

دراسة عملية لتأثير زاوية الميلان و المساحة السطحية لاسطوانة مزعنفه طولياً على معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح

سليم خليفة كاظم* & د. كامل عبد الحسين**

تاريخ التسلم: 2008/7/22

تاريخ القبول: 2008/11/6

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة انتقال الحرارة بالحمل الحر من اسطوانتين ذات زعانف طولية مستطيلة المقطع ومثلثة المقطع (12- زعنفة) باستخدام الهواء كوسط ناقل للحرارة لمعرفة الخواص الحرارية، تم وضع النماذج اعلاة بزوايا ميل $(0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ)$ عن الأفق ولمستويات فيض حراري $(1310, 837, 470, 212, 53) \text{ W/m}^2$ في حيز مفتوح إلى الهواء الخارجي حيث تنتقل الحرارة بالحمل والإشعاع. وجد أن أعلى مقدار للحرارة المنتقلة بالحمل من الاسطوانة ذات الزعانف المثلثة المقطع وبزاوية ميل قدرها (90°) ولمدى عدد رايلى (Ra) $(1.54 \times 10^7 - 1.57 \times 10^8)$

Experimental study of Inclination angle and Surface Area Effects For Longitudinally Finned Cylinder on Free Convection Heat Transfer in an open Enclosure

Abstract

This study deals with heat transfer by free convection from the outer surface of two cylinders (Triangular & Rectangular shape finned cylinder 12-fins). The experimental work was conducted with air as a heat transport medium. The cylinders were fixed at different slope angles $(0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ)$. The heat fluxes was $(1310, 837, 470, 212, 53) \text{ W/m}^2$. Where heat transferred by convection and radiation. The results show that heat transfer from the triangular finned cylinder is maximum at a slope angle (90°) and minimum at the slope angle (0°) with the range from $[\text{Ra} = (1.54 \times 10^7 - 1.57 \times 10^8)]$.

الرموز

الرمز	المعنى	الوحدات
At	المساحة الاجمالية	m ²
Do	القطر الخارجي للأنبوب المزعف	mm
Di	القطر الداخلي للأنبوب المزعف	mm
Dp	قطر الأنبوب الخارجي من دون زعانف	mm
g	التعجيل الأرضي	m/s ²
H	معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر	W/m ² K
K	معامل التوصيل الحراري	W/mK
L	طول الاسطوانة المزعف	mm
m	اس عدد رايلي	
n	أس زاوية الميل للاسطوانة	
Nu	عدد نسلت	
Pr	عدد برا نثل	
Q _{conv}	معدل الحرارة المنتقلة بالحمل	W
Q _q	معدل الحرارة المفقودة إلى الهواء	W
Q _{rad}	معدل الحرارة المنتقلة بالإشعاع	W
Ra	عدد رايلي	
T _a	درجة حرارة الهواء	K
T _b	درجة الحرارة المجملة	K
T _s	درجة حرارة السطح	K
T _o	درجة حرارة قاعدة الزعنف	K
t	ارتفاع الزعانف الطولية	mm
β	معامل التمدد الحجمي	1/ K
ε	الانبعاثية	
σ	ثابت ستيفن-بولتزمان	W/m ² K ⁴
ν	اللزوجة الكينماتية	m ² /s
Lc	الطول المميز	m
η	كفاءة الزعنف	

المقدمة

كفاءة المبادل الحراري

(علي شعلان 1997) [1] منها :-
 * زيادة المساحة السطحية بتقليل الحجم (باستخدام الزعانف) .
 * استخدام معدن ذي موصلية حرارية عالية (كالنحاس والألمنيوم) .
 * استخدام أسلوب مناسب لانتقال الحرارة كالحمل القسري أو الجريان المتعاكس الذي يؤدي إلى زيادة الفقد الحراري .
 * استخدام وسط ناقل مناسب يكون ذو سعة حرارية عالية .
 * تغيير الشكل الهندسي للمبادل الحراري .
 درس عدد من الباحثين عملية انتقال الحرارة من اسطوانة بالحمل الحر ، و أوجدوا علاقات

بالنظر للاستخدام الواسع للأنابيب المزعفة ذات المقاطع المختلفة في المبادلات الحرارية بجميع أشكالها وتطبيقاتها مثل أجهزة التكييف المركزي بما تحتويه من مكثفات ومبخرات ومسخنات هواء، والأنابيب المزعفة تكون ذات مقطع دائري أو مثلث أو مقاطع مختلفة . لذا عند تطبيق مبادئ انتقال الحرارة بالحمل الحر لابد من مراعاة عامل الكلفة عندما يكون المنتج المراد تصنيعه على مستوى تجاري ، ويتم ذلك عن طريق تقليل حجم المبادل الحراري ووزنه وزيادة كفاءته عن طريق زيادة الفقد الحراري ، إذ توجد عدة طرق لزيادة

حيث توصل الباحث أن قيمة الثابت (n) في المعادلة أعلاه تصبح مساوية إلى الرقم (4). أجرى الباحثان (Sparrow & Chrysler (1981)) [5] دراسة انتقال الحرارة بالحمل الحر من اسطوانة أفقية قصيرة ملامسة لصفحة مستوية عمودية بثبوت الفيض الحراري ولقيم عدد رايلي تتراوح بين $(1.4 \cdot 10^4 - 1.4 \cdot 10^5)$ وتغيير موقع الاسطوانة على مدى ثلاثة ارتفاعات من الصفحة وتوصلا إلى علاقة تجريبية لجميع الحالات بالصيغة الآتية.

$$Nu = C.Ra^m \quad (2)$$

أجرى الباحث (Yassen (1978) [6] دراسة عملية على اسطوانة غير مزعفة مائلة بتغيير زاوية ميلانها بين $(0^\circ - 90^\circ)$ إذ تكون أفقية عند الزاوية (90°) مستخدماً في ذلك اسطوانتين قطر الأولى (38 mm) والثانية (47 mm) وكلتاها بطول (955 mm). التجارب أجريت بثبوت الفيض الحراري لقيم عدد رايلي تتراوح بين $(0.28 \cdot 10^6 - 3.441 \cdot 10^6)$ وتوصل إلى العلاقة العامة الآتية :-

$$Nu = [0.665 - 0.4885(\sin\theta)] Ra^{[1/4 + (1/(12\sin\theta))]^{174}} \quad (3)$$

واستنتج أن وضع الاسطوانة بشكل شاقولي أفضل، إذ لاحظ تزايد لقيم معامل انتقال الحرارة بالحمل بزيادة الارتفاع إلى حد معين ثم يبدأ بالانخفاض.

و أجرى الباحث (Hassan (1998) [7] مجموعة من التجارب على أنبوب مزعنف ذي زعانف مربعة الشكل، مثبت أفقياً في مجرى عمودي بين جدارين مفتوح من الأعلى والأسفل إلى الهواء الخارجي ودرس تأثير المسافة العمودية لموقع الأنبوب داخل المجرى والمسافة بين حافة الزعانف وجدران المجرى وتوصل إلى العلاقة الآتية:-

$$Nu/Nu_f = a + b.Ra + c.Ra^2 + d.Ra^3 \quad (4)$$

إذ أن (a, b, c, d) ثوابت متغيرة تعتمد على قيمة المسافة الفاصلة بين حافة الزعانف والجدار وتوصل إلى إن المجرى يحسن من انتقال الحرارة عندما تكون النسبة الباعية صغيرة ويكون الأنبوب في قاعدة المجرى.

و أجرى الباحث (علي شعلان (1997)) [1] دراسة عملية على صف من الاسطوانات المزعفة حلقياً تفصل بينها مسافة متغيرة المقدار

تجريبية وعددية تحدد العلاقة ما بين عدد رايلي (Ra) وعدد نسلت (Nu).

أجرى الباحثان {Farouk & Guceri} (1981) [2] دراسة تحليلية لانتقال الحرارة من سطح اسطوانة أفقية باستخدام الفرق المحدد (finite difference) وتوصلا إلى أن قيمة الثابت (C) والذي يمثل $(Nu/Ra^{0.25})$ يتناقص من (0.54) عند زاوية مقدارها (0°) إلى (0.18) عند زاوية مقدارها (180°) ولقيم عدد رايلي (Ra) تتراوح بين $(10^6 - 7.2 \cdot 10^6)$.

كما درس الباحثون {2007} [3] (Moawed & Ibrahim) دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح أنبوب بيضاوي المقطع لتأثير النسبة الباعية (major/minor) من $(-1.046 \leq S/c \leq 1.046)$ وزاوية توجيه الجريان $(0^\circ - 90^\circ)$ ولحدود قيم رايلي $(1.13 \cdot 10^8 - 6.5 \cdot 10^5)$ ، وجد أن رقم رايلي يزداد بزيادة النسبة الباعية $(-1.046 \leq S/c \leq 0)$ ويكون أقصى ما يمكن عند نسبة باعية تساوي صفر ثم يبدأ بالتناقص لحدود نسبية باعية $(0 \leq S/c \leq 1.046)$ وتكون الزاوية 90° هي أفضل زاوية توجيه للجريان.

أجرى الباحث [Stuart (1981) [4] دراسة نظرية لانتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح اسطوانة ملساء ولقيم عدد رايلي تتراوح بين الصفر إلى قيمة تصل إلى ما لانهاية أخذ بنظر الاعتبار منطقتين من الحمل الحر الطبقي والحمل الاضطرابي وقد توصل الباحث إلى بناء علاقة تجريبية اعتماداً على العلاقة التي أوجدها الباحث (Chirichil) والتي تنص على ارتباط العددين [Nu,Ra] ضمن العلاقة الآتية:-

أ- عندما تقترب قيمة عدد برا نتل إلى ما لانهاية تصبح

$$Nu = 0.518 Ra^{0.25}$$

ب- عندما تقترب قيمة عدد برا نتل من الصفر تصبح

$$Nu = 0.599 Ra^{0.25}$$

ثم قام الباحث بتطوير علاقة أكثر تعقيداً تتضمن إضافة عدد برا نتل إلى عدد [Nu,Ra] وكما يلي:

$$Nu = 0.36 + 0.518 [Ra / (1 + (0.599(Pr)^{0.5625})^{16/n})] \quad (1)$$

($0^\circ - 90^\circ$) وقد وجد أن انتقال الحرارة من الاسطوانة ذات (8)زعنفة طولية تعطي أعلى من الاسطوانة ذات (12)زعنفة طولية كمية حرارة منتقلة عند الزاوية (90°) أي في الوضع العمودي وقد أستنتجا المعادلة التجريبية التالية:-
1- نموذج الاختبار (8) زعنفة:-

$$y = 25.698(q)^{-0.03} + 6.1779X - 0.3783X^2 \quad \dots\dots(5)$$

2- نموذج الاختبار (12) زعنفة:-

$$y = 24.402(q)^{-0.015} + 6.0675X - 0.3642X^2 \quad \dots\dots(6)$$

وللشروط الحدية $1^\circ \leq \theta \leq 89^\circ$ حيث أن الزاوية بالدرجات).

بعد الإطلاع على نتائج البحوث السابقة ، تبين أن أي منها لم يتطرق إلى دراسة تأثير تغيير في المساحة السطحية و زاوية ميل اسطوانة مزعفة طولياً على معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح ولغرض إيجاد الوضع الأفضل بزيادة كمية الحرارة المنتقلة استخدام هذا الشكل من الأنابيب المزعفة.

نماذج الاختبار:

نموذجي الاختبار المستخدمين في التجارب العملية صممت بقياسات مطابقة للقياسات المستعملة عملياً في المسخنات وقد تم تصنيعها من الألمنيوم الصلب بقطر خارجي ($D_o = 48 \text{ mm}$) وتم عمل ثقب على طول النموذج بقطر ($D_i = 16 \text{ mm}$) لوضع المسخن الكهربائي داخله . تم عمل الزعانف الطولية ذات المقطع المثلث بواسطة ماكينة التفريز لذا ألغيت المقاومة الحرارية بينها وبين الأنبوب حيث أن ارتفاع الزعنفة ($t = 13 \text{ mm}$) وبطول ($L = 300 \text{ mm}$) وبعده (12) زعنفة للنموذج الأول موزعة على زاوية (16°) وبعده (12) زعنفة مستطيلة المقطع موزعة على زاوية (16°) على المحيط كما في الشكل رقم (1) .
تم استخدام مسخن كهربائي قدرته (1) kW وتم الاختبار بتهيئة النماذج على مسند حديدي تم تصنيعه بشكل يمكننا من الحصول على زوايا الميل المحددة في البحث والتي تتراوح بين ($0^\circ - 90^\circ$) عن الأفق كما في الشكل رقم (2) .

(X) والتي تتغير بأضعاف قيمة قطر الزعنفة الخارجي حيث تراوحت بين ($X = (2-8) D$) ولمدى عدد راييلي يتراوح بين ($6 \cdot 10^6 - 1.5 \cdot 10^6$) وقد توصل الباحث إلى أن إضافة الزعانف إلى الاسطوانات تؤدي إلى تحسين الفقد الحراري من سطحها إذ أن وجود الزعانف يظهر تأثيراً تبريدياً عند نسبة مسافة فاصلة ($X = 4D$) ، يماثل نفس التأثير لو كانت الاسطوانات بدون زعانف عند ($X = 7D$) وبهذا قلل من حجم المبادل الحراري بالاسطوانات المزعفة إلى نصف حجم المبادل الحراري بالسطح الأملس .

كما أجرى الباحثون (حسن كريم ، زينة خليفة ، أركان فوزي) (2000) [8] دراسة عملية لمعرفة تأثير زاوية ميل اسطوانة مزعفة حلقياً على انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح لمدى عدد راييلي يتراوح بين ($9.86 \cdot 10^4 - 49.6 \cdot 10^4$) ولمستويات فرق جهد تتراوح بين (100 - 20) فولت ولزوايا ميل تتراوح بين ($0^\circ - 90^\circ$) وقد توصلوا إلى أن الاسطوانة المزعفة حلقياً تعطي أعلى كمية حرارة منتقلة عند الزاوية (0°) أي في الوضع الأفقي وقد أوجدا المعادلة التجريبية التالية:-

$$\begin{aligned} Nu &= C \cdot (\theta)^n \cdot (Ra)^m \\ C &= 0.054 \\ n &= -0.097 \\ m &= 0.592 \end{aligned}$$

وللشروط الحدية $1^\circ \leq \theta \leq 89^\circ$ حيث أن الزاوية بالدرجات).

أجرت الباحثة (زينة خليفة) (2000) [9] دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل الحر من اسطوانة ذات زعانف حلقية مستطيلة ومثلثة المقطع ومقارنتها مع اسطوانة غير مزعفة ولزوايا الميل المستخدمة في المصدر [1] ولمستويات حرارية (W/m^2) (22 , 84 , 186 , 328 , 510) وقد توصلت إلى أن أعلى كمية حرارة منتقلة بالحمل من الاسطوانة ذات الزعانف الحلقية المثلثة المقطع وبزاوية ميل مقدارها (0°) ولمدى عدد راييلي يتراوح بين ($10.4 \cdot 10^3 - 4.9 \cdot 10^6$) .
كما أجرى الباحثون (خالد عبد الحميد ، زينة خليفة) ، (2002) [10] دراسة عملية لمعرفة تأثير زاوية ميل اسطوانة مزعفة مثلثة المقطع طولياً على انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح ، لمستويات فرق جهد تتراوح بين (134 - 6) w ولزوايا ميل تتراوح بين

الحسابات

لحساب خواص انتقال الحرارة بالحمل الحر من الأنابيب المزعفة وهي الحالة العملية والتطبيقية تم استخدام المعادلات المدرجة أدناه من (7) إلى (14) حيث تم حساب الحرارة المتولدة والحرارة المنتقلة بالإشعاع والحرارة المنتقلة بالحمل الحر وعددي نسلت و رايلي ودرجة الحرارة المجملة ومعامل التمدد الحجمي.

$$Q_q = I * V \quad \dots(7)$$

$$Q_q = Q_{conv.} + Q_{rad.} \quad \dots(8)$$

$$Q_{conv.} = hA_t (T_s - T_a) \quad \dots(9)$$

$$Q_{rad.} = \sigma \cdot A_t \cdot \epsilon (T_s^4 - T_a^4) \quad \dots(10)$$

المتغيرات اللابعديّة التي تمثل من عدد نسلت

(Nu) وعدد رايلي (Ra) معرفة كما يلي

$$Nu = h D_o / k$$

$$Ra = (\beta * g * D_o^3 (T_s - T_a) / \nu^2) * Pr \quad \dots(11)$$

أما خواص الهواء فقد تم حسابها عند معدل درجة حرارة سطح الأنبوب والهواء المحيط

$$T_b = (T_a + T_s) / 2 \quad \dots\dots(12)$$

ومقدار معامل التمدد الحجمي

$$\beta = 1 / T_b \quad \dots\dots(13)$$

أما كفاءة الزعفة تم حسابها من المعادلة التالية [11]:

$$h = 1 - \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \quad \dots\dots(14)$$

حيث أن:

$$Q_{act} = \sqrt{h * p * k * A} q_o \tanh(mL)$$

$$Q_{max} = h * A * q_o$$

$$q_o = (T_o - T_a)$$

حيث أن:-

درجة حرارة قاعدة الزعفة $T_o = T_{bass}$
إذ تم إجراء مقارنة للنتائج بين قيم عدد رايلي (Ra) وعدد نسلت (Nu) لكل نموذج اختبار ولكل زاوية محددة في البحث.

النتائج والمناقشة

بعد إجراء التجارب العملية لقيم عدد رايلي تتراوح بين $(1.54 * 10^7 - 1.57 * 10^8)$ ولفيض حراري مختلف يتراوح بين (53 - 1310) W/m^2 ولزوايا ميل عن المحور العمودي تتراوح بين $(0^\circ - 90^\circ)$. تم حساب قيم عدد نسلت (Nu)

وعدد رايلي (Ra) لكل حالة من الحالات أعلاه ورسمها لكل أنموذج اختبار كما في الشكل (3،4) على التوالي حيث أظهرت النتائج ما يلي :-

1- أن علاقة عدد (Nu) مع عدد (Ra) لا يمكن تمثيلها بخط مستقيم لذا تم استخدام معادلات لوغاريتمية و أعطت نتائج مقبولة جداً وكانت المعادلات الخاصة لكل منحنى ولكل نموذج حسب الشروط الحدية كما يلي :-
نموذج الاختبار (12) زعفة مثلية المقطع:

$$\theta = 0^\circ Y = 0.323347 X - 0.868575$$

$$\theta = 30^\circ Y = 0.259696 X - 0.320051$$

$$\theta = 60^\circ Y = 0.200148 X + 0.1954412$$

$$\theta = 90^\circ Y = 0.198729 X + 0.2366709$$

نموذج الاختبار (12) زعفة مستطيلة المقطع:

$$\theta = 0^\circ Y = 0.237922 X - 0.190118$$

$$\theta = 30^\circ Y = 0.258489 X - 0.304995$$

$$\theta = 60^\circ Y = 0.20068 X + 0.177519$$

$$\theta = 90^\circ Y = 0.17792 X + 0.38863$$

حيث أن:

$$Y = \text{Log Nu}, X = \text{Log Ra}$$

كما تم معالجة البيانات في هذه المنحنيات وذلك برسم قيمة الثابت الموجود في كل من المعادلات أعلاه مع الزاوية الخاصة به كما في الشكل (5) حيث أن العلاقة التي تربط هذا الثابت مع الزاوية بشكل عام هي

$$C = m (\theta)^n \quad \dots(14)$$

وبالتعويض عن قيمة الثابت أصبحت المعادلة العامة لنماذج الاختبار للشروط الحدية $(1^\circ \leq \theta \leq 90^\circ)$ كما يلي:-

أ- أنموذج الاختبار 12 زعفة مستطيلة المقطع:

$$Nu = 2.1956 (Ra)^{0.219} * 1.505 \theta^{-0.9297} \quad \dots(15)$$

ب- أنموذج الاختبار 12 زعفة مثلية المقطع:

$$Nu = 0.647 (Ra)^{0.246} * 2.483 \theta^{-0.9162} \quad \dots(16)$$

حيث تتضمن تأثير الزاوية كدالة لعدد نسلت و عدد رايلي وبالتعويض عن مقدار الزاوية (θ) بما يساويها أعطت تطابق في القيم بنسبة خطأ لا تتجاوز (15 %).

3- تأثير عدد راييلي (Ra) يكون اكبر من تأثير زاوية الميل لنموذجي الاختبار المستخدمة في البحث .

المصادر

[1] علي شعلان موحان "تحسين انتقال الحرارة بالحمل الحر من صف عمودي لاسطوانات أفقية مزعفة موضوعة داخل مجرى أدبياتي" . رسالة مقدمة إلى قسم هندسة المكين والمعدات في الجامعة التكنولوجية، 1997 .

[2] Farouk B. and Guceri S.I.(1981) "Natural convection from horizontal cylinder – Laminar regime" Transaction of ASME vol.103,pp522-527.

[3] Moawed M. and Ibrahim E., "Heat Transfer by free convection inside horizontal elliptic tubes with different axis ratio and different orientation angles", Al-Azhar Engineering Ninth International conference (AEIC), Cairo, Egypt, 2007, APRIL 12-14.

[4] Sturt W. Churchill and Hmbet H.s.CHU."Corrlating Equation for laminar and turbulent free convection from a horizontal cylinder "Int.J.Heat&Mass Transfer Vol.103, pp522- 532, 1981.

[5] Sparrow E.M. and Chrysler "Natural Convection heat transfer coefficient for a short horizontal cylinder attached to a vertical plate", transaction of ASME Vol. 103, PP 630-637, 1981.

[6] Yassen K. salman "Laminar natural convection heat transfer from the out side surface of an inclined cylinder", thesis MSc, University of Technology, 1978.

[7] Hassan. K. Abdullah "Improved heat transfer from horizontal finned tube between two adiabatic walls" (سلسلة العلوم الأساسية والهندسية) ، جامعة اليرموك ، الأردن، المجلد السابع، العدد الأول ، ص ص 65-80 ، 1998.

[8] حسن كريم ، زينة خليفة ، أركان فوزي "دراسة تأثير زاوية ميل اسطوانة مزعفة حلقياً على انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح" مجلة التقني - هيئة المعاهد الفنية، 2000.

[9] زينة خليفة كاظم "دراسة تأثير زاوية ميل اسطوانة ذات زعانف مختلفة المقطع على انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح" المؤتمر القطري الأول للهندسة الميكانيكية والمعادن

3- يوضح الشكل (6) أن كمية الحرارة المنتقلة بالحمل الحر تزداد بزيادة عدد راييلي (Ra) كما أنها تزداد بزيادة زاوية الميل حيث تصبح أعلى ما يمكن عند زاوية $(\theta = 90^\circ)$ وأقل ما يمكن عند زاوية $(\theta = 0^\circ)$ ويعزى ذلك إلى أن الزعانف الطولية المثلثة المستطيلة المقطع لنموذج الاختبار عندما يكون في وضع عمودي تعمل على سريان الهواء الساخن بشكل يكاد يكون منتظماً وتكون أقصى قوة رافعة للهواء في هذه الحالة أما في حالة ميل النموذج بزاوية $(30^\circ, 60^\circ)$ فإن القوة الرافعة للهواء تتناسب مع $(\sin\theta)$ أي تكون المركبة العمودية للقوة الفعلية هي المؤثرة وفي حالة وضع النموذج بزاوية $(\theta = 0^\circ)$ تعمل الزعانف عمل مصدات تعيق سريان الهواء مما يؤدي إلى تبطئة أو سكون الجريان وإضافة مقاومة حرارية وبالتالي انخفاض معدل الفقد الحراري من الأنابيب وتسخين الزعانف نفسها كما توضح الأشكال أن كمية الحرارة المنتقلة من أنموذج الاختبار ذو (12) زعنة مثلثة المقطع أعلى من النموذج ذو (12) زعنة مستطيلة المقطع.

4- يوضح الشكل رقم (7) بأن كفاءة الزعنة المثلثة المقطع أعلى من كفاءة الزعنة المستطيلة المقطع في حالتها الوضع العمودي والأفقي إلا أن الزيادة في الوضع العمودي أعلى من الوضع الأفقي وهذا يعزى إلى أن الزعانف تعمل على تشتيت الحرارة إلى المحيط الخارجي في هذا الوضع حيث تكون قوة طفو أعلى من الوضع الأفقي مما يؤدي إلى زيادة تيارات الحمل وتحسين الفقد الحراري.

الاستنتاجات:

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال التجارب العملية لدراسة الخواص الحرارية لاسطوانة مزعفة طولياً ذات مقطع مثلث وبعد معالجة هذه النتائج يمكن بناء الاستنتاجات الآتية :-

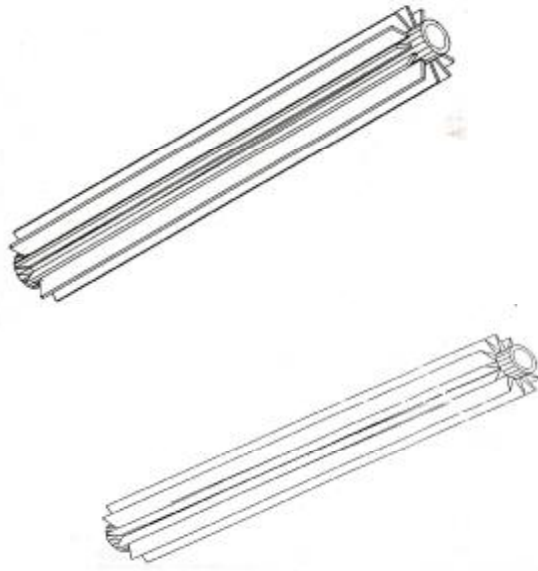
1- ان المعادلة التي تحكم العلاقة بين عدد (Nu) وعدد (Ra) لزاويا ميل مختلفة يمكن تمثيلها بالشكل الآتية :-

$$Nu=0.647(Ra)^{0.246} * 2.483 \theta^{-0.9162}$$

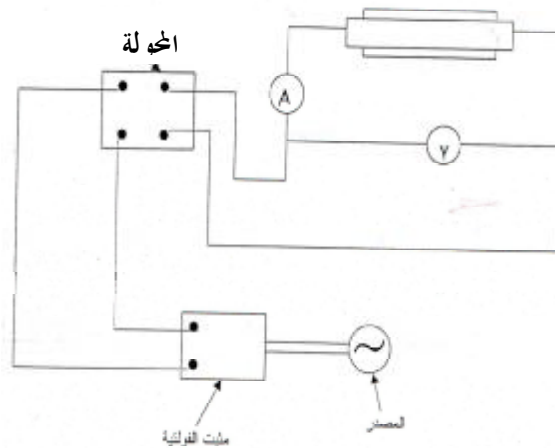
2- معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر يكون أعلى في حالة الاسطوانة ذات (12) زعنة مثلثة المقطع عما في الاسطوانة ذات (12) زعنة مستطيلة المقطع.

وهندسة المواد / كلية الهندسة / جامعة الكوفة،
2000.

[10] خالد عبد الحميد إسماعيل، زينة خليفة
كاظم "انتقال الحرارة بالحمل الحر من أسطوانة
مائلة مزعفة طولياً" مجلة العلوم والهندسة،
جامعة الانبار، المجلد الأول، العدد الأول، 2002
[11] John H. Lienhard, "A heat transfer
textbook" Third edition, IV/John H.
Lienhard, V, 2005.

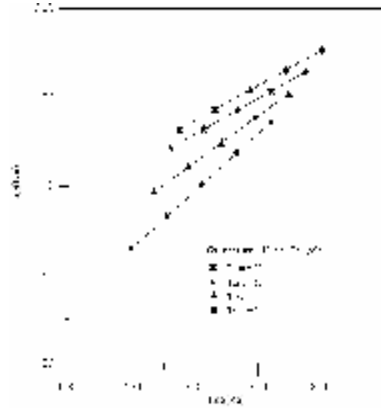


شكل (1) يوضح نموذجي الاختبار المزعفة طولية ذات

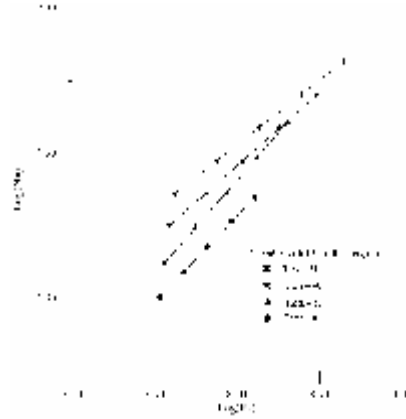


شكل (2) يوضح الدائرة الكهربائية لجهاز
الاختبار

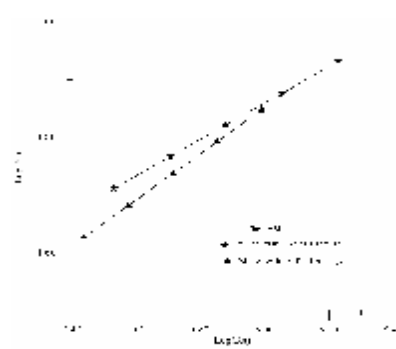
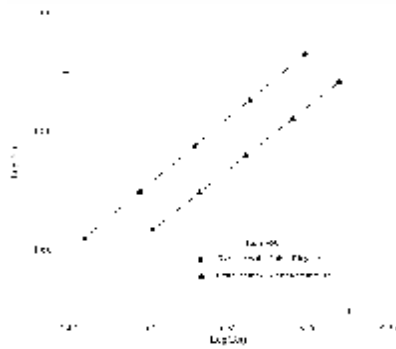
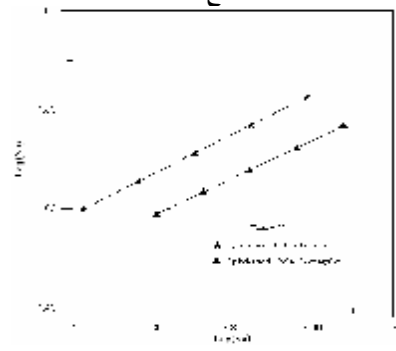
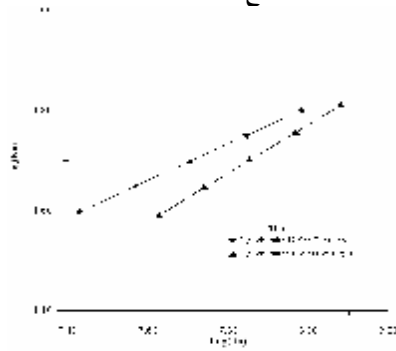
دراسة عملية لتأثير زاوية الميلان و المساحة السطحية لاسطوانة مزعفة طولياً على معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر في حيز مفتوح



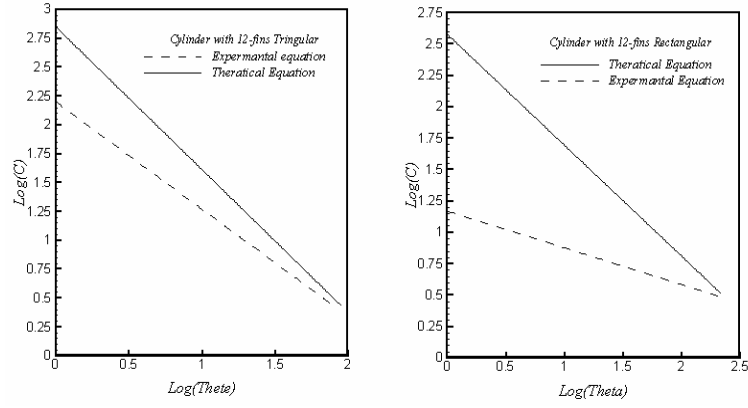
شكل (3) يمثل العلاقة بين عدد (Nu) وعدد (Ra) لمختلف زوايا الميلان لاسطوانة مزعفة طولياً مثلثة المقطع



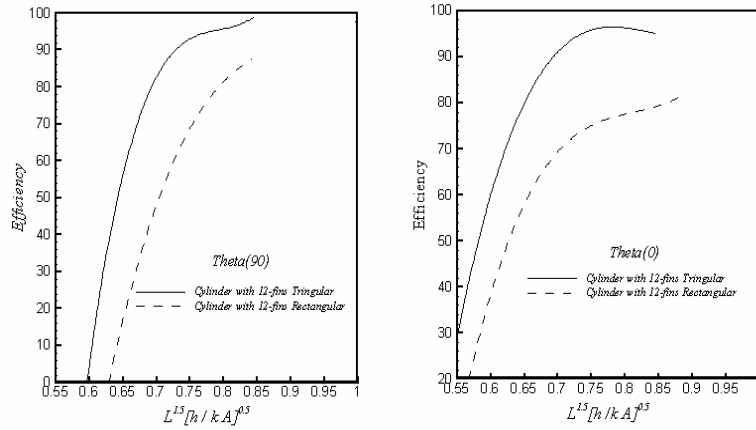
شكل (4) يمثل العلاقة بين عدد (Nu) وعدد (Ra) لمختلف زوايا الميلان لاسطوانة مزعفة طولياً مستطيلة المقطع



شكل (5) مقارنة بين مقدار الحرارة المنتقلة من الاسطوانة (12) زعفة طولية مثلثة - مستطيلة المقطع لمختلف زوايا الميل



شكل (6) مقدار الحيوود بين المعادلة التجريبية والمعادلة النظرية لنموذجي الاختبار



شكل (7) يمثل مقدار الكفاءة لنموذجي الاختبار عند زاوية 0 و زاوية 90