزنها. اتضح من الدراسة ان معاملة دقائق المخلفات بالمادة السيلانية بنسب تتراوح ما بين 2-4-6%. تشير النتائج الى ان المتراكب الحاوي على نسبة 2-4% اظهر تحسنا ملحوظ في الخصائص المدروسة. كما ان زيادة نسبة المادة السيلانية الى 6% وعند اضافة المادة النافخة الى الخشب البلاستيكي المصنع ادى الى تغييرات في العزل الحراري وبذلك ممكن الحصول على خشب بلاستيكي يتميز بالقوة والمتانة الميكانيكية وخصائص اخرى لا تتوفر في الاخشاب الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: عوامل الربط، المخلفات الزراعية، الخشب البلاستيكي، المادة النافخة، مضادات الاكسدة مقاومة الاحتكاك، الصلادة، الكثافة الحجمية والتوصيلية الحرارية.

Study the Effect of Coupling Agent (Dimethyldichlorosilane) and Some Other Additives in the Manufacturing of the Mechanical, Thermal and Physical Properties of Plastic Wood

***Rola Abdul Al Khader Abbas **Ziyad Tariq Khudair ** Mohammed Monther Hussein**

*University of Technology /Department of Applied Science
**University of Diyala / College of Science - Department of Physics
Baghdad-Iraq
E-mail: a.hussen32@yahoo.com

Abstract

In this research, the effect of improving quality addition (Silane Coupling Agents ,Blowing material and Antioxidants) on the mechanical, thermal and physical properties to test the plastic wood flooring made of Poly Propylene reinforced with particles of Wheat Plant Waste with a size of particle 212 micrometer and by 40% of its weight. The study cleared that the treatment of particles of Waste by the Silane material ratios of between 2-4-6%. The results indicate that composite containing 2-4% showed mark able improvement in the studied properties. The increasing of Silane material ratio to 6% with the addition of blowing material to the plastic wood resulted in thermal insulation. So, It is possible obtain to changing character able absent plastic wood in their Force, mechanical strength and other properties in natural wood.

Key Words: Coupling Agents ،Agricultural Wastes، Plastic Wood, Blowing Material, Antioxidants, Friction Resistance, Hardness and Thermal Conductivity.

المقدمة

تتصدر الحنطة (*Triticuam Aestium*) قائمة محاصيل الحبوب الاستراتيجية في العالم فهو المصدر الرئيسي لغذاء اكثر من 35% من سكانه. ويعد العراق احد المواطن الاصلية لنشوء الحنطة ومن الاقطار التي تتوفر فيها عوامل نجاح زراعته (البدراني والرومي،2013). وقد وصلت وحدة المساحة الانتاجية لهذا النبات في العراق الى 30% فقط، الا ان هذه النسبة الانتاجية المنخفضة قد تجعل العراق يواجه مشكلة بيئية خطيرة تمثل ثالث المشكلات البيئية في القرية العراقية بعد مشكلة الصرف الصحية ومشكلة القمامة، اذ من هذه المساحة تخلف (3053) الف طن لعام (2016) فقط حسب تقديرات الخبراء في بنك المعلومات البيئي في العراق(الحجار،2004 عبد علي وحسين ،2012).وغالبا ما تحرق من قبل الفلاح لتوفير المساحة التي تشغلها او تتلف وبالتأكيد ان ذلك ينطبق على الكثير من مخلفات الزراعية (Agricultural Wastes) ايضا. ان مفهوم حرق واتلاف المخلفات الزراعية يعد خسارة مادية كبيرة ولذا يجب ان تتكون منظومة حقيقية للإدارة المتكاملة للمخلفات الزراعية من اجل إيجاد مواد جديدة بالاعتماد على تقنية تدوير المخلفات (Waste Recycling) لكي تدخل في العديد من الصناعات ومنها صناعة الخشب البلاستيكي (Plastic Wood) ومعالجة مشكلة نشاطها الزراعي الضار عبر تقنية المواد المتراكبة (Composite Materials)التي لا تستوعبها طرائق التدوير التقليدية (مثل تحويل المخلفات الزراعية الى اسمدة عضوية و اعلاف حيوانية) (عبدالجواد، 1997،عباس،2012،ابراهيم،2005).

لاشك ان صناعة الخشب للبلاستيكي تؤدي الى استدامة الخشب الخام (Raw Wood) وخصوصا مع طبيعة العجز الكبير الذي يواجه الكثير من البلدان في انتاج الاخشاب الجيد مثل العراق على وجه خاص لانتشار خشب النخيل الاسفنجي .وهكذا تطلب استخدام المخلفات الزراعية في مجال صناعة الاخشاب البلاستيكية خلال الاعوام المارة بأجراء العديد من الدراسات والابحاث في مجال المواد المتراكبة البلاستيكي المدعمة بالمواد السيليلوزية بغية التوصل الى خواص متميزة ملائمة للعديد من التطبيقات الحديثة بشكل تضاهي صناعة الغابات (عباس،2012 ;حمادة،2016). ان المواد المتراكبة تتكون بصورة جوهرية من ارتباط خاص بين أكثر من مكونين مختلفين في الشكل والخصائص، لتحل محلها روابط واضحة بين المكونات مما يتيح فرصة استخدامفوائد المكونين معا، وبأسس معينة للحصول على مواد جديدة بخصائص ميكانيكية وفيزيائية متميزة تختلف عن خصائص المواد المكونة لها علماً إن خواصها تعتمد على خواص مكوناتها وتتكون المواد المتراكبة من المادة الأساس (Matrix) أو الطور المستمر في بنية المادة المتراكبة التي تعرف بالمادة الرابطة أو المادة الحاضنة في الاحيان اخرى اذ تعمل على ضم وربط وتماسك المواد المدعمة لتكوين نظام تركيبي متراص يتحمل القوى الخارجية المؤثر عليه، ومن مادة التدعيم (Reinforcement Material) التي طالما استعملت بأشكال مختلفة فمنها المساحيق، و الألياف، و الحبيبات البيضوية أو الكروية على وفق التطبيق المطلوب، وتعمل مادة التدعيم غالباً على تحسين أو زيادة مقاومة (Strength) وجساءة (Stiffness) المادة الأساس. ومن الجدير بالذكر

إن مادة الأساس ومادة التدعيم لا تؤدي وظيفتها الأساسية إن لم يكن هنالك بينهما رابطة قوية . ان المواد المتراكبة لها استخدام واسع في التطبيقات المختلفة التي لا تعود فقط بالاعتماد على الخواص الخارجية والخصائص الفيزيائية والميكانيكية، وانما بالاعتماد على قابليتها على تغيير خصائصها طبقا للمواد المستخدمة فيها . كما ان عدم توفر التوافقية بين المادة ذات الاساس البوليميري ومادة التدعيم اذ يعتبر الخشب من المواد القطبية بينما بعض البوليمرات من المواد الغير القطبية، مما يعني ضعف قابلية الهيدروفيلك القطبي (Polar–Hydrophilic) للمخلفات الخشبية المستخدمة الارتباط بالهيدروفيلك غير القطبي (Non–Polar– Hydrophilic) للبوليمر بعملية التلاصق. ولذلك يتم استخدام طرائق التطعيم الكيمائية اي بعملية التغرية (Sizing) باستخدام معززات الالتصاق السيلانية (Silane Coupling Agent) باعتبارها مواد تعمل على استقرار الترابطبين السطوح المختلفة قطبيا (غير المتوافقة قطبياً) وتحسين الترطيب الأمر الذي يساعد الحصول على خشب بلاستيكي ناعم و صقيل (حمادة،2016).

ففي عام (2006) قام الباحث (Ahmad) بدراسة الخواص الميكانيكية لبولي فينيل كلورايد المدعم بقشور الرز المتمثلة باختبار مقاومة الشد والانحناء والصدمة ،تبين له ان اضافة قشور الرز اعطى مقاومة الشد والانحناء عالية مع زيادة نسبة قشور الرز

في المادة المتراكبة بينما انخفضت مقاومة الصدمة (Ahmad,2006) وقام الباحث (Fang) وزملاءه عام(2011) بأثبات قدرة بولي فينيل كلوريد(PVC) المدعم بنشارة الخشب على خفض معدل غزارة الدخان من خلال اختبار الاحتراق بنسبة تتراوح (14–28)% مع خفض معدل انتاج الدخان وفي دراسة للباحث (Bilal) وزملاءه عام (2014) ذكر فيها ان مقاومة الشد ولانحناء والصدمة لمتراكبات البولي اثلين متوسط الكثافة المدعم بقشور الرز تحسنت مع زيادة نسبة هذه المواد المدعمة بالمادة السيليلوزي

إن الهدف من الدراسة الحالية هو الاستفادة من مخلفات الحنطة في تحضير انواع جديدة من خشب البولي بروبيلين البلاستيكي بمواصفات نوعية يمكن ان تدخل في الصناعات الانشائية كاستعمالها في الارضيات البلاستيكية التي تتطلب خفة بالوزن ومقاومة عالية للغرز والتأكل التي يتعرض لها مثل هذا التراكيب اثناء التشغيل .

كما اجريت هذه الدراسة لتقييم تأثير المادة النافخة (Blowing Material) على قابلية خشب البولي بروبيلين البلاستيكي على توصيل الحراري وخصائصه الترايبولوجية مرة وتأثير المادة السيلانية الرابطة على كفاءة الجسور الكيميائية ما بين السطح البيني ومواد التدعيم السيليلوزية اي بمعنى كفاءة عمل الالتصاق (Work of Adhesion) بين البولي بروبلين ومسحوق مخلفات نبات الحنطة المعاملة بالمادة السيلانية بعد حدوث العملية الفيزيائية– الكيميائية المتمثلة بالتصليد(Hardening) والانضاج (Curing) عبر الخصائص المدروسة .

المواد وطرائق العمل

المواد المستخدمة

1–المادة الاساس(Matrix Material)

استخدمت مادة بولي بروبلين(Polypropylene) المصنعة في شركة سابك السعودية لصناعة

البتروكيمياويات في تحضير المادة المتراكبة لهذه الدراسة وبمواصفات موضحة في الجدول (1) الذي يعد احد البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastic) ويكون بشكل حبيبات بيضاء شفافة عديمة الرائحة، والذي يتم قولبته بالحرارة والضغط

جدول (1) المواصفات الفيزيائية للبولي بروبلين التجاري.

Property	Value
Density	0.91 gm.cm^{-3}
Glass transition temperature T_g	-18 ºC
Melting Temperature T_m	165 ºC

2-مواد التدعيم (Reinforcing Material)

تم الحصول على اتبان الحنطة (Wheat Hays) التي تضمنت سيقان وقشور نبات الحنطة بتجريد الحبوب منها باستخدام مكائن الحصاد المعروفة تعريضها لظروف البيئة الخارجية (Outdoor) أي في الهواء الطلق بدرجة حرارة (35±2م°) للتخلص من الرطوبة.

3- عوامل تحسين نوعية

استخدمت في هذا البحث ثلاث انواع من عوامل تحسين نوعية الاولى المادة الرابطة السيلانية (ثنائي الميثيل ثنائي كلوروسيلان) من شركة (Fluka Chemie AG) وبنسب 6,4,2,0% . والثانية المادة النافشة او النافخة من النوع (Tracel NC 155) وبنسب 15,10,7,5,3,0%.اما الثالث فهي مضادات الاكسدة من النوع (Trastab-UV10 IM) المنتجان من شركة (Tramaco GmbH) بنسب 5,2,0 %.

الاجهزة المستخدمة (Instruments)

1.جهاز قياس الصلادة (Hardness Measure Instrument)

لقد اجري اختبار الصلادة باستخدام جهاز (Durometer Hardness TH210ذي نوع (Shore-D) المصنع من شركة (Time Group INC) ايطالي المنشأ وهو عبارة عن جهاز صغير يدوي يتم استخدامه من خلال غرز اداة على شكل ابرة اذ تخترق اداة الغرز سطح العينة نتيجة الضغط على الجهاز ويجب ان يحدث تلامس بين سطح اداة الغرز مع سطح العينة بشكل تام وبعدها تسجل قيمة الصلادة التي تظهر على شاشة الجهاز.

2.جهاز قياس البلى (Wear Measure Instrument)

تم استخدام جهاز قياس البلى الانزلاقي عراقي المنشأ يتكون من محرك كهربائي يرتبط به قرص فولاذي دوار ذي سرعة ثابتة قدرها (500 دورة \ دقيقة) وذراع افقي متصل فيه ماسك حديدي مثبت عموديا في نهايته العليا اثقال وفي نهايته السفلى حامل العينة الذي يثبت العينة ومن الجدير بالذكر تم اجراء اختبار البلى بدرجة حرارة (27±2) م° اذ تم الاختبار في شهر شباط. ومن خلال الطريقة الوزنية يمكن حساب معدل البلى بالعلاقة الاتية(عبدالعزيز،2015):-

$$\text{Wear Rate (W.R)} = \Delta W/S.D \quad \ldots (1)$$

$$\Delta W = W_1 - W_2 \quad \ldots (2)$$

اذ ان ΔW= الوزن المفقود (حطام البلى) المقاس بوحدات (gm)

W_1= وزن العينة قبل الاختبار و W_2 = وزن العينة بعد الاختبار.

(S.D) مسافة الانزلاق (Sliding Distance) وتقاس بوحدة (cm) يعبر عنها بالعلاقة الاتية:-

$$S.D=2\pi r.tN/60 \quad \ldots(3)$$

اذ ان :(t) زمن الانزلاق (Sliding Time) مقاسا بوحدات (sec).

(N) سرعة القرص الدوار (Disk Velocity) ويقاس بوحدات (دورةامسحوقة).

(r) يمثل نصف قطر الانزلاق.

لذا فان المعادلة (1) تصبح بالشكل التالي:-

$$\text{Wear Rate (W.R.)} = \Delta W/2\pi\ t\ r.N\ /60 \quad \ldots(4)$$

3.جهاز قياس التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity Measure Instrument)

تم استخدام جهاز قرص لي (Less) Disc من نوع (TH210) المنتج من قبل شركة (Griffen and George) البريطانية لحساب معامل التوصيل الحراري لعينات الخشب البلاستيكي المتراكب يتكون الجهاز من المسخن الحراري (H)وثلاثة اقراص مصنوعة من النحاس (A,B,C) ذات السمك(0.4) سم تحدد حرارتها (TA,TB,TC)من خلال استخدام المحارير الموضوعة داخلها اذ توضع العينة المراد قياسها ما بين القرصين (A,B) وبعدها يتم تشغيل مجهز القدرة الى يسلط فولتية مقدارها (6Volt) وتيار مار خلال الدائرة الكهربائية (0.25A) ليبدأ انتقال الحرارة من المسخن الموضوع بين القرصين (B,C) باتجاه القرص الذي يليه حتى تصل الى القرص الاخير مرورا بالعينة وبعد اتمام حالة التوازن الحراري يتم تسجيل درجات حرارة المحارير لتدخل قيمها في معادلات الموضحة ادناه وبالنتيجة تحسب قيمة التوصيلية الحرارية (K) التي تقاس بوحدة (W/m.K) اذ يتم حسابها من العلاقةالاتية (عبدالعزيز،2015):-

$$k\ \{(T_B-T_A)/ds\} = e\ [T_A+ 2/r\ (d_A +I/4ds)\ T_A+ 1/2r\ ds\ T_B] \quad \ldots\ldots\ldots(5)$$

اذ ان:

e: تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة القرص لكل ثانية ($W/m^2.K$) وتحسب من العلاقة الاتية :

$$IV = \pi r^2 e\ (T_A+T_B) + 2\pi re\ [d_AT_A+ ds\ 1/2(T_A+T_B) +d_BT_B + d_CT_C] \quad \ldots(6)$$

.

اذ ان:

T_C, T_B, T_A: تمثل درجات حرارة الاقراص (C, B, A) على التوالي وتقاس بـ (°C).

d : سمك القرص (mm).

r : نصف قطر القرص (mm).

I : التيار المار بالملف (A).

V : فرق الجهد على طرفي الملف (V).

4. تقنية امتصاص الماء (Water Absorption Technique)

لأجراء اختبار الامتصاصية باستخدام ماء اسالة مدينة بغداد يتم وزن العينات المراد فحصها قبل الغمر باستخدام الميزان

الالكتروني الحساس من نوع (Aeadam) وبعدها توضع العينات في قناني زجاجية تحتوي على الماء الاعتيادي بدرجة حرارة المختبر (27 ±2) م° وبعد فترات زمنية محددة يتم اخراج العينات من القناني باستخدام ملقط خاص ثم توزن بعد تجفيفها جيداً اذ يتم ملاحظة التغير الحاصل في كتلة العينات قبل وبعد الغمر.

تحسب النسبة المئوية للربح بالكتلة (Weight Gain %) بعد غمر العينات بالماء من خلال استعمال المعادلة الاتية (حمادة،2016):

$$\text{Weight Gain} \quad \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \ \% \quad \ldots(7)$$

اذ ان

M_1 : كتلة العينة قبل الغمر مقاسة بوحدة (gm).

M_2: كتلة العينة بعد الغمر مقاسة بوحدة (gm).

ويتم حساب معامل الانتشار (D) (Diffusion Coefficient) ويقاس بوحدات (m^2/sec) من العلاقة الاتية:

$$D = \pi \left(\frac{k}{4M_\infty} \right)^2 \quad \ldots(8)$$

اذ إن :

K: ميل الجزء الخطي من منحنى رسم العلاقة بين الربح بالوزن مع الجذر التربيعي للزمن .

b : سمك الأنموذج (mm).

M_∞ : المحتوى المائي عند الوصول الى حالة الإشباع (أي اقصى قيمة من الربح للكتلة) (gm).

5.قياس الكثافة الحجمية

(Bulk Density Measurement)

تم قياسها من خلال قياس ابعاد عينات المتراكب والتي كانت على شكل اسطواني الدائري(Circular Cylinder)، اذ تكون القاعدتان فيها دائريتي الشكل . ومن ثم تعيين وزنها باستخدام الميزان الالكتروني الحساس من نوع (Aeadam) والذي يتحسس القراءات الى اربع مراتب عشرية (0.0001) غم واستخدمت العلاقة الاتية :-

$$\text{Bulk Density(B.D)} = \frac{\text{M (gm)}}{\text{V (cm}^3\text{)}} \quad \ldots(9)$$

(B.D):الكثافة الحجمية تقاس بوحدة (gm/cm^3).

(M):الكتلة العينة تقاس بوحدة (gm)

(V): الحجم العينة تقاس بوحدة (cm^3)

ومن ممكن ايجاد حجم العينة الأسطوانية من خلال المعادلة الاتية:

$$\text{Cylinder Volume (V)} = \pi r^2 \times h \quad \ldots(10)$$

(r) نصف القطر يقاس بوحدة (cm).

(h) الارتفاع يقاس بوحدة (cm).

ومن خلال ذلك تصبح المعادلة (9) بالشكل الاتي :-

$$(B.D) = \frac{\text{M (gm)}}{\pi r^2 \times \text{h (cm}^3\text{)}} \quad \ldots(11)$$

4.ماكينة البثق مزدوجة البريمة (Screw Twin) من نوع (Brabender) امريكية المنشأ موضحة في الشكل (1) .

شكل (1) صورة لماكنة البثق

5.مكبس الهيدروليكي اليدوي محلي المنشأ.

تقنية تحضير نماذج متراكبات الخشب البلاستيكي

انجزت تقنية تحضير نماذج بثلاثة مراحل وكالاتي:-

(1) مرحلة تهيئة مسحوق المتبقيات الزراعية المستخدمة

تضمنت هذه المرحلة عملية جمع متبقيات نبات الحنطة الزراعية المراد استخدامها في هذه الدراسة التي تم استخلاصها باستخدام الآت الحصاد المعروفة، وبعدها تجري عملية التعريض للجو لتخليصها من الرطوبة ومن ثم تبدأ عملية الطحن التي تستغرق مدة (1-3) دقيقة باستخدام جهاز الطحن الكهربائي من نوع (Rocklabs) امريكي المنشأ. وتنتهي هذه العملية بالحصول على المسحوق بأحجام حبيبية متفاوتة. وبعد اتمام عملية الطحن يصبح المسحوق جاهزا لعملية الغربلة باستخدام منخل يدوي (Sieve) ذي حجم حبيبي (Mesh No 70) اي ما يساوي 212 مايكرومتر وتكرار هذه العملية عدة مرات للحصول على مسحوق المتبقيات الحنطة المستخدمة وبالكميات المطلوبة .

(2) مرحلة تحضير خلطات المتراكبات البوليمرية

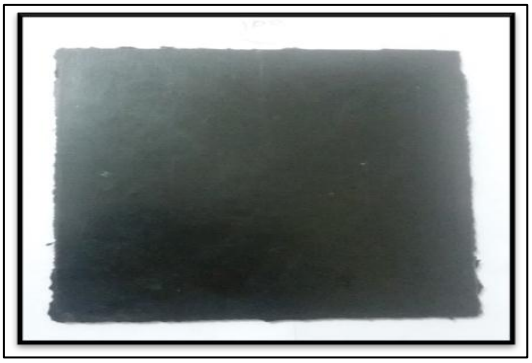
بعد الحصول على مسحوق ناعم للمتبقيات الزراعية المستخدمة بالحجم الحبيبي المطلوب تبدأ مرحلة خلط المواد الداخلة في تحضير متراكبات الخشب البلاستيكي التي تتجلى بالخطوات الاتية :

اولا / يتم تحديد كميات الوزنية للمواد الداخلة في الخلطة من المسحوق وسترات الزنك والمادة النافخة المستخدم في هذا البحث من النوع (Tracel NC155) كلاً حسب نسبته باستخدام ميزان رقمي نوع (Kern PFB) بريطاني المنشأ، اذ يتحقق النسب الوزنية للكمية المطلوبة .

ثانياً / تهيئة المادة الرابطة السيلانية بالنسبة الوزنية المحددة لتبدأ عملية خلطها بسرعة مع كحول الايثانول وبفترة زمنية لا تتجاوز المسحوقة الواحدة بغية منع تطاير الكحول ثم تتم اضافة هذا الخليط السيلاني على كمية المسحوق والمواد المضافة المحضرة مسبقا وبالكميات الوزنية المعينة تتناسب مع النسب الوزنية في كل خلطة مع الخلط بشكل جيد ليمنع تكون التكتلات او تجمع المادة باذ يتم غمرها جيدا ثم تترك الخلطة بدرجة حرارة المختبر (25±2) م° ولمدة (24hrs) ثم تبدا بعدها عملية التجفيف باستخدام الفرن الصندوقي الكهربائي نوع (Heraeus) الماني المنشأ بدرجة حرارة مناسبة (80) م° توضع الخلطة في الفرن ولمدة ساعتين مع التقليب المستمر بغية التخلص من الرطوبة وبقايا الكحول بشكل نهائي لتتكون لدينا مادة التدعيم المطلوبة التي سرعان ما يتم خلطها مع بولي بروبيلين مع مراعاة الخلط جيد والمتجانس وعندئذ تصبح الخلطة المتراكبة البوليمرية جاهزة للقولبة .

(3) مرحلة القولبة بالبثق والكبس

ان عملية التشكيل بالبثق تعتبر من العمليات المثالية والواسعة الانتشار في تصنيع الاشكال البلاستكية عالية الجودة. إذ استخدمت ماكينة البثق مزدوجة لتبدا عملية الكبس العجينة البلاستيكية اذ يتم تهيئة القالب المعدني الذي يتألف من لوحين مستويين من الحديد المغلون واطار مستطيل الشكل يعطي نموذجا ابعاده ($20\times15\times0.4cm^3$) وسرعان ما يتم وضع القالب المحتوي للعجينة تحت ضغط مكبس الهيدروليكي اليدوي عراقي المنشأ والمدة كافية لتصلب الخليط بشكل جيد تقدر بين (3–5) دقائق. واخيرا وبعد اكتمال عملية التصلب يتم تبريد القالب بالماء لاستخراج المصبوبات المتراكبة كما مبين في الشكل (2).ثم تقطع المصبوبات الخشبية البلاستيكية للعينات المطلوبة المراد اجراء الفحوص عليها وفق قياسات (ASTM) .



شكل (2) متراكبة الخشب البلاستيكي بأبعاد ($15\times20\times0.4cm^3$).

النتائج والمناقشة

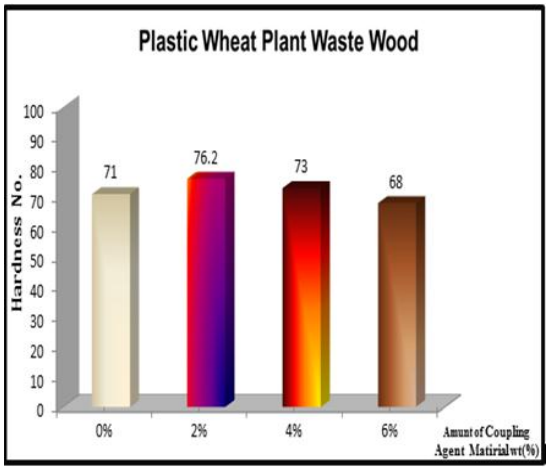
اولا/تأثير النسب العليا والدنيا من 0% الى6% المادة السيلانية (ثنائي الميثيل ثنائي كلوروسيلان) على الصفات الميكانيكية (مقاومة الاحتكاك,الصلادة السطحية) والحرارية والكثافة الحجمية لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي .

1- تأثير النسب العليا والدنيا من0% الى6% المادة السيلانية على الصلادة السطحية

اوضحت النتائج ان كفاءة مسحوق اتبان الحنطة في تكوين جسور كيمائية مع مادة البولي بروبلين اثناء عمليةالتصليد(Hardening) والانضاج (Curing) يزداد مع معاملاتها بالمادة السيلانية نوع (Dimethyldichlorosilane) في تسجيل اعلى صلادة سطحية لمتراكبات خشب الحنطة البلاستيكي مقارنة مع المادة الغير معاملة بالمادة السيلانية كما في الشكل(3)، اذ تفوق النموذج ذي نسبة 2% من المادة السيلانية على النموذج ذي نسبة 4% ويعود السبب في اختلاف النماذج الى مقاومة الغرز الى تميز النموذج المعامل بالمادة السيلانية ارتفاع مستوى مقاومة الروابط البينية للتشوهات اللدنة في المناطق السطحية منها.

اما النسبة 4% اعطت مؤشرا جيدا الى امكانية تحسين قوة الروابط البينية للمتراكبات الخشبية المحضرة الا ان المتراكبة ذات النسبة 0% من المادة السيلانية بقيت الاكثر تفوقا من زيادة قوة الروابط البينية ما بين مواد التدعيم السيليلوزية ذات القطبية المختلفة عن مادة البولي بروبيلين في تحمل الجزء الاكبر من القوة التي تسلطها اداة غرز جهاز (شور–D) على سطح الاخشاب البلاستيكية المحضرة الا ان الاستمرار في زيادة النسبة الى 6% حسب قراءات الصلادة يؤدي الى خفض قيمتها وهذا يعد من الامور المهمة والمؤثرة في الية تحمل السطح لإجهادات الغرز . اذ ان الزيادة المفرطة في نسبة المادة السيلانية تؤدي الى تغلغل وانتشار المادة السيلانية في داخل مسحوق اتبان الحنطة وهذا الامر يشير الى حقيقة كون هذه النسبة تساهم في ضعف عمل

الالتصاق (Work of Adhesion) بين المواد التدعيم والبولي بروبيلين ذلك لان اغلب قطرات سائل معززات الالتصاق السيلانية سوف تنتشر داخل مواد التدعيم بدلا من انتشارها على سطحها بشكل قطرات منكمشة تبلل او ترطيب (Wetting) المساحة السطحية الكبيرة هذه الدقائق فقط .وبالتالي فان دخول السائل لسيلاني الى التراكيب الخشبية يزيد من حدوث التصدعات والتشققات الخشبية لمسوق اتبان الحنطة اذ بلغت مقدار نسبة الصلادة السطحية مع زيادة المادة السيلانية الرابطة من 0% الى 6% بلغت (1.9)على مقياس (شور–D) .



شكل(3) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على صلادة (شور–D) لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

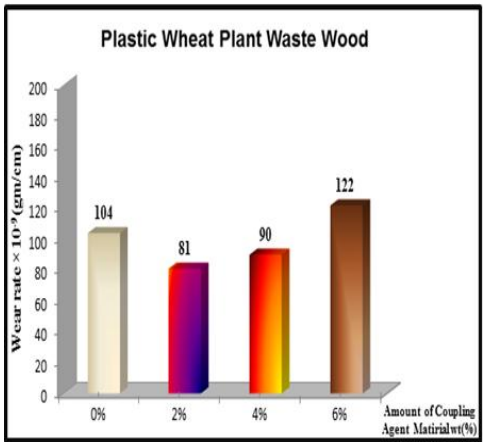
2– تأثير النسب العليا والدنيا من 0%الى 6% المادة السيلانية على مقاومة البلى

يعد اختبار البلى احد اهم الاختبارات السطحية المهمة في علم الترايبولوجيا لقياس مقاومة السطوح المتلاصقة عامودية تحت حركة نسبية اذ تمثل احد مصادر الفشل للأجزاء السطحية المتعرضة الى الدقائق المتحركة بسرعة مختلفة والحطام الناتج من الاحتكاك الحاصل جراء تلك الحركة .بالرغم من ان البلى لا يحدث بشكل مفاجئ بل يمتاز بنقصان في الكفاءة تدريجيا او عدم حصول على لأداء المطلوب، اذ تبين ان لقوة الالتصاق السطح البيني بين المكونات متراكب الخشب البلاستيكي اثرا جليا في مقاومة هذه المواد للبلى. تبين ان لنسبة المادة الرابطة السيلانية دور فعال في تحسين مقاومة سطح متراكبات خشب اتبان الحنطة البلاستيكية اذ ارتفعت مقاومة البلى مع زيادة المادة السيلانية من 0% الى 2% يبلغ معدل البلى ادنى قيمة له (81×10^{-9} gm/cm) لتهبط مع زيادة نسبة المادة في 4% الى 6% بمعدل البلى ما بين (90×10^{-9} gm/cm –122) كما موضح في الشكل (4) اذ من الضروري التوقف نهائيا عن استخدام المادة السيلانية بقيمة اكبر او تساوي 6% لان الروابط القوية بين المواد التدعيم والمادة الاساس تعزى الى عدة اسباب نورد منها ما يلي (Mascia,1976) :

ا– ضعف قابلية المادة البوليمرية على تقليل ترطيب المساحة السطحية الكبيرة لمواد التدعيم .

ب– ان سطح مواد التدعيم ذات الطبيعة الممتصة للماء(Hydrophilic) قد يغلف بطبقات من الرطوبة التي تؤدي الى منع حدوث الامتزاز الكيميائي والفيزيائي لجزيئات المادة الاساس البوليمرية ومن هنا يتبين ان المتراكبات التي تحوي على المادة الرابطة السيلانية يكون فيها مسحوق اتبان الحنطة غير مرطب بشكل جيد من قبل مادة البولي بروبيلين لان قوة تجاذب البولي بروبيلين مخالفة بدرجة كبيرة لقوة تجاذب جزيئات مسحوق اتبان الحنطة وعادة تكون عملية انتشار السوائل على سطح الاجسام الصلبة مشابهة لانتشار السوائل على سطوح سوائل اخرى وذلك عندما تكون قوة التجاذب بين السوائل والحجم الصلب اكبر من قوة تجاذب السائل نفسه (حسن وسمير،1981) .ونتيجة لذلك عندما تزداد نسبة معاملة مسحوق

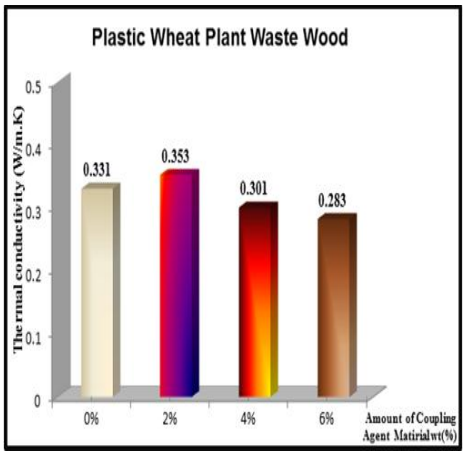
اتبان المنطقة 0% الى 4% بالمادة السيلانية تزداد قابلية راتنج البولي بروبلين على ترطيب المسحوق السليلوزي بتقليل زاوية التماس (Contact Angle) ما بين البولي بروبيلين السائل اثناء القولبة وسطح دقائق مسحوق الحنطة مما يؤدي الى انتشار سائل البولي بروبلين على السطح هذه الدقائق السليلوزية ولكن الاستمرار في زيادة نسبة المادة السيلانية لحد معين يمنع امتزاز الكيميائي – الفيزيائي لجزيئات سائل البولي بروبلين اثناء القولبة وبالتالي تؤدي الى اضعاف قوة الترابط في منطقة السطحي البيني الذي بدوره ينعكس سلبا على مقاومة البلى بزيادة على معدل البلى.



شكل (4) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (حمل 10N ، نصف قطر الانزلاق 7cm ، زمن 1min).

3-تأثير النسب العليا والدنيا من 0% الى 6% المادة السيلانية على التوصيلية الحرارية

اظهرت النتائج المتحصلة من هذا الاختبار الموضحة في الشكل (5) ان المادة المتراكبة المقواة بمسحوق اتبان الحنطة المعاملة بالمادة السيلانية. تبدي توصيلية حرارية عالية مقارنة مع النموذج الغير معامل و يعزى ذلك لتحسين قوة الترابط البينية في منطقة السطح البيني (Interface Region) المؤدية الى زيادة كثافة الترابط ما بين مواد التدعيم البولي بروبلين اذ ان التوصيلية الحرارية (K) تعتمد على كثافة العازل لان جزيئات المادة تلمس احداها الاخرى مولدة بذلك توصيلية عالية اما فيما يتعلق بالمتراكبات الخشبية التي اضيفها لها ما يعادل 6% من المادة السيلانية فهذه النسبة يجب خفض نسبتها الى اقل حد ممكن هو 2% او الاستغناء عنها كليا بهدف التقليل قدر الامكان من الاجهادات الداخلية (Avoiding Internal Stresses) اذ سينجم عن هذه النسبة المرتفعة 6% من المادة السيلانية خفض من التوصيلية الحرارية التي وصلت (0.283w/m.K) بانخفاض قيمة زاوية التماس مع مواد التدعيم السليلوزي لذا ينتج الاذى لدقائق خشب اتبان الحنطة البلاستيكي بانتفاخه (Swelling) عبر الية الانتشار والتغلغل .

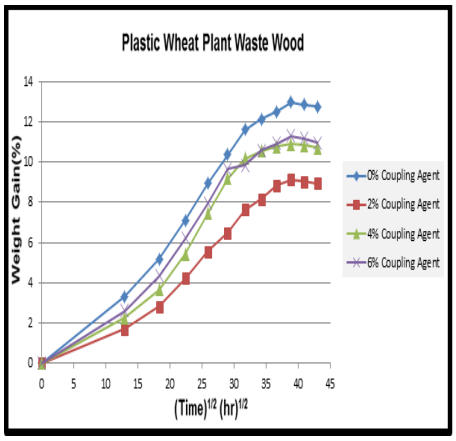


شكل (5) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على التوصيلية الحرارية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

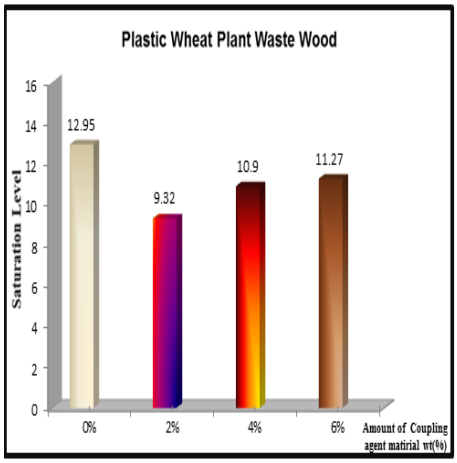
4-تأثير النسب العليا والدنيا من 0% الى 6%المادة السيلانية على الربح بالوزن لماء الحنفية وحد الاشباع ومعامل الانتشارية لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي

تبين من النتائج المتحصلة في الشكل (6) ان خشب الحنطة البلاستيكي ذي دقائق الخشبية المعاملة بالمادة السيلانية ليس من السهولة على جزيئات الماء ان تتغلغل بداخله عند غمره بماء الحنفية وذلك لمقاومة الجسور الكيميائية المتكونة

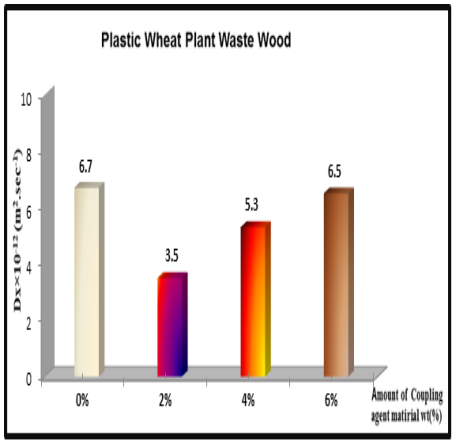
بين السطح الدقائقي الخشبي والبولي بروبلين العالية على التحلل المائي لترتفع قابلية خشب اتبان الحنطة البلاستيكي على مقاومة التحلل المائي (Hydrolysis)الى اقصى ما يمكن عند النسبة الايجابية من المادة الرابطة السيلانية 2% اذ يصل حد الاشباع فيها الى ادنى قيمة هو (9.32) مقارنة مع بقية النماذج المحضرة الشكلين (7,8) وهذا يعد برهانا واضحا على صحة تفسير ان نفاذ قدر اكبر من ماء الحنفية الى جسم خشب اتبان الحنطة البلاستيكي عند نضوب قوى الترابط البينية في منطقة السطح وهذا الميل يعني مقاومة خشب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة السيلانية الرابطة امتصاص جزيئات الماء يقل عند الوصول الى نسبة 6% للأسباب السابقة الذكر.



شكل(6)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة الرابطة سيلانية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة°C(2 ±27) ولمدة استمرت 78 يوما.



شكل(7) العلاقة بين نسبة المادة الرابطة السيلانية وحد الاشباع لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (2±27) م° ولمدة استمرت 78 يوما.

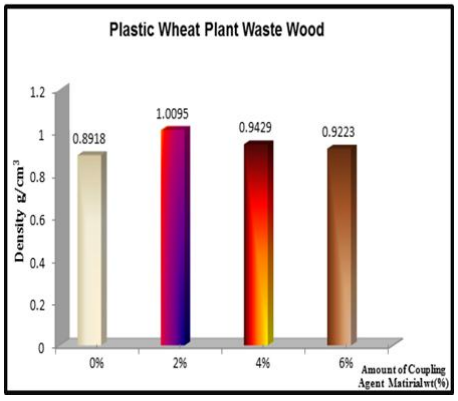


شكل(8) معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة الرابطة السيلانية والمغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (2±27) م° ولمدة استمرت 78 يوما .

5- تأثير النسب العليا والدنيا من 0% الى 6%المادة السيلانية على الربح بالكثافة الحجمية لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي

يتبين من الشكل(9) الى وجود فروق مؤثرة في كثافة الحجمية عند معاملة الدقائق الخشبية بالمادة السيلانية فقد تفوق خشب اتبان الحنطة البلاستيكي بإعطائه اعلى قيمة للكثافة الحجمية بلغ ($1.0095\ g/cm^3$) عند نسبة من المادة السيلانية 2% في حين سجل خشب اتبان الحنطة البلاستيكي ذي نسبة 4% من المادة السيلانية اقل كثافة

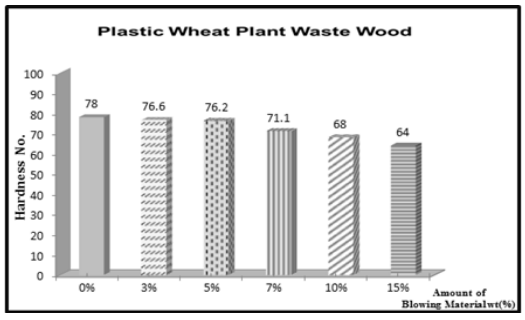
حجمية بلغت ($0.9429\ g/cm^3$) في حين اعطت المقارنة مع الخشب اتبان الحنطة البلاستيكي ذي 6% في المادة السيلانية اقل كثافة بلغت ($0.9223\ g/cm^3$) رغم ذلك تبقى لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة السيلانية متفوقة في الكثافة الحجمية على خشب اتبان الحنطة البلاستيكي بدون معاملة بالمادة الرابطة وان هذا التحسن في الكثافة الحجمية لأخشاب متراكب الحنطة له اثر كبير على الصفات الميكانيكية المختلفة (مقاومة الاحتكاك والصلادة السطحية) وقابلية الامتصاص الرطوبة المدروسة سابقا فهو يدخل هذه الاخشاب ضمن الاخشاب الصلبة .



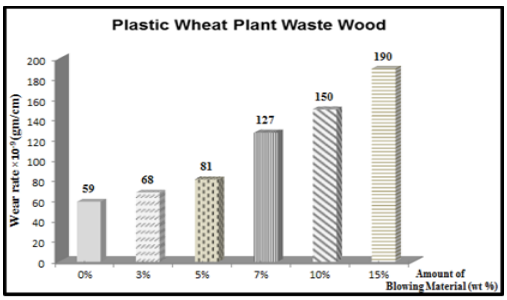
شكل (9) تأثير تغير نسب المادة الرابطة السيلانية على الكثافة الحجمية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

ثانيا/تأثير نسبة المئوية للمادة النافخة على الصفات الميكانيكية مقاومة الاحتكاك والصلادة والحرارية والكثافة الحجمية ومقامة امتصاص ماء الحنفية لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي

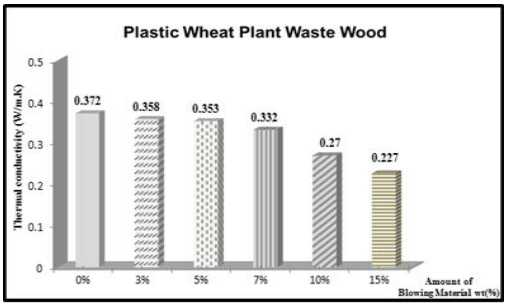
تشير النتائج المتمثلة بالأشكال م(10- 16) ان زيادة المادة النافخة ادت الى هبوط في الخصائص الميكانيكية مقاومة الاحتكاك والصلادة انخفاضا مؤثرا قياسا الى النماذج الغير معامل بالمادة النافخة .اذ اعطى اختبار الصلادة ادنى هبوط في قيمة للخشب البلاستيكي المعامل بالمادة النافخة من (78)الى(64) على مقياس شور، بزيادة نسبة المادة النافخة من 0% الى 15%. ومن ناحية اخرى فقد اعطى اختبار معدل البلى اعلى ارتفاع للخشب البلاستيكي المعامل بالمادة النافخة من (59×10^{-9} gm/cm) الى (190×10^{-9} gm/cm).كما اعطى اختبار التوصيلية الحرارية ادنى هبوط في قيمة من (0.372w/m.K) وصولا الى (0.227w/m.K) وسجلت مقاومة امتصاص الماء الحنفية اعلى قيم لحد الاشباع وصل من (6.56) الى (14.5) اما من جانب معامل الانتشارية سجل ارتفاعا من ($2.9\times10^{-12}m^2.sec^{-1}$) الى ($7.4\times10^{-12}m^2.sec^{-1}$). واعطى اختبار الكثافة الحجمية ادنى هبوط في قيمتها وصلت من ($1.0114g/cm^3$)الى($0.9032g/cm^3$).ويعزى السبب الى ان المادة النافخة تعمل على نشوء الفجوات اثناء عملية التحضير للنماذج الخشبية البلاستيكية بما يهيئ الفرصة للوقوع في نسبة تأثيرات زيادة حجم الفجوات مع رفع النسبة المئوية لهذه المادة النافخة اذ يبدو هذا التأثير في ضعف المنطقة البينية في جسم المتراكب المحضر (حمادة،2016).



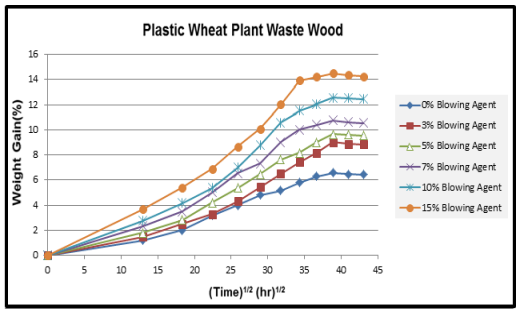
شكل(10) تأثير تغير نسب المادة النافخة على صلادة (شور-D) لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.



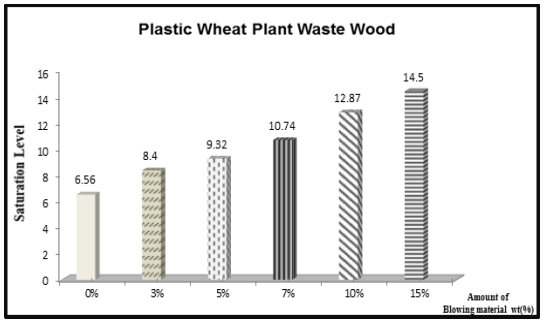
شكل (11) تأثير تغير نسبة المادة الرابطة السيلانية على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (حمل 10 N، نصف قطر الانزلاق 7 cm ،زمن 1 min).



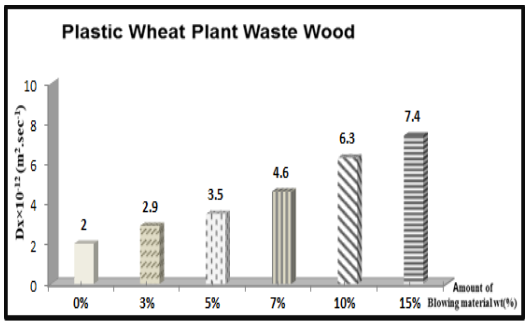
شكل (12) تأثير تغير نسبة المادة النافخة على التوصيلية الحرارية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.



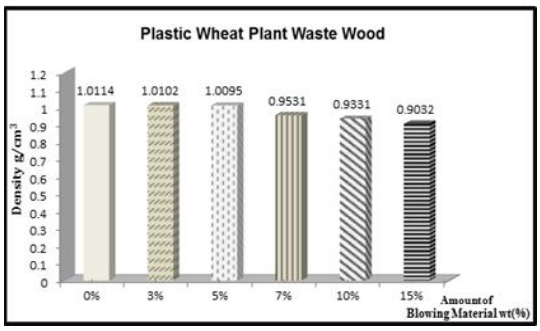
شكل(13)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية والمادة النافخة والربح بالوزن اخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت 78 يوما.



شكل(14) العلاقة بين نسبة المادة النافخة وحد الاشباع لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت 78 يوما.



شكل(15)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة بالمادة النافخة والمغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت 78 يوما.

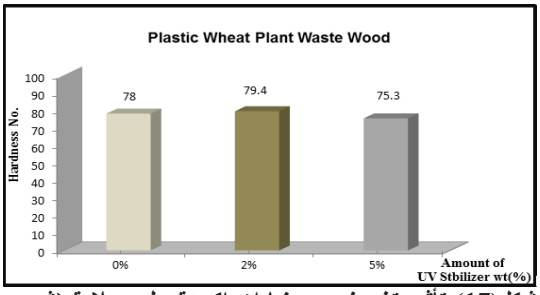


شكل(16) تأثير تغير نسب المادة النافخة على الكثافة الحجمية لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.

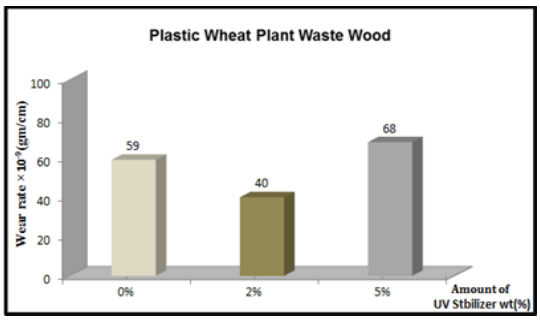
ثالثا/تأثير نسبة المئوية لمضادات الاكسدة على الصفات الميكانيكية والحرارية والفيزيائية المدروسة لأخشاب اتبان الحنطة توضح البلاستيكية

تشير النتائج المبينة في الاشكال (17–23) الى ان اضافة مضادات الاكسدة تحسن من الخصائص المدروسة عند زيادة نسبة مضادات الاكسدة من 0% الى 2%. فقد بلغت قيمة الارتفاع في الصلادة السطحية (1.4). بلغت قيمة الانخفاض في معدلات البلى(19×10^{-9} gm/cm) وبلغت قيمة الارتفاع في القيمة التوصيلية الحرارية (0.9W/m.K) وقد بلغت قيمة الارتفاع في كل من حد الاشباع (0.65)ومعامل الانتشار عند غمر النماذج في الماء الحنفية ($0.8^{1}\times10^{-12}m^2.sec^-$) وبلغت قيمة الارتفاع في الكثافة الحجمية (8×10^{-4} g/cm^3) يعزى السبب في ذلك الى

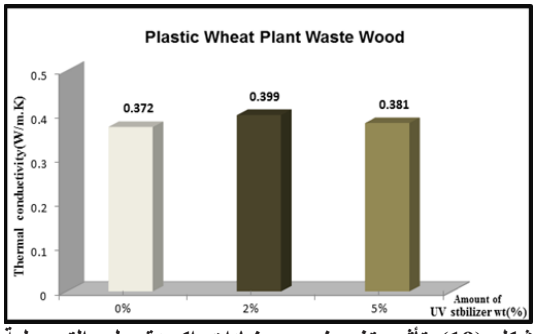
حقيقة كون هذه المواد تعتبر مواد مثبطة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية (Inhibitors) تساعد بشكل ظاهري في تحسين الخصائص السابقة الذكر بالتأثير ايجابا لوجود هذه المواد في البنية الجزيئية للبولي بروبلين الذي قد يتغير في تركيب البنيوي (عباس، 2012) وعندما تتضخم هذه النسبة المئوية لمضادات الاكسدة الى 5% فان هذه المواد سوف يكون وجودها في البنية الجزيئية البولي برولين مشكلة تضاف الى مشكلة تحطم هذا البيئة عند تراكم الاشعة فوق البنفسجية فيها.



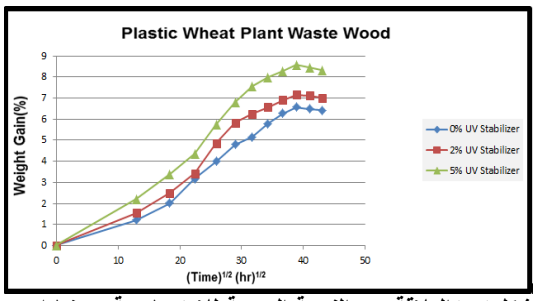
شكل(17) تأثير تغير نسب مضادات اكسدة على صلادة (شور- D) لأخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي



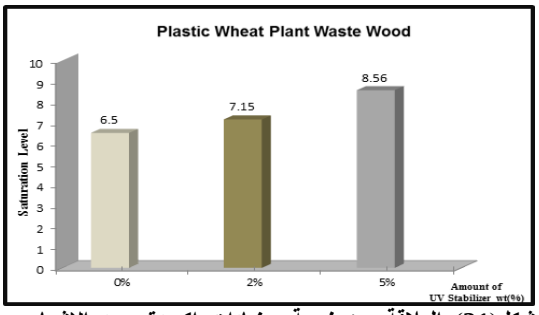
شكل (18) تأثير تغير نسب مضادات اكسدة على معدل البلى لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي تحت ظروف تشغيل (حمل N 10، نصف قطر الانزلاق 7 cm ، زمن 1 min).



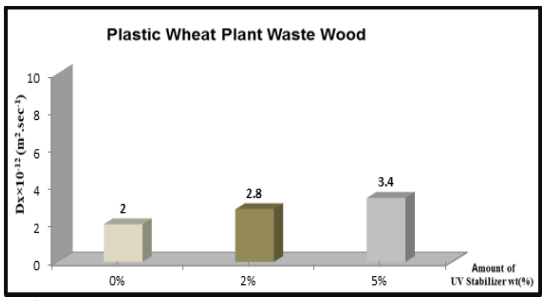
شكل (19) تأثير تغير نسب مضادات اكسدة على التوصيلية الحرارية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي.



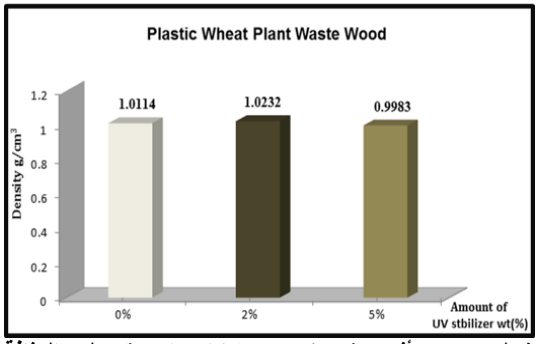
شكل(20)العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية ومضادات الكسدة اخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت (يوما 78) .



شكل(21) العلاقة بين نسبة مضادات اكسدة وحد الاشباع لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي المغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت 78 يوما.



شكل(22)معامل الانتشار(Dx) لنماذج اتبان الحنطة البلاستيكي المعاملة مضادات اكسدة والمغمور في ماء الحنفية بدرجة حرارة (27 ±2) م° ولمدة استمرت 78 يوما.



شكل (23) تأثير تغير نسب مضادات اكسدة على الكثافة الحجمية لاخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي

الاستنتاجات والتوصيات

1- تتحكم بالخواص الترايبولوجية والحرارية لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي مدى قابلية البولي بروبلين على ترطيب الدقائق الخشبية .

2- معاملة الدقائق الخشبية بالمادة السيلانية نوع (Dimethyldichlorosilane) يؤدي الى رفع كفاءة الروابط البينية بين الدقائق الخشبية والبولي بروبلين بدرجة كبيرة ومباشرة الى حد معين وكما يلي :-

ا- ان لقوة الروابط البينية (الجسور الكيميائية) المتكونة ما بين البولي بروبلين والدقائق الخشبية علاقة حرارية اذ ترتفع الخواص الترايبولوجية والعزل الحراري لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي بكل سهولة الى (23×10^{-9} gm/cm) بالنسبة لاختبار معدل البلى والى (5.2 No)على مقياس (شور D-) بالنسبة لاختبار الصلادة السطحية والى (0.022W/m.K)بالنسبة لاختبار التوصيلية الحرارية لدى معاملة الدقائق الخشبية بنسبة 2% من المادة السيلانية .

ب- النسبة 2% من المادة السيلانية تفوقت على النسبة 4% في رفع الخواص الترايبولوجية والعزل الحراري لخشب اتبان الحنطة البلاستيكي .كما تزداد درجة ترطيب (Degree of Wetting) البولي بروبلين لدقائق الخشب المعامل بنسبة تتراوح ما بين 2-4% من المادة السيلانية بخفض زاوية التماس العالية المتكونة بين السطح الدقائق الخشبية وسطح البولي بروبلين لاختلاف القطبية بينهما من خلال الرؤية العملية التي تعطيها نتائج الفحوصات المدروسة.

3- ان نقصان الربح بالوزن وحد الاشباع ومعامل الانتشارية هو مقياس حقيقي لمقاومة خشب اتبان الحنطة البلاستيكي لامتصاص جزيئات ماء الحنفية عند تعرضه له لفترة امتدت الى 78 يوما مع استخدام المادة السيلانية لغاية ارتفاع اقصاه ما يقارب4%.

4- ان اضافة المادة النافخة بنسبة تراوحت ما بين 3-15% الى اخشاب اتبان الحنطة البلاستيكي له تأثير سلبي على الخواص الميكانيكية والفيزيائية المدروسة اذا ما تم مقارنتها بالأخشاب البلاستيكية الخالية من هذه المادة النافخة ولكن وجود هذه المواد في النماذج يؤدي الى حدوث تغييرات في العزل الحراري وخاصة عند توظيفها في الحياة العملية كالأرضيات بلاستيكية نظرا الى انخفاض معامل التوصيلية الحرارية.

5- الاسراف الشديد في اضافة نسبة مضادات الاكسدة الى البنية الجزيئية للبولي بروبلين سيؤدي الى الانحدار في الخصائص المدروسة مع التوقع الهشاشة هذه الاخشاب البلاستيكية عند تعرضها للأشعة الشمسية اي من الضروري التوقف نهائيا عن استخدام مضادات الاكسدة بقيمة اكبر من 2%.

المصادر

ابراهيم، محمد نجيب(2005)، المخلفات الصلبة وامكانيات تدويرها بيولوجيا، الطبعة الاولى، دار الفكر العربي للطبع والنشر

البدراني، وحيدة علي احمد و ابراهيم احمد الرومي (2013) ،تأثير مستويات مختلفة من التسميد النتروجيني (اليوريا) على بعض صفات النمو لصنفي الحنطة (Triticuam spp.)،مجلة ابحاث كلية التربية الاساسية المجلد 12 (3),723-732.

الحجار، صلاح محمود، (2004), ادارة المخلفات الصلبة البدائل-الابتكارات-الحلول، الطبعة الاولى، النشر دار الفكر العربي-مصر، ص320.

النجار، لطيف حاجي حسن و سمير فؤاد علي توفيق،(1981) ,تكنولوجيا الخشب, الطبعة الاولى ،جامعة بغداد، وزارة التعليم –العراق، ص352.

حمادة، رقية فلاح ، (2016), تحضير ودارسة بعض الخواص لمتراكب البولي بروبلين المدعم بمسحوق قشور الرز,رسالة ماجستير ، الجامعة التكنولوجيا /قسم العلوم التطبيقية، ص 143.

عباس ، رولا عبد الخضر،(2012) دراسة العلاقة المتبادلة بين أثار البيئة السيئة في عمر إطراف الأقواس المشيدة من الخشب البلاستيكي والخسائر الزحفية، مجلة كلية العلوم – مجلة جامعة النهرين،15(4)، ص14–24.

عبد الجواد ،احمد عبدالوهاب ،(1997) موسوعة بيئة الوطن العربي حتمية التحول الى الزراعة البيولوجية في الوطن العربي ، الدار العربية للنشر والتوزيع– القاهرة مصر ،ص393.

عبد علي، باسم عباس وحسن حسين علي ،(2012) ,امكانية استغلال المخلفات الزراعية والنباتات الحولية في العراق, مجلة الاستاذ، جامعة بغداد/ كلية تربية ابن رشد،1235–1247 ، 203.

Ahmad,M.(2006),Mechanical Properties of Rice Husks Filled Impact Modified Un plastic Poly Vinyl Chloride Composite, University Teknologi Malaysia ,A Thesis Master of Engineering, P 141.

Bilal ،A.; Lin1،R. ; Jayaraman1، K. and Zhang,C.(2014)Evaluation of echanical Properties on Rice Husk and Expanded Rice Husk Filled Polyethylene Composites، The International Journal of the Institute of Materials Malaysia 1(2),165-170.

Fang، Y.; Wang،Q.; Xiaoyan ، Bai،X .;Wang،W. and Cooper، P. (2011) Thermal and Burning Properties of Wood Flour Poly Vinyl Chloride, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 109,1577–1585.

Mascia،L. ،(1974)The Role of Additives in Plastics, Edward Arnold Publisher LTD ,London .UK,P