

## دراسة عملية لتأثير تغير الموقع لاسطوانة أفقية بالنسبة لجدار عمودي على عملية انتقال الحرارة بالحمل القسري

م.م احمد علي نجيب الاشعب  
جامعة الانبار / كلية الهندسة

### الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة معامل انتقال الحرارة لاسطوانة موضوعة بشكل أفقي وموازية لجدار في مجرى هواء وكيفية تغير هذا المعامل في حالة عدم وجود الجدار وبوجود الجدار وتحريكه بمسافات مختلفة عن الاسطوانة ( $x=5,10,15,20,25mm$ ) وبتدوير الاسطوانة في كل المسافات المذكورة وب( $360^\circ$ ) ولسرعتين للهواء المتمثلة برقمي رينولدز ( $Re=43181-13636$ ) ومن النتائج العملية وجد أن اقتراب الجدار من الاسطوانة يؤدي إلى حدوث تضيق في مجرى الهواء وهذا التضيق سوف يؤدي إلى زيادة سرعة الهواء وبالتالي زيادة معامل انتقال الحرارة . أما في حالة ابتعاد الجدار عن الاسطوانة سوف يؤدي إلى زيادة المسافة بين الجدار والاسطوانة مما يؤدي إلى تقليل سرعة الهواء وبالتالي تقل قيمة معامل انتقال الحرارة الموضوعي. وبعد اخذ النتائج العملية لمعامل انتقال الحرارة الموضوعي تم إيجاد رقم نسلت الموضوعي ومقارنة النتائج العملية لهذا البحث مع البحوث المنشورة ووجد تطابقاً جيداً معها .

### Abstract

*In this research study of heat transfer coefficient for the cylinder placed horizontally and parallel to the wall of the duct, and how to change this factor in the absence and presence of the wall and the presence of the wall and move different distances from the cylinder ( $x = 5,10,15,20,25mm$ ) and rotate the cylinder in each and two-speed air of distances mentioned web ( $360^\circ$ ) Nos. Reynolds ( $Re = 43181-13636$ ) and the practical results found that the approach of the wall of the cylinder leads to a narrowing in the airway, this restriction will lead to increased air speed and thereby increase the heat transfer coefficient.*

*The In the case away from the cylinder wall will lead to increase the distance between the wall and the cylinder, thus reducing the air speed and therefore less valuable local heat transfer coefficient. After taking the practical results of local heat transfer coefficient were found for local Nusselt number and compare the practical results of this research with the published research and found good agreement with them.*

## الرموز المستخدمة :

الرمز	المعنى	الوحدة
<b>A</b>	المساحة السطحية	$m^2$
<b>K</b>	كمية الحرارة المنتقلة	$w/m^2.K^{\circ}$
<b><math>h_c</math></b>	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$w/m^2.K^{\circ}$
<b><math>T_s, T_F</math></b>	درجات الحرارة للسطح والمانع	$C^{\circ}$
<b>dp</b>	التغير بالضغط	-
$\rho$	كثافة السائل	$kg/m^3$
<b>g</b>	التعجيل الارضي	$m/s^2$
<b>U</b>	السرعة	$m/s$
<b>D</b>	قطر الاسطوانة	$mm$
<b>Re</b>	رقم رينولدز	-
<b><math>Nu_l</math></b>	رقم نسلت الموضعي	-
<b>h</b>	ارتفاع عمود السائل	$mm$
<b>Ta</b>	درجة حرارة الهواء	$C^{\circ}$
<b>Pa</b>	الضغط الجوي	$N/m^2$
$\phi$	زاوية تدوير الاسطوانة	Degree

## المقدمة :

إن الأشكال الاسطوانية تعتبر من الأشكال المألوفة للتطبيقات الصناعية المختلفة والتي نادرا ما يوجد جهاز معين لا يحتوي على جزء اسطواني يستخدم لنقل مائع معين ، يستخدم هذا المائع أما لأغراض التبريد أو لتدوير سوائل او موائع معينة . إن تسخين وتبريد الموائع الجارية داخل وسائل التوصيل من بين اغلب المسائل المهمة لانتقال الحرارة في الهندسة والتصميم ، حيث يحتاج تصميم وتحليل المبادلات الحرارية معرفة معامل انتقال الحرارة بين الجدار الموصل والمائع الذي يجري فيه (1). لذلك تكمن أهمية دراسة الجريان حول الاسطوانات بالنقاط التالية :

1 - إن دراسة الجريان حول الاسطوانات توفر فهم جيد لطبيعة تصرف الموائع التي يكون جريانها بشكل متعارض مع الأجسام الاسطوانية التي يكون الجريان فيها متقاطع .

2 - من المهم جدا فهم كيفية انتقال الحرارة من الأجسام الاسطوانية الموضوعة في مجاري الهواء وذلك لتحديد النقاط التي توضع فيها المسخنات بمعنى آخر هل توضع نقاط التسخين او الإشعاع الحراري بصورة مواجهة او بوضع وسط بين الموضعين السابقين بالنسبة لاتجاه تدفق تيار الهواء . إن العامل المهم في هذا الشيء هو معامل انتقال الحرارة الذي يتأثر بموقع الجزء الساخن لتدفق التيار الهوائي . كما ويعتمد على اختيار إجمام المراجل والمحمصات والمسخنات الأولية بشكل كبير على وحدة المواصلة الخاصة بالحمل بين الأنابيب والمائع وكذلك تدخل في تصميم أجهزة التكيف والتثليج ليكون من الضروري حساب معاملات انتقال الحرارة للموائع التي تجري داخل المجاري الخاصة بنقل الهواء [ 1 ] .

لقد تم دراسة مثل هذه البحوث عمليا ونظريا من قبل العديد من الباحثين ولكن هناك الكثير من الآليات المستخدمة في بحوث عملية ونظرية أنجزت في هذا المجال حيث تمت دراسة نظرية من قبل الباحثين Chun and Boehm (1989) [2] لاسطوانة مسخنة موضوعة في جريان متقاطع تحت حمل قسري وكانت هذه تحليل عددي لهذه الحالة ولمدي أرقام رينولدز متغيرة (Re=200-3480) مع إيجاد قيم رقم نسلت وسلوكه مع تدوير الاسطوانة بزوايا مختلفة . قدم الباحث Rao (2003) [ 3 ] دراسة عملية لإيجاد انتقال الحرارة لطورين من الجريان على اسطوانة مسخنة في حمل قسري وتوضيح سلوك معدل انتقال الحرارة من سطح الاسطوانة المسخنة ولمدي رقم رينولدز (-70=Re 9600). كما قام الباحثين Sanitjai and Goldstein (2004) [4] بدراسة عملية لاسطوانة مسخنة موضوعة في جريان قسري وإيجاد معامل انتقال الحرارة المتوسط والموضعي ولمدي رقم رينولدز ( $12 \times 10^4 - 9 \times 10^4 = Re$ ) ، حيث أوضح أن انتقال الحرارة يوضح ثلاث مناطق للجريان حول الاسطوانة المنطقة الأولى هي الطبقة المتأخمة ومنطقة إعادة الارتباط ومنطقة الدوامية ، ووجد أن معامل انتقال الحرارة الموضعي والمتوسط يتغير بتغير الفيض الحراري الداخل . كما درس الباحثين Koochesfahani and Hu (2004) [5] سرعة ودرجة حرارة المائع (الماء) عند المنطقة الضعيفة (Wake) من اسطوانة مسخنة موضوعة بشكل أفقي في جريان متقاطع باستخدام تقنية (MTV&T) بحيث درجة حرارة الاسطوانة المسخنة تتغير عمليا بموجب تغير رقم ريجردسون (Richardson number Ri) حيث يتغير من الصفر إلى الواحد وقد وضح ان عملية انتقال الحرارة حول الاسطوانة المسخنة تتغير من منطقة الحمل القسري إلى الحمل المختلط بزيادة رقم ريجردسون مما يؤدي إلى استقرار المنطقة الضعيفة .

أما الباحثون Jalil . al. (2006) [6] فقد قاموا بدراسة عملية لتأثير شكل الجنيح على انتقال الحرارة من اسطوانة مسخنة وإيجاد مقارنة بوجود الجنيح وبزوايا هجوم مختلفة وتأثيره على انتقال الحرارة وانحدار الضغط وعدم وجود الجنيح في الجريان ولمدي رقم رينولدز يتراوح ( $0.7 \times 10^4 - 1.44 \times 10^4 = Re$ ) وقد اظهر البحث ان انتقال الحرارة تزداد بمقدار (14%) بوجود الجنيح عن عدم وجود الجنيح .

يهدف هذا البحث إلى دراسة عملية لتأثير موقع اسطوانة أفقية موضوعة في مجرى هوائي بالنسبة لجدار شاقولي ، الاسطوانة المستخدمة بقطر (20مليمتر) ولسرعتين مختلفة ولمدي رقم رينولدز (43181 - 13636 = Re) تحت ثبوت الفيض الحراري (Q=constant) والشكل (1) يوضح وصف للمسألة التي يتناولها البحث .

## الجانب العملي

## قياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي باستخدام تناظر انتقال الحرارة والكتلة

الشكل رقم (2) يوضح أجزاء الجهاز المستخدم لقياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي. ففي هذا البحث تم اعتماد طريقة الجدار المتحرك لقياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي وأجزاء الجهاز هي :

- 1- النفق الهوائي.
- 2- الاسطوانة .
- 3- وحدة سيطرة كهربائية .
- 4- مقياس درجة حرارة رقمي .
- 5- شاشة قراءة فيديو .

## طريقة العمل

باستخدام اسطوانة ثابتة بقطر (20mm) في منتصف النفق الهوائي .  
ففي هذه الطريقة يتم تدوير الاسطوانة بزوايا مختلفة ويقاس معامل انتقال الحرارة في كل زاوية . وتحتوي الاسطوانة على الجزء الحساس ( وهو عبارة عن جزء باعث ومستلم الأشعة تحت الحمراء ) ويعتمد معدل استلام الأشعة على شفافية السطح فعندما يكون السطح معتم يكون مقدار الإشعاع المستلم كبيراً والشكل (3) يوضح الاسطوانة المستخدمة وأجزائها الداخلية . ان طريقة قياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي مستندة على أساس وجود تناظر بين انتقال الحرارة والكتلة حيث ان الجهاز المستخدم مصمم على أساس ذلك .

إن ميكانيكية التناظر بين انتقال الحرارة والكتلة تكون على أساس وجود تشابه بين كمية المادة المنتقلة وكمية الحرارة المنتقلة المناظرة لها . المادة المستخدمة للحصول على هذا التناظر هي نوع من الكحول يدعى كحول البيوتاييل حيث يتم طلاء ورق من نوع خاص يتم لصقه على الجزء المراد إيجاد معامل انتقال الحرارة له ، ويتم الطلاء باستخدام فرشاة خاصة لضمان تجانس توزيع الكحول على الورق . ان عملية الطلاء هذه سوف تؤدي الى زيادة الشفافية للورق ( زيادة نفاذية الهواء ) [7].

وفيما يلي الخطوات العملية المتبعة لقياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي :

- 1 - يتم تثبيت سرعة الهواء عند سرعة معينة بعد تشغيل الجهاز .
- 2 - يتم لصق نوع من الورق بإبعاد ( 60\*65 mm ) وذلك باستعمال اللاصق بمواصفات خاصة حيث لا يتأثر بالكحول المستخدم ويتم توزيع اللاصق بشكل متجانس على سطح الاسطوانة باستعمال فرشاة مناسبة مع تحاشي وضع اللاصق على منطقة الجزء الحساس .
- 3 - بعد عملية لصق الورقة على الاسطوانة يتم تدوير الاسطوانة على قطعة من الإسفنج المضغوط المثبت على قطعة من البرسيكس ، الغرض منها زيادة انتظام التصاق الورق على الاسطوانة والتخلص من التعرجات ، بعدها تترك الاسطوانة لمدة طويلة نسبياً ( يوم واحد على الأقل ) لكي نضمن جفاف المادة اللاصقة .
- 4 - يتم تبليل الورق بالكحول باستخدام فرشاة مناسبة ويتم التبليل مرتين في كل قراءة لضمان توزيع الكحول على الورق.
- 5 - توضع الاسطوانة داخل المجرى الهوائي ويتم تدويرها بزوايا محددة مسبقاً لغرض قياس معامل انتقال الحرارة الموضوعي عند تلك الزاوية وبالبعد المطلوب عن الجدار .
- 6 - يتم الحصول على رسم بياني على الشاشة المرتبطة بالجهاز ، ويوضح هذا الرسم العلاقة بين درجة حرارة السطح والاشارة الخارجة بالنسبة للجزء الحساس الذي يمثل الفولتية مع الزمن ، حيث يلاحظ تناقص الفولتية مع الزمن نتيجة للجفاف التدريجي للورقة ( تبخر الكحول ) حيث يستمر هذا التناقص لحين الوصول الى اوطا نقطة ويتم انتهاء عملية الفحص عند ثبوت الفولتية .
- 7 - بعد الحصول على الرسم البياني يتم تحديد المنطقة المستقيمة من المنحني بواسطة الخطوط المنقطعة العمودية القابلة للحرك يمينا ويسارا وباستخدام المفاتيح الخاصة الموجودة في لوحة المفاتيح المرتبطة مع الشاشة ، بعدها يقوم الجهاز برسم الميل للجزء المستقيم الذي يتم تحديده .

8 - بعد ان يتم تحديد الميل من قبل الجهاز يقوم الجهاز بحساب معامل انتقال الحرارة الموضعي المطلوب اظهاره على الشاشة .

9 - بعد اجراء الخطوات اعلاه من ( 1-8 ) والحصول على قيمة معامل انتقال الحرارة الموضعي عند الزاوية (  $\phi=0$  ) يتم تدوير الاسطوانة بزاوية (  $20^0$  ) في كل قراءة وعند نفس الموقع للاسطوانة ولحين الوصول الى (  $360^0$  ) تجرى هذه العملية لسرعتين أي عند رقمي رينولدز (13636-43181) .

10 - يتم بعدها تثبيت الجدار وتعبيير موقع الجدار بالنسبة للاسطوانة في كل مرة بمسافة ( 5-25mm ) عن الاسطوانة وكما هو واضح بالشكل رقم (1) يتم إتباع نفس الخطوات من ( 1-9 ) وتسجيل قيم معامل انتقال الحرارة عند كل زاوية جديدة وللابعاد المختلفة بين الجدار والاسطوانة .

11 تم اعتماد اكثر من سرعة واحدة لتيار الهواء داخل النفق الهوائي فان الخطوات من ( 1-10 ) يتم تكرارها بكل سرعة لتيار الهواء .

بعد ذلك يتم اخذ النتائج العملية لمعامل انتقال الحرارة الموضعي ( $h_i$ ) وايجاد قيم نسلت الموضعي حسب المعادلة التالية:

$$Nu_i = \frac{h_i D}{K} \dots\dots\dots (1)$$

### النتائج والمناقشة :

بعد اكمال الجانب العملي من البحث واخذ النتائج العملية لمعامل انتقال الحرارة الموضعي وعند سرعتين للهواء أي عند مدرقم رينولدز ( $Re=13636-43181$ ) وفي حالة عدم وجود الجدار أي أن الاسطوانة موضوعة ومثبتة في منتصف النفق الهوائي أخذت النتائج العملية ولرقمي رينولدز المذكورة وتم رسم الشكل رقم (4) للتأكد من عمل الجهاز واخذ القراءات في حالة عدم وجود الجدار فلو نظرنا إلى الشكل (4) لوجدنا أن كل قيم معامل انتقال الحرارة الموضعي في حالة السرعة العالية عند رقم رينولدز ( $Re=43181$ ) هي أعلى من قيم معامل انتقال الحرارة الموضعي في حالة السرعة الواطئة عند رقم رينولدز ( $Re=13636$ ) وهذا من الأمور البديهية وذلك لان زيادة السرعة تزيد من رقم رينولدز وبالتالي تزيد من قيمة معامل انتقال الحرارة الموضعي .

أما الشكل رقم (5) فيمثل العلاقة بين معامل انتقال الحرارة الموضعي وزاوية التدوير في حالة وجود الجدار ولمسافات مختلفة للجدار (  $x$  ) مختلفة هي (  $x = 5, 10, 15, 20, 25$  mm ) وهي المسافة التي تم تحريك الجدار بها مقتربا ومبتعدا عن الاسطوانة ولرقمي رينولدز ( $Re=43181$ ) وجد إن معامل انتقال الحرارة الموضعي يكون عاليا في البعد القريب من الجدار ويقل تباعا في كل مرة يزداد فيها البعد عن الاسطوانة إلى أن يكون في المسافة البعيدة (  $x=25$ mm ) ذا سلوك مشابه الى معامل انتقال الحرارة عند منتصف المجرى الهوائي وكما هو واضح في الشكل ( 5 ) وعند رقم رينولدز ( $Re=43181$ ) . أما في الشكل (6) فقد تم اخذ النتائج العملية عند رقم رينولدز ( $Re=13636$ ) وتبين أن معامل انتقال الحرارة يقل بازدياد المسافة بين الجدار والاسطوانة حتى يصل الى أقصى مسافة (  $x=25$ mm ) فتكون قيمة معامل انتقال الحرارة الموضعي تقريبا متساوية إلى قيمة معامل انتقال الحرارة الموضعي عند المنتصف أي في حالة عدم وجود الجدار.

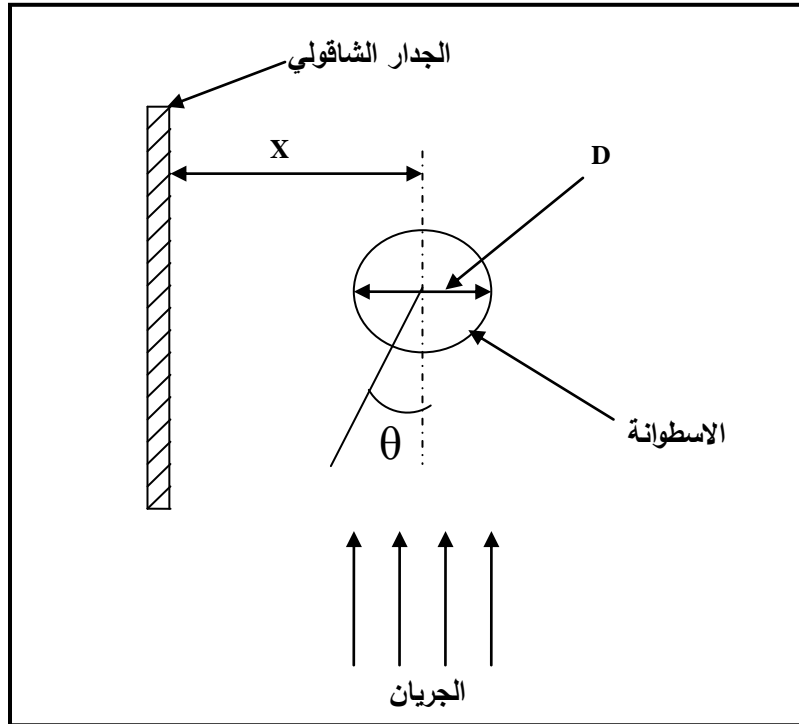
ونلاحظ في الشكلين (5,6) أن الجزء الأيسر من كل المنحنيات الموجودة في الشكلين المذكورين أي ان قيم زاوية التدوير (0-180) تمثل النهاية الحرة من الاسطوانة أي عدم ظهور تأثير الجدار وسلكت نفس السلوك الذي سلكته في حالة عدم وجود الجدار مع اخذ بعين الاعتبار ابتعاد الجدار عن الاسطوانة إلى أن نصل إلى الزاوية (190) وهو الجزء الأيمن من المنحنيات الموجودة في الشكلين (5,6) والمتمثلة بقيم زاوية التدوير (190-360) وهذا الجزء الذي يمثل وجود الجدار من الناحية الثانية وقد تبين أن قيم معامل انتقال الحرارة الموضعي عالية وهذا يظهر تأثير وجود الجدار الذي في حالة اقترابه من الاسطوانة سوف يكون هناك تضيق في مجرى الهواء وبالتالي يزيد من سرعة الهواء ويزيد من قيمة معامل انتقال الحرارة الموضعي وفي حالة ابتعاد الجدار عن الاسطوانة سوف تقل سرعة الهواء وبالتالي تقل قيم معامل انتقال الحرارة الموضعي وكما هو واضح في الشكلين (5,6) .

أما في الشكل (7) فقد تم مقارنة النتائج مع عدد من البحوث السابقة وقد وجد ان في ارقام رينولدز التي اقل من (100000) يحدث الانفصال للطبقة المتأخمة عند موضع زاوي يبلغ حوالي ( $80^\circ$ ) [8] وهذا ما لوحظ في النتائج العملية لهذا البحث وذلك بسبب ان انتقال الحرارة وخصائص الجريان على مقدمة الاسطوانة يشبه الجريان الطبقي على صفيحة مستوية ويكون معامل انتقال الحرارة الموضعي الاكبر عند نقطة الركود وتتناقص مع المسافة على طول السطح حيث يزداد سمك الطبقة المتأخمة ويصل معامل انتقال الحرارة الموضعي الى اقل قيمة على جانبي الاسطوانة عند نقطة الانفصال. ويتزايد معامل انتقال الحرارة الموضعي خلف نقطة الانفصال بسبب وجود اضطراب كبير على الجزء الخلفي للاسطوانة حيث تقوم الدوامات بمسح السطح من هذا كله يمكن القول ان معامل انتقال الحرارة الموضعي على الظهر ليست اكبر من تلك التي على الامام لان الدوامات التي تعمل على اعادة التدوير جزء من المائع ومخالفة اضطرابها العالي ليست فعالة تماما في مزج المائع القريب من السطح مع المائع الموجود في التيار الموجود في التيار الرئيسي مثل الطبقة المتأخمة.

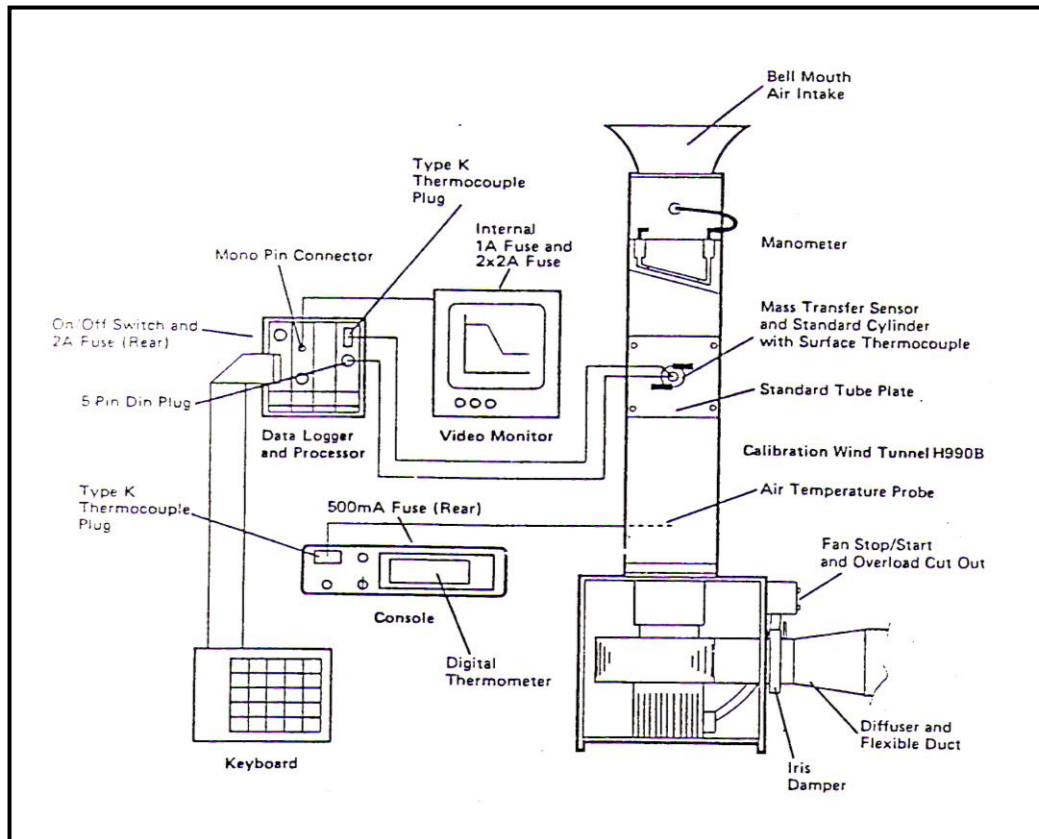
واختصارا للموضوع فان الشكل رقم (7) يبين تغير رقم نسلت (Nu) حول اسطوانة مع ارقام رينولدز حيث ان ارقام رينولدز الواطنة ادنى نقطة في معامل انتقال الحرارة تحدث تقريبا عند نقطة الانفصال وتوجد زيادة ملحوظة في معامل انتقال الحرارة على الجهة الخلفية من الاسطوانة ناتجة من حركة الدوامات الاضطرابية في التدفق المنفصل. وعند ارقام رينولدز العالية نلاحظ نقطتين دنيبتين تحدث الأولى عند نقطة التحول من الطبقة المتأخمة الطباقية الى المضطربة وتحدث الثانية عندما تنفصل الطبقة المتأخمة المضطربة. وتوجد زيادة في سرعة انتقال الحرارة عندما تصبح الطبقة المتأخمة مضطربة وأخرى عند زيادة الحركة الدوامية عندما يحدث الانفصال.

#### الاستنتاجات :

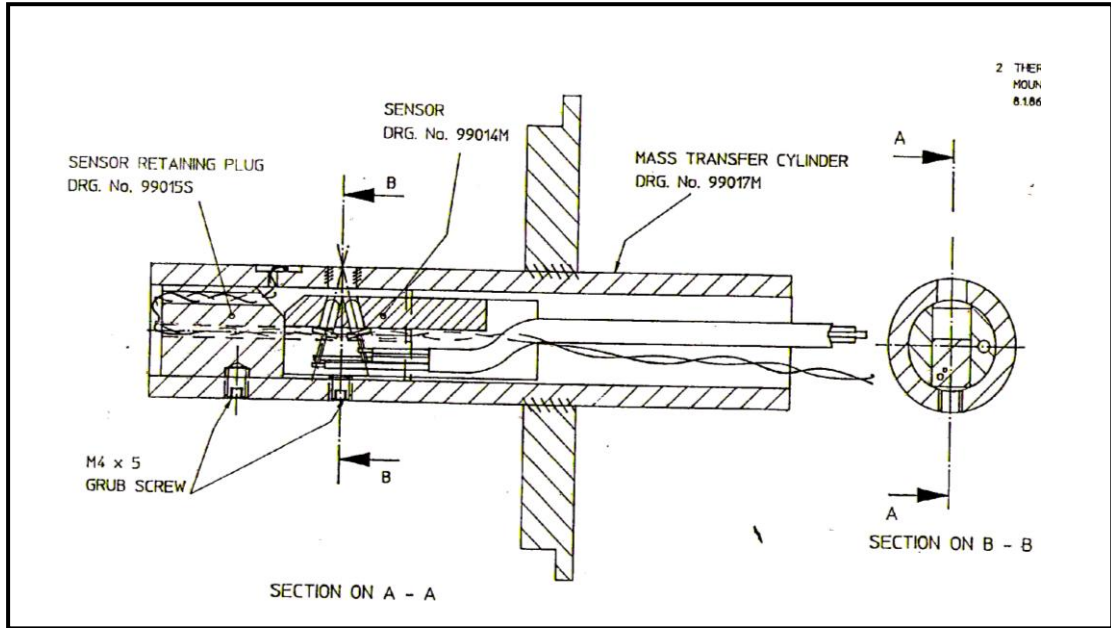
1. زيادة سرعة الهواء تؤدي إلى زيادة كلا من معامل انتقال الحرارة الموضعي ورقم رينولدز .
2. إن وجود الجدار بالقرب من الاسطوانة يزيد من معامل انتقال الحرارة الموضعي .
3. إن اقتراب الجدار من الاسطوانة يؤدي إلى زيادة سرعة الهواء وتقل سرعة الهواء بزيادة المسافة بين الجدار والاسطوانة .
4. تكون قيمة معامل انتقال الحرارة واطنة عند نقطة الانفصال التي تحدث بين الزاويتين ( $120^\circ - 80^\circ$ ).
5. زيادة معامل انتقال الحرارة على الجهة الخلفية من الاسطوانة ناتجة من حركة الدوامات الاضطرابية في التدفق المنفصل.



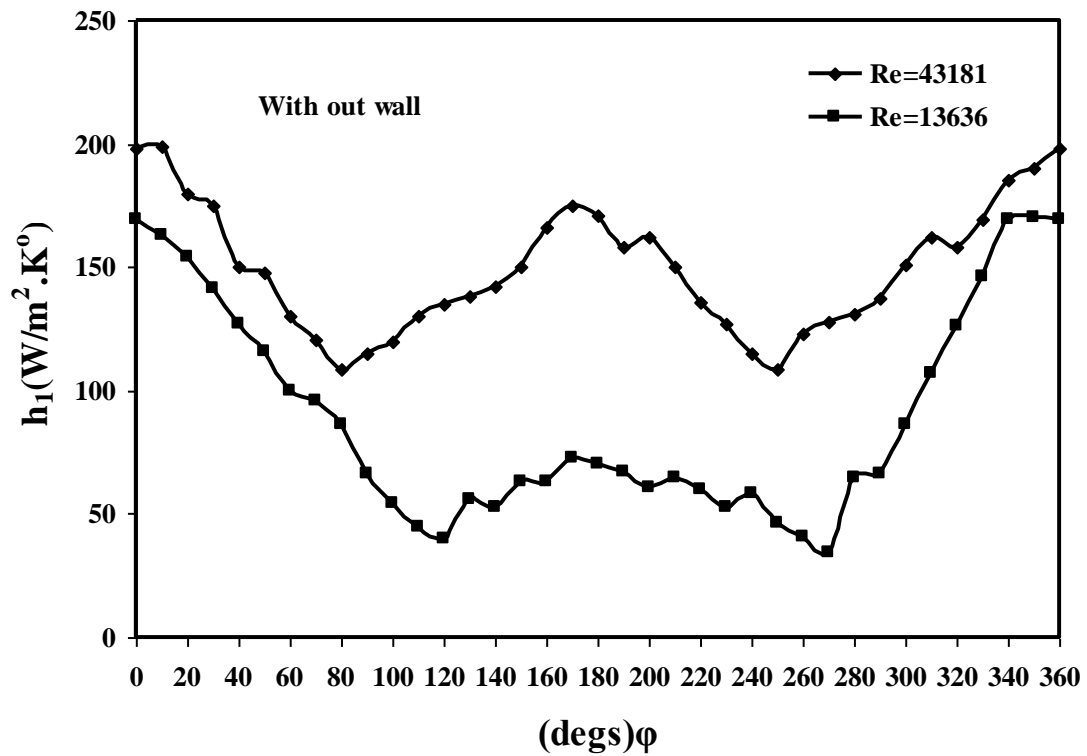
الشكل (1) يوضح وصف شكل الجريان على اسطوانة



الشكل (2) يوضح مخطط عام للجهاز

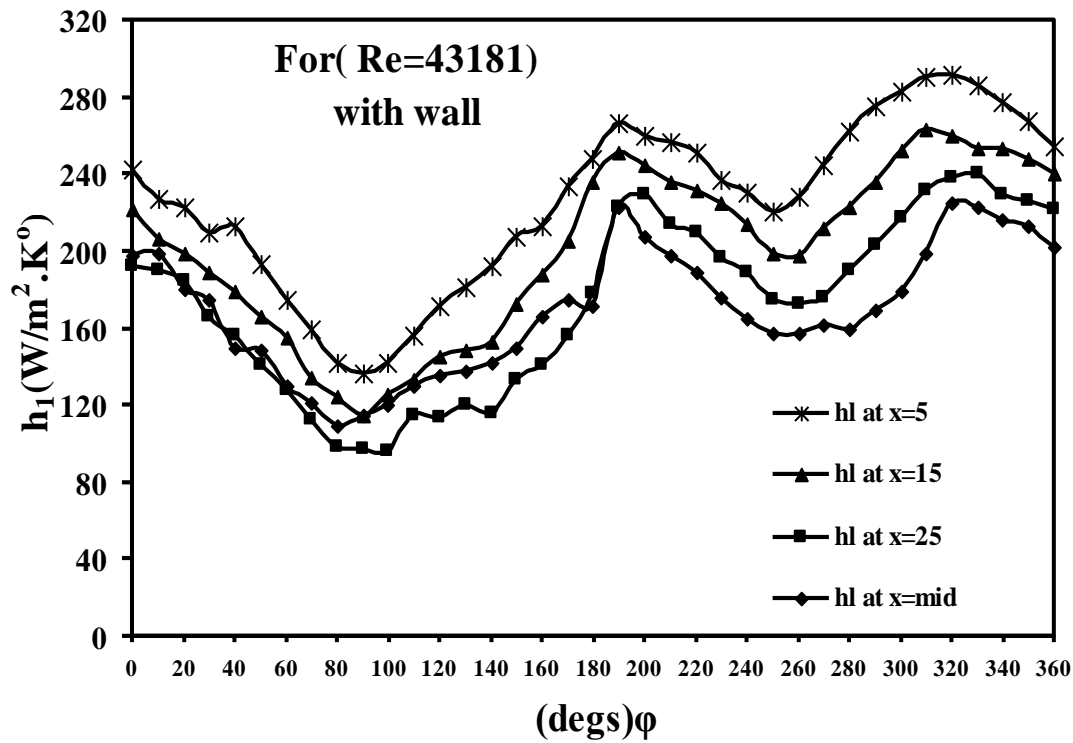


الشكل (3) يوضح الاسطوانة المستعملة وتراكيبها الداخلية

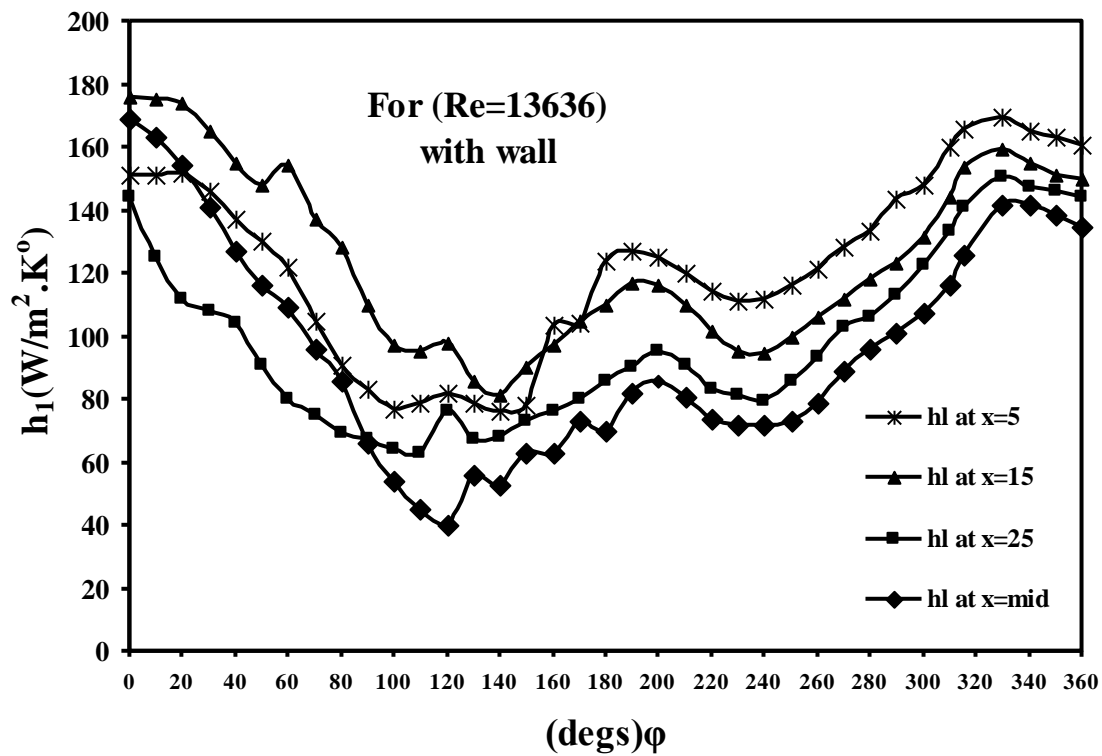


الشكل (4) يوضح العلاقة بين معامل انتقال الحرارة الموضعي مع تغير الزاوية للاسطوانة ولرقمي رينولدز وبدون وجود الجدار

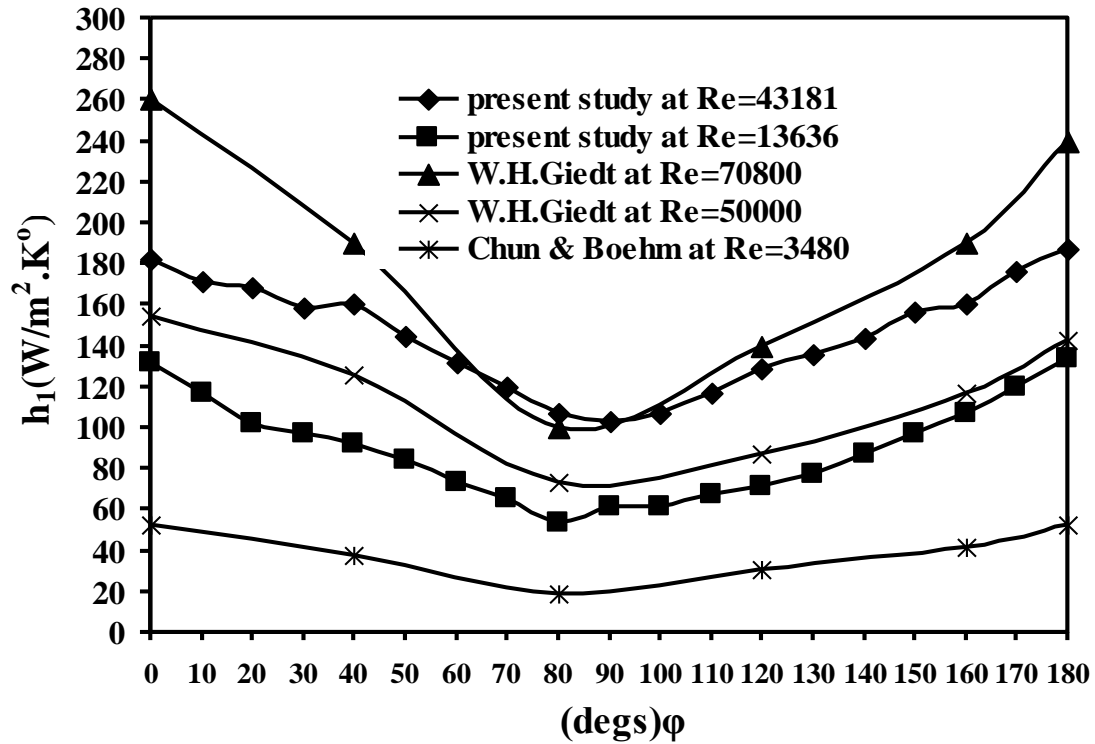




الشكل ( 5 ) يوضح العلاقة بين معامل انتقال الحرارة الموضعي مع تغير زاوية التدوير للاسطوانة بوجود الجدار ولمسافات مختلفة للجدار عن الاسطوانة



الشكل ( 6 ) يوضح العلاقة بين معامل انتقال الحرارة الموضعي مع تغير زاوية التدوير للاسطوانة بوجود الجدار ولمسافات مختلفة للجدار عن الاسطوانة



الشكل (7) يوضح العلاقة بين رقم نسلت الموضوعي لهذا البحث مع زاوية التدوير ومقارنتها مع البحوث السابقة

**Study of the Effect of change of location for the horizontal cylinder wall perpendicular to the process of forced convection heat transfer**

## المصادر :

1. أساسيات انتقال الحرارة – جامعة الموصل -ترجمة د.برهن العلي. 1988.
2. WONGEE CHUN & R.F. BOEHM (Calculation of forced flow and heat transfer around a cylinder in cross flow) UNIVERSITY OF UTAH .1989
3. B. K. Rao (HEAT TRANSFER TO TWO-PHASE AIR-VISCOELASTIC FLUID FLOWS OVER A HOT CYLINDER ) International Scientific Research and Testing, Inc., Chubbuck, Idaho, USA.2003.
4. S. Sanitjai and R. J. Goldstein (Forced convection heat transfer from a circular cylinder in cross flow to air and liquids ) Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota, Heat Transfer Laboratory, 125, Mechanical Eng. Building, 111 Church Street SE, Minneapolis, MN 55455, USA.2004.
5. Hui Hu and Manoochehr Koochesfahani (FLOW VISALIZATION AND SIMULTANEOUS VELOCITY AND TEMPERATUE MEASUREMENTS IN THE WAKE OF A HEATED CYLINDER) Department of Aerospace Engineering , Iowa State University , Ames , Iowa , USA . 2004
6. Jalal M. Jalil and Hassan K. Abdulla and Ahmed H. Yousif (Effect of Winglet Shape on Heat Transfer from Heated Cylinder in Cross Flow) Department, University of Technology, Baghdad, Iraq . 2006
7. P. A. Hilton LTD Experimental operating and maintenance manual cross flow heat exchanger 1990. 8- K.M. Krell and E.R.G. Eckert, Heat Transfeer to a Transverse circular cylinder 1970 .
8. K.M. Krell and E.R.G. Eckert, Heat Transfeer to a Transverse circular cylinder 1970 .
9. H. B. Squire , Modern Developments in Fluid Dynamic ,1950 .
10. W.H. Giedt (Investigation of Variation of Piont Unit-Heat-TransferCoefficient around a Cylinder Normal to an air stream ) 1949 .
11. Wladyslaw N0wak, Aleksander A. Stachel, ( Convection Heat Transfer During An Air Flow Around ACylinder) 2004 .
12. HOLMAN ,(HEAT TRANSFER) book 1986 .
13. فرانك ب – الكروبيرا ديفيد – دووت اسس انتقال الحرارة - جامعة البصرة .