

## الخلاصة

يقدم البحث الحالي دراسة عملية لانتقال الحرارة ثلاثي الأبعاد للحمل الحر من صفائح أفقية وعمودية ومائلة عن الأفق مربعة وذات ثقب دائري مسخنة بثبوت درجة الحرارة، لحالاتي النماذج المنقبة بوجود سداد للثقب الدائري وعدم وجوده، ضمن منطقة الجريان الطبقي لرقم رالي  $(1.11 \times 10^6 \leq Ra_{Lo} \leq 4.39 \times 10^6)$ ، مع رقم برانتدل  $Pr=0.7$  باستخدام الهواء كوسط لانتقال درجة الحرارة .

أجريت التجارب العملية لمدى من زوايا الميل عن الأفق ( $\Phi=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ \& 180^\circ$ ) لوجه التسخين للأعلى وللأسفل، ولأربع مستويات لتسخين سطح التبادل الحراري ( $T_w=40, 60, 80 \& 100^\circ C$ ). تضمنت الدراسة العملية تصنيع أربعة نماذج مربعة من الألمنيوم بطول (100mm) وسماك (10mm) ومنقبة بنسب تنقيب المساحة ( $m=0.0, 0.10, 0.24, 0.50$ ) على التوالي، مع تصنيع مسخن خاص لكل انموذج .

كانت كمية الحرارة المحسوبة من موازنة الطاقة للنموذج المربع تزيد عن كمية الحرارة المحسوبة من معامل انتقال الحرارة الموضعي بنسبة (7.87%)، أما للنماذج المنقبة بدون وجود سداد فكانت كمية الحرارة المحسوبة عن طريق موازنة الطاقة تقل بنسبة (12.81%) عن الحساب الموضعي لجميع نسب التنقيب والنماذج المنقبة بوجود السداد كانت كمية الحرارة المحسوبة عن طريقة موازنة الطاقة تقل بنسبة (10.31%) عن الحساب الموضعي لجميع نسب التنقيب، وكانت كمية الحرارة اللابعدية (Q) للنماذج المنقبة بوجود السداد للثقب تقل عن كمية الحرارة اللابعدية (Q) بدون وجوده بنسبة (6.477%).

إن انحدار درجات الحرارة يزداد فيما يقل سمك الطبقة المتاخمة الحرارية ( $\delta$ ) عند زيادة رقم كراشوف ونسبة التنقيب، فيكون انحدار درجات الحرارة للوضع المائل في حالة التسخين باتجاه الأعلى

درجات الحرارة يقل بينما يزداد سمك الطبقة المتاخمة الحرارية للصفائح المثقبة بوجود السداد عن الصفائح المثقبة بدون وجود السداد .

تزداد قيمة متوسط رقم نسلت بزيادة رقم كراشوف وبنسبة التنقيب (m) بوجود وعدم وجود السداد، وتزداد قيمة متوسط رقم نسلت مع ازدياد الميلان في حالة التسخين الى الاعلى الى ان تصل اعظم قيمة لها عند الوضع العمودي ( $\Phi=90^\circ$ ) ثم تقل بزيادة زاوية الميلان في حالة التسخين الى الاسفل وصولا الى الوضع الافقي ( $\Phi=180^\circ$ ). لجميع نسب التنقيب تكون قيم متوسط رقم نسلت اقل للصفائح المثقبة بوجود السداد عن الصفائح المثقبة بدون وجود السداد.

اقصى قيمة لكمية الحرارة المنقولة تكون للصفائح المثقبة بنسبة التنقيب (m=0.1) بدون وجود السداد في حالة الوضع العمودي ( $\Phi=90^\circ$ ) لمدى رقم كراشوف ( $1.57 \times 10^6 \leq Gr_{Lo} \leq 6.292 \times 10^6$ )، وتقل كمية الحرارة المنقولة بزيادة نسبة التنقيب بسبب النقصان الحاصل في مساحة سطح التبادل الحراري الذي يؤدي الى الانخفاض في معدل انتقال الحرارة للصفائح المثقبة بوجود وعدم وجود السداد .

إن كمية الحرارة المنقولة للصفائح المثقبة بتنقب دائري اكبر من كمية الحرارة المنقولة للصفائح المثقبة بتنقب مربع لنفس نسب التنقيب (m=0.1, 0.16, 0.24, 0.36).

هناك توافق جيد للنتائج العملية للبحث الحالي مع نتائج عملية وعددية لبحوث سابقة .

### *Abstract*

An experimental investigation of three dimensional natural convection heat transfer from an isothermal horizontal, vertical and inclined heated square flat plates with and without circular hole, were carried out in two cases, perforated plates without an impermeable adiabatic hole "open core" and perforated plates with an impermeable adiabatic hole "closed core" by adiabatic plug.

The experiments covered the laminar region with a range of Rayleigh number of  $(1.11 \times 10^6 \leq Ra_{Lo} \leq 4.39 \times 10^6)$ , at Prandtl number ( $Pr=0.7$ ).

Practical experiments have been done with variable inclination angles from horizon ( $\Phi=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  and  $180^\circ$ ), facing upward ( $0^\circ \leq \Phi < 90^\circ$ ), and downward ( $90^\circ \leq \Phi < 180^\circ$ ), for four heating levels ( $T_w=40, 60, 80 \& 100^\circ C$ ) in a range of Grashof number ( $1.576 \times 10^6 \leq Gr_{Lo} \leq 6.292 \times 10^6$ ).

The present experimental study included the manufacturing of four square specimens of aluminum with (100mm) length, (10mm) thickness, different perforation ratio ( $m = \text{area of circular hole} / \text{area of square plate}$ ) have been used, there are ( $m=0.0, 0.10, 0.24$  and  $0.50$ ) respectively with manufacturing heater for each specimen.

The results showed that the quantity of heat transfer calculated by using energy balance method for square plate is greater than the quantity of heat transfer calculated by using local measurement method by (7.87%), while in case of perforated plates without an impermeable adiabatic core the quantity of heat transfer calculated by energy balance method is less than that of local measurement method by (12.81%) for all perforation ratios, and perforated plates with an impermeable adiabatic core the quantity of heat transfer calculated by energy balance method is less than that of local measurement method by (10.31%) for all perforation ratios. It found that the lack of core flow decreases the overall heat transfer rate by (6.477%) .

The temperature gradient increases while the thermal boundary layer thickness decreases when Grashof number and perforation ratio ( $m$ ) increase . The temperature gradient for incline position facing upward is less than facing

The temperature gradient decreases while the thermal boundary layer thickness increases for perforated plates with an adiabatic core as compared with perforated plates without an adiabatic core .

The value of average Nusselt number increases with increase perforation ratio, and Grashof number for all specimens with and without an adiabatic core, also increases by increase in inclination of plates facing upward to reach the higher value at vertical position ( $\Phi=90^\circ$ ), then decreases with increase of inclination of plates facing downward till horizontal position ( $\Phi=180^\circ$ ).

The average Nusselt number values for perforated plates with an adiabatic core are lower than for perforated plates without an adiabatic core for all perforation ratios.

Maximum heat transfer rate occurs at perforated plate with perforation ratio of ( $m=0.1$ ) without adiabatic core for vertical position ( $\Phi=90^\circ$ ), at a range of Grashof number ( $1.576 \times 10^6 \leq Gr_{Lo} \leq 6.292 \times 10^6$ ), while the rate of heat transfer decreases with increasing perforation ratio for plates with and without adiabatic core for decrease in heat transfer rate area.

The rate of heat transfer for perforated plates with circular hole is more than for perforated plates with square hole at the same perforation ratios ( $m=0.1, 0.16, 0.24$  and  $0.36$ ).

There was a good agreement for the experimental present work results with other pervious experimental and numerical work results .