مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (8) العدد (4) 2024
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (4) 2024

دراسة استخدام القش كمادة عزل مساعدة للمحافظة على ظروف حرارية مناسبة داخل المنشآت الزراعية

د.م وسيم مرشد *

د.م محسن إبراهيم **

م.ميرنا حسامو ***

(تاريخ الإيداع 2023/12/21 . قُبِل للنشر في 2024/4/28)

□ ملخّص □

تعد عملية العزل الحراري من العمليات الهامة عند إنشاء أي منشأة أو مبنى, بهدف التقليل من استعمال الطاقة المصروفة للتدفئة في الشتاء وللتبريد في الصيف, وقد استخدم القش الطبيعي كعازل مع إجراء بعض العمليات التكنولوجية لتحضيره.

أنجز هذا البحث في محافظة طرطوس بهدف دراسة استخدام القش كمادة عزل مساعدة للمحافظة على الظروف المناسبة داخل المنشآت الزراعية. تم صنع قطع من القش مروراً بعدة مراحل, تم تجفيفه وضغطه وإضافة مادة رابطة (بولي استر غير المشبع) وكبسها بمكبس عند ضغوط مختلفة للوصول إلى الشكل النهائي للقطع, ثم تغليفها برولات التغليف (أكياس بولي أوليفين) لضمان الحفاظ عليها من العوامل الجوية والبيئية المحيطة (الرطوبة, عفن ,حشرات,... الخ).

أوضحت التجارب أن القطع المصنعة تحتاج إلى ضغط متوسط لايزيد عن (10bar) لضمان عدم خروج المادة من القالب نتيجة الضغط الزائد, واعتماد طريقة الإشباع للقش بالمادة الرابطة قبل الكبس النهائي, حيث يعطي التوزع المثالي للمادة الرابطة مع القش, وبالتالي تماسك ومتانة ممتازة, تم تقييم أدائها حرارياً بدراسة الموصلية الحرارية من خلال انتقال الحرارة من الطرف الساخن إلى الطرف البارد بوجود القطعة كعازل حراري بينهما, وبمقارنة قيمة موصلية العينة بمواد العزل الحراري المختلفة الأكثر استخداما تبين أن القطع المدروسة بسماكة (4cm) تعد عازل حراري جيد بموصلية بلغت (0.37w/m.°C), وبالتالي تبين أنه يمكن استخدام القش في صنع عازل حراري اقتصادي يتمتع بمواصفات عازلة جيدة للحفاظ على ظروف مناسبة داخل المنشآت.

الكلمات المفتاحية: عزل حراري للمنشاة الزراعية _ استخدام البولي استر غير المشبع _ استخدام القش للعزل _ مخلفات زراعية.

* استاذ مساعد قسم هندسة المكننة الزراعية في كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس.

** مدّرس في كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس.

*** طالبة ماجستير في كلية الهندسة التقنية – اختصاص المكننة الزراعية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (8) العدد (4) 2024
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (4) 2024

Study the use of straw as an aid insulating material in maintaining appropriate conditions inside agricultural facilities

Eng.Mirna Hossamo *
Dr.Eng.Wassem Murshid **
Dr.Eng.Mohsen Ibrahim ***

(Received 21/12/2023 . Accepted 28/4/2024)

□ ABSTRACT □

The process of thermal insulation is one of the important processes when constructing any facility or building, with the aim of reducing the use of energy spent on heating in the winter and cooling in the summer. Natural straw has been used as insulation and some technological processes have been carried out to prepare it. This research was taken place in Tartous Governorate with purpose studying the use of straw as an auxiliary insulation material to maintain appropriate conditions inside agricultural facilities. Pieces of straw were made through several stages. They were dried, compressed, a binder (unsaturated polyester) was added, and pressed with a press at different pressures to reach the final shape of the pieces. Then they were wrapped in packaging rolls (polyolefin bags) to ensure their preservation from the surrounding weather and environmental factors (Moisture, mold, insects, etc). Experiments have shown that manufactured pieces need an average pressure of no more than 10 bar to ensure that the material does not exit the mold because of excessive pressure. The method of saturating the straw with the binder before final pressing is adopted, as it gives the ideal distribution of the binder with the straw, and thus excellent cohesion and durability. It was evaluated Its thermal performance by studying thermal conductivity through the transfer of heat from the hot end to the cold end with the piece as a thermal insulator between them, and by comparing the conductivity value of the sample with the various most commonly used thermal insulation materials, it was found that the studied pieces with a thickness of (4cm) are a good thermal insulator with a conductivity of (0.37 w/m. C^{o}), and thus it turns out that straw can be used to make an economical thermal insulator with good insulating specifications to maintain suitable conditions inside facilities.

Key words: Thermal insulation for agricultural facilities - use of unsaturated polyester - use of straw for insulation - agricultural waste.

* Assistant professor Department of Agricultural Mechanization Engineering college of Technical Engineering, University of Tartous

** Instructor at the college of Technical Engineering, University of Tartous
**** Master's student at the college of Technical Engineering, Department of Agricultural Mechanization

1.المقدمة

أصبح التوجه للاستفادة من المواد التقليدية الصديقة للبيئة هو الاتجاه السائد في الدراسات الحديثة لتطبيقها كمواد للعزل الحراري في ظل أزمة الطاقة العالمية وضرورة استبدالها بأساليب متجددة ومحدودية المواد وارتفاع ثمنها, ولتكون عبارة عن وحدات تحكم في درجة الحرارة والرطوبة وذات تأثير إيجابي على صحة الإنسان, بهدف التقليل من استعمال الطاقة للتدفئة في الشتاء والتبريد في الصيف[الشعار, 2018]. إن غياب التصميم الحراري في إنشاء المنشآت الزراعية يعرضها لمشاكل فيزيائية وأضرار متنوعة تبدأ بالظهور بعد فترة قصيرة من إشغال المبنى, ومن العوامل المهمة التي يجب توافرها في المبنى قدرته في الحفاظ على درجة حرارة مناسبة بحيث يكون محميًا من الصقيع في الشتاء وضد الحرارة الزائدة في الصيف. ويشكل العزل الحراري أهمية مميزة في تصميم المنشآت الزراعية مثل : مزارع الدواجن، أقسام التخزين البارد، الحظائر، البيوت الزراعية، حيث نريد التحكم في درجة الحرارة بشكل مصطنع, وذلك للفوائد التي يؤمنها أهمها: توفير نسبة عالية من الطاقة اللازمة للتدفئة أو للتكييف, حماية المنشأة من تأثيرات الحرارة الخارجية وتغيرات الطقس والتقلبات الجوية, توفير في حجم وثمن أجهزة التدفئة والتكييف اللازمة للمبنى وزيادة عمرها التشغيلي, يقلل من تكثف بخار الماء على الجدران, توفير العبء على محطات إنتاج الطاقة وشبكات التوزيع [كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية, 2008]. يمكن تحقيق هذا الغرض من خلال الاستفادة من مواد لا تضر بالبيئة في أثناء تصنيعها كالمواد العازلة من البقايا النباتية وغيرها (القش مثال على ذلك).

أوضح (Meron et.al 2016) في دراستهم التي قاموا بها للحصول على مادة عازلة جديدة باستخدام قش القمح المطحون المخلوط مع مادة رابطة تقليدية (مثل إسمنت والجص والصمغ والجير), أن أقل قيمة للموصلية الحرارية التي تم التوصل إليها هي (0.124 w/m.°C), ولوحظ أنه بزيادة كمية القش يمكن تقليل الموصلية قدر الإمكان والحصول على مادة عازلة جيدة.

كما أشار (Ismail et.al 2016) في دراستهم التي أجروها لتحسين الأداء الحراري لمركب حيوي على أساس قش القمح والجير والجبس باستخدام الإضافات الطبيعية, إلى أنه تم تقليل الموصلية الحرارية للمركبات التي تم دراستها مع زيادة محتوى المادة الرابطة, و للمركبات الحيوية التي تم تطويرها تأثير على الموصلية الحرارية مثير للاهتمام لاستخدامات العزل الحراري.

كما أوضح (Carlos et.al 2018) بدراستهم المعتمدة على قش القمح الزراعي والكتلة الحيوية لقشور الذرة, حيث أظهرت النتائج, أن قيمة التوصيل الحراري بين(0.046 W/mm.K و 0.047).

كما أكد (Si zou et.al 2021) بدراسة تحسين مقاومة الحريق لمادة العزل المركبة من قش القمح واعتماد مواد تدعيم غير عضوية مقاومة للحريق لتعزيز مثبطات اللهب لمواد عزل قش القمح وأظهرت النتائج, أن استخدام الجيوبوليمر (مادة بوليمر غير عضوية لها خصائص ممتازة للوقاية من الحرائق ومقاومة الطقس والقوة العالية) كعامل رابطة لمواد العزل المركبة يمكن أن يحسن من مثبطات اللهب, و لوحظ أن مواد عزل قش القمح المتفحم يمكن أن تحافظ دائماً على السلامة الهيكلية تحت رش اللهب, وبالتالي تحقيق أهداف حماية سلامة المباني وتوفير الطاقة.

2.مشكلة البحث وأهميته

تكمن مشكلة البحث في صعوبة المحافظة على درجة الحرارة والرطوبة المناسبين داخل المباني الزراعية بالإضافة إلى التكلفة الزائدة عند تطبيق الأساليب التقليدية لهذه المباني.

ومن هنا تأتي أهمية البحث في تحقيق الشروط البيئية المناسبة داخل المباني الزراعية عن طريق الاستفادة من مواد المستدامة الصديقة للبيئة كالقش وتكون تكلفتها الاقتصادية منخفضة .

3. هدف البحث

يكمن هدف البحث في استخدام القش كمادة عزل مساعدة للمحافظة على الظروف المناسبة داخل المنشآت الزراعية من خلال: تصميم القطع (المكعبات) من القش وتقييم أدائها حراريا, بدراسة موصلتها الحرارية بحيث تحقق الظروف المناسبة لاستخدام في تلك المنشآت.

4. مواد وطرائق البحث

1.4 مكان البحث

تم إجراء الإختبارت اللازمة في كلية الهندسة التقنية في جامعة طرطوس.

2.4 مواد البحث:

الجدول(1): الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للقش

١- القش: يبين الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للقش المستخدم.

الخصائص	قش القمح
كثافة (g/cm^3)	0.32 – 0.87
محتوى الرطوبة (%)	8 – 60
أقصى قوة شد	53 N
استطالة(%)	1.13 %
متوسط القطر	2–3 mm
سليلوز(%)	28.8 – 51.5

٢- المادة اللاصقة: بوليستر غير مشبع (unsaturated polyester) هو مجموعة من الراتنجات المتصلبة بالحرارة, يبين الجدول (2) أهم الخصائص التي يتمتع بها هذا البوليستر الغير المشبع.

الجدول(2): الخصائص البوليستر الغير المشبع.

البوليستر غير المشبع	الخصائص
$1.12*10^3$	كثافة (kg/m^3)
3.4 Gpa	معامل المرونة
60Mpa	قوة شد
2 %	استطالة (%)
0.17 W/m*k	توصيل الحراري
170ºC	درجة حرارة العمل القصوى

٣- رول التغليف: الشكل (1) أكياس بولي اوليفين (POF) هي مواد تغليف بلاستيكية حرارية شائعة الاستخدام نظراً لسهولة تشكيلها, وإعادة تشكيلها مراراً وتكراراً. تتمتع بعدة خصائص أهمها: منخفضة التكلفة, لا تتأثر بتغيرات درجة الحرارة, قوة شد ممتازة ومتانة عالية, قابلة لإعادة التدوير بنسبة (100%), ويصل معدل انكماشها إلى (75%) ويتقلص سطحها بشكل متساوٍ, ولا توجد جيوب هوائية, غير سامة ومصنعة من مواد خام صديقة للبيئة, يتقلص في درجة حرارة من 130- (170)Ċ, ويذوب عند (180)Ċ ويحترق عند (340)Ċ, مقاومة جيدة للتآكل ومقاومة ممتازة للمواد الكيميائية والعفن والكائنات الدقيقة والحشرات.

4- مكبس هيدروليكي: مكبس تصنيع محلي يعمل بضغط يصل إلى (322bar) مزود بساعة ضغط وذراع للتحكم بمقدار الضغط المطلوب, كما هو موضح في الشكل (2).

5- فرن كهربائي 6- قالب من الحديد (12, 20, 5 cm) مع أغطية للقالب 7- مقص 8- مسطرة قياسية 9- حساس حراري.

3.4 طرائق البحث

1.3.4 تحضير العينات

تم جمع القش وتجفيفه بالهواء الطلق بتعريضه لأشعة الشمس لعدة أيام, ومن ثم تقطيعه وتجهيزه للكبس البدائي و وضعها في القالب وضغطها للحصول على القش المضغوط, حيث تم تجهيز القالب بدهنه بمادة مزلقة مانعة للإلتصاق (فازلين النقي), ثم تمت عملية التحضير بضغوط مختلفة وإضافة المادة للاصقة بطرق مختلفة, ثم القيام بعملية الضغط للحصول على القطع الناتجة ودراستها.

1)- الطريقة الأولى : **الشكل (1): رول التغليف المستخدم.**

تم وضع القش المضغوط في القالب المدهون الشكل (3-a), و تم سكب المادة الرابطة على كامل السطح بالتدريج بمقدار ربع كيلو من المادة, ثم وضع القالب بين صفيحتين من الحديد لتحمل الضغط المطبق عليها من المكبس ثم تم الشكل (3-b), ثم (hours في المكبس موضح بالشكل (3).

استخدام ضغط بمقدار (1.2 bar) تركها لمدة لا تقل عن (12 للتصلب (P= const), كما هو

(3–a)

(3–b)

تـ

م

ا

لـ

حصول على عينة بسماكة (4 cm) الشكل (4–a), كانت العينة غير متماسكة وذلك بسبب الضغط القليل المطبق الشكل (4–b) والمادة غير موزعة بشكل متناسب كما يوضح الشكل (4), لذلك يجب زيادة الضغط والتأكد من وصول المادة اللاصقة لكل القش للحصول على تماسك أقوى.

الشكل (3): طريقة تحضير العينة الأولى

(4–a)

(4–b)

2)- الطريقة الثانية :

تم وضع القش المضغوط في القالب, ثم استخدمت الفرشاة لوضع المادة الرابطة بالتدريج بين صفوف القش الشكل (5-a), بمقدار (1/3 kg) من المادة ثم سكب المادة على كامل السطح, و وضعها في المكبس بنفس الطريقة السابقة مع زيادة الضغط ليصبح (7 bar) وتركها لمدة لا تقل عن (12 hours) في المكبس الشكل (5-b) للتصلب (P= const), كما هو موضح بالشكل(5).

الشكل (4): العينات الناتجة عن الطريقة الأولى.

(5-a) (5-b)

القش بسماكة (4 cm) مبينة بالشكل (6) مترابطة بشكل جيد مع

لوحظ أنه باستخدام الضغط (P= 7bar)

واستخدام الفرشاة وطريقة السكب, تم الحصول على عينة من

الشكل (5): طريقة تحضير العينة الثانية.

بعضها وخفيفة الوزن(700 g) وتتمتع بصلابة جيدة.

الشكل (6): العينة المجهزة وفق الطريقة الثانية.

3)- الطريقة الثالثة :

تم وضع القش المضغوط المقطع في وعاء وتغطيسه بالمادة والخلط جيدا على دفعات حتى الانتهاء من الكمية بالكامل كما في الشكل (7), ثم وضع القش المغطس بالقالب والضغط بنفس الطريقة السابقة مع زيادة الضغط إلى (13.5 bar), وتركها حتى تتصلب لمدة لا تقل عن (12 hours) في المكبس (P= const).

الشكل (7): طريقة وضع المادة الرابطة.

تم باستخدام هذه الطريقة الحصول على عينة بسماكة (3 cm), حيث أن زيادة الضغط أدى لتقليل السماكة ولاحظنا هروب جزء من المادة في المنتصف إلى الأطراف بسبب زيادة الضغط, كما هو موضح بالشكل (8).

الشكل (8): الشكل الخارجي للعينة المجهزة وفق الطريقة الثالثة.

4)- الطريقـــة الرابعة :

تم إعادة الطريقة الثالثة مع زيادة الضغط ل (20 bar) وتركها لمدة لا تقل عن (12 hours) في المكبس, تم الحصول على عينة بسماكة (2cm) الموضحة بالشكل(9).

لاحظنا أن زيادة الضغط أدى لتقليل السماكة بشكل طردي (9-a) وهروب المادة من المنتصف إلى الأطراف (9-b) وخروجها من القالب بسبب الضغط العالي, كما هو موضح بالشكل (9).

(9-a)

(9-b)

الشكل (9): شكل العينات المحضرة بالطريقة الرابعة.

• نلاحظ من خلال طرق التحضير السابقة, أنه يجب استخدام ضغط متوسط لا يزيد عن (10 bar) ولمدة لا تقل عن (12 hours) كما في طريقة التحضير الثانية, للحفاظ على المادة بالتالي الحصول على تماسك مثالي على كامل مساحة القطع, واعتماد طريقة التشبع للقش بالمادة وخلطها جيدا قبل الكبس يعطى توزع وتجانس مثالي للمادة.

الشكل (10): شكل العينة بعد تغليفها برول التغليف.

2.3.4 إجراء التجارب

أخذت عينتان بسماكتين مختلفتين (2 cm) و (4 cm) لدراسة مدى فعاليتها في العزل الحراري حيث تم وضع العينة في منتصف صندوق الستريوبورد المعزول على نحو تام [يعد لوح الستريو بورد من مواد العزل الأكثر استعمالاً في السوق المحلية السورية وتبلغ قيمة موصليته الحرارية (0.04 w/m.°C), (كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية, 2008)], و تم وضع حوضين من الماء الساخن في أحد النصفين وحوض من الماء البارد في النصف الأخر, وذلك لمراقبة انتقال الحرارة من الجزء الساخن إلى الجزء البارد مع مرور الزمن كما يوضح الشكل (11) .

تم إغلاق

الشكل (11) طريقة وضع العينة داخل الصندوق

الصندوق بإحكام ووضع الموازين لقياس درجة الحرارة وفق الشكل (12) وأخذت القراءة على أربعة مواضع وفق الجدول (3), وتم تسجيل القراءات مع مرور الزمن بفارق مقداره (15min), مع تكرار التجربة ثلاث مرات, مما يسمح بانتقال الحرارة من الطرف الساخن إلى البارد, ومن خلال متوسط قيم درجات الحرارة المسجلة في التجربة تحسب قيم الموصلية للعينات.

الشكل (12): طريقة وضع الموازين لقياس درجة الحرارة بعد إغلاق الصندوق.

الجدول(3): أماكن توضع موازين الحرارة

الموضع	الرمز
في الماء البارد	T1
على طرف العينة البارد	T2
على طرف العينة الساخن	T3
في الماء الساخن	T4

وبالاعتماد على النتائج في الجدول (4) تم حساب قيمة كمية الحرارة المنتقلة Q عبر العينة فقط, ومن خلالها أمكن حساب قيمة الموصلية الحرارية λ بالعلاقة التالية:

$$|Q| = (\lambda/\delta) * A * dt_{panel} \rightarrow \lambda = \delta * Q/(A * dt_{panel}) \quad (1)$$

δ : سماكة اللوح [m]

dt_{panel}: فرق درجات الحرارة بين سطحي اللوح [℃]

Q كمية الحرارة المنتقلة من السائل الساخن إلى البارد وتحسب من العلاقة:

$$Q = m_{cold} * C_p * \Delta t_{cold} / Time \quad (2)$$

حجم الماء البارد المستخدم هو(1 L) وكثافته هي $\rho = 998\ Kg/m^3$ بالتالي:

$$m_{cold} = \rho * V = 0.998\ (kg)$$

السعة الحرارية للماء: $c_p =$ 4187 [J/ kg. ℃]

الوقت: $Time = 2 * 3600 = [Sec]$ 7200

متوسط تغير درجة الحرارة بين بداية التجربة ونهايتها للماء البارد للتجارب:

$$\Delta t_{cold} = 7.6 - 5.8 = 1.8\ ℃$$

ولدينا قياسات العينة : $w = 12\ [cm],\ L =$ 20[cm]

وبالتالي مساحة سطح العينة: $A_{panel} = [m^2\ ]$ 0.024

5. النتائج والمناقشة

1.5 قياس الموصلية الحرارية

يبين الجدول (4), نتائج قياس الموصلية الحرارية بالدرجة المئوية وتكرارها لتحديد مدى فعالية اللوح المدروس كعازل حراري, إذ إن انتقال الحرارة من الجزء الساخن إلى الجزء البارد مع مرور الزمن يحدث ببطء ويؤكد ذلك قيم درجات حرارة بين كل قراءة وأخرى.

ومن خلال قيم درجة الحرارة المسجلة في التجربة يمكن توضيح كمية الحرارة المنتقلة للطرف البارد من خلال العينة (Q) بالعلاقات الفيزيائية, وحساب قيمة الموصلية الحرارية λ , وبمقارنة موصلية للعينة بموصلية مواد العزل الصناعية المختلفة, أمكن تحديد كفاءة اللوح المدروس في العزل الحراري, وتحديد السماكة الأفضل للوصول إلى كفاءة أفضل في العزل.

الجدول(4): متوسط قيم المكررات لدرجات الحرارة المسجلة للتجارب بالدرجة المئوية في تجربة قياس الموصلية الحرارية للعينات المصنعة

	سماكة العينة 4 cm				سماكة العينة 2 cm			
الوقت, Minute	للماء البارد T1	الطرف لبارد T2	الطرف الساخن T3	للمـــاء الساخن T4	للمـــاء البـارد T`1	الطــرف لبـارد T`2	الطــرف الساخن T`3	للمـــاء الساخن T`4
0	5.8	45.6	48.3	87.5	6.1	47.7	52.2	86.9
15	6.0	44.4	47.6	83.1	6.9	45.8	49.9	84.4
30	6.4	42.7	46.7	78	7.6	44.5	47.8	81.2
45	6.7	40.9	45.7	72.8	7.3	43.4	45.4	78.3
60	7.1	39.5	45.1	67.8	8.6	42.3	44.4	74.0
75	7.2	38.6	44.5	63.9	9.1	41.5	43.7	69.4
90	7.4	38.0	44.1	60.9	9.6	40.8	42.5	66.2
105	7.6	37.4	43.9	59.0	9.7	40.4	41.5	62.6
120	7.6	37.3	43.9	58.9	10.1	40.1	41.2	63.6

1.1.5 نتائج العينة الأولى (δ = 4 cm)

من خلال النتائج السابقة والتعويض بالعلاقة (2) نجد:

$$[W]\ Q = 1.04465$$

متوسط معدل درجة حرارة للسطح البارد للعينة لكامل فترة التجربة: $T_2 = 45.6 + 37.3/2 =$ 41.45 ℃

متوسط معدل درجة حرارة للسطح الساخن للعينة لكامل فترة التجربة: $T_3 = 48.3 + 43.8/2 =$ 46.1 ℃

فيكون فرق درجات الحرارة على طرفي العينة خلال فترة التجربة : $\Delta t_{panel} =$ 4.65 ℃

بتعويض بالعلاقة (1) نحصل على الموصلية الحرارية للعينة : $\lambda = [w/m.^oC]$ 0.374

2.1.5 نتائج العينة الثانية ($\delta = 2$ cm)

بالاعتماد على الطريقة السابقة ومع نتائج التجربة نلاحظ أن :

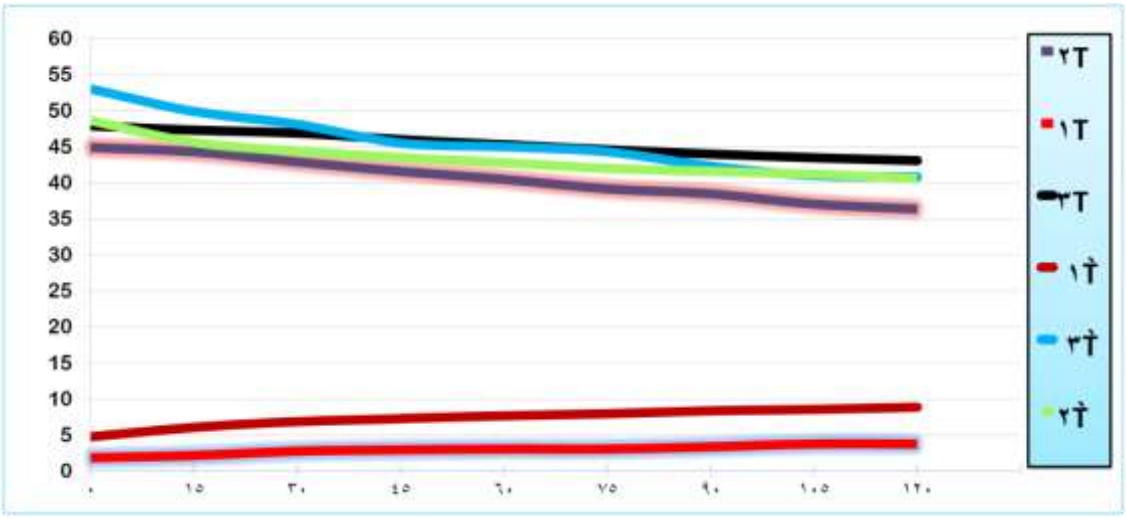
$[m^2]A_{panel} = 0.024$

$\Delta t`_{cold} = 4℃$ , $T`_{2cold} = 43.9℃$, $T`_{3hot} = 46.7℃$ , $\Delta t`_{panel} = 2.8\ ℃$,

$Q = [w]$ بتعـويض بالعلاقــة (2) نجــد: 2.32145

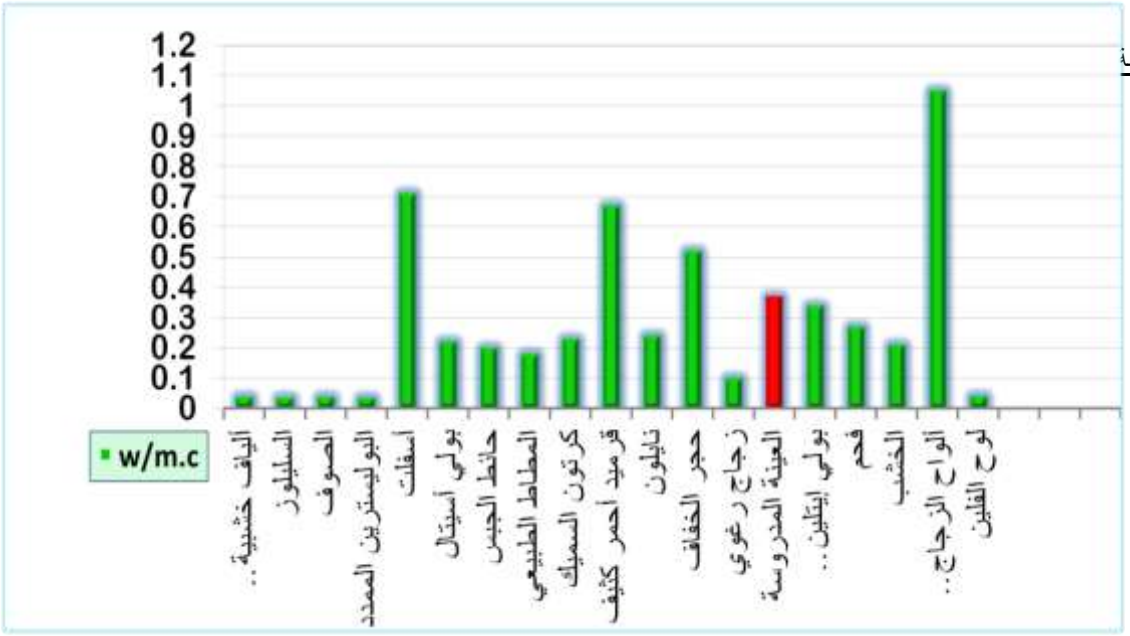
بتعويض بالعلاقة (1) نحصل على الموصلية الحرارية للعينة :

$[\frac{w}{m}.℃]$ $\lambda = 0.690$



الشكل (13): نتائج قياس درجات حرارة الماء وأطراف اللوح مع مرور الزمن للمكعبات المدروسة في تجربة الموصلية الحرارية.

● يوضح الشكل (14) مقارنة الموصلية الحرارية لبعض أنواع المواد العازلة, فقد كانت قيم الموصلية الحرارية تتراوح بين ($0.03 - 0.7$ w/m.℃), وبهذا نلاحظ عند مقارنة قيمة الموصلية الحرارية الناتجة للعينة ذات سماكة (4 cm) بقيم الموصلية الحرارية لبعض مواد العزل الحراري



ا

لشـــــكل **الشكل (14) :نتائج مقارنة الموصولية الحرارية للعينة بمواد العزل الحراري.** (14),

تبـــين أن قيمـــــة

الموصلية الحرارية للعينة الناتجة (0.37 w/m.°C) أقرب لمادة بولي إيتلين (0.34 w/m.°C), لكن مقارنتها بباقي مواد العزل الأخرى مثل الصوف وألواح الفلين وغيرها تبين أن العينة أقل كفاءة من حيث العزل, ولكن تبقى قيمته مقبولة كعازل حراري جيد.

● استنتاجات:

- ✓ بينت التجارب أن استخدام المخلفات النباتية (القش) في العزل الحراري فعال.
- ✓ أوضحت التجارب أن الضغط المستخدم للعينات يجب أن لايزيد عن (10bar) أثناء الكبس لضمان عدم هروب المادة خارج القالب نتيجة الضغط الزائد, واعتماد طريقة التشبيع للقش بالمادة قبل الكبس النهائي يعطي التوزع المثالي للمادة مع القش وبالتالي تماسك ممتاز.
- ✓ بمقارنة نتائج الموصولية الحرارية للعينتين المدروستين تبين أن الموصلية الحرارية تنخفض مع زيادة سماكة مكعبات القش, حيث العينة سماكتها (δ=4 cm) موصليتها [w/m.°C] $\lambda = 0.374$ والعينة سماكتها (δ=2 cm) موصليتها [w/m.°C] $\lambda = 0.69$.
- ✓ بمقارنة مواد العزل الصناعية الأكثر استخداماً والقطع المصنعة أن النموذج المصنع ذو كفاءة جيدة بالعزل الحراري حيث بلغت قيمة موصليته الحرارية [w/m.°C] 0.37.

● التوصيات:

- ✓ ضرورة تطوير العينات المصنعة واختيار مواد مضافة ذو كفاءة ومواصفات مماثلة لكن أقل ثمناً ومثبطة للإشتعال ودراستها اقتصادياً.
- ✓ تطبيق العينة المدروسة ضمن منشأة زراعية و وتحديد مدى الإستفادة بدقة بالعزل الحراري والمقارنة من حيث الاستهلاك السنوي للطاقة قبل وبعد العزل الحراري بإستخدام القطع وتطبيق جدوى اقتصادية وتحديد قيمة التوفير وتحديد مدى الفائدة من الدراسة بدقة والذي لم يكن في الإمكان القيام به لعدم توفر الإمكانات المادية و المختبرية والتجهيزات.
- ✓ البحث في إمكانية الاستغناء عن المواد المستخدمة في العزل الصناعية منها, واللجوء إلى الإستفادة من المخلفات النباتية كمادة صديقة للبيئة عازلة للحرارة لتوفير استهلاك الطاقة, والإستغناء قدر الإمكان عن مواد البناء الصناعية وأليات التشغيل التي تعتمد على المحروقات.

● المراجع العلمية:

1- العناني، علي (2000). دليل في العزل الحراري في المباني.

2- الشعار, رهام, " تقانة عزل الأبنية الخضراء باستعمال بقايا نباتية محلية ", مجلة الجامعة الافتراضية السورية_ دمشق 2018.

3- آل فليح, رنا. تأثير درجة الحرارة والسمك والظروف البيئية على الخواص الحرارية للبولي استر غير المشبع النقي والمطعم, مجلة التربية والعلوم. العراق, المجلد 24, العدد3, 2011, 107 – 120.

4- اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (1990). مستقبلنا المشترك، عالم المعرفة، الكويت.

5- حمود, أريج, " استخدام النفايات البلاستيكية في العزل الحراري", مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد(39) العدد (2) 2017.

6- عمران, عدنان (2019). الترموديناميك الهندسي. سوريا: مطبوعات جامعة طرطوس.

7- عمران, عدنان (2021). انتقال الحرارة. سوريا: مطبوعات جامعة طرطوس.

8- قبيلي، يامن (2009). ترشيد استهلاك الطاقة بتحسين مواصفات بعض مواد العزل الحراري, رسالة ماجستير بجامعة تشرين.

9- فلادمير ناشوكين " الترموديناميك الهندسية والنقل الحراري" دار مير للطباعة والنشر موسكو 1980.

10- كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية, سوريا, رقم /1651/, 2006.

11- كود العزل الحراري للأبنية في الجمهورية العربية السورية (2008). المركز الوطني لبحوث الطاقة، وزارة الكهرباء.

9- costley, Drew, People Are Future-Proofing Their Homes With… Straw(2020)

10- Ismail, Brahim; Belayachi, Naima; Hoxha, Dashnor. " Optimizing performance of insulation materials based on wheat straw, lime and gypsum plaster composites using natural additives'' Construction and Building Materials 254 (2020) 118959 .

11- Miron, Ioan Olimpiu; Manea, Daniela Lucia; (Andreș), Dana Maria Cantor; Aciu, Claudiu " Organic Thermal Insulation Based on Wheat Straw '' Procedia Engineering 181 (2017) 674 – 681 .

12- Platt, Shawn; Maskell, Daniel; Walker, Pete; Laborel-PrÃ©neron, AurÃ©lie " Manufacture and characterisation of prototype straw bale insulation products '' Construction and Building Materials 262 (2020) 120035 .

13- Rojas, Carlos; Cea, Mara; Iriarte, Alfredo; Valdés, Gonzalo; Navia, Rodrigo; Cárdenas-R, Juan Pablo " Thermal insulation materials based on agricultural residual wheat straw and corn husk biomass, for application in sustainable buildings '' Sustainable Materials and Technologies, (2019), e00102.

14- Zou, S., Li, H., Liu, L., Wang, S., Zhang, X., & Zhang, G. " Experimental study on fire resistance improvement of wheat straw composite insulation materials for buildings '' Journal of Building Engineering, 43, 103172 (2021).

15- Making and Storing Quality Hay, https://extension.missouri.edu/publications/g45

16- www.spa.gov.sq/1288731 (2007 ،الدليل الاسترشادي للعزل الحراري في المباني)

17- Magwood & Mark (2000), Straw Bale Building, New Society Publishers، ISBN 0-86571-403-7.

18- https://www.flexipack.com/blog/pof-shrink-film

19- https://www.industrialpackaging.com/the-complete-guide-to-shrink-film

20- https://byjus.com/chemistry/thermal-conductivity/