تصنيع الواح اسفنجية كبدائل للألواح الليفية متوسطة الكثافة (MDF Fiberboard)

Manufacture of Polyurethane Boards as an Alternatives Medium Density Fiberboards (MDF).

حميد عبد الرزاق حمادي

جامعه البصرة – كلية التربية/ القرنة– قسم علوم الحياة

07700645940 (أو) 07512512510

Email: hamymham@yahoo.com or hamymham@gmail.com

عقيل محسن علي

جامعة البصرة – مركز أبحاث البوليمر – قسم علوم المواد

Email: Aqeel.mohsin@uobasrah.edu.iq

07735570329

ناظم عبد الجليل عبد الله

جامعة البصرة – مركز أبحاث البوليمر – قسم علوم المواد

Email: Nadhim.abdullal@uobsrah.edu.iq

07707009498

الموجز:

ان توفر المخلفات الصناعية والزراعية وغيرها بكميات كبيرة جدا تصل الى المئات بل الألاف من الاطنان في بلدنا العزيز، والتي ترمى سنويا في مكبات النفايات، ومالها من آثار بيئية واقتصادية على الدولة وخروج رؤوس الاموال والعملات الصعبة الى الخارج ولتوفير احتياج السوق من الالواح الصناعية، كانت هذه هي الدوافع للانطلاق في تصنيع الواح صناعية جديدة تعتمد في تكوينها وصناعتها على مواد بوليمرية تمثلت بالرغوة الإسفنجية اليوريثان وبالاستفادة من نوعين من المخلفات الصناعية؛ النوع الاول هو نفايات معامل تصنيع اثاث الالمنيوم والثاني الاسمنت المتحجر تواً، ونقصد به الاسمنت الذي ظهر على جزء من تحجر وباقي هنالك دقائق اسمنتية لم تتحجر، والذي يقدر سنوياً بالألاف من الاطنان والتي ترمى عبثا وهباءً. هذه ثلاث مكونات رئيسية دخلت في تصنيع هذه الالواح اضافة الى الاستفادة من الجص العراقي المنتج في معامل محافظة النجف الاشرف مع القليل من لاصق السيراميك. تم الوصول الى أفضل نسب خلط خاصة لتكوين او صب هذه الالواح، والتي خضعت الى عدة اختبارات منها اختيار العزل الحراري والخصائص الميكانيكية ومقاومة التآكل في الحوامض والقواعد، كذلك امتصاصية الماء ومقاومة الاحتراق باللهب المباشر لمدة خمس دقائق متواصلة. بينت النتائج ان الالواح المنتجة تمتاز بخصائص ميكانيكية عالية وعازلية حرارية تواكب العزل الحراري للمواد السيراميكية، وتمتاز بمقاومة عالية للتآكلية ضد الاحماض والقواعد القوية. أضافة الى مقاومة الاحتراق المباشر حيث عرضت الالواح الى اللهيب مباشرة ولمدة خمس دقائق متواصلة ولم يحترق الجانب الثاني بل اصلا الجانب الاول المتعرض مباشرة الى اللهيب لم يتأثر الا قليلا، وهذا ما دلت عليه نتائج مقاومة اللهوبية، حيث لوحظ ان الالواح المنتجة تمتاز بقابلية الانطفاء الذاتي، حتى مع تكرار عملية الحرق العمودي للعينات ولأكثر من مرة أثبتت الالواح المحضرة كفاءة عالية جداً في هذا المجال، مما يجعلها مناسبة جداً للكثير من التطبيقات نظرا لهذه الخاصية والخواص الاخرى أنفة الذكر. امتازت الالواح المحضرة أيضاً بقابلية الطلاء والتلوين والصبغ الى أي لون مرغوب، اضافة الى ان هذه الالواح تمتاز بالسطح الصقيل الذي يمتاز بقابليته الكبيرة على عكس الالوان البراقة اصلا قبل الطلاء بالأصباغ، وهذا مرتبط بدرجة النعومة والصقل للسطح الذي تصنع عليه هذه الالواح، أضافة الى قابلية التحكم بسمك هذه الالواح من السمك القليل الى المتوسط الى الكبير وذلك بالاعتماد على قوة الضغط المسلط على العجينة وشكل القالب المستخدم في تصنيع هذه الالواح.

Abstract:

This principle has been initiated in the manufacture of new industrial panels based on the compaction of Iraqi markets and its industrial or agricultural waste or other wastes and wastes that are considered in hundreds of tons but thousands of tons, which are thrown annually in landfills and their economic effects on the state and the exit of capital and hard currencies abroad. The first is waste factories that make aluminum furniture, and the second is the cement that is just fossilized, and we mean cement that appeared on part of the stone and the rest is minutes cement that has not been quarantined, and this is calculated annually in thousands of tons that are thrown away in vain and in vain. In addition to the usage of Iraqi plaster manufactured in the industries of Najaf Ashraf governorate and a little quantity of ceramic glue, these are the three major components that have gone into the manufacturing of these panels. The best specific ratios for the manufacture or casting of these panels have been achieved, and they have been submitted to several tests, including the segregation test Acids and bases, as well as water absorption and burning resistance indirect flame for five minutes continuous, were tested, and the results revealed that the plates produced have high mechanical properties and thermal insulation that corresponds to the thermal insulation of the ceramic materials as well as high resistance to eating against acids and strong bases, as well as resistance to direct combustion. The second, but originally the first side directly exposed to flames, was only slightly affected, as evidenced by the results of the flame resistance, where it was noted that the panels produced are characterized by the ability of self-extinguishing where the vertical burning of the samples was repeated and for more than once, but the prepared panels proved very efficient. The prepared panels also can paint, color, and dye to any desired color, and these panels are distinguished by a glazed surface that, unlike the bright colors before painting, is distinguished by its great ability, and this is related to the degree of softness and refinement of the surface on which these panels are made. In addition to the control of the thickness of these panels from small to medium thickness to many depending on the molds shape and the pressure placed on the dough used in the manufacture of these panels.

مفصل الاختراع:

يعتبر البولي يوريثان من البوليمرات المتصلبة بالحرارة، ويمتاز بكونه خامل وذو نفاذية واطئة ومقاوم بشكل كبير للمواد الكيميائية والتحلل الإحيائي، ويكون بالصورة النقية مصحوباً بخواص ميكانيكية ضعيفة، يمكن تحسين هذه الخواص وبشكل كبيرة باستخدام المضافات، تم في هذا العمل استخدام تدوير النفايات المتمثلة بدقائق الالمنيوم الفاضلة من تصنيع اثاث الالمنيوم في الاسواق المحلية، كذلك تمت الاستفادة من الاسمنت غير الصالح للاستعمال بسبب عوامل الرطوبة وسوء التخزين في الشتاء (والمتوفر بكميات كبيرة) في تصنيع الالواح، يضاف الى ذلك استخدام الجص المصنع في محافظة النجف الاشرف باعتباره مادة عراقية خالصة ومتوافرة بشكل كبير ورخيصة الثمن لما تمتاز به من مواصفات عزل حراري وخصائص ميكانيكية جيدة جعلت منه مادة مناسبة للدخول في تصنيع هذه الالواح، واستخدمت مادة غراء السيراميك في تصنيع هذه الالواح، كونه يمتاز بالقوة الميكانيكية الجيدة جدا، لاحتوائه على راتنجات الايبوكسي في تركيبه، والتي تعمل بدورها بشكل كبير على تحسين الخصائص الميكانيكية والحرارية للبولي يوريثان، وتعجل من تصلبه وتحسن خصائصه بصورة عامة، حيث اجريت القياسات اللازمة لمعرفة كفاءة هذا المنتوج، وتمثلت بفحوصات الخصائص الميكانيكية من حيث مقاومة الاجهاد والمطاوعة وغيرها من الخصائص التي بينت كفاءة هذه الالواح المصنعة في مقاومات الصدمات والشد مع ما تمتاز به من خفة الوزن ورخص الكلفة وسهولة التصنيع والقولبة الى المساحة والشكل المطلوب.

أن الاجراءات العملية بعد اختيار المواد السابقة ألذكر للحصول على هذه الالواح، وتصنيعها بمواصفات وخصائص وأشكال يجعلها بديلة للألواح MDF بدأت بإعداد خلائط (عجينة) متعددة لغرض صب هذه الالواح من خلال تغيير النسب الداخلة في عملية التصنيع، حيث تفاوتت النسب بين حجمية ووزنية وطريقة الخلط مع المصفوفة الرئيسية الحاوية على هذه المواد والمتمثلة بالرغوة الاسفنجية (البولي يوريثان)، ومن ثم تم الوصول بعد عدد من التجارب الى افضل نسب خلط لهذه المواد وتمثلت بالنسب الحجمية التالية قياسا للجص العراقي الذي كانت نسبته الحجمية (البولي أول 4/3 الداي ايزوسيانات 4/3 السمنت 2/1 وغراء السيراميك 4/1 وبرادة الالمنيوم 1 واخيرا الجص العراقي 1) علماً ان النسب الوزنية سوف تذكر في متن البحث ومن خلال طريقة العمل وتحضير النماذج.

تم تصنيع الالواح من خلال خلط المكونات المذكورة في وعاء للوصول الى العجينة المناسب التي توضع على سطح أملس مصقول وناعم، حيث تبدأ العجينة بالزيادة في الحجم والابعاد

والارتفاع، وبمعرفة التوقيت الأفضل لكبس هذه العجينة الى الشكل اللوحي المطلوب والسمك المطلوب، ثم قياس الخصائص الميكانيكية والحرارية والتآكلية والامتصاصية للماء لهذه الالواح.

بينت النتائج المستحصلة أن النموذج المحضر وبعد تعرضه للاحتراق قد انطفئ وان الاحتراق كان سطحيا، ولم يكن كليا حيث نلاحظ بعد قسم النموذج الى قطعتين نلاحظ ان باطن النموذج باق كما هو، ولم يتعرض الى الاحتراق، لذا فالألواح المحضرة تمتاز بخاصية مقاومة الاحتراق والانطفاء الذاتي، وذلك حتى بعد التعرض الى لهب مباشر ولمدة خمس دقائق متواصلة لم يحترق، بل وصلت نسبة الفقدان بالحرق بعد عدة مرات من الاحتراق المتواصل الى (2%) وهي نسبة سطحية فقط وقليلة جداً قياسا لظروف الحرق الصعبة التي تعرضت لها هذه الالواح مقارنة مع غيرها.

كما بينت نتائج فحص الخواص الميكانيكية للألواح المحضرة انها تمتلك مقاومة انضغاط عالية وتحافظ على الشكل والابعاد تحت تأثير الاحمال الانضغاطية، كما أنها تحتفظ بشكلها وبنيتها تحت تأثير الاحمال الى اوزان كبيرة، في حين كان معامل التوصيل الحراري للألواح المحضرة هو ($K= 0.51\ w/m.k^{o}$) والتي هي ضمن حدود قيم التوصيل الحراري للمواد السيراميك ($K= 0.3 - 0.81\ w/m.k^{o}$). تم ذكر مقارنة التوصيلية الحرارية بين الواح ومواد اخرى في جدول نتائج القياسات الحرارية.

كذلك في مجال مقاومة التآكل أظهرت الالواح المحضرة مقاومة جيدة للتآكل ضد الحوامض ومقاومة عالية ضد القواعد، مما يعكس التطور الكبير في عموم الصفات المميزة لهذه الالواح، مما يجعلها مرشح ممتاز كألواح بديلة عن المستورد لمدى واسع من التطبيقات في الحياة العامة.

أ-المقدمة:

انتشرت الالواح متوسطة الكثافة MDF بكمية كبيرة جداً في الآونة الأخيرة في الأسواق، وذلك بسبب توافر الكثير من المميزات، حيث يتم تصنع هذه الالواح عن طريق تجميع بقايا الخشب المقطوع، مثل بقايا التقطيع أو ما تسمى (نشارة الخشب)، ويتم تجميعها من محلات تصنيع الأثاث، وبعد معالجتها مع الكرتون وبرادة الحديد ومواد لاصقة تكبس في مكابس ميكانيكية تحت ضغط متوسط وحرارة معينة، وفى النهاية يتم ادخاله إلى ماكينات تنعيم تمنحه الملمس الناعم، ويدخل على ماكينات تقطيع لكى يتم تشكيله كألواح بمقاسات مختلفة جاهزة للاستخدام (6-1).

ويمتاز هذا النوع من الالواح المصنعة بأنها (10-7):

- اقتصادية جداً في كلفة التصنيع مقارنة بأنواع الخشب الطبيعي.
- تسمح بإمكانيات تجهيز رائعة بسبب مسامه الضيقة جداً وسطحه الأملس. بالإضافة لعدم وجود عقد الخشب التي نراها في الخشب الطبيعي، وبالتالي لا يحتاج إلى مجهود إضافي لكى يظهر بشكل جميل أثناء التجهيز والدهان.
- سهولة استخدامها في التنفيذ بشكل كبير.
- المرونة في التشكيل بمعنى انه يمكنك تنفيذ أشكال متنوعة كاملة لا يمكنك تنفيذها من خلال الخشب الطبيعي، وذلك بسبب عدم انتمائه لفئة الاخشاب ولكن هو عبارة عن ألياف ذات كثافة متوسطة وليست عالية يمكن قولبتها الى الاشكال المطلوبة.

وعلى الرغم مما ذكر أعلاه من مميزات، الا أن هنالك عيوب ظهرت في الواح MDF، ومنها سهولة الكسر لأنه لا يتحمل الضغط المرتفع، فإذا قمت بتجربة الوقوف عليه أو الضغط عليه بشكل كبير فسوف ينكسر بسهولة، مع عدم قدرته على تحمل الرطوبة، وهي من المشاكل الكبيرة التي تحد من الاستفادة منه في التطبيق، كونه تصميم لا يتحمل نسبة رطوبة عالية والتي تتراوح بين (10%-12%)، بالتالي عند نقله وتعرضه لدرجة رطوبة مختلفة تبدأ العيوب في الظهور مع عمر افتراضي لا يتجاوز 4 سنوات، بعدها يبدأ في التشقق والتفكك، وإذا ظهر به أي عيوب أو تكسير أو تم خدشه أثناء النقل لا يمكن اصلاحه على عكس الخشب الطبيعي الذي يمكن معالجته بسهولة (11-13).

اما أخطر عيوبه فهو وجود المواد الراتنجية اللاصقة التي تدخل بتركيبه ومنها مادة مسرطنة، لذا ينصح المحترفين باستخدامه في الأماكن المفتوحة أو الخارجية، وبالطبع بعيدا عن المطر أو

الاجواء ذات الرطوبة العالية. وإذا تم استخدامه في اماكن داخلية كالمنزل مثلاً فلابد من استخدام وسائل الأمان مثل الكمامة التي يجب أن يستخدمها العمال أثناء الرش، هذا بالإضافة الى مخاطر الاحتراق السريعة (15-14).

ب- الفن السابق:

بدايةً تم تصنيع MDF في عام 1980م في استراليا، وهذا النوع من الالواح يتكون من نشارة والياف الاخشاب، والمكون الأساسي له هو خشب لين تم تقطيعه الى الياف، كلما تنوعت الاخشاب الطبيعية المستخدمة في صناعة MDF، ولغرض الحصول على الواح ذات جودة عالية تتم اضافة بعض المواد اللاصقة او الصمغية، ويتم خلط هذه المواد المختلفة معا كما يضاف ايضاً الياف الزجاج والحديد والكربون ويكبس الخليط تحت ضغط عالي ليعطي اللوح المصنع مميزاته المرغوبة.

بصورة عامة فان مكونات الواح الخشب الليفية المتوسط الكثافة (MDF) تتكون من الخشب بنسبة (82%) وراتنجات اليوريا فورمالديهيد بنسبة (9%) وماء بنسبة (8%) وشمع البارافين بنسبة (1%)، لدوره المهم في تقليل نسبة الرطوبة الممتصة من قبل اللوح الليفي، علماً أن كثافة الالواح الناتجة تكون ضمن المدى [500 kg/m^3] و [1000 kg/m^3] حيث أن راتنجات اليوريا فورمالديهيد تكون بهذه النسبة(60%) من سعر هذه الالواح (16-17).

الألواح الليفية بشكل عام تنتج بسمك يتراوح بين (3-40) ملمتر بالطريقة الجافة، ويمكن استخدام الطريقة الرطبة لإنتاجها بسمك يتراوح بين (3-8) ملمتر، أما الأبعاد القياسية لهذه الألواح بوحدة القدم فهي (4x8) ، (4x10)، ويمكن إنتاجها بأبعاد تزيد عن ذلك أيضاً. ويستخدم اليوم هذا النوع من الألواح بشكل واسع جداً في صناعة الأثاث وصناعة الأرضيات الخشبية والواح التغليف مع استخدامات أخرى عديدة. يتم عادةً أكساء تلك الألواح بأنواع مختلفة من مغطيات الديكور (Decorative overlays)، حيث يتم تغطية سطحه بواسطة ورق او الواح من الميلامين التي تختلف الوانها حسب الطلب، ومن الممكن تغطية سطحه بقشرة من الأخشاب الثمينة او الطبيعية وبعض المواد البلاستيكية او الرسومات بألوانها وأشكالها المختلفة، أو طلائها بالأصباغ أيضاً، مع إمكانية إضافة مواد كيميائية مختلفة أثناء إنتاجها لتكون هذه الألواح مقاومة للحريق وممانعة للتآكل، ويبين الجدول (1) أنواع الالواح الليفية المختلفة وحسب كثافتها ونوعية مكوناتها (18).

يوجد نوع اخر من الخشب الليفي يسمى MCF وهو نوع من ألواح راتينج الميلامين، وهو يختلف عن MDF في انه متوافر بألوان مختلفة (solid colors)، والذي يضاف اليه برادة الحديد للحصول على متانة اعلى ويستخدم في الارضيات بسمك (16 ملم و18 ملم و20 ملم) وأبعاده (1220ملم x 2440 ملم).

ان ألواح الخشب الحبيبي لا تختلف عن الألواح الليفية إلا ببعض المواصفات الفيزيائية، وتشابهها في كثرة مجالات الاستخدام وأبعاد الألواح، إلا أنها تنتج بالطريقة الجافة فقط. النوع الآخر من الألواح هو الألواح الخشبية الإسمنتية التي تنتج من خليط من الإسمنت وحبيبات أو ألياف السعف والجذوع والليف والعذوق لشجرة النخيل، ويستخدم هذا النوع من الألواح للأغراض الإنشائية، فهو ينتج بشكل ألواح مستوية تستعمل في بناء البيوت الجاهزة والأرضيات والتغليف والسقوف الثانوية وقواطع البناء وغير ذلك، ويمكن انتاجها بشكل ألواح ذات سطح متعرج (Engraved) وبأشكال الطابوق المرصوف أو الحجر الطبيعي، أو يأخذ شكل الأخشاب الطبيعية ويغطى كذلك بأصباغ أو مغطيات الديكور المختلفة لتوسيع مديات استخدامه.

أما الألواح الخشبية البلاستيكية فتنتج عادةً من خليط حبيبات مخلفات شجرة النخيل بشكل عام والبولي اثيلين أو البولي ستايرين أو البولي أستر مع إضافة مواد كيميائية رابطة كراتنجات الفينول أو اليوريا فورمالديهايد، إضافة الى مواد كيميائية أخرى تجعل من الألواح مقاومة للحريق أو التعفن أو الحشرات وغيرها، ويتميز هذا النوع من الألواح بقابلية عالية لمقاومة الرطوبة وهي ميزة نادرة ينفرد بها هذا النوع من الألواح، أما استخداماتها الرئيسية فهي في صناعة الأثاث والأبواب مع استخدامات أخرى عديدة، خصوصاً في المناطق الرطبة جداً. وتوضح الصور المرفقة مجموعة متنوعة من الخشب الليفي مختلف الكثافات (عالية ومتوسطة ومنخفضة).

ت- التفاصيل: -

ت-4- المواصفات:

ان من الضروري دراسة خاصية الاحتراق للنموذج المحضر والتي تم أجراء قياساتها وفقاً للمواصفة القياسية الامريكية (ASTM D635-18 Standard Test Method for Rate of Burning)، اذ بينت النتائج المستحصلة في هذا المجال ان النموذج المحضر يمتاز بقابلية الانطفاء الذاتي، حيث تم قطع نموذج بابعاد ثابتة بشكل متوازي مستطيلات (الطول 5 سم وعرض 5 سم وارتفاع 1 سم)، واستخدم مصدر لهب بنزن لغرض فحص الاحتراقية للنموذج، حيث تصل درجة حرارة اللهب في هذا النوع من المصادر الى (600-700) درجة مئوية، وهي درجة حرارة عالية وقاسية لهذا النوع من الاختبارات، تم تعريض النموذج المحضر الى لهب النار مباشرة وبدون وجود مسافة فاصلة بين اللهب والعينة المقاسة، واستمر التعريض المباشر لهذا اللهب لمدة دقيقة واحدة ثم رفع اللهب، حيث لوحظ بعد فترة زمنية قليلة انطفاء النار عن سطح النموذج مما يدلل على خاصية الانطفاء الذاتي, ولوحظ انبعاث دخان أبيض وعدم سقوط شرارات ملتهبة الى ارضية التجربة وأن انبعاث هذه الغازات ساهم في حماية النموذج المحضر من الاحتراق، ان النموذج المحضر وبعد تعرضه للاحتراق قد انطفئ وان الاحتراق كان سطحيا ولم يكن كليا، حيث نلاحظ بعد قسم النموذج الى قطعتين نلاحظ ان باطن النموذج باق كما هو، ولم يتعرض الى الاحتراق كما موضح في الشكلين (10) و (11)، وتم التأكد من ذلك من خلال شطر هذا النموذج المحترق لرؤية داخل النموذج ومعرفة احتراقه من عدمه، والتأكد من عدم وصول اللهب الى داخل (السطح القريب) النموذج، وهذه خاصية جيدة جدا وخصوصا في حالة تصنيع مواد البناء لحماية السكان القاطنين والممتلكات من خطر الحرائق. ان نسبة الفقدان بالحرق مبينة في الجدول رقم (3)، ومنه يتضح أن معدل الفقدان بالاحتراق 2% تقريبا من الوزن الاصلي للنموذج بعد خمس مرات من الحرق المتكرر المتسلسل، اذ كانت عملية الحرق الثانية تبدأ مباشرة بعد اخذ الوزن وهي نسبة جيدة جداً اذ يفقد النموذج المصنع (2%) فقط من وزنه الاصلي بعد التعرض لخمس مرات من الاحتراق وباستخدام لهيب ذو درجة حرارة عالية، وهذا ما يؤكد ذهابنا الى القول بان هذه المادة تمتلك خاصية الانطفاء الذاتي ومقاومة الاحتراق.

تعتبر الخصائص الميكانيكية للنماذج المحضرة من الصفات المهمة جداً، وتم قياسها في مركز أبحاث البوليمر في جامعة البصرة باستخدام جهاز (Zwich-Roell) الماني المنشأ والخاص بقياس الخواص الميكانيكية للبوليمرات، حيث يبين الجدول (4) القيم المستحصلة من القياسات الميكانيكية وهي: مقاومة الانحناء، الاستطالة القصوى، الانحناء، معامل يونك، مقاومة الانضغاط وأقصى انكماش انضغاطي. بينت النتائج أن المادة المحضرة تمتلك مقاومة انضغاط عالية وتحافظ على شكل الابعاد تحت تأثير الاحمال الانضغاطية. من جانب اخر تظهر المادة

سلوكا مطاوعا (Ductile) تحت حمل الانحناء كما في الشكل (12)، بالرغم من امتلاك المادة مقاومة انحناء معتدلة ألا أنها تحتفظ بشكلها وبنيتها تحت تأثير الاحمال الى اوزان كبيرة.

نلاحظ من الشكلين (12) و(13) اللذان يوضحان الخصائص الميكانيكية للألواح المحضرة، ان مقاومة الانضغاط تصل الى (6.38 MPa) ميكا باسكال، وهي مقاومة تقارب مقاومة الانضغاط للخلطات الاسمنتية.

أن التقارب بين الشكلين (12) و(13) يعتمد على اظهار منحنيات الإجهاد والانفعال او المطاوعة، حيث أن استجابة الواح MDF المحضرة للإجهاد المطبق (عادة الشد) قد مكننا من تحديد معلومات مهمة مثل معامل مرونة المادة ومدى قابليتها للتمدد تحت تأثير هذا الضغط او الشد، ومدى احتفاظها بشكلها الاصلي، والى اي مدى تحتفظ بقابلية المرونة، حيث ان المعرفة الدقيقة لهذه المتغيرات أمر بالغ الأهمية في التصميم الهندسي والتطبيقات الهندسية.

تم الحصول على منحي إجهاد المطاوعة للألواح المحضرة تم عن طريق مد العينة بمعدل ثابت من خلال تطبيق قوة شد باستخدام معدل ثابت للاختبار. ونلاحظ في المنطقة المرنة، ان هنالك تناسب بين الاستطالة او التشوه في هذه المنطقة مع الضغط، ويكون التشوه قابلاً للانعكاس تمامًا بموجب قانون هوك. حيث يبين ميلان الخط المستقيم لمنحنى معامل المرونة للمادة، ومن غير المحتمل أن تكون المنطقة المرنة للمنحنى مستقيمة تمامًا ومع زيادة الضغط او الشد على العينة الواقعة تحت الاختبار وباستمرار هذا الضغط نلاحظ ظهور مناطق مختلفة على منحني الاجهاد–المطاوعة تعكس سلوكيات ما بعد حد المرونة للعينة المحضرة، فعندما تتعرض المادة للحمل فإنها تمتص الطاقة المطبقة عليها. قدرة المادة على امتصاص الطاقة والخضوع للتشوه البلاستيكي دون كسر دائم هي صلابة المادة. الصلابة هي مقدار الطاقة لكل وحدة حجم والتي يمكن للمادة أن تمتصها دون أن تتكسر. وكما يمكن حساب المتانة من خلال إيجاد المنطقة الواقعة تحت منحنى الإجهاد المطاوعة المرسوم للعينة المحضرة.

يمكن حساب المنطقة الواقعة تحت منحنى الإجهاد والانفعال من خلال دمج المنحنى. عندما يكون الرسم البياني خطاً مستقيماً، ستكون لديك منطقة مثلثة يمكن تحديد مساحتها بسهولة. اذ ان المنطقة الواقعة تحت الرسم البياني للإجهاد والانفعال هي طاقة الإجهاد لكل وحدة حجم (جول لكل متر مكعب).

قياس معامل التوصيل الحراري (Thermal conductivity coefficient test)

واحدة من أهم خصائص المواد، بطبيعة الحال، هو الموصلية الحرارية. هذا المؤشر لأنواع مختلفة من المواد يمكن أن تختلف اختلافا كبيرا، خلال بناء المباني والهياكل قد تستخدم مواد مختلفة، فالمباني السكنية والصناعية عادة ما تكون معزولة. وتستخدم العوازل الخاصة في بنائها، والغرض الرئيسي منها هو الحفاظ على درجة حرارة داخلية مريحة، لذا يجب مراعاة التوصيل الحراري للمواد الأساسية المستخدمة في بناء الهياكل المحيطة.

إن التوصيلية الحرارية هي كمية الحرارة التي تنتقل في وحدة الزمن خلال وحدة المساحة عندما يكون هناك اختلاف بين درجة حرارة السطحين الداخلي والخارجي درجة حرارية واحدة. وتعتبر عملية قياس معامل التوصيل الحراري من العمليات المهمة التي يستعان بها في تحديد كفاءة التركيبات البوليمرية في التطبيقات المختلفة.

تم إجراء قياس الموصلية الحرارية (K) بواسطة وحدة التوصيل الحراري هيلتون H940، اذ يمكن حساب K باستخدام قانون فوريه، وتعطى العلاقة على النحو التالي:(19)

$$K = -\frac{q}{A}\frac{x}{\Delta T}$$

حيث: K:الموصلية الحرارية (W /m.°K)، q: الطاقة الحرارية (W)، T: درجة الحرارة (°K)، X:سمك عينة الاختبار (m)، A: مساحة العينة (m^2)، ΔT : الانحدار في درجة الحرارة.

يقصد بالانحدار الحراري هو الفرق بدرجة الحرارة بين طرفي العينة او وجهي العينة الواقعة تحت الاختبار.

بينت نتائج الفحص ان قيمة التوصيل الحراري للنموذج المحضر (K= 0.51 (w/m.ºk)، والتي هي ضمن حدود قيم التوصيل الحراري للمواد السيراميك (K= 0.3 – 0.81 w/m.ºk)، حيث يمكن أن يتحمل السيراميك درجات حرارة عالية، كما أنه عازل حراري جيد، ولا يتمدد بشكل كبير عند تسخينه وبالتالي يتم استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات.

يبين الجدول (5) التوصيلية الحرارية للألواح المحضرة ومقارنتها مع الواح ومواد اخرى، حيث ان صفة العزل المقاربة للسيراميك متأتية من طبيعة التآصر الكيميائي في الالواح المحضرة عن طريق الاصرة التساهمية والأيونية. كما هو الحال في المواد السيراميكية حيث يكون ترابط الذرات معاً أقوى بكثير في الترابط التساهمي والأيوني منه في الترابط المعدني، وبالتالي فإن غياب الإلكترونات الحرة مسؤول عن جعل معظم السيراميك موصلات ضعيفة للكهرباء والحرارة. لذا فان هذه الالواح المحضرة يمكن ان تستخدم كعوازل حرارية، لأن فائدة مواد العزل الحراري امر

معروف في صناعة البناء لتقليل فقد الحرارة أو اكتسابها من خلال غلاف المنزل (الجدران الخارجية والنوافذ والأسقف والأساسات، وما إلى ذلك). يخلق العزل الحراري الراحة الحرارية داخل المنازل عن طريق الحفاظ على درجة الحرارة في حالة مناسبة وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة اللازمة للتبريد صيفاً او التدفئة شتاءً.(28–20)

ومن العيوب التي سجلت على الواح MDF الليفية بصورة عامة هو عدم قدرتها على تحمل الرطوبة وتعد هذه أكبر مشكلة تواجهها، لأنه مصمم بحيث لا يتحمل نسبة رطوبة أعلى من النسبة التي يتم تخزينه فيها بالمصنع المصنع له، وتتراوح ما بين (10%–12%)، وبالتالي عند نقله وتعرضه لدرجة رطوبة مختلفة تبدأ العيوب في الظهور، لذلك لا ينصح باستخدامه في المطابخ والحمامات والاماكن الرطبة لأنها من أكثر الأماكن تعرضاً للمياه. وهذه نقطة مهمة جداً لابد من وضعها في الاعتبار عند التفكير في استخدامه من عدمه.

ومن هنا كان لزاماً ان نقوم بفحص خاصية الامتصاص للرطوبة والتعرض الى الماء، وأثر هذا التعرض على خصائص هذه الالواح ومعرفة مقدار الامتصاص للماء وهل هنالك انتفاخ لهذه الالواح الاسفنجية، كما هو الحال في الواح MDF الليفية، والتي تنتفخ بمجرد امتصاص نسبة عالية من الرطوبة وتفقد جل خواصها مع هذا الانتفاخ والذي يعد من أكبر عيوبها.

أن اختبار امتصاص الماء هو اختبار لتحديد محتوى الرطوبة للألواح المحضرة كنسبة مئوية من وزنها الجاف، وتم حسابها وفقا للمواصفة القياسية البريطانية (1377 , 1967)، حيث يتم وزن العينة وتجفيفها في فرن ثم إعادة وزنها وفقاً للشروط القياسية. تم حساب محتوى الرطوبة الذي يساوي: (وزن الحاوية ذات التربة الرطبة مطروحًا منه وزن الحاوية ذات التربة الجافة) مقسومًا على (وزن الحاوية ذات التربة الجافة مطروحًا منها وزن الحاوية)، ثم مضروبة في 100 للتعبير عنها كنسبة مئوية.

يمكن حساب نسبة الامتصاص للماء من خلال القانون التالي:(29)

$$R = 100\ (Wa - Wb) / Wb$$

حيث Wa هو وزن اللوح بعد امتصاص الماء و Wb هو وزن اللوح قبل امتصاص الماء.

يبين الجدول (6) التغيرات الوزنية الحاصلة لعينتين من الألواح الاسفنجية بعد غمرها بالماء، ونلاحظ من هذا الجدول أن نسبة الامتصاص تكون قليلة قياسا لما هو مسجل في الواح MDF الليفية، وكما هو متوقع كانت هذه النسبة أقل كون البولي يوريثان المادة الاساسية المكونة

للألواح الاسفنجية المحضرة تكون كارهة للماء، كما أن عملية الضغط بواسطة عصا الشيبك قللت من المسامات داخل هذه الالواح مما حد من دخول جزئيات الماء الى داخل المصفوفة البوليمرية. يضاف الى ذلك تصلب الاسمنت الذي هو أحد مكونات هذه الالواح يؤدي الى تقليل هذه المسامات وزيادة صلابة الالواح، وبالتالي زيادة العرقلة لعملية امتصاص جزئيات الماء، ومن هنا نلاحظ أنه وبعد مرور 3 ايام من الغمر المتواصل للألواح الاسفنجية في الماء ووصول هذه الالواح الى نسبة الاشباع، والتي تمثلت بالنسبة (4%) للوح الاول، والنسبة (1.66%) للوح الثاني، وهذه النسبة جدا ممتازة وهي اقل بكثير مقارنة بالنسبة الموجودة في الالواح الليفية الخشبية MDF والتي تصل الى (12%).

ومن النقاط المهمة التي تم مشاهدتها في عملية الغمر لهذه الالواح في الماء هي الغياب الكلي للانتفاخ (swelling)، حيث تعتبر عملية الانتفاخ من أكبر العيوب التي تسجل وتؤثر على صفات وعمر الالواح الليفية، وهو عيب نشاهده كثيرا في حياتنا اليومية في حين غابت عيوب الانتفاخ والتشققات في الالواح الاسفنجية المحضرة.

لغرض معرفة مدى مقاومة المنتج الجديد للحوامض والقواعد من خلال حساب الفرق في الوزن كدالة الى زمن الغمر ودرجة الحرارة، وهي الطريقة المعتمدة لمراقبة وقياس التآكل الخارجي أو الداخلي في الهياكل المعدنية وغيرها. تتضمن هذه الطريقة تسجيل الفرق في الوزن على فترات زمنية محددة. وهي الأبسط لمراقبة التآكل لأنها تتعامل مع الوقت والوزن، وهما مؤشران يسهل الحصول عليهما، وتستخدم لتحديد نوع التآكل في بيئة معينة ومدى ملاءمة المواد المختلفة في التصميم لهذه البيئة.

تم تحليل فقدان الوزن باستخدام عينات معينة ذات وزن معروف، وتتضمن هذه العملية وضع هذه العينات في بيئة معينة لفترة زمنية محددة، ثم يتم رفعها وتنظيفها من اجل الحصول على الوزن الصافي وتسجيل فرق الوزن وفقاً للفترات الزمنية. ويتطلب التحليل معدات متاحة بسهولة وموثوقة للحصول على معلومات دقيقة. تم عملية تنظيف وفحص العينات للألواح المحضرة باتباع الخطوات التالية:

– بداية بغسلها أولا بماء الاسالة، ثم الماء المقطر، ثم غسلها أخيرا بالأسيتون للتخلص من الاوساخ العالقة أن وجدت، وبعدها التلميع بورق الرمل وباستخدام المناديل الورقية وقطعة قماش نظيفة تم تجفيفها بصورة اولية، بعد ذلك تم تجفيف العينات بالهواء.

– تم وزن العينات باستخدام ميزان تحليلي يحتوي أربعة منازل عشرية، وتسجيل أوزان العينات.

– تم غمر العينات في محاليل الاختبار HCl وNaoH بتركيز (0.2) مولاري ولفترات زمنية مختلفة.

– تمت رفع العينات من محاليل الاختبار وغسلها أولاً بماء الاسالة، تبع ذلك الغسيل بالماء المقطر، والتنظيف بقطعة قماش ناعمة، والغسيل مرة أخرى بالماء المقطر، تليه الغسيل بالأسيتون والتجفيف.

– تم وزن العينات أخيراً على الميزان التحليلي، ولوحظت الاختلافات في الأوزان في كل فترة زمنية. تم حساب فقدان الوزن باستخدام الصيغة. (30)

$$W.L = (Wb - Wa) / S$$

حيث: Wb و Wa هما الأوزان قبل وبعد الغمر بالمليغرام، S هي مساحة العينة بالسنتيمتر.

يبين الجدول (7) النتائج المستحصلة، والتي بيت التطور الكبير في مقاومة الخلطة المطورة للقواعد والحوامض القوية وفق المواصفة القياسية العراقية رقم 1555 لسنة 2000 والتعديل الاول لسنة 2002م.

حيث نلاحظ المقدار الضئيل من الفقدان بالوزن وخصوصاً في القواعد القوية، مما يدلل على مقاومة الالواح الكبيرة تجاه الاحماض والقواعد، وهي ميزة تفتقد لها الخرسانة وبقية أنواع الارضيات والتي يكون فيها الاسمنت عنصرا أساسيا في تركيبها، بالإضافة الى طبيعة التراصف داخل اللوح والتي تمنع الاختراق من قبل العناصر الكيميائية المهاجمة، مع ملاحظة ان النماذج المحضرة عرضت لنوعين من التآكل وهو التأكل الكيميائي بالحوامض القوية والقواعد القوية عند درجة حرارة الغرفة، وعلى الرغم من هذين النوعين فان النماذج بقيت مقاومة بل لها مقاومة عالية جدا تجاه هذين النوعين من التآكل.

تبين الصور من (14–24) بعض خصائص هذه الالواح المحضرة من حيث الاستجابة لأدوات النجارة او مقاومة الاحتراق او شدة اللمعان او قابلية الطلاء بمختلف الالوان وحتى لصق ورق التغليف على سطح هذه الالواح.

ث- التطبيقات:

1- وزارة الصناعة.

2- القطاع الصناعي الخاص.

ح- المميزات:

1- تكون خفيفة الوزن.
2- تمتاز بان كلفة الانتاج قليلة مقارنة بالأخشاب الاعتيادية.
3- يمكن تصنيعها بمساحة كبيرة مع سهولة التصنيع والنقل من مكان الى أخر بدون خطورة الكسر.
4- يمكن التعامل معها يدوياً بأدوات النجارة الاعتيادية الا ان عملية التقطيع الى سمك قليل يصل الى الملمتر تحتاج الى مكائن نجارة أحدث.
5- أمكانية التصنيع بالأشكال المطلوبة وبسهولة اعتماداً على نوع القالب المستخدم في عملية التصنيع.
6- بعض المواد الاولية الداخلة في عملية متوافرة وبشكل كبير ورخيصة.
7- تمتاز بثبات حجمها تحت الضغط ولها خصائص ميكانيكية عالية مقارنة بمثيلاتها.
8- تكون بعد التصنيع مادة صديقة للبيئة باعتبارها غير سامة ولا تتفاعل مع المواد الأخرى.

9- اعتمادا على مقاومتها العالية للحوامض والقواعد والاملاح لذا فهي ذات عمر طويل نسبيا قياساً الى العمر الافتراضي لألواح MDF الخشبية وهو 4 سنوات.

10-قابلية التصنيع من أنواع مختلفة من الاسمنت فبدلاً من ماركة فالكون يمكن استخدام اسمنت طالوسة او اسمنت أم قصر وغيره.

11-امتيازها بمقاومة عالية جدا للاحتراق (غير قابلة للاحتراق) إذا ما قورنت بألواح البناء الجاهز المستخدمة حالياً والتي تعتمد بوليمر البولي يورثان كأساس للألواح.

12-تمتاز بزيادة في مقاومة الانضغاط مع مرور الزمن.

13-يمكن طلائها بالايبوكسي او البوليستر لتزداد بذلك قوة ولمعاناً.

14-يمكن اصلاح العيوب والخدوش التي يمكن أن تظهر أثناء العمل من خلال الطلاء بالايبوكسي او البوليستر.

15- لا تحتاج الى عمليات خاصة او معالجات ومواد خاصة بعملية التصنيع بل ان التصنيع يمكن ان يكون منزلياً بوجود القليل من الادوات المناسبة.

16- مقاومتها للرطوبة يمنحها عمر أطول نسبياً من الواح MDF الخشبية.

17- أن النتائج الخاصة بالامتصاص الماء بينت وبلا شك أن هذه الالواح لا تعاني من الانتفاخ والتشققات كما هو الحال في الواح MDF الخشبية، وبالتالي يمكن استخدامها في تطبيقات الظروف الرطبة.

ج - الادعاءات والحقوق التي نطلب حمايتها:

1- تصنيع الواح اسفنجية كبدائل للألواح الليفية متوسطة الكثافة (MDF Fiberboard).

2- اشارة الى الادعاء الاول تم تحضير هذه الالواح الاسفنجية بالنسب الحجمية للمواد التالية البولي أول (3)، ثنائي أيزوسيانات (3)، الاسمنت (فالكون)، الجص (معمل النجف) (0.5)، برادة الالمنيوم (1).

3- اشارة الى الادعاء الاول تم تصنيع الواح اسفنجية بديلة لألواح MDF الليفية الخشبية بمقاومة تآكل كيميائي وخصائص ميكانيكية عالية جداً وذات عازلية حرارية جيدة جداً.

4- اشارة الى الادعاء الاول ان هذه الالواح الاسفنجية المصنعة تمتاز بمقاومتها العالية للاحتراق مع قابليتها للانطفاء الذاتي.

5- اشارة الى الادعاء الاول تم تصنيع الواح اسفنجية تمتاز بعدم الانتفاخ حين التعرض الى نسبة رطوبة عالية.

الجدول (1) أنواع الخشب الليفي وحسب كثافتها ونوعية مكوناتها.

High density fiberboard (HDF)	الألواح الليفية عالية الكثافة
Medium density fiberboard (MDF)	الألواح الليفية متوسطة الكثافة

Low density fiberboard (LDF)	الألواح الليفية واطئة الكثافة
Particle board	ألواح الخشب الحُبيبي
Cement bonded fiberboard	الألواح الليفية الإسمنتية
Cement bonded particle board	الألواح الحبيبية الإسمنتية
Wood plastic composite board	الألواح الخشبية البلاستيكية

الجدول (2) النسب الحجمية للمواد الداخلة في تحضير النماذج.

المادة	**النسبة الحجمية للمكونات**
البولي أول	4/3
ثنائي أيزوسيانات	4/3
الاسمنت (فالكون)	2/1
الجص (معمل النجف)	1
برادة الالمنيوم	1
غراء السيراميك	4/1

الجدول (3) نسبة الفقدان بالحرق للألواح الاسفنجية المحضرة

الاحتراق	**وزن النموذج بعد الاحتراق (غم)**	**نسبة الفقدان بالحرق %**
قبل الحرق	5.23	0
بعد الحرق الاول	5.22	0.191
بعد الحرق الثاني	5.21	0.382

بعد الحرق الثالث	5.18	0.956
بعد الحرق الرابع	5.16	1.338
بعد الحرق الخامس	5.13	1,912

الجدول (4) الخصائص الميكانيكية للألواح المحضرة.

الخاصية	مقاومة الانحناء (MPa)	نسبة أقصى استطالة انحناء	مقاومة الانضغاط (MPa)	نسبة أقصى انكماش انضغاطي
القيمة	6.31	0.7 %	41.8	5.7 %

الجدول (5) التوصيلية الحرارية لألواح MDF المحضرة في هذا البحث ومقارنتها مع التوصيلية الحرارية لألواح أخرى. (28-20)

نوع اللوح	**التوصيلية الحرارية (w/m.°k)**
الواح MDF المحضرة في هذا البحث	0.51

السيراميك	0.3 – 0.81
Pyrolyzing New Zealand Medium Density Fiberboard (MDF)	0.09
Fiber board mats	0.98–0.99
Medium density Fiberboard	0.2–0.22
Medium density Fiberboard	0.16–0.19
particleboard (PB)	0.1–0.25
High density Fiberboard (HDF)	0.0977–0.148

الجدول (6) النسب المئوية الوزنية لامتصاص الماء للألواح المحضرة مع زمن الغمر.

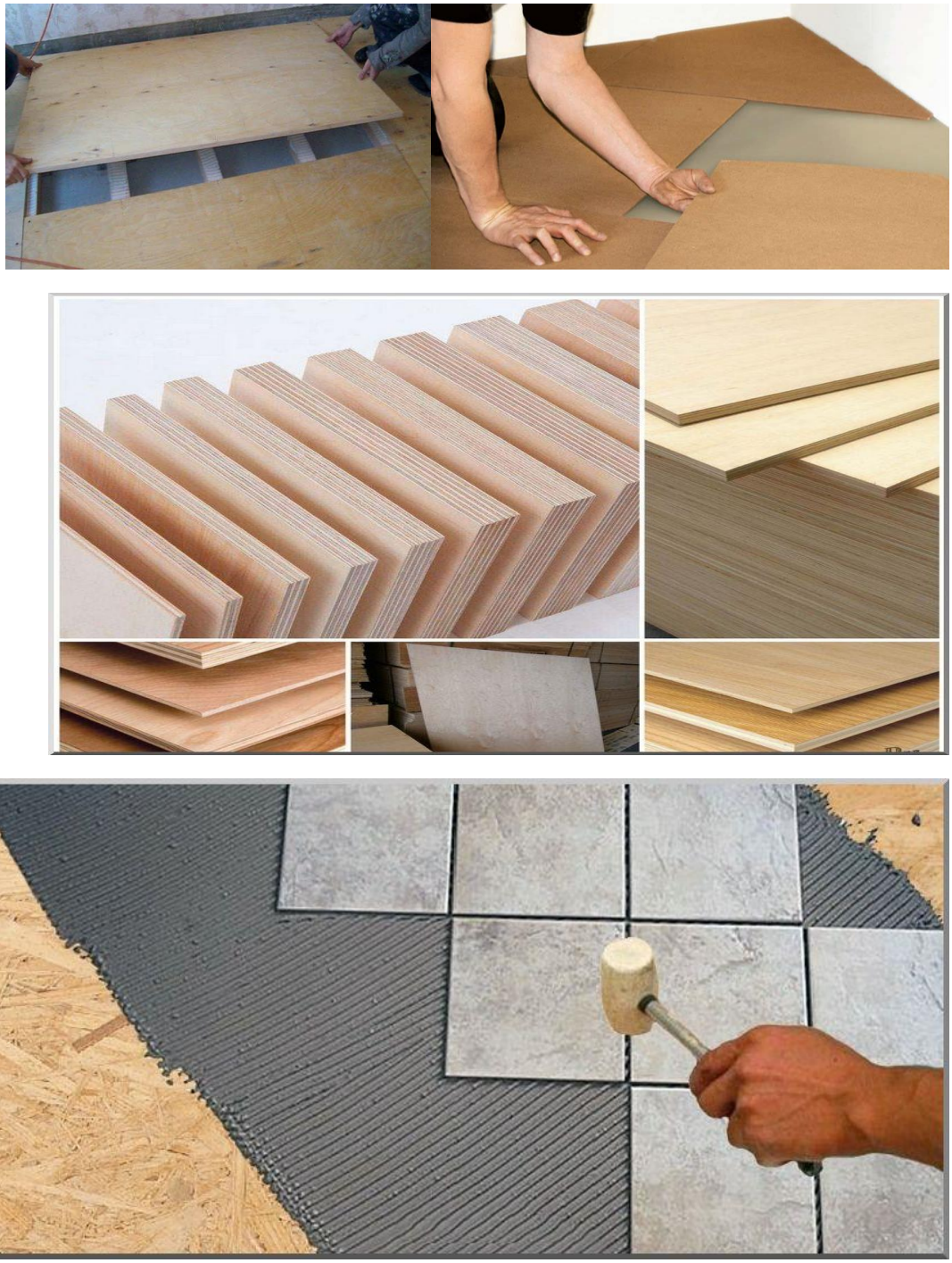
زمن الغمر(يوم)	وزن العينة الاولى (غم)	النسبة المئوية للامتصاص للعينة 1	وزن العينة الثانية (غم)	النسبة المئوية للامتصاص للعينة 2

0	4	0	6.77	0
1	4.09	%2.2	6.81	%0.59
2	4.13	%3.25	6.87	%1.477
3	4.16	%4	6.88	%1.622

الجدول (7) التغيرات الوزنية للنموذج المغمور في حامض الهيدروليك (0.2) وهيدروكسيد الصوديوم (0.2 مولاري) لزمن خمسة ايام من الغمر (نموذجين لكل اختبار).

الوسط التآكلي	رقم العينة	الوزن قبل الغمر (غم)	الوزن بعد الغمر (غم)	النسبة المئوية للتأكل (%)
NaOH	العينة 1	5.39	5.1	5.380
HCL	العينة 2	6.08	6	1.31
NaOH	العينة 3	3.86	3.64	5.699
HCL	العينة 4	6.79	6.67	1.767

الشكل (1–أ) مواصفات غراء السيراميك المستخدم في تصنيع الواح MDF.



الشكل (1) أنواع مختلفة من الالواح الليفية.

الشكل (2) خلطة المضافات المستخدمة مع رغوة البولي يوريثان.

الشكل (3) الخلطة بداية عملية الخلط والتحضير للعجينة المستخدمة في التحضير.

الشكل (4) العجينة المحضرة أثناء عملية الخلط.

الشكل (5) العجينة بعد عمليتي الخلط والصب على سطح بلاستيكي.

الشكل (6) بداية عملية التسطيح والضغط للعجينة المحضرة.

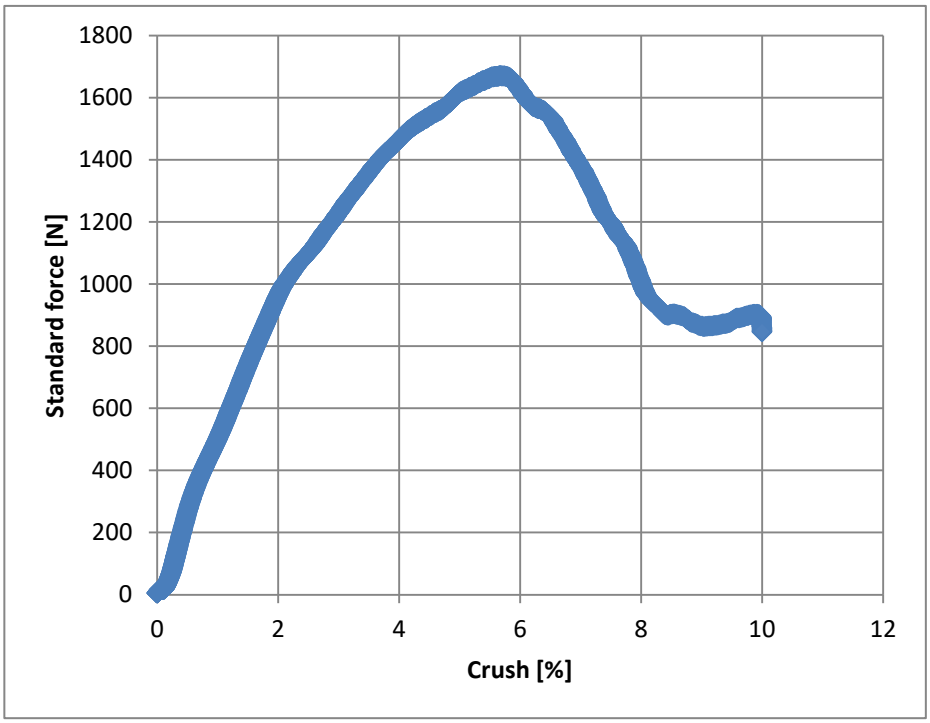
الشكل (7) العجينة أثناء عملية الضغط لغرض تصنيع الالواح.

الشكل (8) الوصول الى الشكل النهائي للوح مع استمرار الكبس للوصول الى السمك المطلوب.

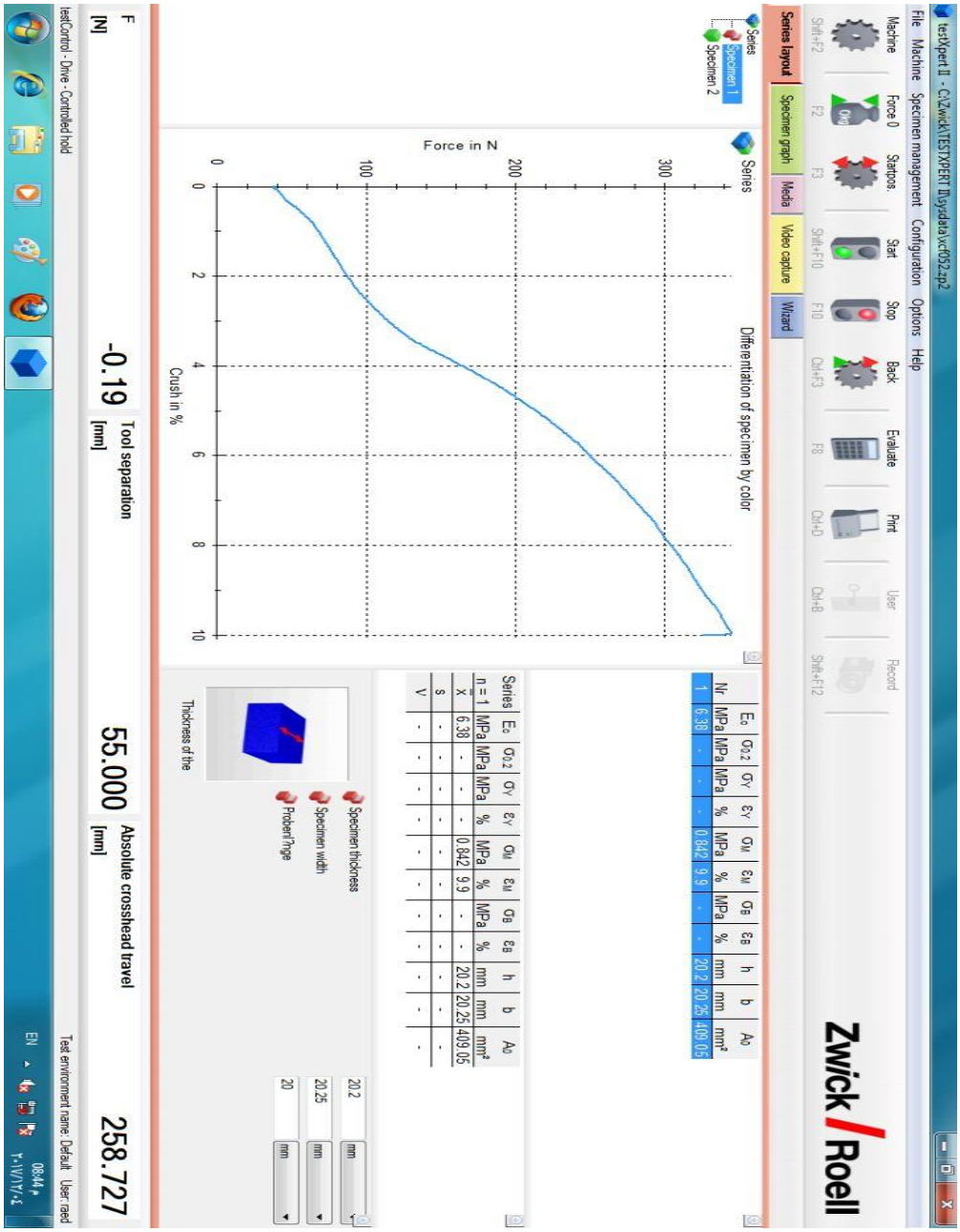
الشكل (9) استخدام أدوات النجارة في تقطيع الالواح الناتجة الى الشكل المطلوب.

الشكل (10) النموذج المحضر اثناء فحص الاحتراق.

الشكل (11) النموذج قبل وبعد فحص الاحتراقية.



الشكل (12) منحني الخصائص الميكانيكية للألواح المحضرة.



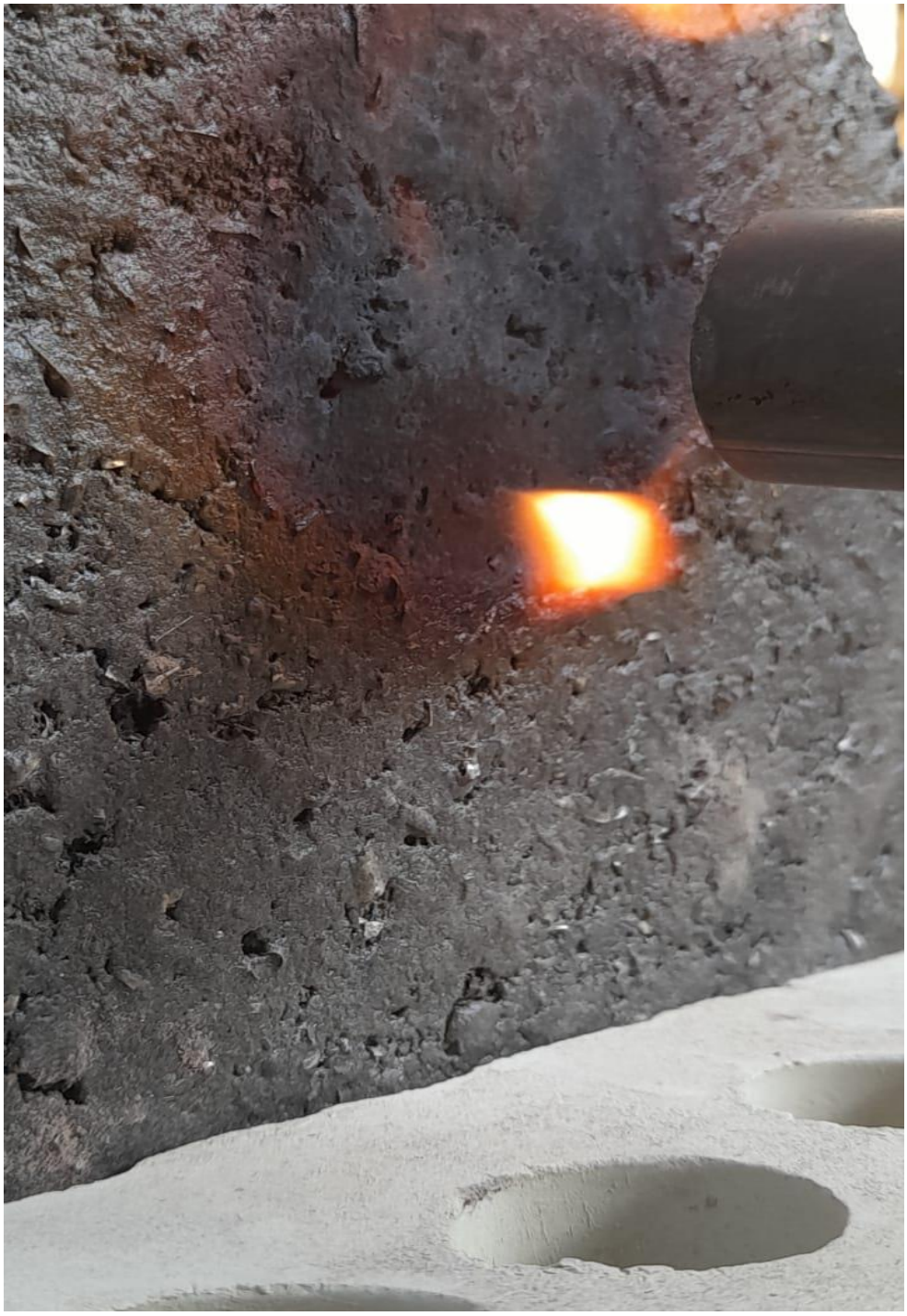
الشكل (13) الخصائص الميكانيكية للألواح المحضرة.

الشكل (14) استخدام أدوات النجارة في تقطيع وثقب الالواح المحضرة.

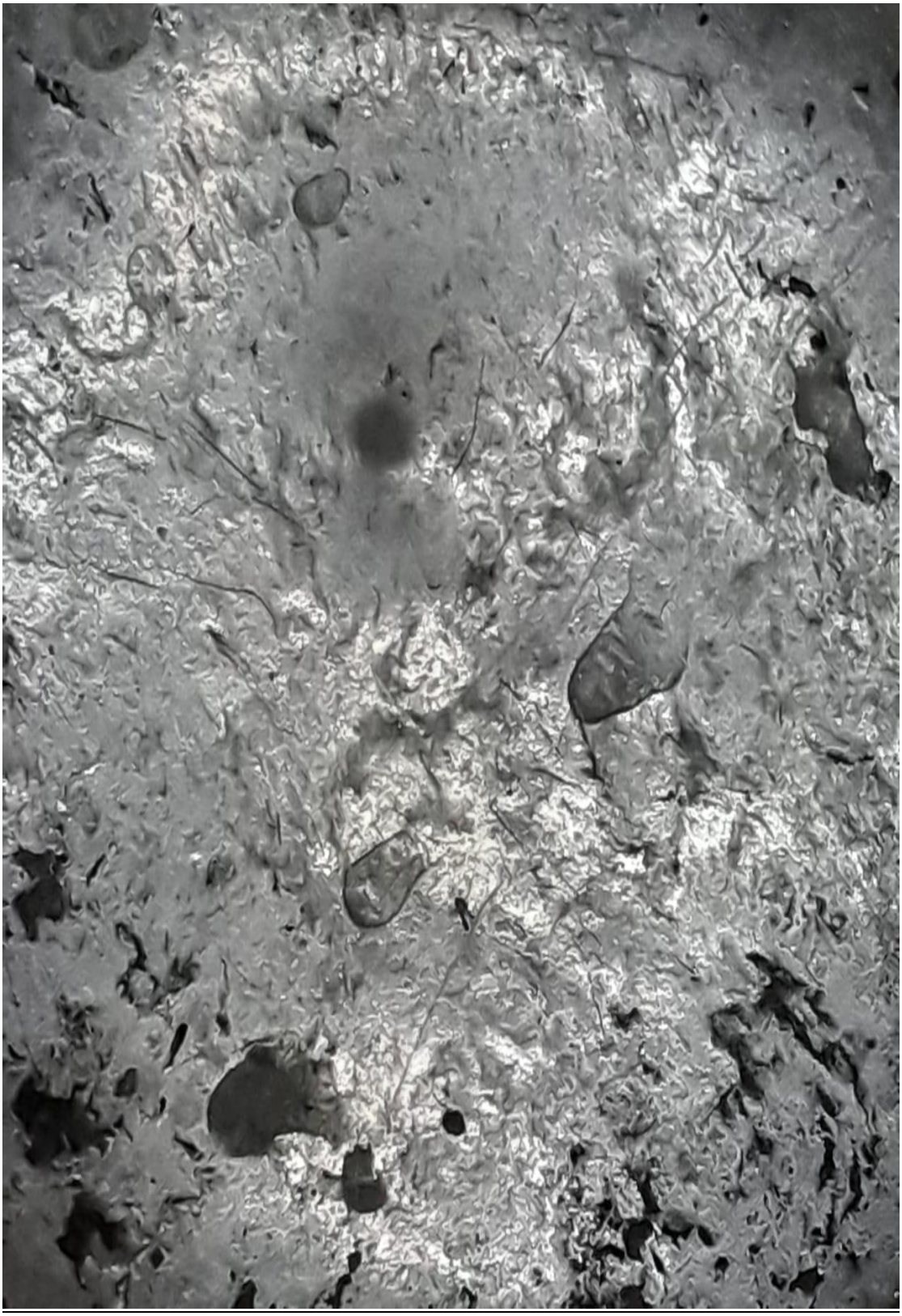
الشكل (15) عملية ثقب اللوح بواسطة أدوات النجارة الكهربائية.

الشكل (16) عملية الحرق للوح المحضر.

الشكل (17) الانطفاء الذاتي للالواح المحضرة حتى بعد خمس دقائق من التعرض المستمر الى اللهيب.



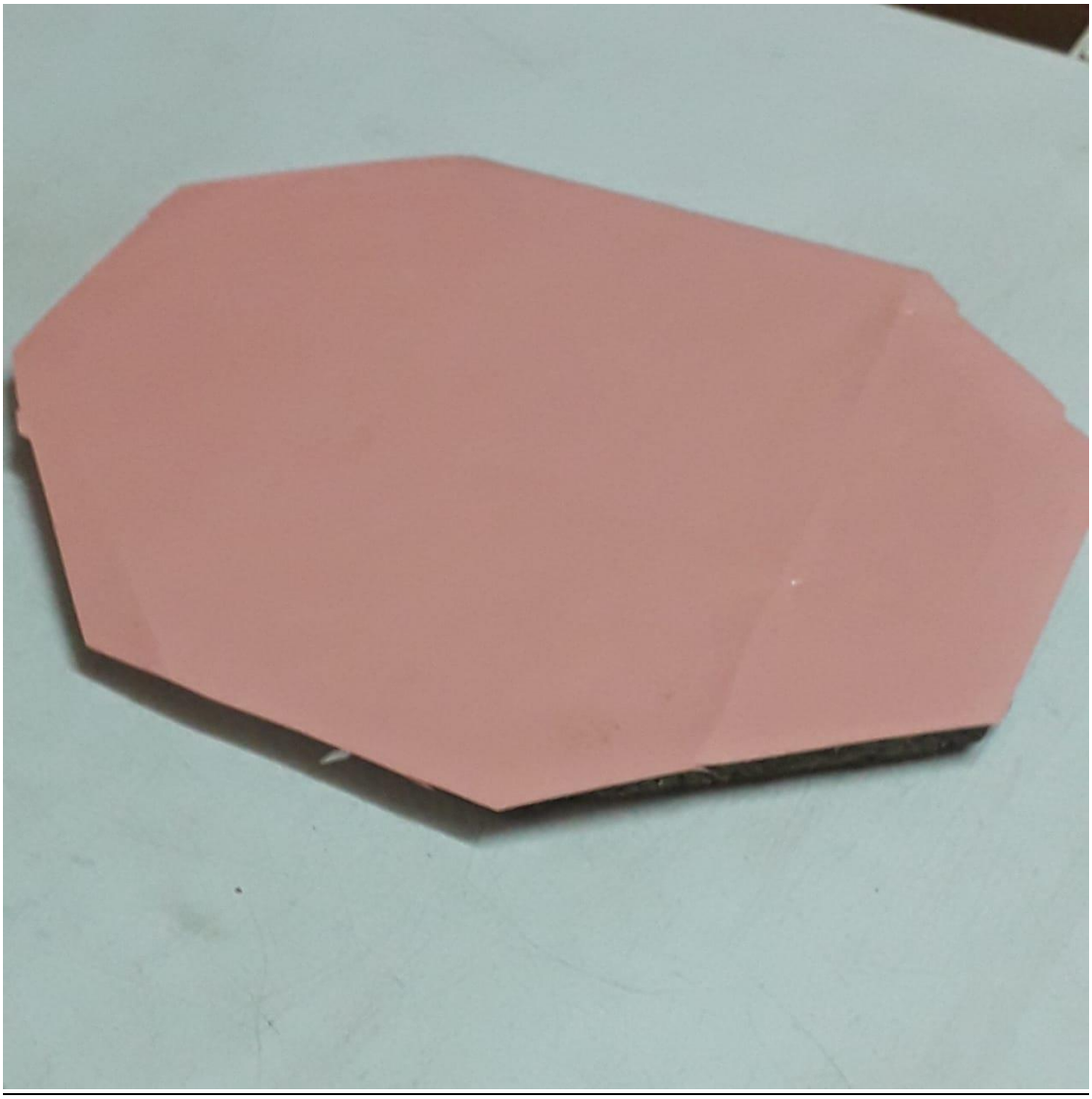
الشكل (18) أعادة عملية الاحتراق ولاكثر من مرة.



الشكل (19) التوهجية واللمعان لسطح اللوح المحضر عند التعرض الى الضوء يعتمد على درجة نعومة سطح التحضير.

الشكل (20) قابلية الالواح المحضرة الطلائية بالوان مختلفة.

الشكل(21) طلاء الالواح المحضرة بلون أخر.



الشكل (22) لصق ورق التغليف على سطح الالواح المحضرة.

س- المصـــــادر

1. Nourbakhsh A. and Ashori A., Highly Fiber-loaded Composites: Physical and Mechanical Properties, Poly. and Poly. Composites, 2008, 16(5), 283-287.

2. Akgul M. and Tozluoglu A., Utilizing Peanut Husk (Arachis hypogaea L.) in the Manufacture of Medium-density Fiberboards, Bioresource Technology, 2008, 99(13), 5590-5594.

3. Simonsen J., Jacobsen R. and Rowell R., Wood-fiber Reinforcement of Styrene-maleic Anhydride Copolymers, Appl. Poly. Sci., 1998, 68(10), 15671157.

4. Elesin M., Mashkin N., Khritankov V. and Karmanovskaya V., Analysis of Creep of Wood-Polymer Composites. IOP Conf. Series: Mater. Sci. and Eng.,2021, 1079 ,042022.

5. Svoykin F., Bazarov A., Gasimov G., Alexndrov V. and Bacherikov I., Elements of bases of mechanics of wood-polymer composites. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sci., 2020, 574, 012077.

6. Dominkovics Z., Danyadi L. and Pukanszky B., Surface Modification of Wood Flour and Its Effect on the Properties of PP/Wood Composites, Composites Part A, 2007, 38(8), 1893-1901.

7. European Panel Federation, Types of wood-based panels and their economic impact, 2018.

8. Michanicl A., Light wood based panels-state of the art trend. In: 4th European wood-based panel symposium, Eur. Panel Federation, 2004, 15-17.

9. Akgül M, Guler C, Çopur Y., Certain physical and mechanical properties of medium density fbreboards manufactured from blends of corn stalks and pine wood, Turk J. Agric. Forest, 2010, 34, 197-206.

10. Akbulut T. and Ayrilmis N., Effect of compression wood on surface roughness and surface absorption of medium density fbreboard, Silva Fennica, 2006, 40, 161-167.

11. Health and Safety Executive, Medium Density Fibreboard (MDF) Hazard Assessment Document, Newsletter of the Woodworking National Interest Group, National Agricultural Centre, Stoneleigh, UK, 2000.

12. Chow P., Bao Z., Younguist J., Rowell R., Mueh J. and Krzysik A., Effects of the two fiber treatments on properties of hemlock hardboard, For Prod J., 1996, 46(7/8), 62-66.

13. Kuo M., Adams D., Myers D., Curry D., Heemstra H., Smith L. and Bian Y., Properties of wood/agricultural fiberboard bonded with soybean-based adhesives. For Prod J., 1998, 48(2),71-75.

14. Nourkhsh A. and Ashori A., Fundamental Studies on Wood-plastic Composites: Effects of Fiber Concentration and Mixing Temperature on the Mechanical Properties of Poplar/PP Composite, Poly. Composites, 2008, 29(5), 569-573.

15. Moran J., Alvarez V., Petrucci R., Kenny J. and Vazquez A., Mechanical Properties of Polypropylene Composites Based on Natural Fibers Subjected to Multiple Extrusion Cycles, App. Pol. Sci., (2007), 103(1), 228-237.

16. Okuda N. and Sato M., Manufacture and mechanical properties of binderless boards from kenaf core, J. of Wood Sci., 2004, 50(1), 53-61.

17. Hashim R., Wan N., Hizroglu S., Kawamura F., Sugimoto T., Seng G. and Tanaka R., Properties of binderless particleboard panels manufactured from oil palm biomass, BioResources, 2012, 7(1), 1352-1365.

18- فؤاد منصور، مجلة المرشد / الادارة العامة لزراعة ابو ظبي / العدد 26 في ديسمبر 2004.

19- Samir I. A., Correlations for the Thermal Conductivity of Metals as a Function of Temperature, Intern. J. of Thermophysics, 2001, 22(6), 1855-1868.

20- Li K.Y., Charles F. and Michael S., Determining Thermal Physical Properties of Pyrolyzing New Zealand Medium Density Fiberboard (MDF), Chem. Eng. Sci., 95, 211–220.

21- Pamela R., Alain C. and Martin-Claude Y., Effect of Density and Fiber Size on Porosity and Thermal Conductivity of Fiberboard Mats, Fibers, 2018, 6, 81.

22- Sonderegger W. and Niemz P., Thermal conductivity and water vapour transmission properties of wood-based materials, Eur. J. Wood Prod, 2009, 67, 313–321.

23- Zhou J., Zhou H., Hu C. and Hu S., Measurements of Thermal and Dielectric Properties of Medium Density Fiberboard with Different Moisture Content, Bio resources, 2013, 8(3), 4185-4192.

24- Lukasz C., Wieslaw O., Jerzy W. and Ryszard G., Thermal properties of wood-based panels:thermal conductivity identification with inverse modeling, Eur. J. Wood Prod, 2016, 74, 577–584.
25- Assael, M.J., Gialou K., Kakosimos K. and Metaxa I., Thermal Conductivity of Reference Solid Materials, Inter. J. of Thermophysics, 2004, 25 (2), 397–408.
26- He X., Gong Q., Guo Y. and Liu J., Microstructure and properties of AlN-BN composites prepared by sparking plasma sintering method, J. of Alloys and Compounds, 2016, 675, 168-173.
27- Wilk A., Rutkowski P., Zientara D. and Bu'cko M., Aluminium oxynitride–hexagonal boron nitride composites with anisotropic properties, J. of the European Ceramic Soc., 2016, 36, 2087-2092.
28- Rihards R. and Janis I., Evaluation of Thermal Properties of Wood Based Composite Panel Walls, Research for Rural Development, 2014, V. 2, 109-114.
29- Mark B., Marcin P. and Rudolf P., Analysis of Selected Water Absorption Coefficient Measurements, J. of Building Physics, 2005, 28(3):227-243
30- Aminu D. U., Adams F. V. and Linus N. O., Weight Loss corrosion study of some metals in acid medium, J. of advances in chemistry, 2016, 11(2):3434-3440.