مقارنة انتقال الحرارة في حالة الجريان المضطرب بين مجرى بدون اضلاع ومجرى مزود باضلاع داخلية نصف دائرية

يامن قبيلي*

(تاريخ الإيداع 30 / 9 / 2020. قُبِل للنشر في 2/ 6 / 2021)

ملخّص

تم في هذا البحث انشاء نموذج تجريبي لدراسة تاثير اضافة اضلاع داخلية نصف دائرية داخل مجرى مربع الشكل على انتقال الحرارة في حالة الجريان المضطرب، وتمت المقارنة بين درجة حرارة الهواء داخل المجرى قبل وبعد اضافة الاضلاع.

الشروط التي تمت عليها الدراسة:ارقام رينولدز من (40500 –10460)، درجة حرارة الهواء الداخل الى المجرى25 تم تغيير التدفق يدويا عن طريق صمام التحكم بالتدفق.

تبين من خلال التجارب تحسن في انتقال الحرارة للمجرى المزود باضلاع نص دائرية مقارنة بالمجرى بدون اضلاع بنسبة تتراوح بين %(10.87–28.13).

الكلمات المفتاحية: انتقال الحرارة، الجريان الداخلي، رقم رينولدز.

* **ماجستير ، قسم هندسة القوى الميكانيكية ،كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ،جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**
E–Mail: yamenkb@gmail.com

Comparison of Heat Transfer in the Case of Turbulent Flow Between a Duct Without Ribs and a Duct with Semi-Circular Inner Ribs

Yamen Kbely*

(Received 30 / 9 / 2020. Accepted 2 / 6 / 2021)

□ ABSTRACT □

In this research, an experimental model was created to study the effect of adding a semi-circular internal rib inside a square-shaped duct on the heat transfer in case of turbulent flow, and a comparison was made between the air temperature inside the duct before and after adding the ribs.

Conditions studied: Reynolds numbers (10460- 40500), air temperature Inlet 25 □, the flow is manually changed by the flow control valve.

Through experiments, it was found that there was an improvement in the heat transfer of the duct equipped with circular ribs compared to the duct without a rib at a rate ranging between (10.87-28.13) %.

Keywords: Heat transfer, Turbulent Flow, Duct, Inner Ribs**.**

* **Master, Department of Power Mechanical, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E–Mail: yamenkb@gmail.com**

مقدمة:

تحسين انتقال الحرارة هو اي طريقة تهدف الى زيادة اداء النظام الحراري او ارتفاع معامل انتقال الحرارة باستخدام تقنيات مختلفة، كثيرا ماتستخدم الزعانف او الاضلاع او الصفائح في داخل قناة لزيادة معدل انتقال الحرارة بالحمل مما يحسن من فعالية المبادل الحراري[4] [3] [2] [1].

تؤدي الاضلاع التي تركب في القناة الى زيادة شدة الاضطراب في مستويات التبريد او التسخين مقارنة مع القناة ذات الجدران المستوية، والسبب الرئيسي لتحسن انتقال الحرارة لهده القنوات المزودة باضلاع يعود الى انقطاع الطبقة الحدية الحرارية والهيدروليكية حيث يصطدم التدفق بالاضلاع وينتشر على جدران القناة مما يحسن من انتقال الحرارة[6] [5].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث الى تحسين انتقال الحرارة في المبادلات الحرارية وذلك عن طرق تركيب اضلاع داخل القنوات الداخلية للمبادل الحراري، حيث تم انشاء نموذج تجريبي في جامعة تشرين وتم اجراء الاختبارات عليه.

تستخدم الاضلاع لتحسين انتقال الحرارة للمائع (الذي ينقل الطاقة) واسطح انتقال الحرارة، حيث تعمل هذه الاضلاع كعائق للتدفق مما يولد اضطرابات ويحسن انتقال الحرارة .

طرائق البحث ومواده:

1.الدراسات المرجعية:

تظهر العديد من الابحاث ان هناك بارمترات هندسية محددة يمكن ان تؤثر بمعامل انتقال الحرارة ومنها : اتجاه الاضلاع والنسبة بين خطوة الاضلاع الى ارتفاعها[8] [7] .

درس Park et al تاثير التغييرات في نسبة العرض الى الارتفاع وزوايا الاضلاع داخل القناة تجريبيا وبين ان هناك زوايا محددة للاضلاع تكون مناسبة لنسبة العرض الى الارتفاع وخصوصا الزوايا بين 60- 45 التي تحقق افضل انتقال حرارة [4] [3].

اجرى Kukreja et al دراسات تجريبية على قناة بشكل حرف V ذات اضلاع بزاوية 45 و 60 واستنتج ان القناة ذات الاضلاع بزاوية 60 ينتج عنها زيادة عالية في انتقال الحرارة[6] [5] .

قام Han and Park باجراء دراسة لتاثير زاوية الاضلاع ونسبة ابعاد القناة المستطيلة الخشنة حيث توصل الى ان القناة المستطيلة ذات الاضلاع بزاوية تعطي انتقال للحرارة افضل من الاضلاع العرضية بنسبة 30% [2] [1].

قام Alkhamis et al باجراء دراسة موسعة على الاضلاع بشكل حرف V ذات اضلاع بزاوية 45 ووجد انها تتمتع باداء عالي في انتقال الحرارة مقارنة مع الاضلاع المائلة [2] [1].

2.المعادلات المستخدمة:

معادلة الاستمرارية :

$$\nabla\ (\rho U)\ =0$$

عدد رينولدز :

$$Re = \frac{w.d}{v}$$

3.جهاز الاختبار:

يبين الشكل(1) جهاز الاختبار المؤلف من وحدة تغذية الهواء– صمام تحكم بالتدفق– مقطع الاختبار– اجهزة القياس.

يدخل الهواء الى جهاز الاختبار عن طريق مروحة نابذية وتم التحكم بمعدل تدفق الهواء الداخل الى مقطع الاختبار عن طريق صمام التحكم بالتدفق حيث تراوح معدل التدفق بين $\frac{m^3}{hr}$ (45–6).

الشكل(1): جهاز الاختبار.

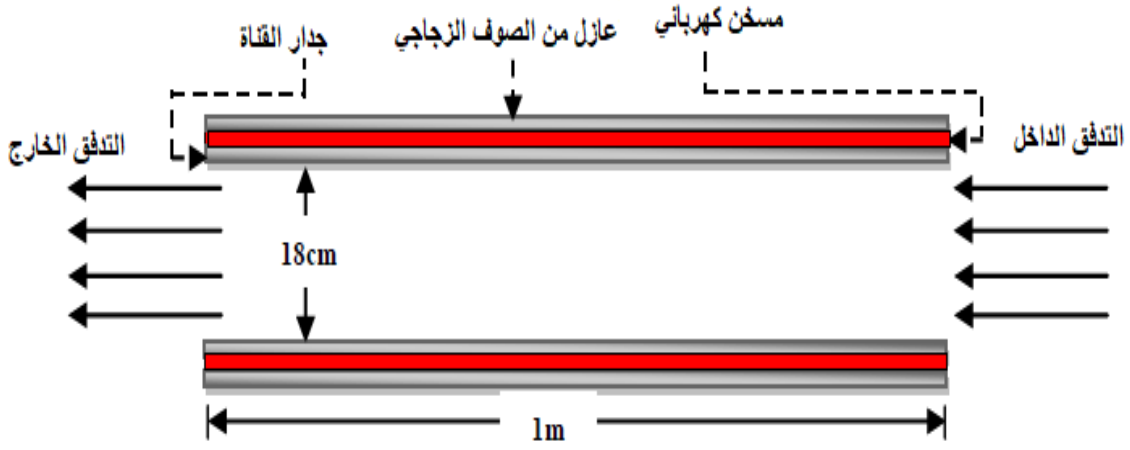
4.مقطع الاختبار:

عبارة عن مجرى مربع الشكل مصنوع من الفولاذ سماكته 2 mm وارتفاعه 0.18 m وطوله 1 m كما في الشكل (2).

يتضمن مقطع الاختبار جداري تسخين حيث تم تسخينهم بواسطة مسخن كهربائي 1 KW موصول على السطح العلوي والسفلي لمقطع الاختبار ليؤمن تدفق حراري متساوي.

وتم عزل مقطع الاختبار بطبقة من الصوف الزجاجي سماكتها 2 cm لتقليل ضياعات الحرارة بالتوصيل.

ومن اجل قياس درجة حرارة الهواء داخل مقطع الاختبار تم وضع 6 مزدوجات حرارية تبعد عن بعضها 20 cm.

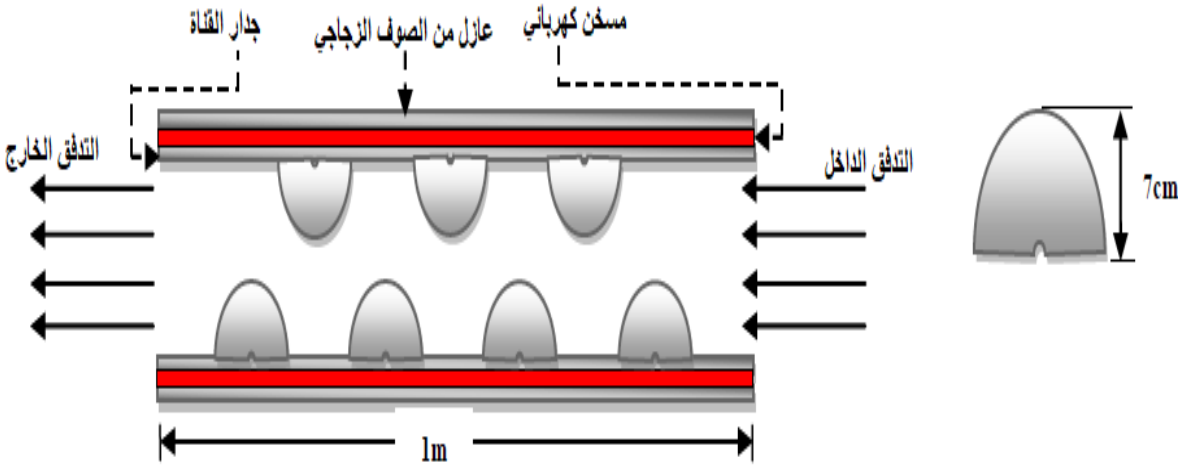


الشكل(2): مقطع الاختبار.

5.الاضلاع المستخدمة:

نصف دائرية نصف قطرها 7 cm كما في الشكل (3) وعددها 7 ومتوضعة على الوجهين المتقابلين لمقطع الاختبار كما في الشكل (4).

الشكل(3):الاضلاع نصف الدائرية.



الشكل(4): توزع الاضلاع في المجرى.

6.اجهزة القياس المستعملة:

مقياس حرارة ديجتال يتصل مع المزدوجات الحرارية الموضوعة داخل مقطع الاختبار والمبين في الشكل(5).

مقياس سرعة الهواء من النوع (YK-2005AH) والمبين في الشكل(6).

الشكل(5): مقياس الحرارة الدجيتال مع المزدوجات الحرارية.

الشكل (6): مقياس سرعة الهواء.

النتائج والمناقشة:

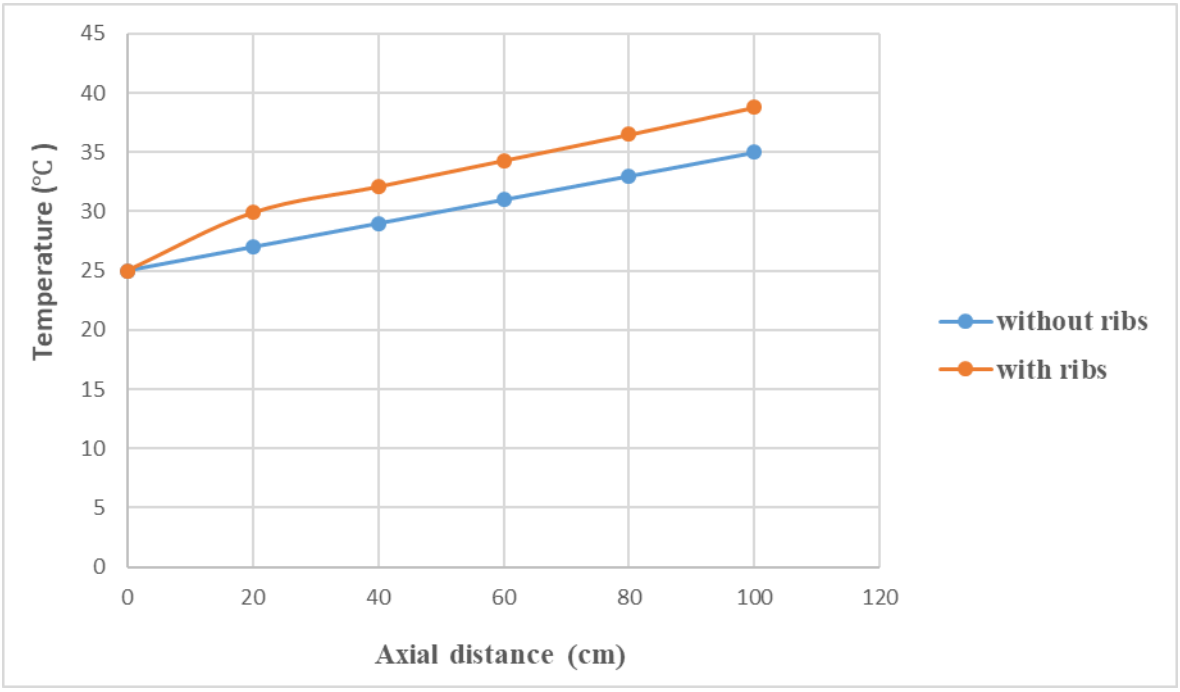
طريقة التجارب :

- اجريت التجارب عند ارقام رينولدز مختلفة تراوحت بين (40500 -10460).
- تم اجراء التجارب قبل وبعد اضافة الاضلاع نصف الدائرية.
- تم التحكم بتدفق الهواء يدويا عن طريق صمام التحكم بالتدفق.
- وضعت الاضلاع نصف الدائرية على جدران التسخين داخل المجرى.
- تم اخذ القياسات بعد الوصول لحالة الاستقرار بعد حوالي 40 دقيقة حيث قمنا بقياس درجة حرارة الهواء داخل المجرى قبل وبعد اضافة الاضلاع نصف الدائرية وذلك عند أرقام رينولدز مختلفة وكانت النتائج كالتالي:

1. عند رقم رينولدز 10460 حصلنا على النتائج التالية:

الجدول(1): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 10460.

البعد عن مدخل مقطع الاختبار	درجة حرارة الهواء قبل اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 10460	درجة حرارة الهواء بعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 10460
0 cm	25□	25□
20 cm	27□	29.9□
40 cm	29□	32.1□
60 cm	31□	34.3□
80 cm	33□	36.5□
100 cm	35□	38.8□



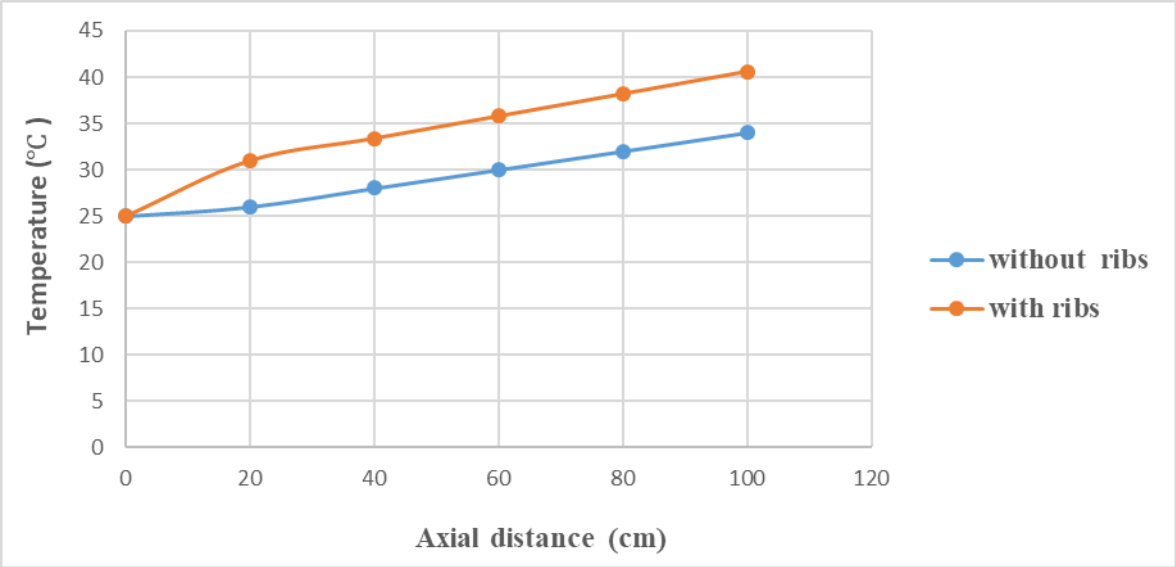
الشكل(7): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 10460.

يتبين لدينا من خلال الجدول1 والشكل7 انه عند رقم رينولدز 10460 حصل تحسن في انتقال الحرارة للهواء بعد اضافة الاضلاع نصف الدائرية بمعدل10.87%.

2. عند رقم رينولدز25480 حصلنا على النتائج التالية:

الجدول (2): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 25480 .

البعد عن مدخل مقطع الاختبار	درجة حرارة الهواء قبل اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 25480	درجة حرارة الهواء بعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 25480
0 cm	25□	25□
20 cm	26□	31□
40 cm	28□	33.4□
60 cm	30□	35.8□
80 cm	32□	38.2□
100 cm	34□	40.6□



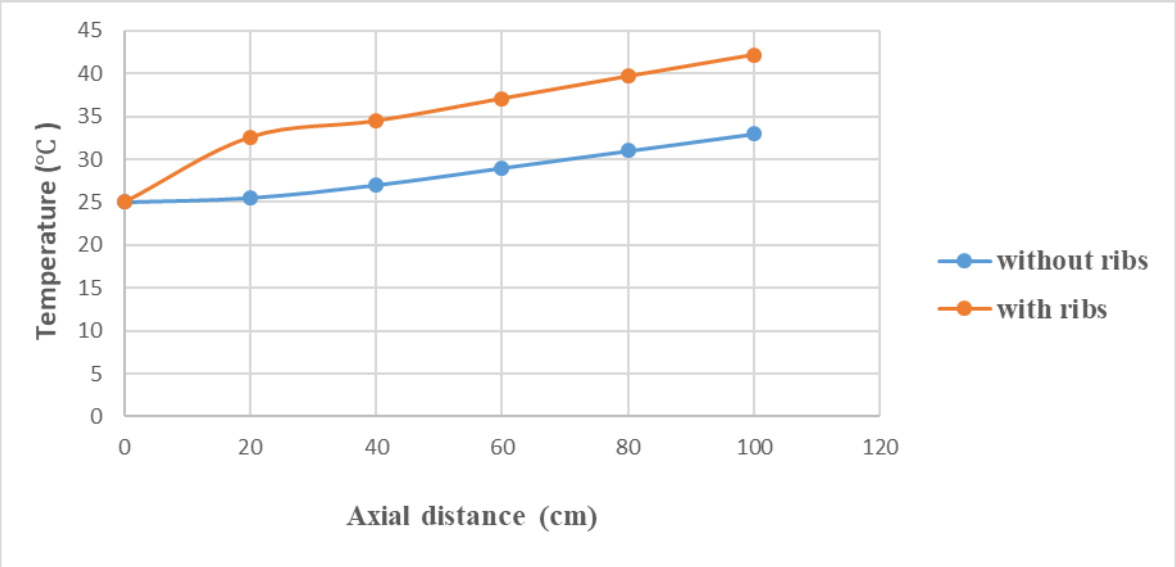
الشكل (8): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز25480 .

يتبين لدينا من خلال الجدول2 والشكل8 انه عند رقم رينولدز 25480 حصل تحسن في انتقال الحرارة للهواء بعد اضافة الاضلاع نصف الدائرية بمعدل19.5%.

3. عند رقم رينولدز40500 حصلنا على النتائج التالية:

الجدول (3): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 40500.

البعد عن مدخل مقطع الاختبار	درجة حرارة الهواء قبل اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 40500	درجة حرارة الهواء بعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز40500
0 cm	25□	25□
20 cm	25.5□	32.6□
40 cm	27□	34.5□
60 cm	29□	37.1□
80 cm	31□	39.7□
100 cm	33□	42.2□



الشكل (9): مقارنة بين درجة حرارة الهواء قبل وبعد اضافة الاضلاع عند رقم رينولدز 40500 .

يتبين لدينا من خلال الجدول3 والشكل9 انه عند رقم رينولدز 40500 حصل تحسن في انتقال الحرارة للهواء بعد اضافة الاضلاع نصف الدائرية بمعدل28.13%.

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين من خلال التجارب تحسن في انتقال الحرارة للمجرى المزود باضلاع نص دائرية مقارنة بالمجرى بدون اضلاع بنسبة تتراوح بين (10.87–28.13)% وذلك عند ارقام رينولدز من (40500 –10460).

ويعود السبب في ذلك لكون القناة المزودة بأضلاع تولد حالة اضطراب وتزيد المساحة السطحية الحرارية وتزيد معامل انتقال الحرارة اكثر من القناة بدون اضلاع،حيث تقوم هذه الاضلاع بقطع الطبقة الحدية الحرارية والهيدروليكية حيث يتم فصل التدفق عبر كل ضلع واعادة تدويره واصطدامه بجدران القناة، وتبين انه بزيادة رقم رينولدز تزداد شدة الاضطراب بسبب زيادة الاضطراب في الطاقة الحركية مما يؤدي الى تحسن في انتقال الحرارة.

يمكن اقتراح تجربة اضلاع باشكال مختلفة ودراسة انتقال الحرارة قبل وبعد اضافة الاضلاع.

References:

[1] Siva Kumar. K, Dr. E. Natarajan, Dr. N. Kulasekharan, "Numerical Study of Turbulent Flow and Heat Transfer in Square Convergent Channel with 90˚ Inline Rib Turbulators", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 1, Issue 3, March 2012.

[2] Md. J. NINEE, Gyeong Hwan LEE, HanShik CHUNG, Myoungkuk Ji, Hyomin JEONG, "Turbulence and pressure drop behaviours around semicircular ribs in a rectangular channel", Dept. of Energy and mechanical Engg. Gyeongsang national University, institute of marine industry, 445, Korea.

[3] Arkan and Hasasn Ali"Experimental and Numerical Investigation of Convective Heat Transfer in a Circular Tube with Internal square ribs"Journal of Babylon University/Engineering Sciences/ No.(4)/ Vol.(22): 2014.

[4] Tuqa Abdulrazzaq, Hussein Togun, M. K. AAriffin, S. N. Kazi, NM Adam, and S. Masuri "Numerical Simulation on Heat Transfer Enhancement in Channel by Triangular Ribs", International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:7, No:8, 2013.

[5] Fifi N.M. Elwekeel, Antar M. M. Abdala, Qun Zheng, "Numerical Investigation of Heat Transfer Coefficient in Ribbed Rectangular Duct with Various Shape Ribs and Different Coolants", Proceedings of 2012 International Conference on Mechanical Engineering and Material Science (MEMS 2012).

[6] Wang, L. and Sunden, B, 2007, "Experimental Investigation of Local Heat transfer in a Square Duct with Various-Shaped Ribs," Heat and Mass Transfer, Vol. 43, pp. 759-766.

[7] Abhilash Kumar, R. Saravana Sathiya Prabhahar," Numerical Investigation of Heat Transfer Characteristics in A Square Duct with Internal RIBS", International Journal of Innovative Research in Science Volume 3, Special Issue 1, February 2014.

[8] Han, J. C. Y. M. Zhang, C. P. Lee, 1991, "Augmented heat transfer in square channels with parallel, crossed and V-shaped angled ribs", ASME J. Heat Transfer 113 590–59.