

دراسة عملية لتأثير الاهتزازات في معامل انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مزعنة حلقيا

د. زينة خليفة كاظم * & فادي رياض شمعون*

تاريخ التقديم: 2009/11 / 23

تاريخ القبول: 2010/ 5 / 6

الخلاصة

يهدف هذا البحث إلى إجراء دراسة عملية لبيان تأثير الاهتزازات القسرية العمودية على معامل انتقال الحرارة بالحمل القسري وذلك باستعمال اسطوانة مزعنة حلقياً مصنوعة من الألمنيوم. سخنت بفيض حراري ثابت وذلك بإمرار تيار كهربائي متناوب خلال مقاومة مثبتة داخل الحيز الداخلي لهذه الاسطوانة التي وضعت اما افقية او مائلة بزوايا متعددة عن الافق ($0^\circ - 45^\circ$). أُسْعِمَ في هذه الدراسة نموذج الاسطوانة المزعنة حلقياً بفطر داخلي مقداره (16 mm) وقطر خارجي مع الزعنة مقداره (48 mm)، وتمت دراسة تأثير كل من التردد (f) لمدى (2-16 Hz) وسعة الاهتزاز (a) من (0 - 2.2 mm) ولمعدلات فيض حراري مختلفة تراوحت بين (500-1500 W/m²). وقد وجد أن العلاقة بين معامل انتقال الحرارة مع سعة الاهتزاز هي علاقة طردية ولجميع زوايا الميل وتصل نسبة أعلى زيادة إلى (13.34%)، كما إن زيادة زاوية الميل تقلل من قيم معامل انتقال الحرارة الاهتزازي، وذلك بسبب عمل الزعانف كمسارات تساعد في حركة تيارات الحمل ومن ثم تزيد من معدلات معامل انتقال الحرارة القسري الاهتزازي في الحالة الافقية، اما في الحالة المائلة فتعمل الزعانف عمل معرقلات لتيارات الحمل، وبصورة عامة فان معامل انتقال الحرارة يزداد مع زيادة عدد رينولدز.

Experimental study of the effect of vertical vibrations on forced convection heat transfer coefficient from circumferentially finned cylinder

Abstract

The aim of this work is to perform an experimental study for the effect of forced vertical vibrations on forced convection heat transfer coefficient, by the use of circumferential finned cylinder made of Aluminum. The cylinder was heated under the condition of a constant heat flux which is generated by applying an alternating voltage on a fixed resistor mounted inside the interior space of the cylinder which was located horizontally or inclined in multiple angles at a range of ($0^\circ-45^\circ$). In this experimental study the circumferential finned cylinder prototype of inner diameter (16 mm), and outer diameter including the fin of (48 mm), and the effect of the frequency at the range of (2-16 Hz) and the vibration amplitude range of (0 - 2.2mm) have been studied with various heat flux range from (500-1500W/m²). For the results of this study it was found that the relation between the heat transfer coefficient and amplitude of vibration is incrementally for all inclination angles from ($0^\circ-45^\circ$), and reaches a maximum ratio of (% 13.34), also increment of inclination angle reduces the values of forced convection heat transfer coefficient and , that because the fins works as path lines helps to increase the movement of convection currents in the case of horizontal prototype , but in case of inclined cylinder fins works as obstructions for the convection currents and thus reduces the ranges of forced convection vibrational heat transfer coefficient, Generally the heat transfer coefficient increases as Reynolds number increases.

الرمز	الدلالة	الوحدة
a	سعة الاهتزاز.	m
acc	تعجيل الاهتزاز.	m/s^2
A_{cy}	مساحة الجزء غير المزعف من الاسطوانة.	m^2
A_f	المساحة الكلية للزعانف.	m^2
A_{sa}	المساحة الجانبية للزعفة ذات المقطع المثلث.	m^2
A_c	مساحة الاسطوانة الكلية.	m^2
C_p	الحرارة النوعية بثبوت الضغط.	$kJ/kg \cdot K$
D_b	قطر الاسطوانة عند قاعدة الزعفة.	m
D_i	القطر الداخلي للاسطوانة.	m
D_{oc}	القطر الخارجي للاسطوانة.	m
f	تردد الاهتزاز.	Hz
h	معامل انتقال الحرارة.	$W/m^2 \cdot K$
h_o	معامل انتقال الحرارة بدون اهتزاز.	$W/m^2 \cdot K$
h_w	معامل انتقال الحرارة الاهتزازي.	$W/m^2 \cdot K$
I	التيار الكهربائي.	$Amp.$
k	معامل التوصيل الحراري للهواء.	$W/m \cdot K$
k_f	معامل التوصيل الحراري للألمنيوم.	$W/m \cdot K$
L	طول الاسطوانة.	m
L_f	ارتفاع الزعفة.	m
n	رقم موضع المزدوج الحراري على طول الاسطوانة المزعفة.	-
N	عدد الزعانف.	-
Nu_w	عدد نسلت الاهتزازي.	-
M	الكتلة.	kg
p	محيط القاعدتين.	m
Q	الفيض الحراري.	W/m^2
Q_{conv}	الحرارة المنتقلة بالحمل القسري.	$Watt$
Q_{gen}	الحرارة المتولدة نتيجة مرور تيار كهربائي.	$Watt$
S	المسافة بين زعفة واخرى	m
U	سرعة الهواء داخل المجرى الهوائي	m
θ	زاوية الميل	$degree$

المقدمة

موضوع استعمال الاهتزازات لزيادة معدل انتقال الحرارة بالحمل الحر و القسري له أهمية كبيرة لإجراء الأبحاث العلمية في كافة الاختصاصات الهندسية لذا انصبحت الدراسات العلمية على هذا الموضوع في العقود السابقة ، إن الدراسة في هذا المجال يمكن أن تنصب على زيادة معدل انتقال الحرارة في الوحدات الصناعية و لتجنب انتقال الحرارة فوق القيمة التصميمية

للعناصر التي تتعرض للاهتزازات . إن المشعات الحرارية للسيارات ، و المكثفات و أي ماكينة ساخنة خاضعة لاهتزاز تحت ظروف العمل الطبيعية هي امثلة عملية جيدة لهذه الظاهرة . ان انتقال الحرارة في الجريان المضطرب هو اعلى منه في حالة الجريان الطبقي و إن الحركة الاهتزازية للسطح الناقل للحرارة قد تحدث تغييراً في الجريان من الطبقي الى المضطرب وبالتالي ينتج زيادة في معامل انتقال الحرارة ومن اجل التصميم الامثل

3- في حالة الجريان ثنائي الطور وجد أن عدد نسلت يزداد ويصل إلى أعلى قيمة عند اقتراب تردد الاهتزاز من التردد الرنيني.

4- بزيادة عدد رينولدز يزداد متوسط معامل انتقال الحرارة.

وفي عام (2003) قدم الباحثون ([6] Lee et.al) دراسة عملية لتحسين الفيض الحراري الحرج بالاهتزاز الميكانيكي لأنبوب عمودي دائري المقطع . تم استعمال أنبوب طوله (0.2 m) وقطره الداخلي (8mm) وقطره الخارجي (10mm) ،سخن تحت فيض حراري منتظم بواسطة ملف تسخين منتظم وسلط عليه تيار مستمر قدره (5000 Amp) و بفولتية مقدارها (40 Volt) وتم تسليط اهتزاز بتردد يتراوح من (0 - 70 Hz) وبسعة اهتزاز مقدارها (0.0001 - 0.001m) و كان جريان الماء داخل الأنبوب بضغط عند مقطع الخروج مقداره (101Kpa) وتوصل الباحثون إلى الاستنتاجات الآتية :

1- تحسن الفيض الحراري الحرج بواسطة الاهتزاز الميكانيكي للأنبوب وتبين أن هذا التحسن نتيجة للخلط الاضطرابي بتأثير الاهتزاز على مقربة من سطح التبادل الحراري .

2- تزداد قيمة الفيض الحراري الحرج بصورة عامة بزيادة شدة الاهتزاز والتي تمثل بعدد رينولدز الاهتزازي (Re_v) ، وتحسين قيمة هذا الفيض تعتمد على سعة الاهتزاز أكثر من اعتمادها على التردد.

وفي عام (2004) قدم الباحثان (Nowak and Stachel [7]) دراسة عملية (لانتقال الحرارة بالحمل عند جريان هواء حول اسطوانة تحت نطاق واطئ لعدد رينولدز) . وكان الهدف من الدراسة التوضيح التام لعملية انتقال الحرارة من السطح الخارجي لاسطوانة مسخنة في ظروف الجريان الطبقي حول الاسطوانة تحت ضغوط عالية . وكانت الدراسة تهدف إلى استبيان وجود الحمل المختلط وشرح تأثير انتقال الحرارة بالحمل الحر بواسطة الحرارة المنتقلة من خلال الجريان الطبقي للوسيط الناقل للحرارة وشرح تركيز عملية انتقال الحرارة التي تحدث و تتزامن مع جريان ذي ضغط عالٍ . وتوصلت الدراسة إلى أن زيادة الضغط تكون مصحوبة بزيادة عدد نسلت (Nu) التي تكون ناتجة عن تراكم انتقال الحرارة بالحمل الحر مع انتقال الحرارة بالحمل القسري . كما وتوصلت التجارب العملية إلى أن كمية الحرارة المنتقلة تعتمد على طريقة جريان الهواء حول الاسطوانة وكانت أعلى قيم لعدد نسلت عندما

للمعدات المعاصرة ، من المهم فهم وتخمين تأثير الاهتزاز على معدل انتقال الحرارة . [1]

ان مشاكل المحركات والمركبات الفضائية هي التي دعت الباحثين إلى دراسة تأثير الاهتزازات في انتقال الحرارة ، ففي محرك الدفع الصاروخي عند السعة الاهتزازية العالية يحدث عدم استقرار في احتراق الوقود ، فعندما يكون انتقال الحرارة أعظم ما يمكن بين المحرك وجداره فإن درجة الحرارة تؤدي إلى الانهيار (Structural failure point) أي تحطم المحرك الصاروخي [2] .

خلال العقود السابقة اتجهت البحوث نحو دراسة القوى الاهتزازية المعقدة المؤثرة في الأجسام والتي يمكن أن تؤثر في زيادة انتقال الحرارة بالحمل الحر والقسري ، إذ إن بعض تطبيقات تكنولوجيا الفضاء تتطلب دراسة مستفيضة في هذا المجال لمعرفة تأثير القوى الناتجة من الاهتزازات و المغناطيسية [3] .

في العام (1972) قام الباحثان (Parsad and Ramanathan [4]) بإجراء دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح اسطوانة عمودية مهتزة طولياً . أظهرت نتائجهما إن الاهتزاز يسبب زيادة ملحوظة في المعدل المستقر لانتقال الحرارة (Steady state heat transfer) وخصوصاً عند القيم الواطئة لعدد راييلي (Ra) . وإن تأثير الذبذبات يقل عندما يزداد عدد راييلي كما تبين إن أعظم زيادة في معدل نقل الحرارة كانت تتراوح بين (9% - 33%) .

وفي العام (2003) قام الباحثان (Zaki and EL-Kassem [5]) بإجراء دراسة عملية لتأثير الاهتزاز على خصائص انتقال الحرارة لجريان أحادي وثنائي الطور داخل أنبوب حلقي . وتمت التجارب بوضع السكون وفي حالة تذبذب الأنبوب الحلقي وكان الأنبوب الداخلي المستخدم في الاختبارات مصنوعاً من الفولاذ المقاوم للصدأ (ST 304) قطره الخارجي (13 mm) ، سخن بواسطة ملف كهربائي وكان الأنبوب الداخلي ذا قطر خارجي مقداره (3.7 cm) مصنوعاً من الزجاج ، ربط الأنبوب الحلقي إلى منظومة اهتزازية بترددات تتراوح (0 - 134 Hz) ، وتوصلت الدراسة إلى الاستنتاجات الآتية:

1- تقل درجة حرارة السطح عندما يزداد تردد الاهتزاز.

2- في حالة الجريان أحادي الطور ، وجد أن النسبة المثوية للزيادة في عدد نسلت تصل إلى حوالي (34%) نتيجة لزيادة التردد الاهتزازي من (134 - 0 Hz)

الزاوية عن الأفق بزواويتي ($\theta=30^\circ$) و ($\theta=45^\circ$) عن طريق تثبيت عتلة بين إحدى نهايتي المسند ونهاية الاسطوانة تتصل بقطعة التفلون وتضبط عند الزاوية المحددة في البحث وكما موضح في الشكل 3 (أ، ب، ج) إذ إن سعة الاهتزاز المقاسة تكون للحامل وتساوي تقريبا سعة اهتزاز الاسطوانة إذ تم إهمال مرونة الحامل وعتلة تغيير الزاوية. كما تتكون الدائرة الكهربائية من ملف تسخين ذي مقاومة حرارية مقدارها (V/I) وقدره (Watt) 1000) وُضِعَ ملف التسخين داخل أنبوبة زجاجية من الباييركس وعُزِلَ بوساطة عوازل فخارية عند النهايات لتفادي (التماس الكهربائي) في الدائرة الكهربائية وتقليل الفقد الحراري عند النهايات والشكل (4) يوضح الدائرة الكهربائية المتكونة من أميتر (Ammeter) وفولتميتر (Voltmeter) ومنظم الفولتية (Variac). أما منظومة الاختبار الكلية المستخدمة في هذه الدراسة موضحة بالشكل (5)

الحسابات :

إن طول المنطقة المزعفة المعرضة إلى فيض حراري منتظم وثابت هي (300mm) وان كمية الحرارة المتولدة في المسخن الكهربائي الكلية (Q_{gen}) تتحول إلى حرارة تنتقل عبر الزعفة بالتوصيل وإلى المحيط الخارجي من الاسطوانة بالحمل القسري (Q_{conv}) إضافة إلى الحرارة المفقودة بالإشعاع (Q_{rad}) [8].

$$Q_{gen} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (1)$$

ان كمية الحرارة المتولدة الكلية تحسب كما يأتي

$$Q_{gen} = V \times I \quad (2)$$

وان كمية الحرارة المنتقلة بالإشعاع تحسب كما يأتي:

$$Q_{rad} = s \cdot e \cdot S_{sur} \cdot A_t \cdot (T_{sav}^4 - T_{air}^4) \quad (3)$$

حيث ان

S : عامل انبعاثية السطح وتساوي (0.04) (8).

S_{sur} : معامل الشكل ويساوي (1)

لذا تم حساب كمية الحرارة المنتقلة بالحمل كما يأتي:

$$Q_{conv} = Q_{gen} - Q_{rad} \quad (4)$$

وعليه إن معامل انتقال الحرارة بالحمل القسري تم حسابه من المعادلة الآتية التي تعرف بقانون نيوتن للتبريد:

كان الجريان العمودي على محور الاسطوانة موجها من الأسفل ومن الناحية الأخرى كانت أوطاً قيم لعدد نسلت عندما كان الجريان العمودي على محور الاسطوانة موجها من الأعلى .

وفي العام (2007) قدم الباحث (عدي شاكر) [8] دراسة عملية لتأثير الاهتزاز على معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح اسطوانات مزعفة حلقيًا وبزاويا ميل مختلفة وتوصل الباحث إلى :

- 1- هز الاسطوانات في هواء ساكن يؤدي إلى زيادة انتقال الحرارة وبمدى محدود.
- 2- أن معامل انتقال الحرارة للاهتزاز العمودي لاسطوانات مسخنة يقل بزيادة ميل الزاوية عن الأفق وتكون أعظم قيمة له عندما تكون الاسطوانة أما أفقية أو بميل قريب من الأفق.
- 3- يكون تأثير كثافة الاهتزاز (af) في معامل انتقال الحرارة طرديا في الوضع الأفقي وعكسيا بزيادة زوايا الميل.

الجهاز المستخدم :

تم استخدام نموذج الاختبار المصمم من قبل المصدر [8] بشكل اسطوانة من الألمنيوم مزعفة حلقيًا، صُنعت بوساطة ماكينة التفرزيز (أي الزعانف والاسطوانة) من قطعة واحدة، بطول كلي مقداره (320mm) والطول المزعف مقداره (300mm) بقطر خارجي عند نهاية الزعفة مقداره (48mm) وارتفاع الزعفة (13mm)، وعدد الزعانف (49) زعفة والمسافة بين زعفة وأخرى (2 mm) وعرض قاعدة الزعفة (4 mm)، والقطر الداخلي للاسطوانة (16 mm) يستخدم لاحتواء آلية التسخين تحت شرط ثبوت الفيض الحراري. والشكل (1) و(2) يوضح نموذج الاختبار المستخدم. وتم تصنيع مسند على شكل حرف (U) من مادة الألمنيوم، وذلك لتقليل الوزن المسلط على جهاز مثير الاهتزاز، أما قاعدة المسند مع المحور فقد تم تصنيعها من الحديد الصلب وذلك لضمان عدم نشوء المسند نتيجة الاهتزاز ونقل الحركة الاهتزازية بشكل كفوء، ثبتت الاسطوانة بأذرع التوصيل بوساطة قطعتي تفلون عند نهايتي الاسطوانة، لتقليل الفقد الحراري للنهايات إضافة لكونه يتحمل درجات حرارة تصل إلى (300°C) دون أن ينصهر وبذلك سوف تهتز الاسطوانة مع الحامل بنفس التردد والسعة تقريبا حيث تكون منطقة الاختبار في حالة الزاوية ($\theta=0^\circ$) عند منتصف المجرى الهوائي، أي تكون معرضة إلى أقصى سرعة جريان داخل المجرى الهوائي ويتم تغيير

$$Nu = \frac{h \times S}{K_f} \quad (12)$$

$$h = \frac{Q_{conv}}{A_t \times \Delta T} \quad (5)$$

$$Re = \frac{U \cdot S}{n} \quad (13)$$

مناقشة النتائج

تمت في هذا البحث دراسة تجريبية لمعرفة مدى تأثير الاهتزازات القسرية على معامل انتقال الحرارة بالحمل القسري من سطح اسطوانة مزعفة حلقيًا. إذ كان مقطع الزعانف يمثل مثلثاً مقطوع القمة وتم اجراء التجارب على مرحلتين، اجريت تجارب المرحلة الاولى بدون اهتزازات ولثلاث زوايا ميل للاسطوانة المزعفة وهي $(\theta=0^\circ, \theta=30^\circ, \theta=45^\circ)$ ولخمس قيم للفيض الحراري داخل الاسطوانة (W/m^2) $(Q=500, 750, 1000, 1250, 1500)$ وتم استخدام الهواء وسطاً ناقلاً للحرارة وبخمس اعداد رينولدز هي $(Re=385, 770, 1150, 1540, 1920)$ ، اما المرحلة الثانية فتمت بتسليط اهتزازات قسرية بترددات مداها $(f=2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16Hz)$ ولنفس زوايا الميل لكل تجربة ولنفس اعداد رينولدز التي اعتمدت في المرحلة الاولى وتمت مقارنة نتائج المرحلة الاولى بنتائج المرحلة الثانية.

تأثير عدد رينولدز على معامل انتقال الحرارة الموضعي:

توضح الأشكال (6) و (7) و (8) تأثير عدد رينولدز على متوسط معامل انتقال الحرارة الموضعي حيث يزداد بشكل عام بزيادة عدد رينولدز ولكافة زوايا الميل المحددة في البحث حيث تكون الزيادة عند زاوية الميل $(\theta=0^\circ)$ اعلى من الزيادة عند الزاوية $(\theta=30^\circ)$ والزاوية $(\theta=45^\circ)$ ويعزى ذلك إلى كون نموذج الإختبار معرضاً إلى سرعة الجريان القصوى عند الزاوية $(\theta=0^\circ)$ ويقبل هذا التأثير بزيادة زاوية الميل إذ إن تأثير السرعة يتباين بزيادة زاوية الميل على طول العينة وبالتالي ينعكس على متوسط معامل انتقال الحرارة، إذ إن الزعانف الحلقيّة تعمل على توجيه الجريان في الوضع الأفقي أما في الوضع المائل فتعمل على عرقلة مسار الجريان. كما توضح الأشكال أعلاه زيادة معامل انتقال الحرارة الموضعي بزيادة الفيض الحراري بشكل عام. إلا أن زيادة زاوية الميل عن الأفق تؤدي الى تناقص معامل انتقال الحرارة ويعزى ذلك للأسباب التالية:

حيث :

A_t : تمثل مساحة السطحية الكلية المعرض للحمل وتساوي مساحة الزعانف اضافة الى مساحة المنطقة التي لا تحتوي على زعانف ضمن منطقة الحسابات وتساوي $(0.158088 m^2)$.

$$A_t = A_f + A_{cy} \quad (6)$$

كما تم حساب معدل درجات الحرارة كما يلي :

$$T_{s_{av}} = \frac{(T_1 + T_2 + \dots + T_n)}{n} \quad (7)$$

اما معدل درجة حرارة طبقة الغشاء (T_f) تم حسابها كما يأتي :

$$T_f = \frac{T_{sav} + T_{air}}{2} \quad (8)$$

اعتمدت هذه الدرجة في حساب الخواص الفيزيائية للمادة العاملة (الهواء) بعد ايجاد معادلات تمكنا من الحصول على اي خاصية عند اي درجة حرارة. اما لغرض حساب الفيض الحراري المسلط على الاسطوانة المزعفة يتطلب حساب القدرة المتولدة نتيجة مرور تيار كهربائي في مقاومة التسخين. والمساحة السطحية المعرضة لهذه القدرة هي مساحة الانبوب الداخلي للاسطوانة المزعفة وتحسب كما يأتي:

$$A_{si} = p \times D_i \times L_c \quad (9)$$

$$heat\ Flux = \frac{Q_{genr}}{A_{si}} \quad (10)$$

الاعداد اللابعديّة :

اعتمدت معدل درجة حرارة الغشاء (T_f) في حساب خواص المائع الخارجي والتي يعتمد عليها في حساب القيم اللابعديّة الأتية: (عدد رينولدز الاهتزازي، عدد نسلت، عدد رينولدز).

$$Re_v = \frac{2p \times f \times a \times S}{n} \quad (11)$$

بالنسب الموضحة في الجدول (1) لكافة زوايا الميل والفيض الحراري والترددات المعتمدة في البحث .

العلاقات التجريبية المستنبطة:

تم التوصل في هذا البحث الى معادلة تجريبية تربط معامل انتقال الحرارة مع عدد رينولدز وزاوية الميلان اذ تم رسم علاقة بين معامل انتقال الحرارة بدون اهتزاز وعدد رينولدز ولزوايا الميل كافة و لثلاث قيم من الفيض الحراري كل على حدة كما هو مبين في الاشكال (6,7,8).

وتم التوصل الى المعادلة الآتية في حالة فيض حراري مقداره (500 W/m^2) :

$$h = [(2 \times 10^{-3}) - (2 \times 10^{-5} \times \text{Re})] \times q + 0.004 \times \text{Re} + 3.98 \quad \dots\dots(14)$$

و في حالة فيض حراري (1000 W/m^2) :

$$h = [(1 \times 10^{-3}) - (2 \times 10^{-5} \times \text{Re})] \times q + 0.004 \times \text{Re} + 5.15 \quad \dots\dots(15)$$

وفي حالة فيض حراري مقداره (1500 W/m^2) :

$$h = [(-1 \times 10^{-3}) - (4 \times 10^{-5} \times \text{Re})] \times q + 0.004 \times \text{Re} + 6.079 \quad \dots\dots(16)$$

كما تم ايجاد علاقة تربط عدد نسلت وعدد رينولدز مع قيم الترددات كما يأتي:

1- الزاوية $(\theta=0^\circ)$ والفيض حراري $(Q=500 \text{ W/m}^2)$:

$$\text{Nu} = 0.003 \times f + 0.77 + (0.001 \times \text{Re}) \quad \dots\dots(17)$$

2- الزاوية $(\theta=0^\circ)$ والفيض حراري $(Q=1000 \text{ W/m}^2)$:

$$\text{Nu} = 0.002 \times f + 0.931 + (0.001 \times \text{Re}) \quad \dots\dots(18)$$

3- الزاوية $(\theta=0^\circ)$ والفيض حراري $(Q=1500 \text{ W/m}^2)$:

$$\text{Nu} = (-0.001 \times f) + 1.021 + (5 \times 10^{-5}) \cdot \text{Re} \quad \dots\dots(19)$$

4- الزاوية $(\theta=30^\circ)$ والفيض حراري $(Q=500 \text{ W/m}^2)$:

$$\text{Nu} = 0.003 \times f + 0.768 + (0.001 \times \text{Re}) \quad \dots\dots(20)$$

1- أن السرعة المؤثرة على الجانب العلوي من نموذج الأختبار لاتساوي السرعة المؤثرة على الجانب الاسفل مما يؤدي الى حصول تفاوت في انتقال الحرارة بسبب وجود فرق في عملية تبريد السطح العلوي والسفلي لنموذج الأختبار.

2- في حالة زيادة زاوية الميل تعمل الزعانف عمل مصدات للجريان أذ تضاف مقاومة خارجية نتيجة الجريان الثانوي الذي يؤدي الى تسخين العينه وبذلك يكون الفرق في درجات الحرارة بين سطح الأختبار وطبقة المانع المتاخمة قليلا يعمل على خفض معدل الحرارة المنتقلة، أما في حالة الزاوية $(\theta=0)$ تكون الزعانف مسارات تعمل على توجيه الجريان ويعمل الاهتزاز على نشوء جريان ثانوي يتحد مع الجريان الرئيسي لتبريد نموذج الأختبار فيزداد معامل انتقال الحرارة لكافة أعداد رينولدز وللمديات الواطنة من الترددات .

تأثير عدد رينولدز على معامل انتقال الحرارة الاجمالي:

توضح الأشكال من (9) إلى (17) تأثير عدد رينولدز على معامل انتقال الحرارة الاجمالي لمختلف الترددات القسرية حيث يزداد معامل انتقال الحرارة الاجمالي لمختلف الترددات القسرية بوجود وعدم وجود الإهتزاز مع زيادة عدد رينولدز وتكون هذه الزيادة عند الزاوية $(\theta=0^\circ)$ أعلى من الزاوية $(\theta=30^\circ)$ و $(\theta=45^\circ)$ كما يتضح أن للإهتزازات تأثيراً في قيم معامل انتقال الحرارة الإهتزازي. إذ يكون اكبر مما في حالة عدم وجود الإهتزاز بشكل عام ولزوايا الميل المحددة في البحث كافة، إلا أن هذه الزيادة تكون بنسبة (12.31) عند التردد $(f=2 \text{ Hz})$ وبنسبة (9.97) عند التردد $(f=6 \text{ Hz})$ وبنسبة (6.23) عند التردد $(f=10 \text{ Hz})$ وبنسبة (2.06) عند التردد $(f=16 \text{ Hz})$ و لفيض حراري مقداره (500 W/m^2) ولزاوية ميل مقدارها $(\theta=0^\circ)$ وكما هو موضح في الشكل (9) (abcd) حيث أن تأثير الاهتزاز يكون ايجابي في زيادة معامل انتقال الحرارة عند الترددات الواطنة ويقل هذا التأثير عند الترددات العالية (16 Hz) . لكافة مستويات الفيض الحراري وزوايا الميل المعتمدة . ويعزى ذلك الى أن الترددات الواطنة ذي سعة أهتزازية عالية تعمل على خرق الطبقة المتاخمة الحرارية مما يؤدي الى تحسين معامل انتقال الحرارة. أما الترددات العالية ذات الساعات الاهتزازية الواطنة يكاد يكون تأثيرها محدود نسبة الى عدم وجود الاهتزاز لعدم قدرتها على خرق الطبقة المتاخمة الحرارية وتكون الزيادة

7- الزاوية ($\theta=45^\circ$) والفيضان حراري ($Q=500$)
:(W/m²)

$$Nu = 0.001 \times f + 0.866 + (0.001 \times Re)$$

.....(23)

8- الزاوية ($\theta=45^\circ$) والفيضان حراري ($Q=1000$)
:(W/m²)

$$Nu = -0.0001 \times f + 1.006 + (0.001 \times Re)$$

.....(24)

9- الزاوية ($\theta=45^\circ$) والفيضان حراري ($Q=1500$)
:(W/m²)

$$Nu = 0.0001 \times f + 1.14 + (0.0001 \times Re)$$

.....(25)

5- الزاوية ($\theta=30^\circ$) والفيضان حراري ($Q=1000$)
:(W/m²)

$$Nu = 0.004 \times f + 0.903 + (0.001 \times Re)$$

.....(21)

$$Nu = 0.004 \times f + 0.903 + (0.001 \times Re)$$

.....(21)

6- الزاوية ($\theta=30^\circ$) والفيضان حراري ($Q=1500$)
:(W/m²)

$$Nu = 0.003 \times f + 1.007 + (0.001 \times Re)$$

.....(22)

[3]- M.C.Charrier Mojtabi, Y.P.Razi, K.Maliwan and A.Mojtabi, "Heat transfer due to high frequency vibration "Int. J. Heat and mass transfer, (2003).

[4] K. K. Parsadand, V. Ramanathan. "Heat transfer by free convection from a longitudinally vibrating vertical plate "Int. Journal Heat Mass Transfer, Vol. 15, pp. 1213-1223, 1972.

[5] A. M. Zaki, S.K. EL-Kassim "An Experimental Study Of Heat Transfer Characteristics Of Single And Two-Phase Flows In An Annular Tube With External Vibrations" 11th International Conference on Nuclear Engineering Tokyo, JAPAN, April 20-23, 2003.

[6] Y. H. Lee , D. H. Kim , S. H. Chang, "An experimental investigation on the critical heat flux enhancement by mechanical vibration in vertical round tube" Department of Nuclear and Quantum Engineering,

الاستنتاجات

في ضوء تحليل نتائج البحث أمكن التوصل الى الاستنتاجات التالية :

1- هز الاسطوانة المزعفة حلقيًا في تيار هوائي يؤدي الى زيادة معامل انتقال الحرارة بنسبة (13.34%) نسبة الى عدم وجود الاهتزاز.

2- يقل معامل انتقال الحرارة بزيادة زاوية الميل عن الافق ويكون بأعلى قيمة عندما تكون الاسطوانة أفقية أو بميل قريب من الافق.

3- درجات الحرارة على طول الاسطوانة المزعفة تقل بزيادة سعة الاهتزاز ولزوايا الميل كافة.

4- السعات الاهتزازية الصغيرة محدودة التأثير في الطبقة المتأخمة الحرارية، ومن أجل تحسين معامل انتقال الحرارة يجب أختراق الطبقة المتأخمة الحرارية بسعات أهتزازية كبيرة .

5- يزداد معامل انتقال الحرارة بزيادة عدد رينولدز وتنبأين هذه الزيادة عند أعداد رينولدز العلية.

المصادر:-

[1] R. M. Fand and J. Kaye, "The effect of high intensity stationary and progressive sound fields on free convection from a horizontal cylinder "WADC TN59-18 ASTIA Doc, NO.AD 209532 (1959).

[2] P. D. Richardson"Effect of sound and vibration on Heat Transfer", Applied Mechanics Revs, 20, No.3, P.201-217 (1967).

University of Szczecin , Department of heat Engineering al. Piastow 17, PL 70-310 Szczecin, Poland.

[8] عدي شاكرا هادي، دراسة عملية لتأثير الاهتزازات على معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر من اسطوانة مزعفة حلقيًا، رسالة ماجستير، قسم هندسة المكين والمعدات، الجامعة التكنولوجية، (2007).

Korea Advanced Institute of Science and Technology. 373-1 Guseong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-701, South Korea. Accepted 27 November 2003.

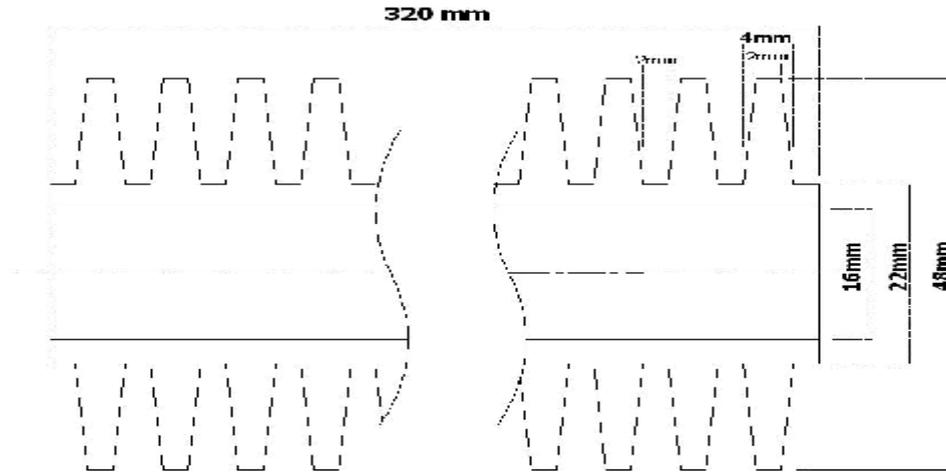
[7] W. Nowak , A.A. Stachel , 2004 "Convection Heat transfer during an air flow around a cylinder at low Reynolds Number regime" Technical

الجدول (1) يبين النسب المئوية لزيادة قيم معامل انتقال الحرارة بوجود الإهتزاز نسبة إلى عدم وجود الإهتزاز.

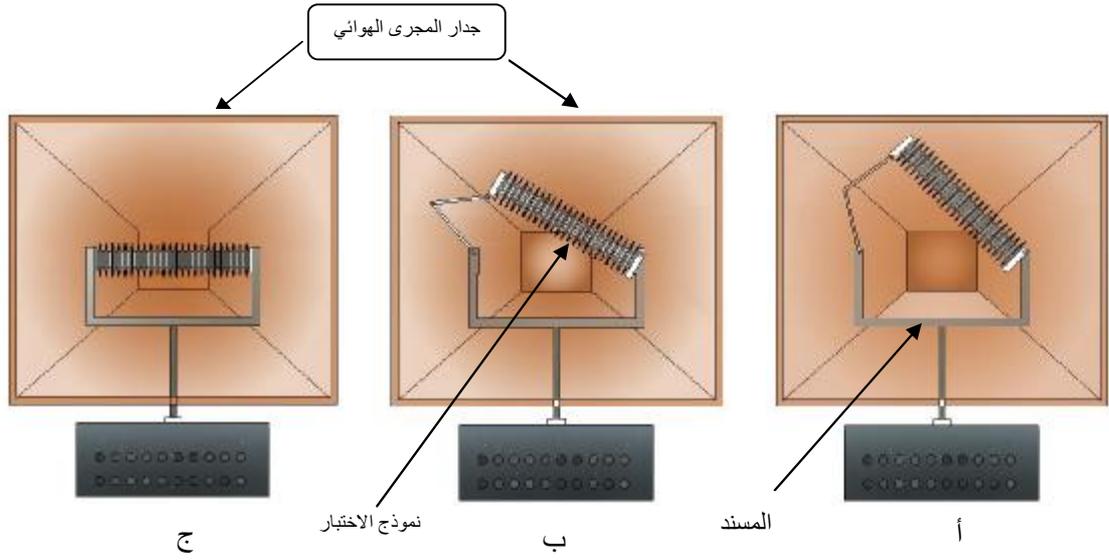
Q (W/m ²)	θ	2 Hz	6 Hz	10 Hz	16 Hz
500	Zero	12.3119	9.978652	6.237205	2.063345
	30°	8.644109	8.392729	4.882267	2.803308
	45°	5.181096	6.627261	4.79868	1.407475
1000	Zero	13.34382	11.08213	9.964426	6.231119
	30°	5.595128	4.051233	3.027399	0.397392
	45°	5.171049	4.346778	1.301106	1.070143
1500	Zero	10.82321	9.989879	7.378898	5.523824
	30°	10.81223	9.063913	7.474242	5.790924
	45°	10.01869	9.463491	8.683993	6.914561



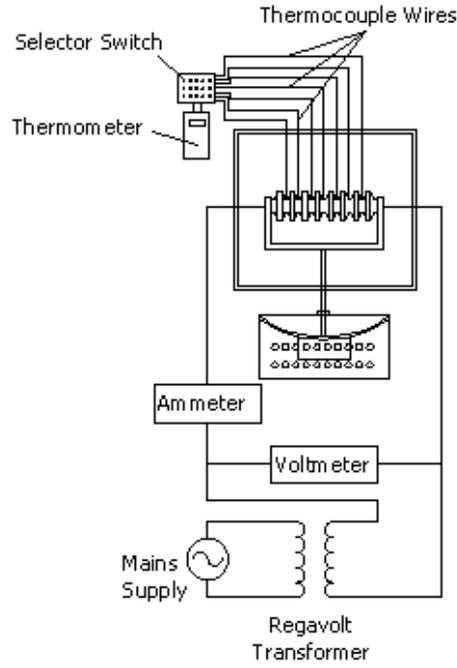
شكل (1) صورة فوتوغرافية تبين الاسطوانة المزعفة المستخدمة.



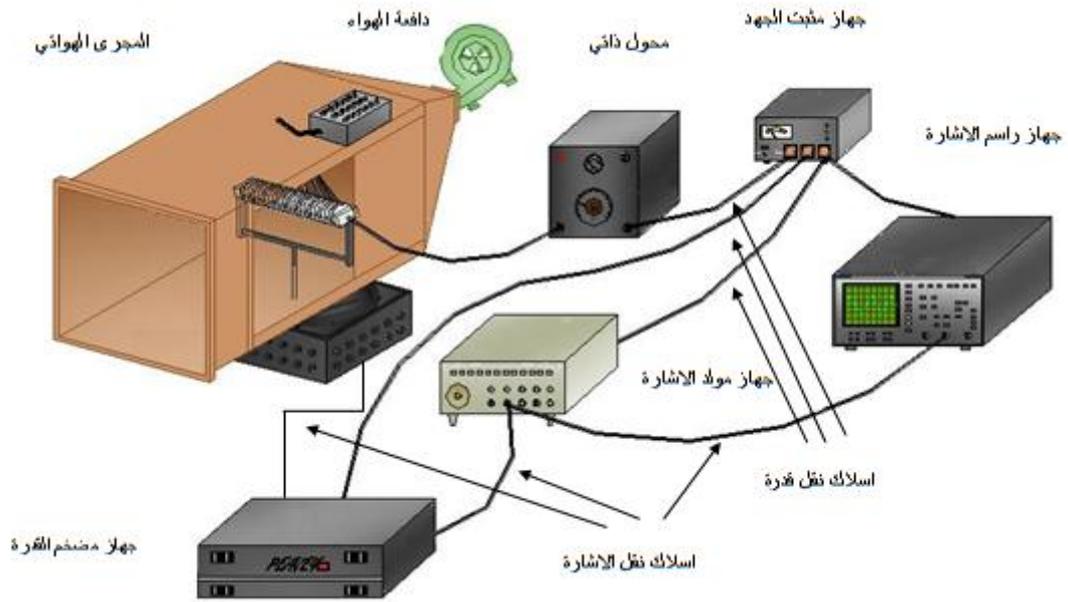
شكل (2) يبين مقطع نموذج الاختبار.



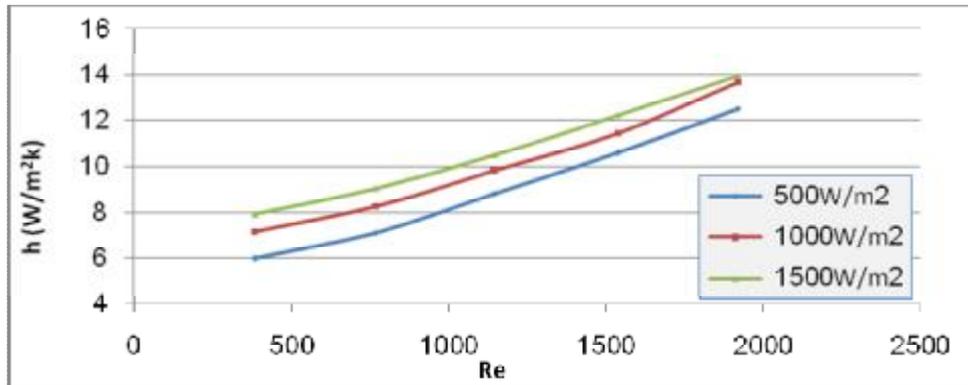
شكل (3) يوضح وضع نموذج الاختبار بالزوايا المختلفة المعتمدة في البحث

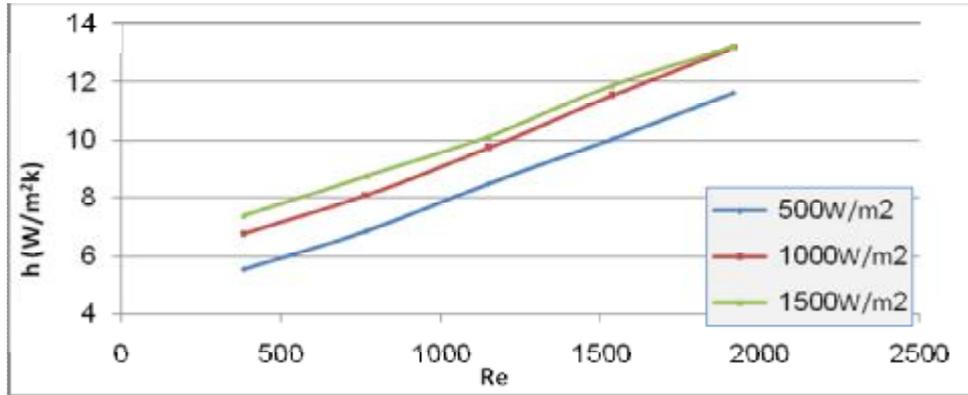
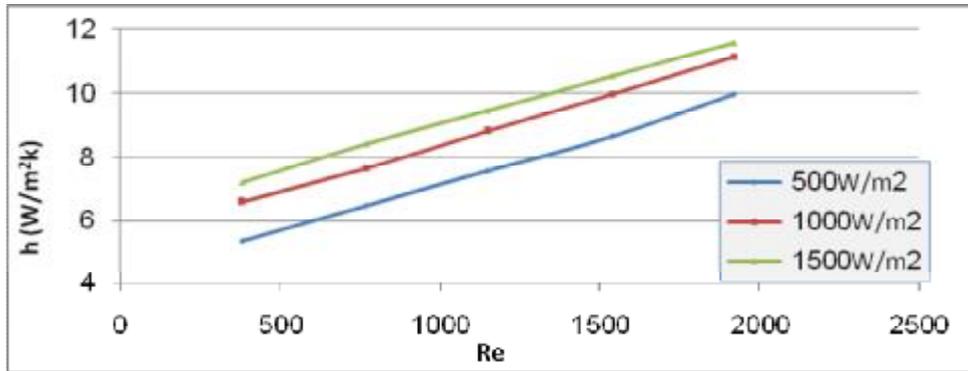
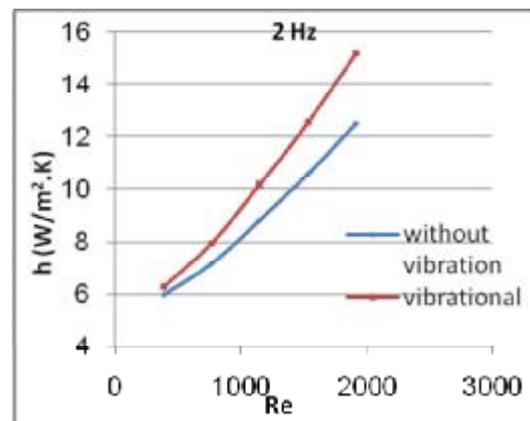
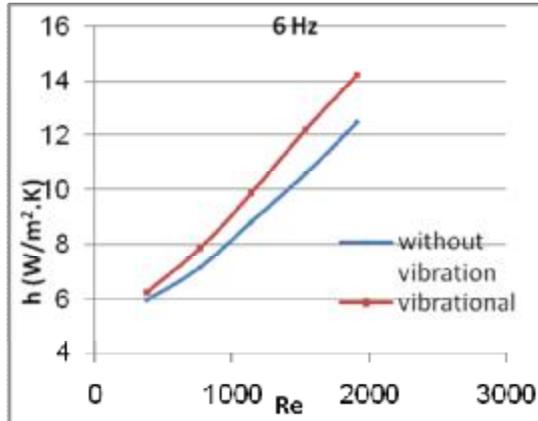


شكل (4) يوضح مخطط الدائرة الكهربائية



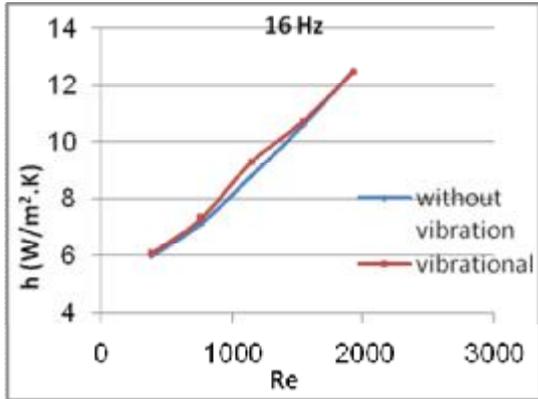
الشكل (5) يوضح منظومة الاختبار

الشكل (6) يبين علاقة معامل انتقال الحرارة الاجمالي مع عدد رينولدز للزاوية ($\theta=0^\circ$).

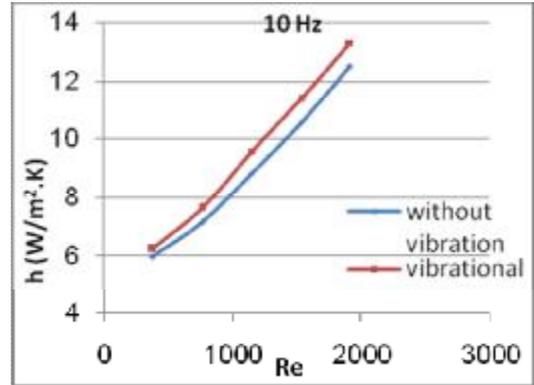
الشكل (7) يبين علاقة معامل انتقال الحرارة الاجمالي مع عدد رينولدز للزاوية $(\theta=30^\circ)$.الشكل (8) يبين علاقة معامل انتقال الحرارة الاجمالي مع عدد رينولدز للزاوية $(\theta=45^\circ)$.

(a)

(b)

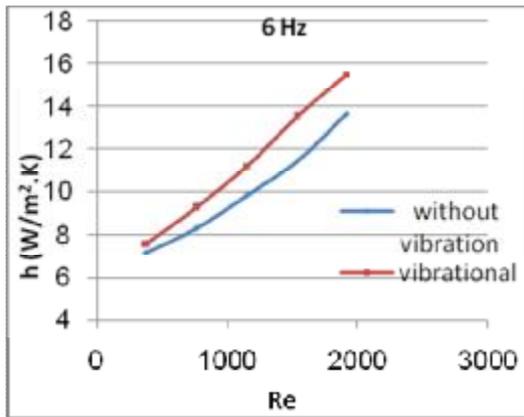


(d)

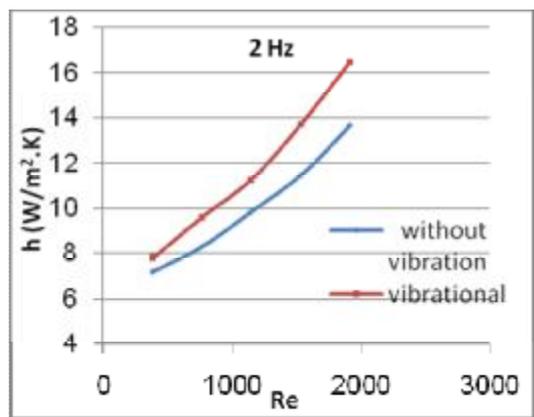


(c)

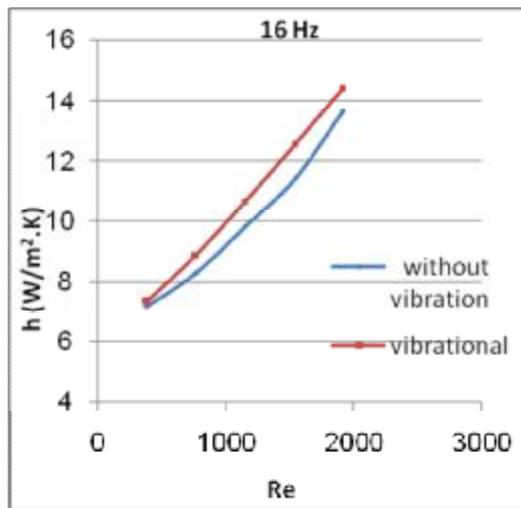
الشكل (9) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=0^\circ$).



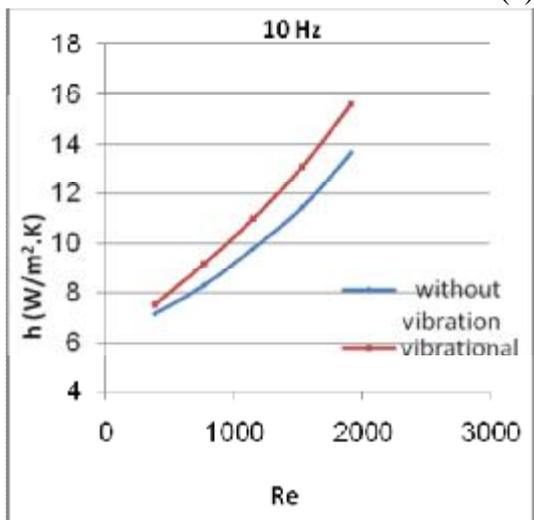
(b)



(a)

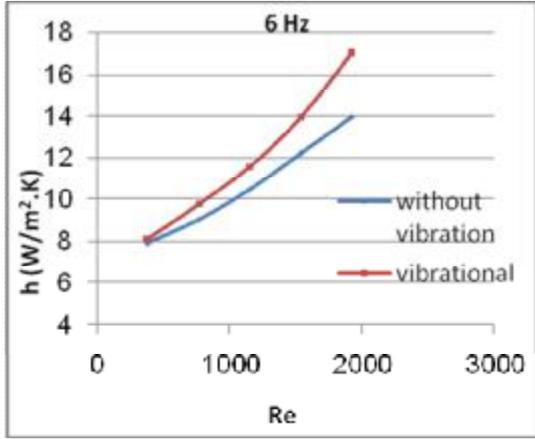


(d)

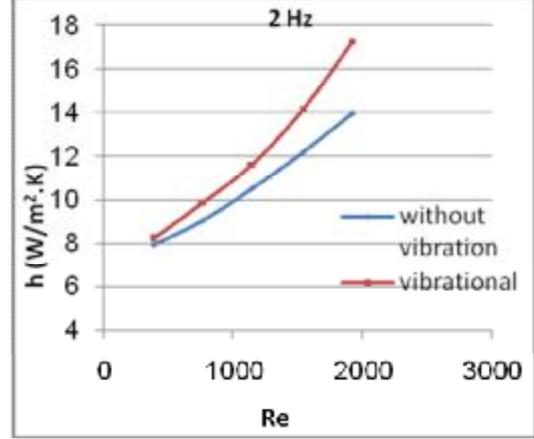


(c)

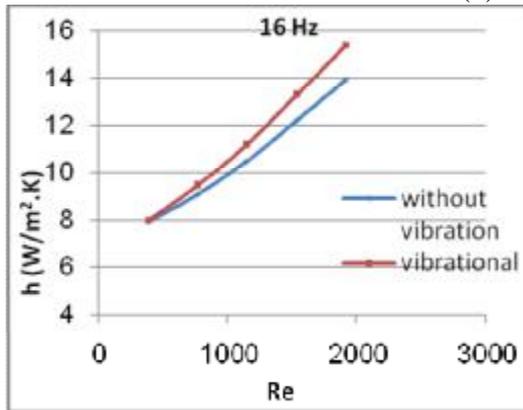
الشكل (10) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1000 W/m^2) وللزاوية ($\theta=0^\circ$).



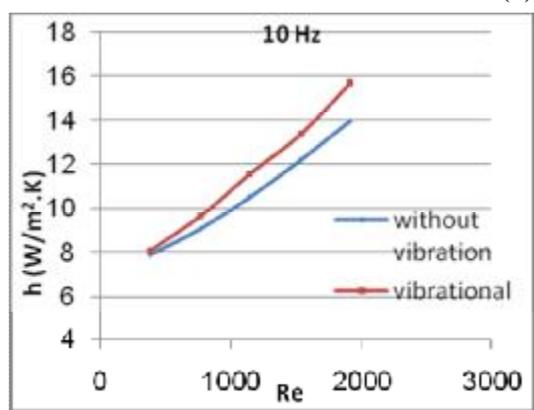
(b)



(a)

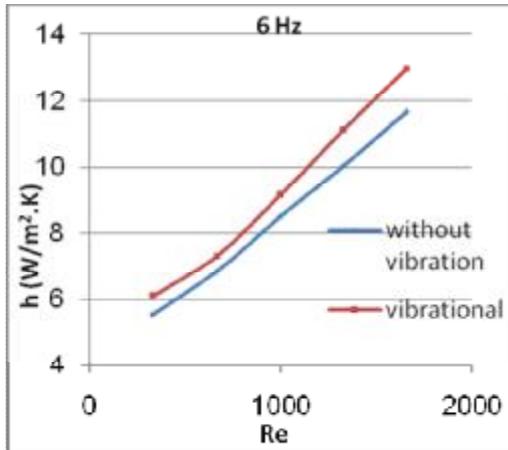


(d)

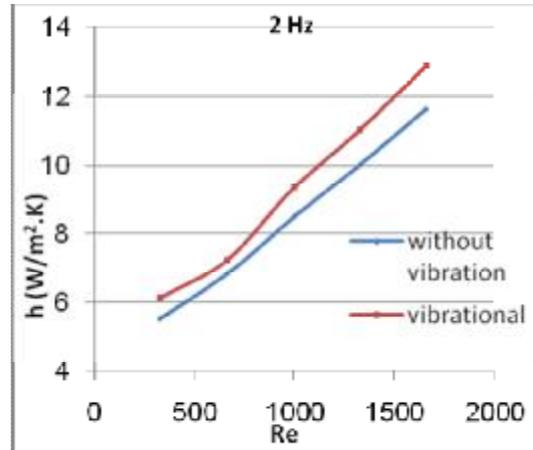


(c)

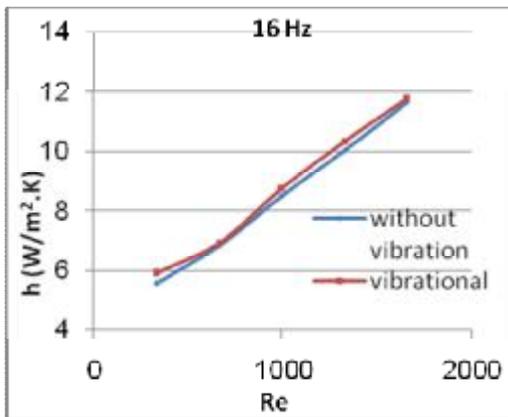
الشكل (11) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=0^\circ$).



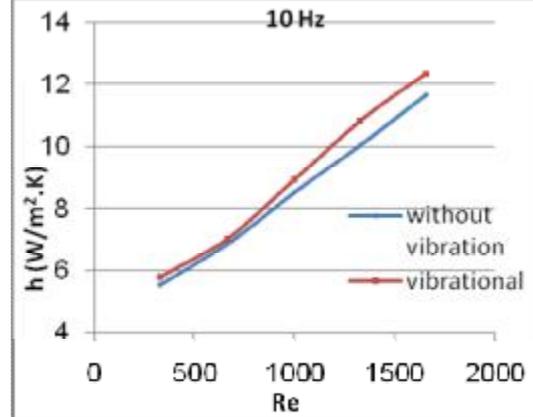
(b)



(a)

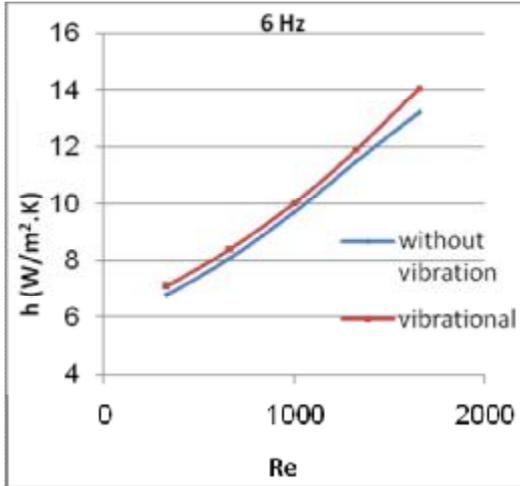


(d)

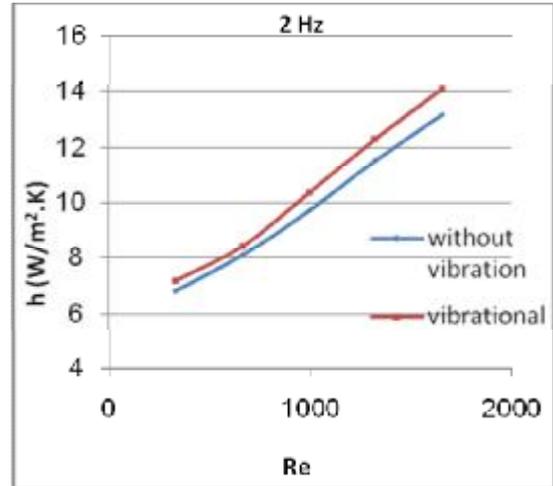


(c)

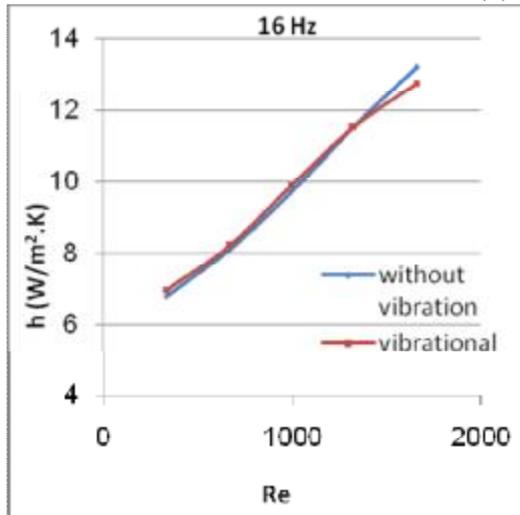
الشكل (12) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للنفيض الحراري (500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=30^\circ$).



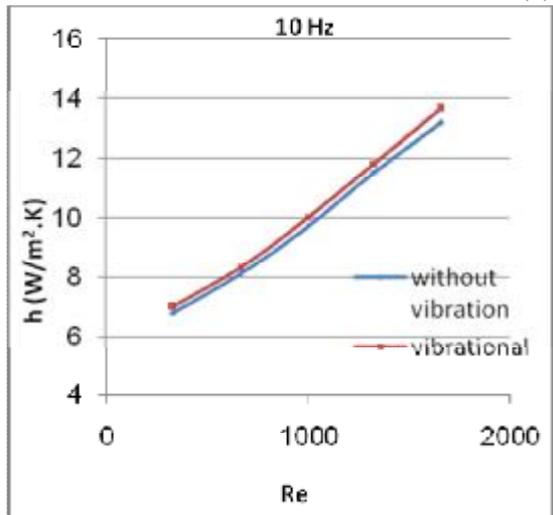
(b)



(a)

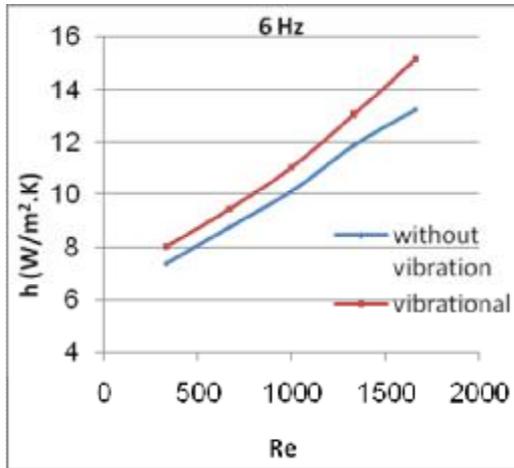


(d)

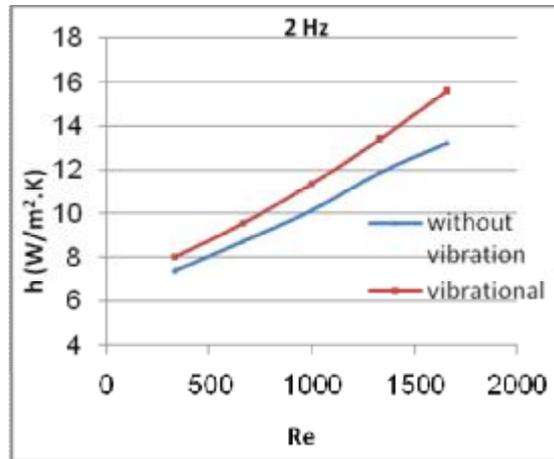


(c)

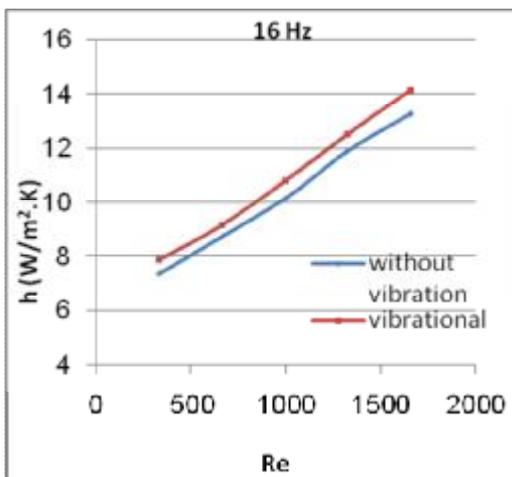
الشكل (13) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1000 W/m^2) وللزاوية ($\theta=30^\circ$).



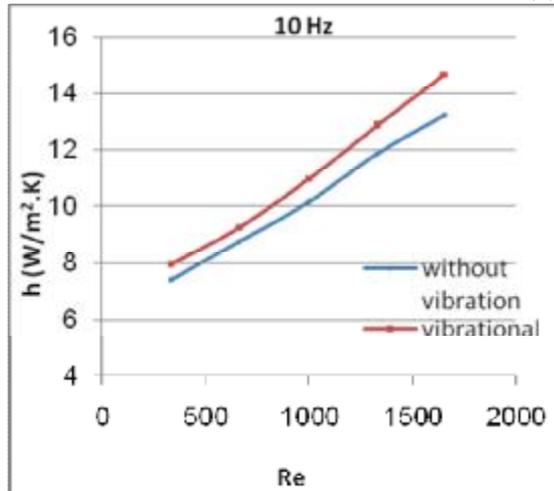
(b)



(a)

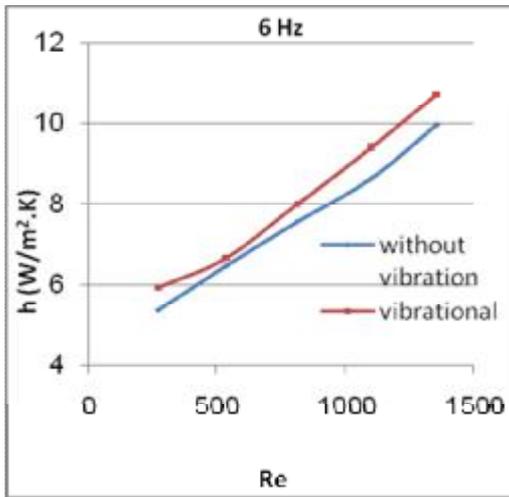


(d)

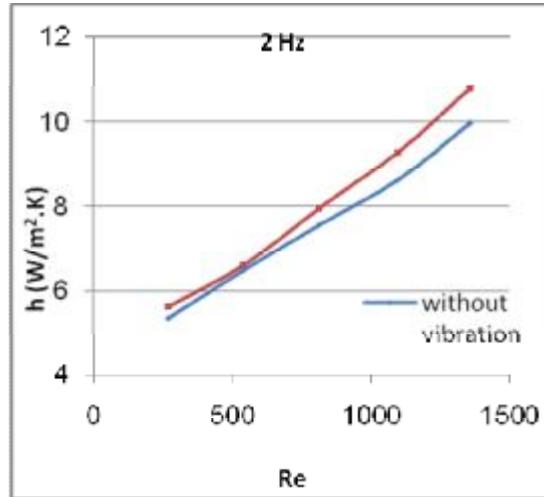


(c)

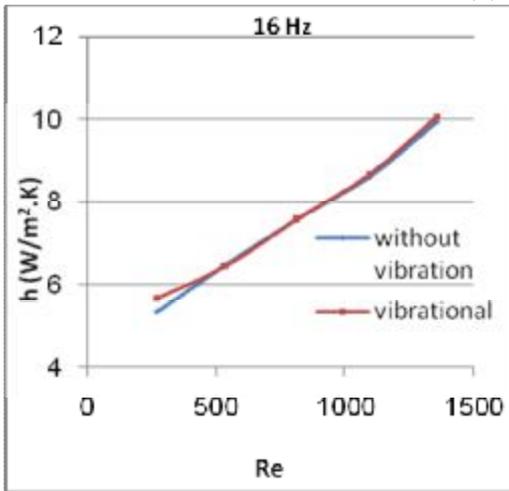
الشكل (14) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وبعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=30^\circ$).



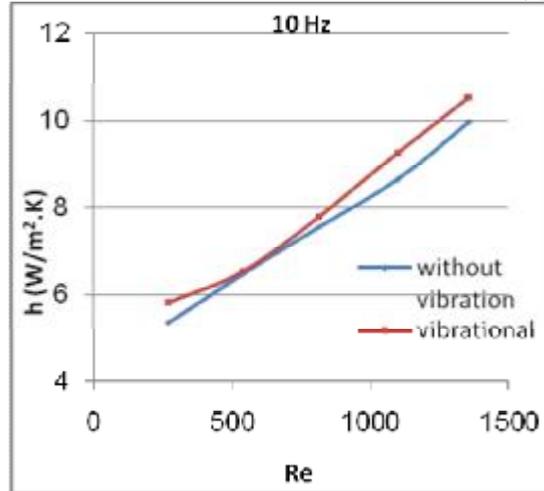
(b)



(a)

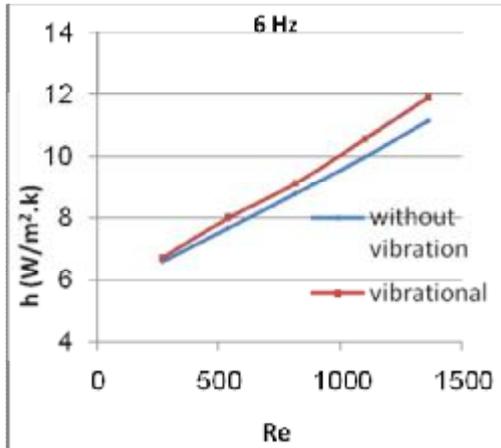


(d)

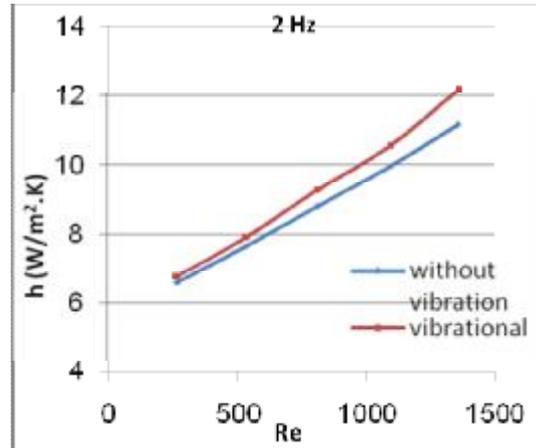


(c)

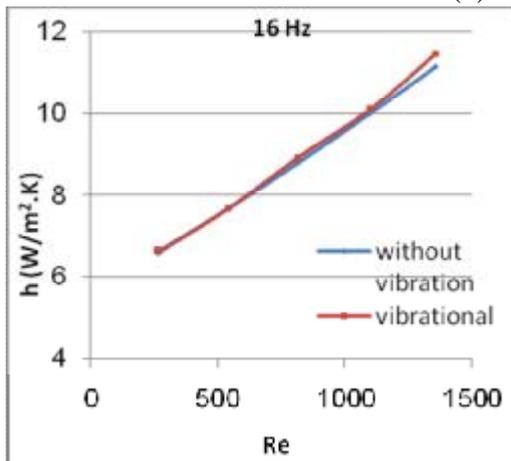
الشكل (15) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وبعدم وجود اهتزاز للنفيض الحراري (500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=45^\circ$).



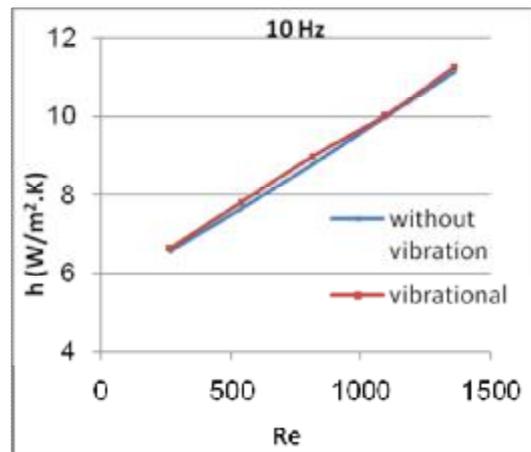
(b)



(a)

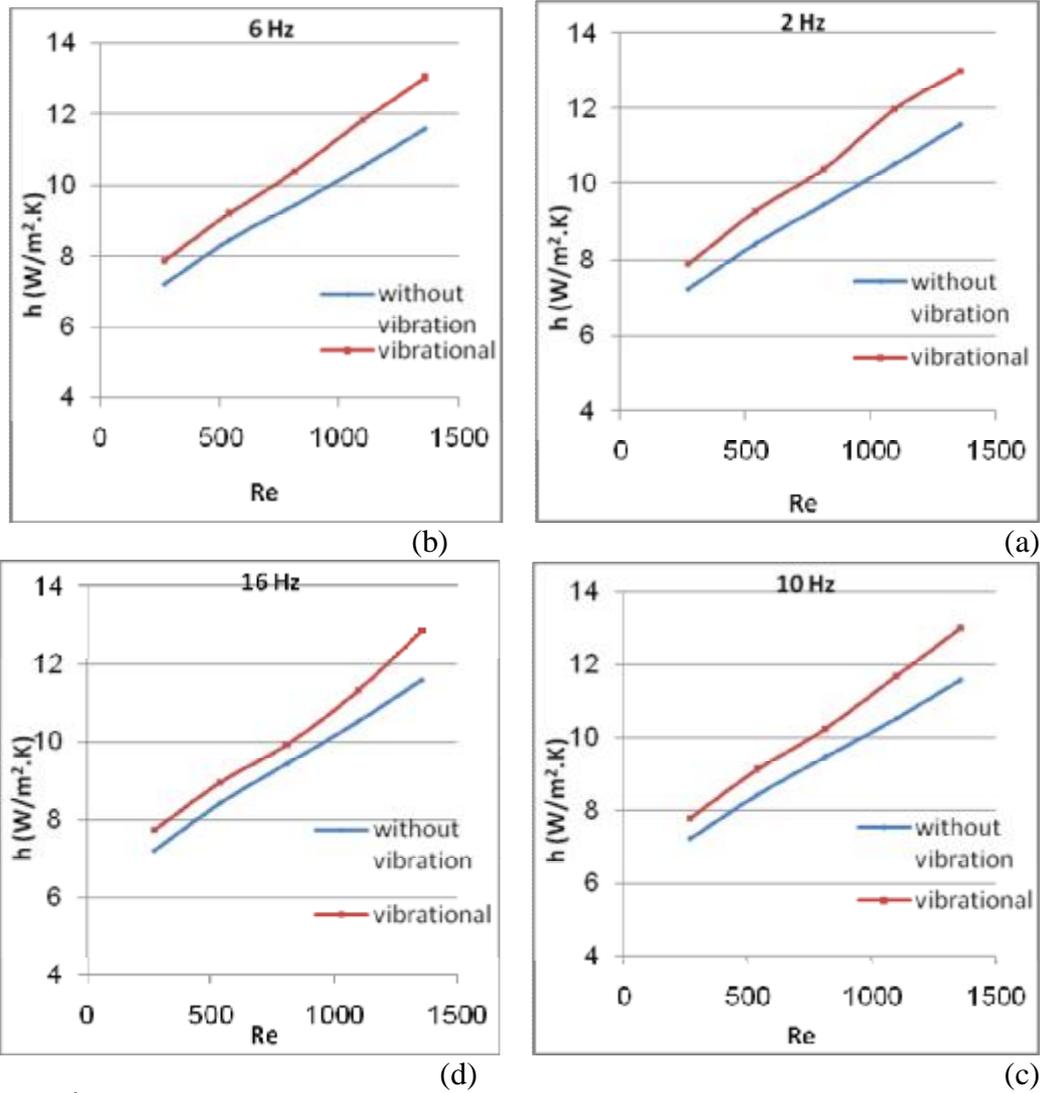


(d)



(c)

الشكل (16) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1000 W/m^2) وللزاوية ($\theta=45^\circ$).



الشكل (17) يبين قيمة معامل انتقال الحرارة الاجمالي بوجود وبعدم وجود اهتزاز للفيض الحراري (1500 W/m^2) وللزاوية ($\theta=45^\circ$).