دراسة إمكانية استخدام سيقان القصب كعازل حراري

د.سامي رضا اسلان د. فاروق منصورمهدي احمد حسن احمد

قسم الهندسة الميكانيكية قسم الوقود والطاقة

جامعة تكريت الكلية التقنية-كركوك

الخلاصة

يهدف البحث إلى توفير عازل محلي رخيص الثمن بديل للعوازل المستوردة، وقد وقع الاختيار على سيقان القصب لتوفره بكثرة ولما يحويه من فجوات هوائية يمكنها ان تلعب دورا كبيرا" في عملية العزل الحراري. تم صنع جهاز لقياس معامل التوصيل الحراري للعوازل بطريقة الصندوق. و تم تحضير عينات مختلفة السمك من سيقان القصب التي تم ربطها باستخدام الغراء الأبيض او الأسلاك المعدنية. وتم التحكم في سمك العازل عن طريق التحكم بعدد الطبقات. أجريت بعد ذلك قياسات معامل التوصيل الحراري لمديات من درجات الحرارة تراوحت بين C^o(40-90) لأسماك مختلفة. تم كذلك حساب معامل التوصيل الحراري عدديا بطريقة العناصر المحددة وباستخدام برنامج ANSYS . وبمقارنة النتائج العملية مع النظرية وجد أن نسبة التوافق بينهما بلغت 90% . أثبتت النتائج أن سلوك معامل التوصيل الحراري مشابه لسائر العوازل الحرارية إذ إن قيمة معامل التوصيل الحراري تقع ضمن المدى (0.0938-0.0394) $W/m.C^o$ وبمقارنة هذه القيم بمعامل التوصيل الحراري لمادة الستايروبور التي تقع ضمن المدى (0.0433-0.0336) $W/m.C^o$ يمكن اعتبار مادة القصب واحدة من العوازل الحرارية المقبولة والواعدة بعد دراستها من الجوانب الأخرى.

المقدمة

العوازل الحرارية هي مواد ضعيفة التوصيل الحراري لها استخدام إنشائي وصناعي واسع حيث يستخدم لغرض التقليل من الطاقة اللازمة للتبريد أو للتدفئة. وقد تكون ذات طبيعة ليفية أو حبيبية أو غشائية ، مفتوحة أو مغلقة الفجوات، وقد تحتوي على مواد كيمياوية رابطة.

أن معيار اختيار العازل الحراري الأساسي هو معامل التوصيل الحراري علاوة على عدة عوامل أخرى يجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عازل لتطبيق معين. ومن هذه العوامل مدى درجات الحرارة التي يكون فيها العازل فاعلا"، الكثافة عندما يكون وزن العازل مهما"، سهولة الاستخدام والصيانة، والكلفة[2,1].

تصنف العوازل حسب درجة حرارة الاستخدام إلى عوازل درجات الحرارة العالية و عوازل درجات الحرارة المتوسطة وعوازل درجات الحرارة الواطئة[4,3] . ويقع نبات القصب ضمن المجموعة الثالثة.

ومن مراجعة البحوث المتيسرة وجد أن معظم المواد العازلة للحرارة هي مواد مسامية يمكن اعتبارها مزيجا" من الغازات والمواد الصلبة أو هي أجسام مجوفة مملوءة بالغازات وبامكانها عند الاستخدام الصحيح تقليل انتقال الحرارة بأشكالها الثلاثة التوصيل والحمل والإشعاع.

أجرى Fournier[5] دراسات وبحوث عديدة على انتقال الحرارة في المواد العازلة الليفية توصل فيها إلى عدة نماذج رياضية وتم تطبيق هذه النماذج على عوازل مختلفة بعد استخراج المتغيرات الهيكلية اللازمة مثل معامل التوصيل الحراري للغاز والألياف والنسبة الحجمية للألياف إلى الغاز. اثبت الباحث Bahattasharyya[6] إن الموصلية الحرارية للمواد العازلة الليفية عبارة عن معدل الموصلية للألياف عندما تكون عمودية على انتقال الحرارة.

قام الباحث حمود [7] بدراسة إمكانية استخدام قشرة الرز كعازل حراري مستخدما جهاز الصفيحة الساخنة ذو العينتين لقياس الموصلية الحرارية وأجرى تجارب على عينات مصنعة مختبريا" مستخدما" الغراء الأبيض كمادة رابطة. درس سلوك انتقال الحرارة خلال المادة العازلة مغيرا السمك ومعدل درجة الحرارة والكثافة

ونسبة المادة الرابطة في العينات وأثبت ان تأثر الموصلية الحرارية بدرجة الحرارة ضعيف .

كما درس ادم[8] تأثير نسبة القصب في الاسمنت وكثافة الألواح وحجم القصب وكمية الرطوبة على معامل التوصيل الحراري المؤثر وفقد الإرسال الصوتي مستخدما" عينات بأبعاد $29x29cm^2$ وقارن النتائج العملية مع نتائج العلاقات الرياضية المشتقة وكانت نسبة الفرق بينهما 10%.

قام نواف [9] بدراسة تأثير إضافة نسب وزنية تراوحت من 0-10% من المواد السيليلوزية إلى خبطة الاسمنت على معامل التوصيل الحراري ومقاومة الشد والانضغاط. وأثبتت الدراسة أن الموصلية الحرارية ومقاومة الشد والانضغاط تقل بزيادة النسب المئوية للمواد المضافة وحدد النسب الحرجة التي يحدث عندها التغير بشكل واضح.

وأعيدت التجربة من قبل كاظم و حذامة [10] لدراسة تأثير قشور بذور زهرة الشمس على الموصلية الحرارية ومقاومتي الشد والانضغاط للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي بإضافة نسب وزنية من 0% إلى 7% ولاحظا إن الموصلية الحرارية قد انخفضت إلى 0.7 من قيمتها الأولية عند نسبة حرجة مقدارها 1.7%.

في البحث الحالي تم دراسة إمكانية استخدام سيقان القصب كعازل حراري وأشتمل البحث على تحليل نظري ودراسة عملية لسلوك معامل التوصيل الحراري كدالة للفرق بين درجة حرارة سطحي العينة و سمك العينة.

الجانب النظري

إن عملية انتقال الحرارة في المواد الليفية عملية معقدة حيث تنتقل الحرارة بالتوصيل ضمن الألياف وبالحمل والإشعاع داخل الفجوات ويعتمد على مجموعة متغيرات يجب تحديدها مسبقا . كالنسب الحجمية للألياف وطول المسار الحر لجزيئات الغاز و النفاذية إضافة إلى الخواص الإشعاعية وثوابت أخرى تعتمد على المادة الرابطة.باستخدام أبعاد القصب تم حساب ما تشغله الألياف السليلوزية من الحجم الكلي للعينة وجد انه لايتعدى 16% من الحجم الكلي لذلك لا يمكن تطبيق

النماذج الرياضية السابقة[6] والتي تعامل الألياف على أنها تشمل معظم حجم العازل بينما سيقان القصب عبارة عن فجوات اسطوانية كبيرة وقشرة صلبة رقيقة نسبيا. لذلك تم التوجه إلى الحل العددي باستخدام طريقة العناصر المحددة وباستخدام برنامج ANSYS, FLOTRAN CFD وتم اختيار العنصر FLOTRAN 141 لتقطيع النموذج حيث يقوم بحساب انتقال الحرارة بالتوصيل في القشرة أما في الفجوات المحصورة داخل القصب او بين القصبات فيقوم بحل معادلة انتقال الحرارة وجريان الموائع الغير قسري . شكل رقم (1) يبين الشبكة العقدية لعينة متكونة من طبقتين.

الجانب العملي

بعد اختيار سيقان القصب البري كمادة عازلة جلبت كمية من القصب من حوض سد سامراء وقد تراوح طول القصب من 3-2m وبلغ معدل قطر القصبة الواحدة 17.5 mm وسمك قشرة قدره واحد مليمتر. وكذلك تم جلب ألواح قصب جاهزة من معمل الفيحاء في البصرة حيث تنتج ألواح من القصب بأبعاد $2x6x0.05m^3$ وتستخدم القصب المحضر من اهوار البيضة والكسارة ويتميز هذا النوع بضعف ساقه حيث لا يتجاوز قطره 10mm . اما طريقة الكبس فتتم عن طريق نشر طبقات القصب باتجاه واحد ثم تكبس دون الكسر وبعدها تثبت بأسلاك معدنية قطرها 3 mm .أما بالنسبة للقصب المحضر من سد سامراء فقد تم تحضير نوعين من العينات استنادا على طريقة الربط وكما يلي:

1- العينات المحضرة باستخدام الغراء الأبيض كمادة رابطة: أخذت كمية من القصب وقطعت الى قطع بطول 30 cm وبعد ذلك جففت في فرن بدرجة حرارة $70\ C^o$ لمدة 24 ساعة ثم وزن نموذج من هذه القطع واعيد الى الفرن ووزن بعد اربع ساعات واستمرت العملية لحين استقرار الوزن وهذا يعني ان القطع قد جفت تماما وبعد ذلك وضعت القطع في قالب معدني بأبعاد $30x30cm^2$ حيث ترصف الطبقة الاولى وبعد ذلك تنشر المادة الرابطة (الغراء الابيض) ومن ثم ترصف الطبقة الثانية ويعاد نشر المادة الرابطة وهكذا. وفي النهاية توضع صفيحة معدنية بأبعاد $30x30x0.3cm^3$ وتكبس العينة بما يضمن تماسك الطبقات دون الكسر ثم ترك

لمدة يومين بعدها يحرر الكبس تجفف العينة في فرن بدرجة حرارة $70C^{o}$ لتصبح جاهزة لعملية قياس الموصلية الحرارية.وباستخدام هذه الطريقة تم تحضير عينات مكونة من طبقتين إلى ستة طبقات للحصول على اسماك ضمن المدى 10.5- 3.5cm .

2- العينات المحضرة باستخدام الأسلاك المعدنية لربط الطبقات: لا يختلف تحضير العينات بهذه الطريقة عن الطريقة السابقة اذ تشترك معها لحين إخراج القطع من الفرن بعد التجفيف ثم توضع القطع في القالب وحسب عدد الطبقات المطلوبة بعد كبسها تربط باستخدام ثلاث صفوف من أسلاك معدنية بقطر 1mm .

أما بالنسبة للألواح المحضرة من معمل الفيحاء فقد تم قطع عينة بأبعاد $30x30x5cm^3$ ولم تحضر عينات بأسماك مختلفة لان المصنع المذكور ينتج قطع بسمك 5cm فقط.

لقياس الموصلية الحرارية للعينات تم تصنيع جهاز من النوع الصندوقي بأبعاد عينة $30x30cm^2$ وسمك 20cm كحد أعلى. المخطط التوضيحي لأجزاء الجهاز مبين في شكل رقم (2) .يتكون الجهاز من صندوق من الخشب المضغوط مفتوح من الأعلى بأبعاد $60x60x60cm^3$ مبطن من الداخل بطبقة من مادة الستايروبور بسمك 20cm بحيث تترك فجوة بأبعاد $30x30x40cm^3$. في قعر الفجوة تثبت الصفيحة الساخنة. والذي تتكون من طبقة من الخشب بأبعاد $30x30x0.5cm^3$ حفر عليها أخاديد بعمق 1mm وبشكل منتظم التوزيع . داخل هذا الأخاديد تمد سلك مقاومة كهربائية وتثبت باستخدام معجون ايبوكسي بعد ذلك تغطى بطبقة من القماش الاسبستي ومن ثم توضع فوقها صفيحة نحاسية بأبعاد $30x30x0.5cm^3$ تثبت على الصفيحة أربعة مزدوجات حرارية داخل ثقوب غير نافذة بقطر 1mm . بعد تثبيت الصفيحة الساخنة توضع العينة المراد قياس معامل التوصيل الحراري لها فوق الصفيحة الساخنة. يجب أن تكون أبعاد العينة $30x30cm^2$ وسمك 20cm كحد أعلى. فوق العينة توضع صفيحة من النحاس بأبعاد $30x30x0.5cm^3$ تثبت على الصفيحة أربعة مزدوجات حرارية داخل ثقوب غير نافذة بقطر 1mm يتم إجراء قياس معامل التوصيل الحراري عن طريق تسليط فولتية معينة على أطراف سلك المقاومة

الكهربائية حيث تمر تيار عبر السلك وتسخن الصفيحة النحاسية. تترك المنظومة حتى تصل إلى الاستقرار الحراري من خلال التأكد من استقرار قراءة المزدوجات الحرارية. بعد ذلك تثبت مقدار الفولتية والتيار وقراءات المزدوجات الحرارية . تحسب معدل درجة حرارة كل صفيحة من قراءة المزدوجات الحرارية الأربعة ومنها تحسب معامل التوصيل الحراري k باستخدام العلاقة التالية:

$$k = \frac{\Delta x}{\Delta T}\frac{VI}{A}$$

حيث أن

V هي الفولتية المسلطة على سلك المقاومة الكهربائية

I هو التيار الكهربائي المار من خلال سلك المقاومة الكهربائية

A هي مساحة مقطع العينة $=0.3x0.3m^2$

ΔT هي فرق درجة الحرارة بين سطحي الصفحتين

Δx هو سمك العينة.

تم معايرة الجهاز باستخدام عينة قياسية من مادة الستايروبور بأبعاد $30x30x8.1cm^3$ ووجد أن معامل التوصيل الحراري يتراوح بين -0.0336 $0.04335\ W/m.C^o$ وهذا يوافق ما موجود في جداول العزل الحراري.

النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج العملية أن تصرف نبات القصب كعازل حراري مشابه لتصرف العوازل الليفية حيث أن قيمة معامل التوصيل الحراري كانت محصورة بين $W/m.C^o$ (0.0846-0.0394) كما هو واضح في شكل رقم (3) . ويبين الشكل العلاقة الطردية بين معامل التوصيل الحراري والفرق بين درجة الحرارة سطحي العينة ΔT . والعلاقة الطردية تبين أن مركبة انتقال الحرارة بالحمل هي السائدة وأن معظم الحرارة تنتقل نتيجة لتيارات الحمل داخل الفجوات المغلقة. حيث أن معامل انتقال الحرارة بالحمل يتناسب طرديا مع عدد كراشوف (Gr) والذي بدوره يتناسب طرديا" مع ΔT [11] .

وعند المقارنة بين العينات المترابطة بمادة الغراء الأبيض وتلك المترابطة بالأسلاك المعدنية نجد إن قيمة معامل التوصيل الحراري في الأولى يقل عن الثانية بحدود 30% وهذا ناتج من أن الغراء يعمل على منع انتقال تيارات الحمل بين القصبات وذلك عن طريق سد الفراغات الموجودة بين القصبات وهذا واضح في الشكلين (4) و (5).علاوة على ذلك فأن مادة الغراء الأبيض غير مقاومة للرطوبة وتصبح هشة بعد الجفاف ولا تصلح لأكثر من تصنيع عينات اختبار.الأمر الذي يشير وبجلاء إلى أفضلية استخدام الأسلاك المعدنية كمادة ربط بين القصبات مع استخدام الكبس الجيد للتقليل من تيارات الحمل.

يبين شكل رقم (6) تغير معامل التوصيل الحراري مع الفرق بين درجة حرارة سطحي العينة ΔT ، لعينتين مكونتين من خمسة طبقات أحداهما اقتطع من إنتاج معمل الفيحاء لألواح القصب بأبعاد $30x30x5cm^3$ والأخرى مصنعة من قصب سد سامراء حيث وجد أن معامل انتقال الحرارة لمنتج معمل الفيحاء اقل بحدود 20% من العينات المصنعة من قصب سد سامراء.وهذا ناتج من أن قطر قصب معمل الفيحاء (بحدود 1 cm) اقل من قطر قصب سد سامراء (بحدود 1.75 cm) حيث إن شدة تيارات الحمل في الفجوات المغلقة تقل مع نقصان قطر الفجوة وفي النهاية تختفي مركبة انتقال الحرارة بالحمل وتبقى فقط مركبة انتقال الحرارة بالتوصيل عبر طبقة ساكنة من الهواء وتقترب قيمة معامل التوصيل الحراري من قيمة الهواء الساكن والتي تبلغ في الظروف القياسية $0.0251\ W/mC^o$. أما الشكلين (7) و (8) فيبينان القيم العملية لتغير معامل التوصيل الحراري مع تغير الفرق بين درجة حرارة سطحي العينة ΔT والقيم المستحصلة من النموذج الرياضي لأربعة ولستة طبقات من القصب.

وعند المقارنة بين النتائج العملية والنظرية نجد إن هناك توافق جيد بينهما إذ لم يتجاوز الفرق بين النتائج العملية والنظرية 10%. وهذا الفرق ناتج بشكل أساسي من إهمال مركبة انتقال الحرارة بالإشعاع في النموذج الرياضي.

الاستنتاجات

من خلال نتائج البحث الحالي أمكن التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1- سلوك معامل التوصيل الحراري للقصب مماثل لنظيره في العوازل الليفية .

2- يمكن استخدام نبات القصب كعازل حراري ضمن مدى درجات حرارة (-100 . 30)C^o

3- يفضل استخدام الأسلاك المعدنية كمادة رابطة بدلا" من الغراء الأبيض لكون الأخيرة غير مقاومة للرطوبة وهشة.

4- يزداد العزل الحراري للقصب بانخفاض الأقطار المستخدمة في صنع الألواح.

المصادر

1-Pratt,A.W.,"Heat transfer in Low Conductivity Materials", in Thermal Conductivity , Tye,R.P., Rditor, Academic press, Vol.1, p.301, (1969).

2- نبيل عبد الرزاق الدباغ ، "استخدام القصب في الصناعات الورقية في العراق"، تقرير داخلي / معمل ورق البصرة/ كانون الاول 1984 .

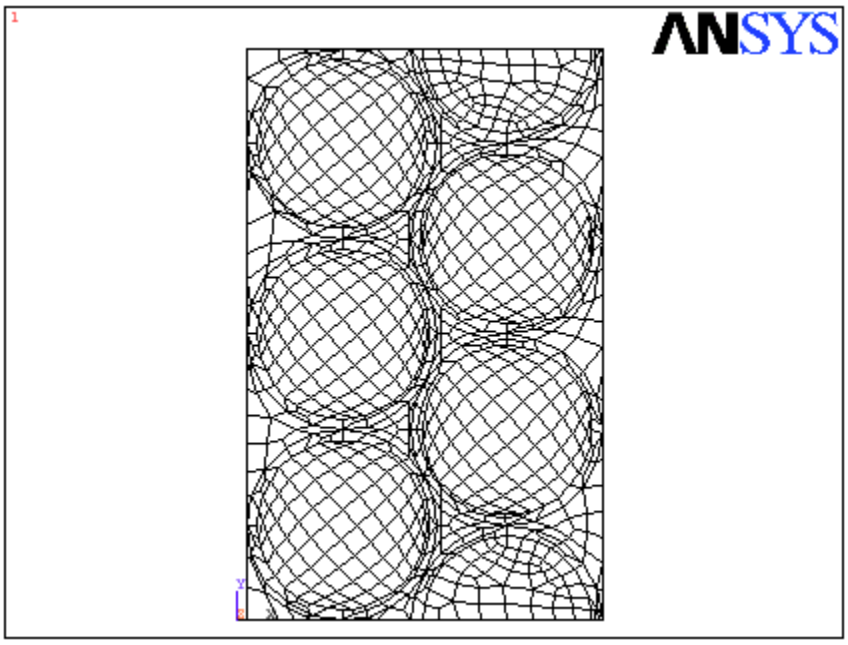
3-Field, A.A., "Energy Crisis and Conservation', Handbook of Energy Conservation for Mechanical Systems in Building, Van Nostrand Reinhold Pub., pp. 27-32, (1978).

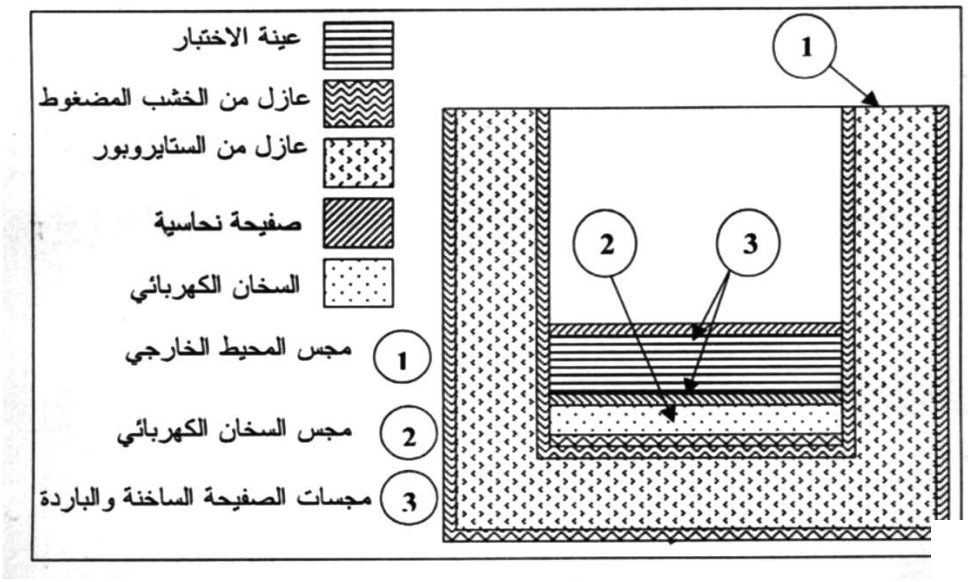
4-يوسف الدواف ، "إنشاء المباني والمواد الإنشائية"، كلية الهندسة-جامعة بغداد، (1969).

5-Fournier, D., and Klarsfeld, S., in "Heat Transmission Measurment in Thermal Insulation", ASTM STP 544, American Society for Testing and Materials, (1974), pp.223-242.

6-Bahattasharyya, R.K., "Heat Transfer Model for Fibrous Insulation", Thermal Insulation Performance, ASTM STP 718, McElroy, D.L., and Tye, R.P., Eds., ASTM (1980), pp.272-286.

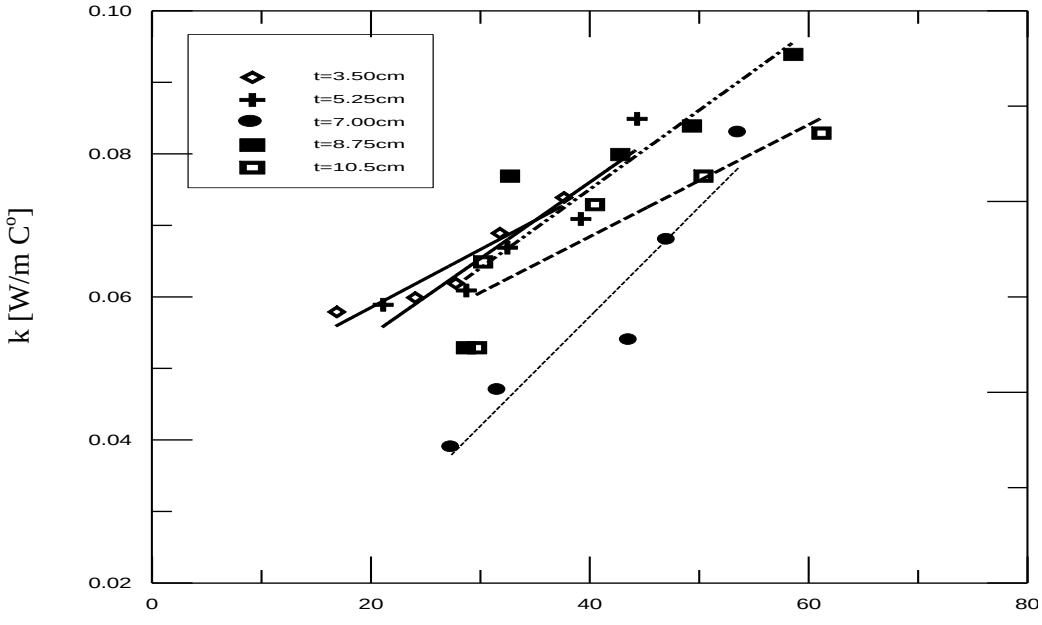
7–حمود عبدالله حمود، "استخدام قشرة الرز كعازل حراري" ، رسالة ماجستير في الهندسة الميكانيكية – جامعة البصرة ، (1983).
8–شموئيل خوشابا ادم، "دراسة عملية ونظرية للخواص الحرارية والصوتية لألواح القصب الاسمنتية" ، رسالة دكتوراه فلسفة في الهندسة الميكانيكية– جامعة الموصل، (1997).
9–نواف بلو ملا الحديدي، "تأثير المواد السليلوزية على الخواص الحرارية والميكانيكية للسمنت البورتلاندي"، رسالة ماجستير في الفيزياء، جامعة الموصل ، (1997).
10–كاظم احمد محمد وحذامة احمد محمد ، "تأثير قشور بذور زهرة الشمس على الموصلية الحرارية للسمنت البورتلاندي الاعتيادي" ، جامعة الموصل J. Edu. And Sci.، المجلد 33 ، (1992).
11-Yang Y. “Turbulent Natural Convection Heat Transfer in Vertical Rectangular cavities”, www.ceere.org, January, (2002).

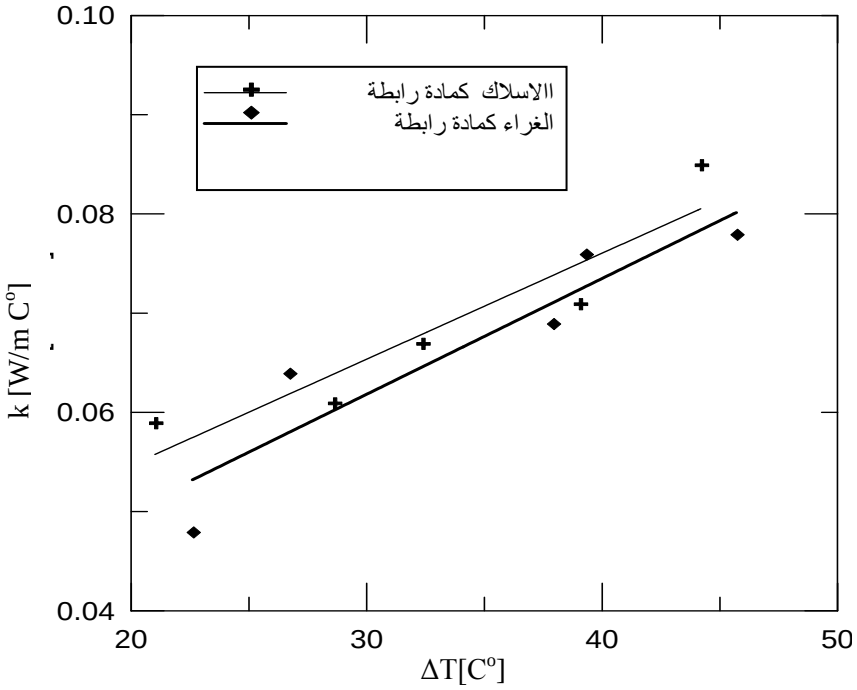




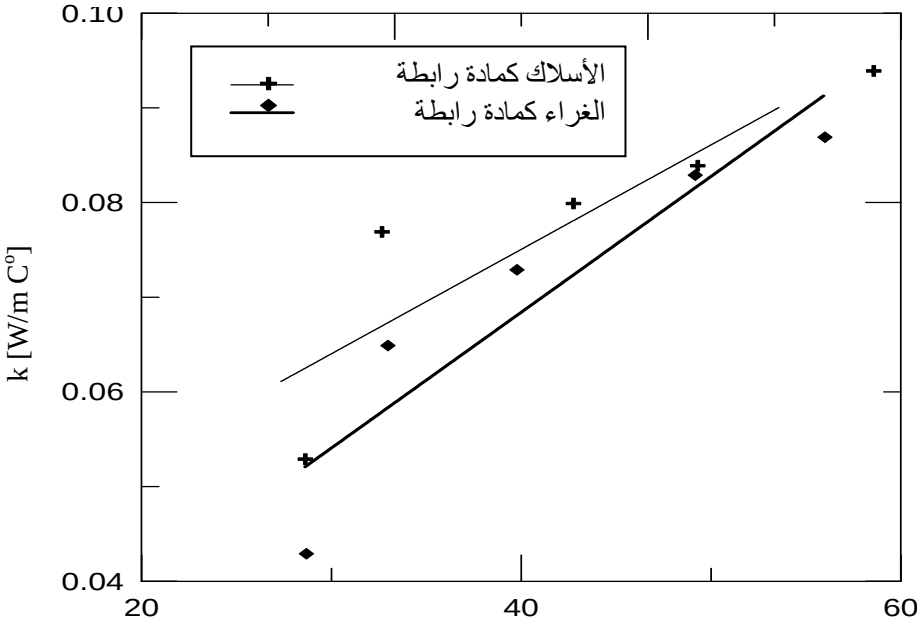
11 14-11

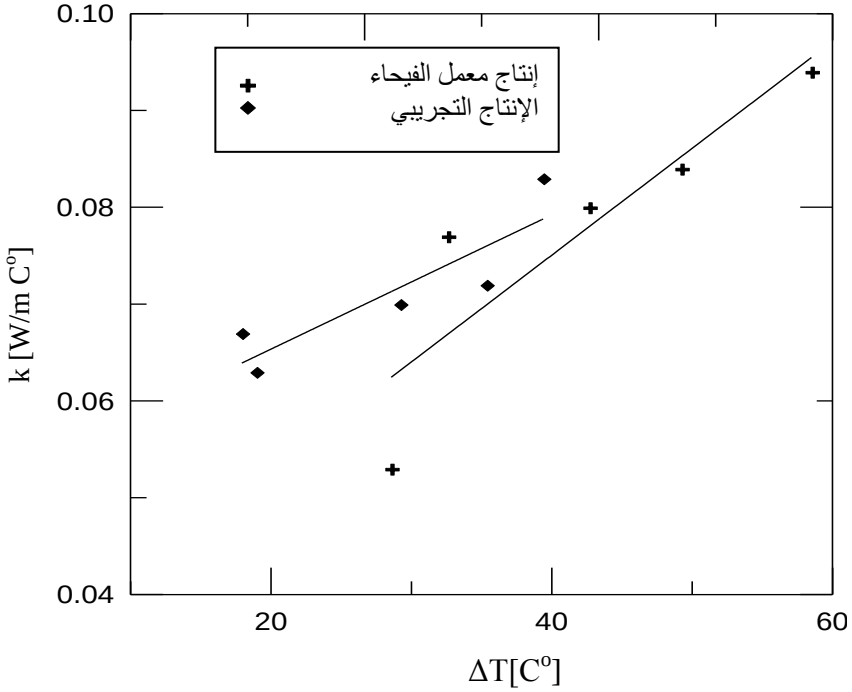
شكل رقم (2) مقطع أمامي لجهاز قياس معامل التوصيل الحراري للعوازل من النوع الصندوقي



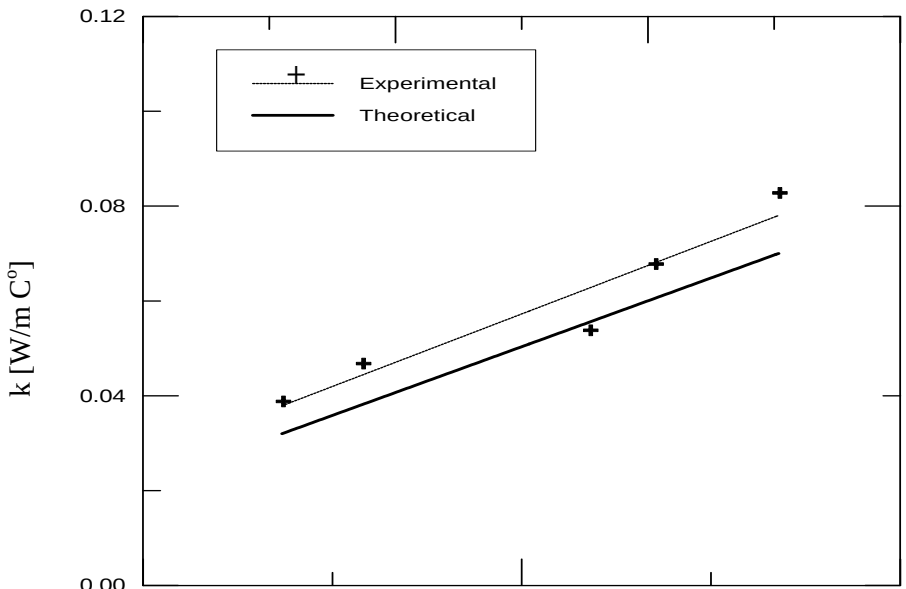


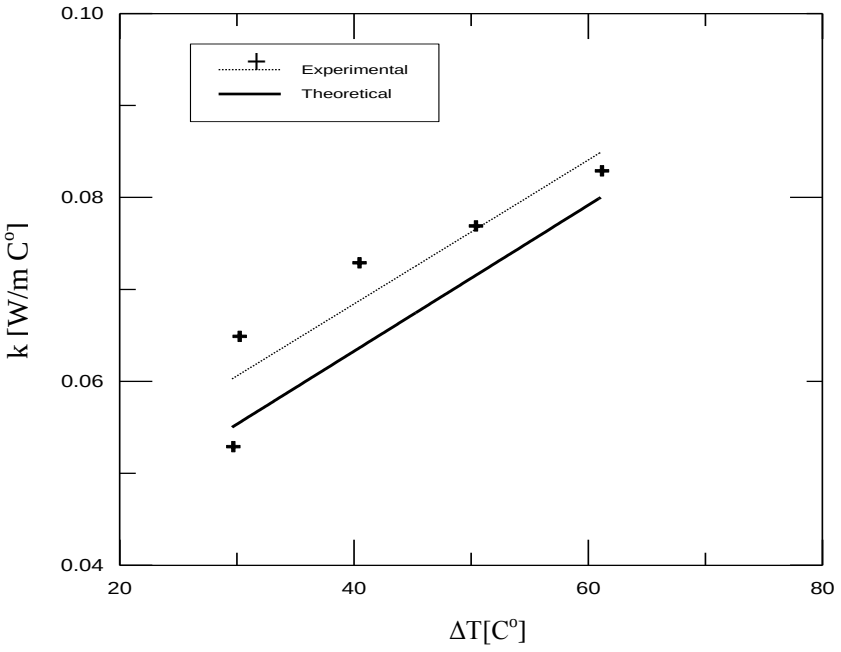
شكل (4) علاقة معامل التوصيل الحراري مع الفرق بين درجة حرارة سطحي العينة لعينة مكونة من ثلاث طبقات





شكل (6) علاقة معامل التوصيل الحراري مع الفرق في درجة حرارة سطحي العينة لعينة متكونة من خمسة طبقات مع استخدام الأسلاك كمادة رابطة





الشكل (8)العلاقة النظرية والعملية بين معامل التوصيل الحراري والفرق بين درجة حرارة سطحي العينة لعينة ذات ستة طبقات

STUDY OF POSSIBILITY OF USING THE REED AS THERMAL INSULATION

Dr. Sami R. Aslan Dr. Frouk M. Mahdi Ahmed H. Ahmed
Mechanical Eng. Dept. Fuel & Energy Dept.
College of Engineering Technical College

University of Tikrit **Kirkuk**

ABSTRACT

The present work aimed to study the thermal insulation of the reed so as to be used as a natural thermal insulation due to its availability, mechanical properties and the high porosity of voids. Samples of different thicknesses have been prepared from different diameters of reed. For binding of reed layers white glue and metal wires are used. The thermal conductivity for the specimen is measured by home made box type device in the temperature range 40-90C^o and for the different thicknesses. A theoretical model was prepared by using finite element ANSYS program to calculate the thermal conductivity. Comparison of the theoretical and experimental values for thermal conductivity indicates 90% agreement between them. The results showed that the behavior of the thermal conductivity of the reed is similar to the other insulators and its values is in the range 0.039-0.094 W/m C^o . By comparing these values with the well known insulator, Stirobore, whose thermal conductivity is in the range 0.0336-0.0433 W/m $C^{o.}$ It could be said that the reed is acceptable as thermal insulation material.