مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

دراسة بعض الخصائص الصوتية لألواح الخشب الصناعي المصنعة من مركبات (البولي استر غير المشبع – بودرة الخشب)

د. رامي منصور *
د. فائق عراج**
جولي ملوحي***

(تاريخ الإيداع 15 / 1 / 2019. قُبِل للنشر في 15/ 4 / 2019)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى دراسة قدرة ألواح خشب صناعي محضرة من مادة البولي استر غير المشبع (UPR) ونفايات بودرة الخشب على تخفيض شدة الصوت وذلك عند ترددات صوتية مختلفة $(1000,2000,3000)HZ$. تم تحضير عينات الاختبار باستخدام أنواع مختلفة من بودرة الخشب (الشوح– الزان– السويد– المختلط) وبنسب مختلفة للمادة المالئة. أظهرت نتائج الاختبار أن كافة العينات المدروسة لديها قدرة على تخفيض شدة الصوت بنسب متفاوتة بسبب البنية الفراغية الخلوية التي تمتلكها بودرة الخشب، وأن بعض النسب تسبب تخفيض بشدة الصوت بمقدار يصل إلى $(35)dB$ عند التردد $(2000)HZ$، كما أظهرت نتائج القياس تأثير كل من نسب المادة المالئة ونوعها على مقدار تخفيض شدة الصوت.

الكلمات المفتاحية: البولي استر غير المشبع– الخشب الصناعي– شدة الصوت.

* أستاذ– قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية–سوريا
** أستاذ مساعد– قسم الاتصالات والإلكترونيات_ كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سوريا
***طالبة دراسات عليا(ماجستير)–قسم هندسة التصميم والإنتاج–كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين–اللاذقية–سوريا
موبايل963991711801+ايميل julie.mallouhi@gmail.com

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (41) العدد (2) 2019
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (41) No. (2) 2019

Study of some acoustic properties of wood plastic panels made of compounds (unsaturated polyester resin- wood flour)

Dr. Rami Mansour*
Dr. Faek Arraj**
Julie Mallouhi***

(Received 15 / 1 / 2019. Accepted 15 / 4 / 2019)

□ ABSTRACT □

This research aims to study ability of wood plastic panels made of unsaturated polyester resin and wood flour to reduce sound intensity at different frequencies $(1000,2000,3000)HZ$. The samples were prepared with types of wood flour (Abies-beech-beech pine- mixed of wood flour) and with different ratio of filler. The results showed that all the studied samples have ability to reduce sound intensity in varying ratios because of the cellular structure of the wood flour, and some ratios cause the reduction of sound intensity is up to $(35)dB$ at $(2000)HZ$, also the results showed the effect of the ratio of filler and its type on the reduction of sound intensity.

Keywords: Unsaturated polyester resin- wood plastic- sound intensity

* **Professor, department of design and production engineering, faculty of mechanical and electrical engineering, tishreen university, syria.**
** **Asisstant professor, department of electronics and communications engineering, faculty of mechanical and electrical engineering, tishreen university, syria.**
*** **postgraduate student, department of design and productionengineering, faculty of mechanical and electrical engineering, tishreen university, syria, email: julie.mallouhi@gmail.com,tel: +963991711801**

مقدمة:

وفقاً لمنظمة الصحة العالمية (World Health organization)"WHO" يعتبر الضجيج مصدراً للإزعاج. إن كيفية تقليل الأضرار الناجمة عن الضجيج أصبحت قضية هامة في وقتنا الحاضر، ويوجد طريقتين للتحكم بها، إما التحكم بمصدر الضجة "Active Control" من خلال تقليل إنتاج الأصوات من مصادرها، وهو مقياس فعال ولكن يمكن التحكم به فقط في نطاق الترددات الضيقة، أو"Passive Control"وهي استخدام مواد امتصاص وعزل للصوت، وتستخدم لامتصاص الضجيج في نطاق الترددات الواسعة من خلال تبديد الطاقة الصوتية.[1]

أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر البحث عن مواد مركبة جديدة للاستخدام بالعزل الصوتي من الأبحاث التي ما تزال لوقتنا الحالي تحتل مكانة هامة في حقلي العزل الصوتي والحراري، كما وتعتبر ألواح الخشب البلاستيكي إحدى الحلول المطروحة لحل مشكلة الضجيج كونها تعتبر من المواد المستخدمة بالعزل الصوتي.

- **هدف البحث:**

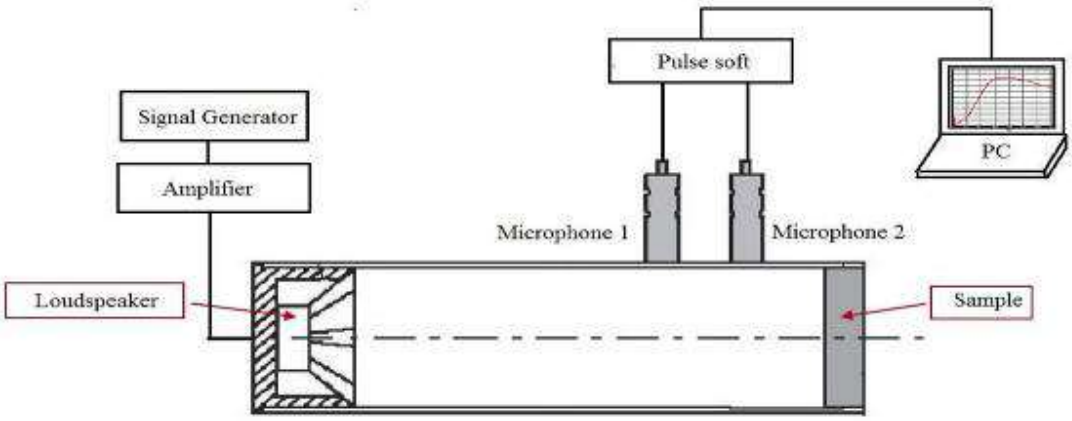
إن الهدف الأساسي لهذا البحث هو التالي:

1) دراسة تأثير نوع المادة المالئة الممثلة ببودرة الخشب ونسبتها على مقدار تخفيض شدة الصوت.
2) دراسة تأثير حجم المالئ العضوي على مقدار تخفيض شدة الصوت.
3) دراسة تأثير تردد الصوت على مقدار تخفيض شدة الصوت.

الدراسات المرجعية:

تعتبر الأبحاث التي تتناول استخدام مركبات الخشب البلاستيكي في العزل الصوتي من المواضيع التي لا تزال إلى وقتنا الحاضر قيد البحث والتقصي وجميعها تهدف بشكل أو بآخر إلى تقديم الحلول للتقليل من الضجيج.

قام [2] Brim Kim بدراسة خصائص انتقال الصوت عبر مركبات البولي إيثلين عالي الكثافة High)"HDPE" Density Polyethylene)الحاوية على بودرة الخشب والطين (clay)كمادة مالئة. استخدمت آلة البثق لمزج HDPEوالطين بنسب HDPE:Clay=92:8، بعد ذلك تم تحضير الألواح بطريقة التشكيل بالضغط وفق البارامترات التالية: ضغط $(30)Ton$ ، درجة الحرارة $(180)C^o$والزمن $(10)\min$ ، ومن ثم تبرد الألواح حتى درجة حرارة الغرفة تحت نفس الضغط، واستخدمت آلة فرز عمودية لإنتاج عينات دائرية بقطر $(29)mm$وسماكة $(9)mm$. استخدم جهاز أنبوب المقاومة (Impedance Tube) المبين بالشكل (1) لقياس فقدان انتقال الصوت TL Transmission (Loss) عند تردد محصور بين $(500 \to 6400)HZ$.



الشكل (1)رسم توضيحي لجهاز أنبوب المقاومة لقياس TL

أظهرت نتائج اختبار انتقال الصوت TLأن كثافة العينات والقساوة السطحية يؤثران بشكل أساسي على عزل الصوت، وأن إضافة clay أو ألياف الخشب تؤدي إلى زيادة TL. إن الزيادة الكبيرة للمواد المالئة تؤدي إلى تناقص صلابة المركب بسبب تكتل المادة وبالتالي إلى انخفاض TL.

قام[3] Sihamal.salih بدراسة الخصائص الصوتية لمركبات بوليميرية مسلحة بألياف النخيل المشوه مسبقاً. استخدمت ألياف طبيعية من ساق شجرة النخيل بطول $(2 \to 3)mm$ وبنسب $(10,20,30,40)\%$ كمادة مالئة في تحضير مركبات بوليميرية، واستخدم راتنج البولي استر غير المشبع كمادة رابطة.، وقد استنتج أن التشوه المسبق للألياف يحسن من خواص العزل الصوتي.

تم قياس معامل امتصاص الصوت SAC (Sound Absorption Coefficient)لعينات بأبعاد $(240\times240\times5)mm^3$ وتردد $(100 \to 5000)HZ$. أظهرت النتائج أن المركب المكون من البولي استر غير المشبع مع ألياف لها معامل امتصاص صوت أكبر من البولي استر غير المشبع النقي، وذلك بسبب طبيعة الألياف التي تملك خواص عزل صوتي أعلى من مادة البولي استر وذلك لأن الألياف تمتلك نسبة سيللوز عالية وبالتالي خواص عزل صوتي جيدة، وبالنتيجة فإن زيادة نسبة الألياف يزيد من قيم معامل امتصاص الصوت.

في دراسة أخرى قام [4] Limin Peng بدراسة الخصائص الميكانيكية والصوتية لمواد مصنوعة من ألياف الخشب والبولي استر بنسبة $(3:1)$ ومحتوى الراتنج $(12)\%$ ومحتوى الرغوة $(8)\%$، وتم قياس معامل امتصاص الصوت بواسطة (impedance tube) بأبعاد عينات $(400\times400\times100)mm^3$وبكثافة $(0.2)g/cm^3$ عند تردد $(50 \to 6400)HZ$. وأظهرت النتائج أن خاصية امتصاص الصوت للمركب تتعلق بمقاومة تدفق الهواء والكثافة، فكلما كانت الكثافة ρ أكبر كلما كانت مقاومة تدفق الهواء أكبر وبالتالي معظم الطاقة الصوتية تنعكس على السطح بدلاً من أن تنتقل وبالتالي فإن خاصية الامتصاص تتناقص وتصل أقصى قيمة لمقاومة تدفق الهواء في المركب $(1.98\times10^5)Pa.s/m^2$ ، لذلك كلما كانت كثافة المركب أقل فإن كمية الفراغات أكبر داخل المادة وأقل انعكاس وانكسار للأمواج الصوتية لذلك من السهل انتشار الأمواج الصوتية داخل المادة، وتبين أن أعلى قيمة لامتصاص الصوت هي (0.97) عند $(4600)HZ$.

قام Lu Shuai وآخرون[5]بدراسة معامل امتصاص الصوت لألياف الخيزران وفقاً للسماكة، وقطر الليف والكثافة عند ترددات $(1000 \to 4000)HZ$. وتبين أنه بزيادة سماكة العينة فإن معامل امتصاص الصوت يزداد عند كل

الترددات، وأنه كلما قل قطر الليف فإن معامل الامتصاص α يزداد وذلك لأنه بانخفاض قطر الليف يؤدي إلى ازدياد في المسامية ومعامل الامتصاص، و أيضاً كلما ارتفعت كثافة الليف فإن α يزداد وخصوصاً عند الترددات المتوسطة والعالية وذلك لأنه عند ازدياد الكثافة فإن عدد الألياف تزداد أيضاً وهذا يؤدي إلى ازدياد المسامية بسبب زيادة سطح الاحتكاك وإلى فقدان في طاقة الصوت وهذا يساهم في زيادة معامل امتصاص الصوت.

قام Azma Putra[6] بدراسةالعزل الصوتي لبقايا ألياف الصوف مع البولي استر المعاد تدويره وتبين أن امتصاص الصوت يعتمد على سماكة المادة وذلك بسبب أن الطاقة الحركية للموجة الصوتية الساقطة تتحول إلى طاقة حرارية عندما تمر خلال البنية الأكثر سمكاً وذلك بسبب الاحتكاك بين الموجة الصوتية والألياف مما يخفف من آثار انتشار الموجة الصوتية، وأيضاً يعتمد على التعرج (Tortuosity) حيث أن العينة الأكثر سمكاً تسمح للموجة الصوتية بالمرور خلال مسار متعرج من خلال المسام وهذا يؤدي إلى تقليل الاحتكاك وبالتالي زيادة قيمة معامل الامتصاص.

قام Sezgin Ersoy وآخرون [7] بدراسة الخصائص الصوتية لعينات مصنوعة من بقايا ألياف ورق الشاي TLF(Tea-Leaf Fiber) وذلك في حال وجود أو عدم وجود طبقةدعم من أقشمة قطن منسوجة وذلكعند تردد $(500 \rightarrow 6300)HZ$.و تبين أنه بزيادة سماكة العينة TLF فإن قيمة معامل الامتصاص تزداد وتصل إلى (0.99) عند التردد $(2200)HZ$ وذلك في حال وجود طبقة مدعمة، ومن ثم تنخفض قيمة معامل الامتصاص عند الترددات العالية $(4900)HZ$.

قام Zahra Daeipour وآخرون [8] بتقييم الخصائص الصوتية لمركبات الخشب البلاستيكي مع الطباشير(Wood-Plastic-Chalk)، حيث تم صنع عدة عينات من بودرة الخشب مع البولي إيثيلين منخفض الكثافة والطباشير بكثافات مختلفة $(1000-2000)Kg/m^3$ ، وتم استخدام(maleic anhydride) كمادة إضافية حيث لهذه المنتجات استقرار حراري عالي ومقاومة للحرائق وعازلة للحرارة والصوت. تم قياس معامل امتصاص الصوت باستخدام طريقة (standing wave tube method)عند ترددات $(125,250,500,1000,2000)HZ$ وتبين أن أقصى قيمة لامتصاص الصوت عند التردد $(2000)HZ$ وما فوق وذلك عند مزج $\%(3)$مادة مضافة و $\%(10)$طباشير.

قام Hai-fan Xiang وآخرون[9] بتقييم خصائص امتصاص الصوت لألياف (Kapok) من خلال (impedance tube) عند تردد $(100 \rightarrow 6300)HZ$ ، وأظهرت النتائج من حيث تأثير البنية المسامية إن بينة ألياف (Kapok)المسامية جيدة لتبديد الطاقة الصوتية، وإن كثافة الألياف القليلة $(370)Kg/m^3$تعطي أداء صوتي فعال أكثر من الكثافات المرتفعة لألياف القطن عند كل الترددات وذلك بسبب أن البنية المسامية الكبيرة المستقيمة تزيد من مقاومة الاحتكاك بين الأمواج الصوتية وألياف (Kapok) مما يؤدي إلى تشتت الطاقة الصوتية، وتناول الباحث أيضاً تأثير الكثافة ووجد أن لها تأثير كبير على مسامية الألياف، حيث يزداد معامل الامتصاص حتى (0.646) عند زيادة الكثافة حتى $(25)Kg/m^3$ ، وإن الزيادة المستمرة للكثافة تؤدي إلى انخفاض قيم معامل الامتصاص وذلك بسبب التراص الكثيف للألياف ويؤدي هذا إلى تقليل المسامية وزيادة انعكاس الأمواج الصوتية من قبل المواد، وبين الباحث أن معامل امتصاص الصوت يزداد بزيادة السماكة وخصوصاً عند الترددات المنخفضة، وذلك بسبب أن الموجات الصوتية في الترددات المنخفضة تنتقل خلال المواد الأكثر سمكاً ويتم امتصاصها على طول مسار الهواء ومن خلال المواد، وأنه يوجد فرق بسيط لقيم معامل الامتصاص للألياف الطويلة والقصيرة عند الترددات العالية وهذا يشير إلى أن خاصية امتصاص الصوت لألياف (Kapok)لا تتعلق كثيراً بطول الليف، وبين الباحث أيضاً أن الألياف العشوائية لها خواص امتصاص أفضل من المنتظمة وذلك لأن التراص العشوائي للألياف يزيد من إمكانية تفاعل

الأمواج الصوتية مع الألياف مما يؤدي إلى مزيد من تبديد الطاقة الصوتية، وأيضاً وجود تشابكات في الألياف العشوائية يسبب احتكاك قوي بين الألياف.

قام Yang وآخرون [10] بدراسة أداء امتصاص الصوت لثلاث أنواع من الألياف الطبيعية (flax ، Jute، Ramie الكتان) واستخدم الإيبوكسي كمادة أساس رابطة وتم تحضير عينات بسماكة $(3)mm$ ومن ثم تمت مقارنتها مع ألياف الكربون والزجاج. طبق تردد حتى $(1000)HZ$ لعينات ذات السماكة $(3)mm$ وتم قياس α باستخدام (Impedance tube). وبينت النتائج أن ألياف الجوت (jute) مع الإيبوكسي لها أفضل خاصية امتصاص للصوت ويصل معامل امتصاص الصوت α إلى (0.9) عند تردد $(1000)HZ$ وهذا يشير إلى أن ألياف التسليح الطبيعية لها قابلية تخفيض الضجة وخصوصاً عند الترددات العالية وبالتالي مفيدة للتطبيق في صناعة الطائرات نظراً لارتفاع الترددات الصوتية، وكلما ازداد التردد فإن طول الموجة الصوتية تكون أقصر وبالتالي مسار انتشار الموجة الصوتية في المركب أكبر، لذلك يحدث المزيد من تبديد طاقة الصوت في المركب وهذا يشرح سبب امتلاك الألياف الطبيعية امتصاص أفضل للصوت عند الترددات العالية. وبمقارنة الألياف الطبيعية مع الاصطناعية تبين أن الألياف الطبيعية تملك كثافة منخفضة ومسامية أكبر لذلك تساهم هذه المركبات في امتصاص الصوت.

أجرى Mohamad Jani Saad وآخرون [11] دراسة لألواح من القنب وخواصها في العزل الصوتي وذلك بكثافات مختلفة $(350,450,550)Kg/m^3$ وتم مزجها مع اليوريا فورمالدهيد(UF)بنسب $(8,10,12)\%$ وإضافة $(10)\%$ من محلول كلوريد الأمونيوم كمقسي و $(1)\%$ من الشمع لمنع امتصاص الرطوبة في حواف المادة المركبة. تم تحديد معامل امتصاص الصوت باستخدام (impedance tube) وذلك عند تردد $(125 \rightarrow 6000)HZ$ وسماكة عينة $(12)mm$. أظهرت النتائج أن راتنجUF له تأثير على محتوى القنب، وأنمعامل امتصاص الضجيج للألواح التي تحتوي $(10)\%$ و $(8)\%$ لها أفضل امتصاص للصوت من النسبة $(12)\%$ وذلك عند الترددات المنخفضة والمتوسطة والعالية، أما الألواح ذات الكثافة $(350)Kg/m^3$ تمتص الصوت بشكل أفضل وذلك بسبب المسامية الجيدة حيث كلما كانت المسامية أكبر يؤدي إلى عزل صوتي أفضل.

طرائق البحث ومواده:

1) **المادة البلاستيكية الرابطة** : تم استخدام البولي استر غير المشبع للاستخدام العام كمادة رابطة إنتاج المملكة العربية السعودية

TOPAZ-1600 AT (H.G.T) (MARBLE GRADE (LOW EXOTHERM) PRE-ACCELERATED)

2) **المادة المالئة:** تم الحصول على الأنواع المختلفة من بودرة الخشب المستخدمة بالبحث من ورشات النجارة خلال عمليات تصنيع وتشكيل المنتجات الخشبية، كما تم فرز البودرة الناتجة إلى مجموعات حسب القطر الوسطي وذلك باستخدام مناخل قياسية، وتم الحصول على مجموعات مختلفة من بودرة الخشب بأقطار مختلفة وفق الآتي:

- خشب الشوح بقطر وسطي $(0.2 < D_1 < 0.3)mm$
- خشب الشوح بقطر وسطي $(0.5 < D_2 < 0.6)mm$
- خشب الزان بقطر وسطي $(0.125 < D_3 < 0.2)mm$
- خشب الزان بقطر وسطي $(0.2 < D_4 < 0.3)mm$
- خشب السويد بقطر وسطي $(0.125 < D_5 < 0.25)mm$

- بودرة خشب المختلط بأقطار مختلفة حتى $(0.6)mm$

تم تشكيل (6) مجموعات من عينات الاختبار باستخدام البولي استر غير المشبع (UPR) كمادة أساس رابطة بدلالة كل من نوع بودرة الخشب ونسبتها وقطرها الوسطي كالتالي:

- 100% مالئ عضوي + بولي استر غير مشبع
- 150% مالئ عضوي + بولي استر غير مشبع
- 200% مالئ عضوي + بولي استر غير مشبع
- 250% مالئ عضوي + بولي استر غير مشبع

ما عدا مجموعة بودرة خشب الشوح فإنها تتضمن النسب التالية فقط $(100,150,200)\%$ ومجموعة الخشب المختلط تتضمن النسب $(200,250,300)\%$.

شكلت الألواح التي تم اقتطاع عينات الاختبار منها باستخدام قالب سماكته $(3)mm$ بواسطة مكبس تشكيل نصف هيدروليكي كما في الشكل (2) وفق البارامترات التالية:

درجة حرارة نصفي القالب $T=(100)C^o$ – ضغط التشكيل الابتدائي $P=(10)Kg/cm^2$ – زمن تطبيق الضغط الابتدائي $t=(3)\min$ – ضغط التشكيل النهائي $P=(50)Kg/cm^2$ زمن تطبيق الضغط النهائي $(7)\min$، كما تم تبريد قالب التشكيل مع بقاء الضغط النهائي مطبقاً دون استخدام التبريد.

الشكل (2) مكبس تشكيل نصف هيدروليكي

1- القسم التجريبي:

1) حساب الكثافة:

تم قياس كثافة الألواح المشكلة حيث اقتطعت عينات صغيرة من الألواح وحسبت الكثافة بالعلاقة:

$$\rho=\frac{m}{v}$$

حيث ρ : الكثافة $\left(g/cm^3\right)$ ، m : كتلة العينة (g) ، v : حجم العينة $\left(cm^3\right)$

2) قياس مقدار تخفيض شدة الصوت:

استخدم في تحديد مقدار تخفيض شدة الصوت الجهاز المبين بالشكل (3) وهو عبارة عن أنبوب بلاستيكي مصنوع من البولي إيثيلين منخفض الكثافة (HDPE)، حيث وضع بأحد أطراف الأنبوب مكبر الصوت والمضخم الموصول مع مولد إشارة جيبية، ومن الجهة الأخرى وضعت العينة المختبرة. تم استخدام مقياس الديسيبل لتحديد شدة الصوت قبل عبوره عينة الاختبار مباشرة واعتمدت قيمة $dB(102)$ كقيمة ثابتة طيلة فترة الاختبار، وقياس شدة الصوت مباشرة بعد عينة الاختبار وذلك عند ترددات للصوت مختلفة $HZ(1000,2000,3000)$. استخدم في قياس شدة الصوت مقياس من نوع CEM DT-8820.

الشكل (3) جهاز قياس مقدار تخفيض شدة الصوت

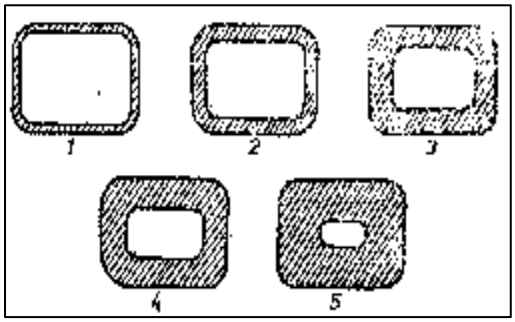
النتائج والمناقشة:

تستخدم ألواح الخشب الصناعي بكثرة في أعمال الإكساء والديكور بهدف إكساب الجمالية المطلوبة للمكان وتحقيق خواص محددة مثل العزل الحراري والصوتي. يتوفر في الأسواق العالمية طيف واسع من ألواح الخشب الصناعي التي تختلف فيما بينها بالخواص الفيزيائية والميكانيكية. وعلى الرغم من اشتراك هذه الألواح ببعض المواصفات مثل استخدام المالئات العضوية كمادة أساسية في الخليط إلا أنها تختلف فيما بينها بالخواص العامة بسبب الاختلاف بمواد الأساس الرابطة المستخدمة أثناء عملية التصنيع.

تلعب ألواح الخشب الصناعي على اختلاف أنواعها ومصادرها دوراً أساسياً في العزل الحراري والصوتي بسبب البنية الخلوية للمالئات العضوية التي تكسبها خواص تؤهلها للاستخدام لهذه الأهداف. يتحقق هذا عادة من خلال إنشاء تراكيب معينة تناسب مواقع الاستخدام والتطبيق، فعلى سبيل المثال يمكن استخدام هذه الألواح في تحضير تركيبة ألواح الساندويش "Sandwich Panel" التي تستخدم على نطاق واسع كقواطع داخلية ضمن البناء بدلاً من الجدران التقليدية الثقيلة الوزن.

تعتبر النفايات العضوية مواد طبيعية ذاتية التجديد، ويعتبر استخدامها في تحضير ألواح الخشب البلاستيكي من الأسباب اللازمة للحفاظ على البيئة وعلى الثروات الحراجية، ولهذا السبب تتنافس الشركات فيما بينها لتقديم ألواح بأسعار مقبولة وخواص تؤهلها لتشغل مكانة متقدمة بجوار الخشب الطبيعي. تختلف الأخشاب فيما بينها بالكثافة وذلك

بسبب الاختلاف بالتركيب الخلوي. تشير المصادر العلمية [12] إلى أن الأخشاب ذات الكثافة الظاهرية العالية كما هو الحال في خشب الزان والسنديان...الخ تكون ذات جدران خلوية ثخينة وفراغات خلوية صغيرة، أما الأخشاب ذات الكثافة الظاهرية المنخفضة فإنها تتميز بجدران خلوية رقيقة وفراغات خلوية كبيرة. إن هذا الاختلاف بالكثافة ينعكس بشكل كبير على مجمل الخواص النهائية لألواح الخشب الصناعي التي ترتبط بشكل مباشر بمصدر القطع أو الجزيئات المستخدمة بعملية التصنيع. يوضح الشكل التالي (4) العلاقة بين سماكة الجدران الخلوية والفراغات الخلوية بكثافة الخشب.



الشكل (4) أجزاء الجدران الخلوية والفراغات الخلوية في الأخشاب ذات الكثافات المختلفة

$\rho_3 = 750\ Kg/m^3$ ، $\rho_2 = 500\ Kg/m^3$ ، $\rho_1 = 160\ Kg/m^3$

$\rho_5 = 1200\ Kg/m^3$ ، $\rho_4 = 1000\ Kg/m^3$

تلعب المادة الرابطة المستخدمة في تحضير ألواح الخشب البلاستيكي دوراً هاماً في توجيه خواص الألواح المنتجة بالاتجاه المطلوب، والسبب في هذا هو الاختلاف بقدرة مادة الأساس البوليميرية على ترطيب أو تغليف جزيئات الخشب على اختلاف أنواعها. تشير الدراسات العلمية [13] إلى أن قدرة مادة البولي بروبلين PP على تغليف جزيئات الخشب بأحسن حالات المزج لا تتجاوز نسبة $\%(40-30)$ في حين تمتلك مواد أخرى مثل اليوريا فورمالدهيد أو البولي استر غير المشبع ذات القوام السائل قدرة عالية على ترطيب جزيئات الخشب يسمح لها بضم نسب عالية من المادة المالئة العضوية تتراوح بين $\%(200-150)$. إن هذا الاختلاف بخواص مادة الأساس البوليميرية المستخدمة في التصنيع يفسر توفر ألواح الخشب البلاستيكي بخواص مختلفة، إضافة إلى الاختلاف بمصدر المواد المالئة العضوية المستخدمة في الإنتاج.

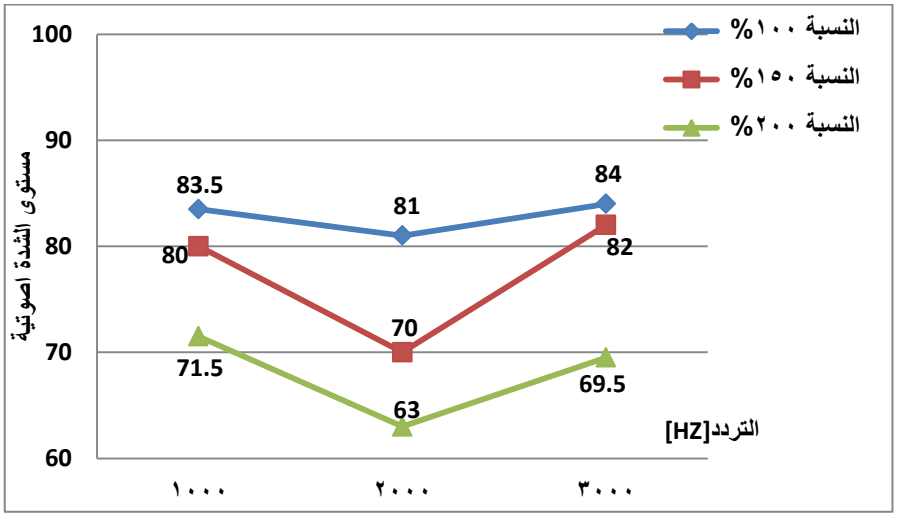
بينت الدراسات التجريبية إمكانية إنتاج ألواح بنسب عالية للمادة المالئة وذلك حسب نوع الخشب التي استمدت منه، كما أظهرت التجارب أن فرز بودرة الخشب التي استخدمت بتحضير الألواح يخفض من قدرة مادة البولي استر غير المشبع على تجاوز هذه النسبة التي تعتبر هدفاً أساسياً كونها مادة ذاتية التجديد، فلقد أظهرت التجارب إمكانية ضم حتى $\%(350)$ من بودرة الخشب المختلط، ولهذا السبب يبقى أساس اختيار النسبة مرتبطاً بشكل أساسي بالهدف الاستثماري لهذه الألواح.

كما هو معلوم تسلك الإشارة الصوتية الساقطة على سطح ما ثلاث أنواع من المسارات ، وعادة فإن جزء من هذه الإشارة ينعكس من السطح وجزء آخر يمتص من قبل السطح أو يخترق إلى الجهة الأخرى، واستناداً لهذا فإن الاختلاف بمادة الأساس البوليميرية وبنوع ونسبة المادة المالئة سوف يمكننا من الحصول على ألواح من الخشب الصناعي بخواص عزل صوتي مختلفة فيما بينها.

بناءً على ما سبق ذكره أصبح واضحاً ما يلي:

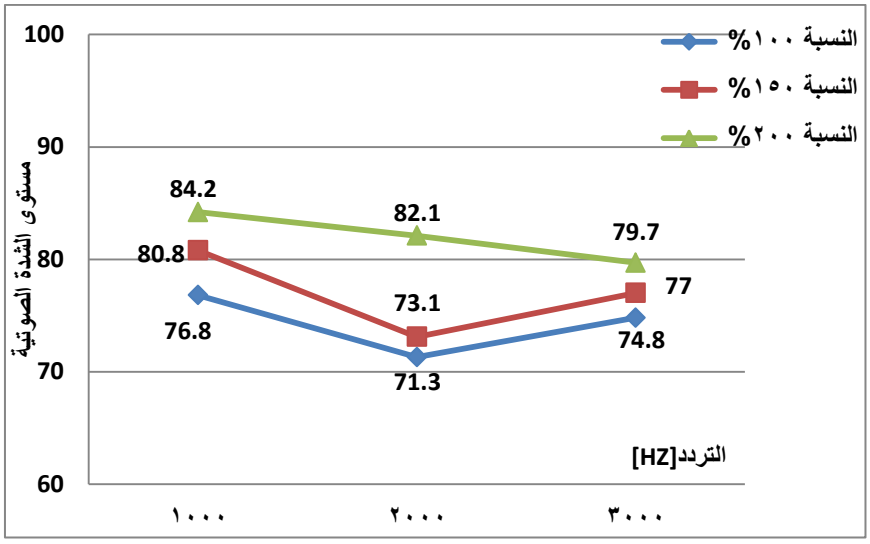
1. إمكانية تصنيع ألواح ذات أساس بوليميري من البولي استر غير المشبع بنسب عالية من المادة المالئة حتى (350)%.
2. الاختلاف بكثافة الألواح المنتجة مرتبط بمادة الأساس الرابطة ومصدر المادة المالئة.
3. خواص عزل صوتي متباينة بسبب الاختلاف بنوع ونسبة المادة المالئة الممثلة ببودرة الخشب.

أظهرت نتائج القياسات أن أفضل مستوى لتخفيض شدة الصوت يمكن الحصول عليها عند النسبة (200)% للجزيئات ذات القطر الوسطي لخشب الشوح $(0.2\langle D\langle 0.3)$ حيث بلغت قيمة التخفيض الحاصل $(30.5)dB$ كما هو مبين بالشكل (5)، وعند زيادة التردد إلى القيمة $(2000)HZ$ فإن القيمة المسجلة عند ذات النسبة كانت $(63)dB$ بمقدار تخفيض يبلغ $(39)dB$ وعند التردد $(3000)HZ$ بلغت قيمة التخفيض $(32.5)dB$.



الشكل(5) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة خشب الشوح ذات القطر المتوسط (0.2<D<0.3)mm بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار (3)mm

أظهرت منحنيات الشكل (5) أيضاً أن كافة المركبات المصنوعة من البولي استر غير المشبع ونسب مختلفة من بودرة خشب الشوح تسلك سلوكاً متشابهاً من ناحية قدرتها على تخفيض مستوى شدة الصوت، وأن أفضل قيم للتخفيض يتم الحصول عليها عند النسبة (200)% من بودرة خشب الشوح. وتظهر النتائج أيضاً أن زيادة نسبة المادة المالئة يؤدي إلى زيادة قدرة الألواح المحضرة مخبرياً على تخفيض شدة الصوت وأن كافة العينات تمتلك قدرة على تخفيض شدة الصوت عظمى عند التردد $(2000)HZ$، تعتبر هذه النتيجة منطقية بسبب زيادة نسبة الفراغات الخلوية بزيادة نسبة المادة المالئة.

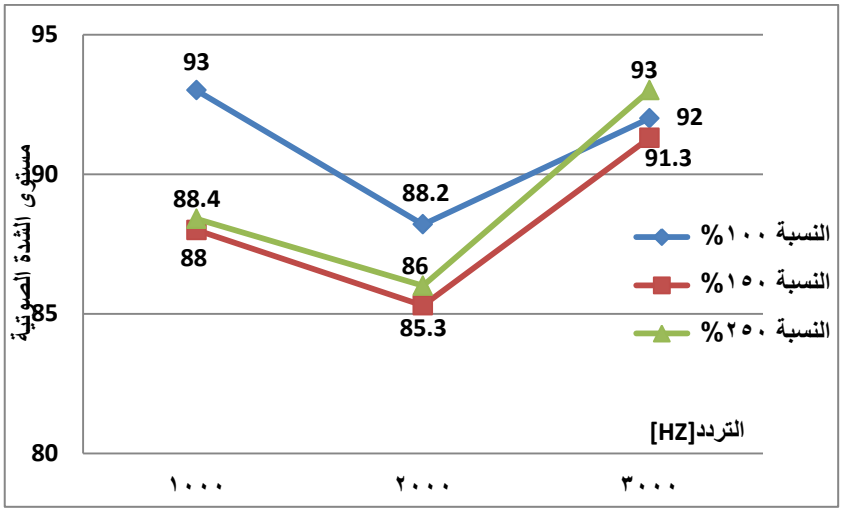


الشكل(6) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة خشب الشوح ذات القطر المتوسط 0.5<D<0.6)mm) بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار (3)mm

يوضح الشكل (6) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات محضرة من ألواح مصنوعة من UPR وبودرة خشب الشوح بأقطار وسطية للجزيئات $(0.5 < D < 0.6)\mu m$. وكما هو مبين بالشكل (6) أن قيمة التخفيض الحاصل لمستوى شدة الصوت يتناقص بزيادة نسبة المادة المالئة وذلك عند قيم مختلفة لتردد الصوت $(1000-2000-3000)HZ$ على عكس النتائج المبينة بالشكل (5). إن أفضل النتائج التي تم الحصول عليها كانت عند النسبة $(100)\%$ والتردد $(2000)HZ$ حيث بلغت قيمة التخفيض $(30.7)dB$.

بشكل عام يمكن القول أن الألواح المحضرة من البولي استر غير المشبع و بودرة خشب الشوح تمتلك قدرات متباينة على تخفيض الصوت عند كل النسب والترددات المستخدمة. إن هذه النتيجة متوقعة بسبب البنية الفراغية الخلوية لبودرة الخشب، وقد كان متوقعاً أيضاً زيادة قيمة تخفيض مستوى شدة الصوت بزيادة نسبة بودرة خشب الشوح ولكن نتائج التجارب المبينة بالشكل (6) أظهرت عكس ذلك على الرغم من انخفاض كمية البولي استر غير المشبع عند زيادة نسبة المالئ العضوي.

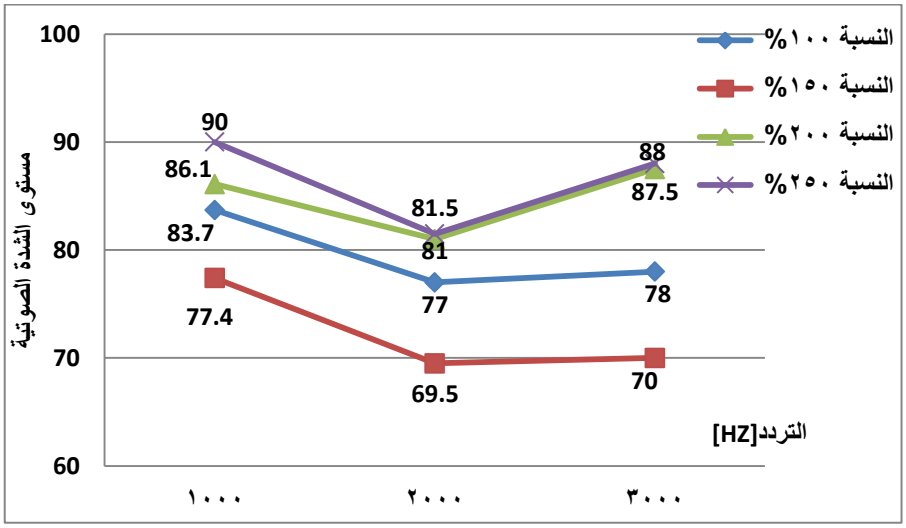
بهدف توضيح تأثير حجم الفراغات الخلوية على عملية العزل الصوتي أجريت تجارب على نوع آخر من المواد المالئة محضرة من خشب الزان الذي يتميز مقارنة مع خشب الشوح بكثافة أعلى، كما أجري تحضير بودرة الخشب بقطر وسطي $(0.2 < D < 0.3)mm$ بهدف إجراء مقارنة دقيقة مع خشب الشوح.



الشكل(7) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة خشب الزان ذات القطر المتوسط (0.125<D<0.3)mm بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار (3)mm

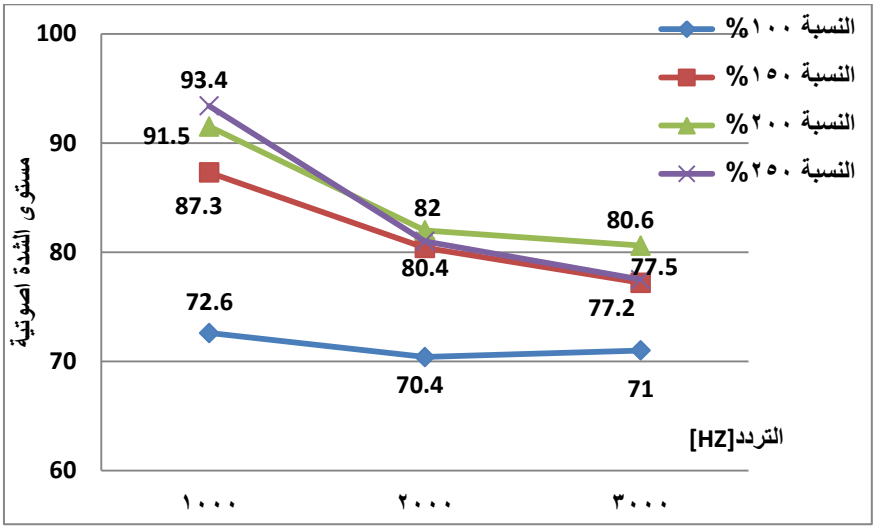
أظهرت النتائج المبينة في الشكل (7) أن قدرة العينات على تخفيض مستوى شدة الصوت متقاربة و بلغت وسطياً حوالي $(15)dB$ لكافة النسب المدروسة عند الترددات الثلاث السابقة، وأفضل النتائج تم الحصول عليها عند التردد $(2000)HZ$. إن هذه النتيجة تظهر أنه مهما كانت نوعية المادة المالئة العضوية المستخدمة فإن بودرة الخشب تسبب حدوث انخفاض بشدة الصوت وأن نوعية المادة المالئة ونسبتها وقطرها الوسطي تظهر تأثيرات متباينة على قيمة التخفيض.

بهدف دراسة تأثير حجم بودرة خشب الزان على مقدار تخفيض مستوى شدة الصوت أجريت دراسة على عينات محضرة من البولي استر غير المشبع الحاوي على نسب مختلفة من بودرة الزان بقطر وسطي للجزيئات $(0.125 < D < 0.2)mm$ ، حيث يلاحظ من الشكل (8) أن أفضل القيم تم الحصول عليها عند النسبة $(150)\%$ عند كافة الترددات المدروسة. حيث بلغت قيمة التخفيض الحاصل $(24.6)dB$ عند التردد $(1000)HZ$ و $(32.5)dB$ عند التردد $(2000)HZ$ و $(32)dB$ عند التردد $(3000)HZ$.



الشكل(8) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة خشب الزان ذات القطر المتوسط (0.125<D<0.2)mm بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار (3)mm

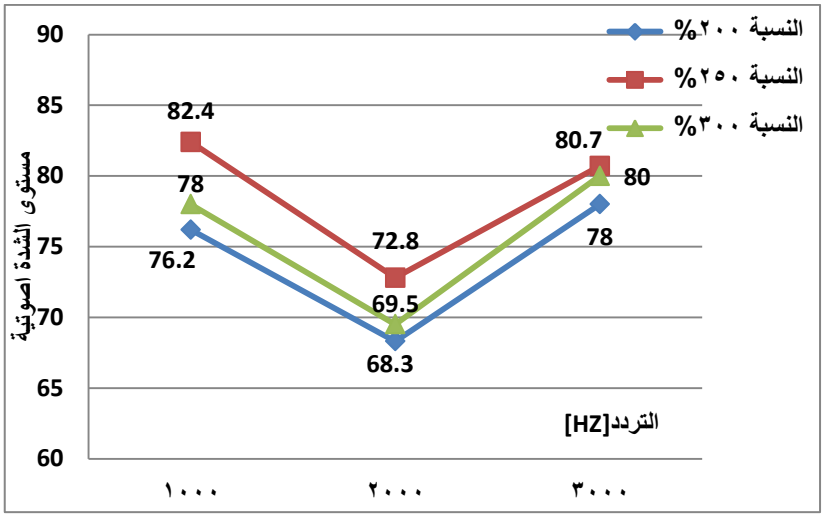
بمقارنة نتائج الأشكال (5,6,7,8) مع بعضها يمكن القول أن السلوك العام للمنحنيات كافة متشابهة وأن أفضل القيم يمكن الحصول عليها عند التردد $(2000)HZ$، كما أظهرت نتائج هذه الأشكال وجود سلوك متباين لتأثير نسبة المادة المالئة وأنه ليس بالضرورة أن زيادة نسبة المادة المالئة سوف يؤدي إلى تحسين مقدار التخفيض الصوتي، وتؤكد صحة الاستنتاجات السابقة المنحنيات المبينة بالشكل (9) التي تبين أن أفضل قيم لتخفيض مستوى شدة الصوت عند النسبة $(100)\%$ للمادة المالئة المحضرة من خشب السويد بأقطار وسطية $(0.125\langle D\langle 0.25)$، كما يلاحظ أن أعلى قيم تخفيض تتحقق عند التردد $(3000)HZ$ لكافة المركبات المدروسة.



الشكل(9) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة خشب السويد ذات القطر المتوسط $(0.125<D<0.25)mm$ بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار $(3)mm$

من الضروري أن نشير هنا في بحثنا إلى استخدام بودرة الخشب بدون معالجة سطحية مسبقة لسطوح الجزيئات بهدف التقليل من التكلفة الاقتصادية، لأن المعالجة المسبقة سوف تزيد من تكلفة بودرة الخشب الأمر الذي ينعكس سلباً على سعر المنتج النهائي.

بهدف قراءة مدى أهمية فرز جزيئات بودرة الخشب حسب الأقطار تم إجراء التجارب على عينات محضرة من بودرة خشب مختلطة وهي عبارة عن مزيج من البودرة بأقطار وسطية مختلفة أصغر من $(0.6)mm$ وهي تمثل خليط من الأنواع الثلاثة (شوح، زان، سويد).



الشكل(10) منحنيات تخفيض مستوى الشدة الصوتية لعينات من بودرة الخشب المختلطة بدلالة نسبة المادة المالئة وتردد الصوت- سماكة ألواح الاختبار (3)mm

أظهرت نتائج القياسات وجود قدرة تخفيض مشابهة لا بل أفضل بالمقارنة مع بودرة خشب الشوح والزان والسويد، وهذا ما تبينه منحنيات الشكل (10) أن أفضل القيم يتم الحصول عليها عند استخدام البودرة المختلطة بنسبة (200)% وخاصة عند التردد (2000)HZ. يبين الشكل أيضاً أن قيم تخفيض شدة الصوت تكون متقاربة عند استخدام بودرة الخشب المختلطة بالنسب (200,250,300)% وبشكل عام يلاحظ من الشكل أيضاً انخفاض واضح بهذه القيم عند التردد (2000)HZ.

بينت الدراسات التجريبية التي أجريت في بحثنا الدور الذي تلعبه البنية الفراغية الخلوية لجزيئات بودرة الخشب في امتصاص الصوت، وأثبتت إمكانية استثمار النفايات العضوية على اختلاف أنواعها ومصدرها في تحضير ألواح الخشب الصناعي للاستخدام كبديل حقيقي عن الخشب الطبيعي، ومن هنا تأتي أهمية العمل على استثمار كافة أنواع النفايات العضوية ذاتية التجديد للاستخدام في تصنيع ألواح الخشب الصناعي.

الاستنتاجات والتوصيات:

- **الاستنتاجات:**

1. أظهرت نتائج الاختبارات أن الألواح المحضرة من البولي استر غير المشبع مع بودرة خشب الشوح وبودرة الخشب المختلط تبدي قدرات أفضل على تخفيض مستوى شدة الصوت من المواد المالئة الأخرى المستخدمة في البحث.
2. أظهرت نتائج الاختبارات أن أفضل قيم لتخفيض مستوى شدة الصوت توافق التردد (2000)HZ.
3. أظهرت نتائج الاختبارات إمكانية استخدام بودرة الخشب كمادة مالئة دون الحاجة إلى فرز الجزيئات حسب الأقطار.

- **التوصيات:**

1. إعادة التجارب على ألواح محضرة من قطع كبيرة الحجم وليس بودرة خشب.
2. إعادة التجارب باستخدام مواد رابطة أخرى تنتمي لمجموعة البلاستيك الحراري.
3. العمل على استثمار الأعشاب البرية في تصنيع ألواح الخشب الصناعي.

المراجع

[1] AZMA, PUTRAA; KHAIHEE, OR; MOHDZULKEFLI, SELAMAT; MOHDJAILANI, MOHD NOR; MUHAMAD, HAZIQ HASSAN; IWAN, PRASETIYO, "*Sound absorption of extracted pineapple-leaf fibres"*. Applied Acoustics 136 ,2018, pp: 9–15.

[2] BIRM JUNE KIM, "*The Effect Of Inorganic Fillers On The Properties Of Wood Plastic Composites*"". Un published PHD, Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, May 2012.

[3] SIHAMAI. SALIH, " *Acoustic and Mechanical Properties of Polymer Composites Reinforced by Pre-Deformed Palm Fiber*". Materials Engineering Department, University of Technology/Baghdad, Eng. & Tech. Journal, Vol.31, No.3, 2013.

[4] LIMIN, PENG; BOQI, SONG; JUNFENG, WANG; DONG, WANG, "*Mechanic and Acoustic Properties of the Sound-Absorbing Material Made from Natural Fiber and Polyester"*. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering , Volume 2015, Article ID 274913, 5 pages.

[5] MUSLI, NIZAMYAHYA; DESMOND, DANIEL; VUI, SHENG CHIN, "*A Review on the Potential of Natural Fibre for Sound Absorption Application"*. Materials Science and Engineering 226 ,2017.

[6] ASIS, PATNAIKA; MLANDO, MVUBU; SUDHAKAR, MUNIYASAMY; ANTON, BOTHA; RAJESH D. ANANDJIWALA, " *Thermal and sound insulation materials from waste wool andrecycled polyester fibers and their biodegradation studies*". Energy and Buildings 92 ,2015, pp: 161–169.

[7] SEZGIN, ERSOY; HALUK, KU¨CU¨K, *"Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties*". Marmara University, Department of Mechatronics Education, Istanbul, Turkey, Applied Acoustics 70 ,2009, pp: 215–220.

[8] ZAHRA, DAEIPOUR; VAHID, SAFDARI; AMIR, NURBAKHSH, *"Evaluation of the Acoustic Properties of Wood-Plastic-Chalk Composites"*. Engineering Technology & Applied Science Research, Vol. 7, No. 2, 2017, pp: 1540-1545.

[9] HAI-FAN, XIANG; DONG, WANG; HUI-CHAO, LIU; NING ZHAO; JIANXU, *"Investigation On Sound Absorption Properties Of Kapok Fibers"*. Chinese Journal of Polymer Science Vol. 31, No. 3, 2013, pp: 521−529**.**

[10] YANG, WEIDONG; LI YAN, *" Sound absorption performance of natural fibers and their composites"*. Science China technological Science , Vol.55 No.8, 2012, pp: 2278–2283**.**

[11] MOHAMAD, JANISAAD; IZRAN, KAMAL, *" Kenaf Core Particleboard and Its Sound Absorbing Properties"*. Journal of Science and Technology, 2012.

[12] ЕНЧЕВ,Е., БЛЬСКОВА, Г., " *ДЬРВЕСНО-ЗНАНИЕ*- ЗЕМИЗДАТ", СОФИЯ, 1989.

[13] KLYOSOV, A, "*Wood plastic composite"*. Handbook, NWJERSY.13, 2007, pp: 15-30.