الحمل الطبيعي لانتقال الحرارة في حيز مسامي مربع مع تسخين زاوي ومجال مغناطيسي

د. عباس سعيد حسين فلاح هادي مهاوش
قسم الهندسة الميكانيكية/جامعة الموصل

الخلاصة

توثق هذه الدراسة العددية عملية انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في حيز مسامي مربع مع تسخين زاوي ومجال مغناطيسي . تم استخدام تقنية الفروق المحددة مع طريقة كاوس سيدل لحل المعادلات الحاكمة وبمساعدة تقنية (Over Relaxation) وبحدود (1.1-1.3) .المعلمات الحاكمة هي: عدد رالي المطور،عدد هارتمان ، زاوية ميلان المجال المغناطيسي، وطول منطقة التسخين اللابعديه بالاتجاهين (x,y). تم التوصل الى أن الزيادة في عدد هارتمان تؤدي إلى تناقص معدل عدد نسلت في حين أن الزيادة في عدد رالي المطور تؤدي إلى زيادة معدل عدد نسلت . في حين أن زيادة قيمة طول منطقة التسخين اللابعديه (h) بالاتجاهين أدت إلى زيادة معدل عدد نسلت .بينما وجد أن النقصان المثالي لمعدل انتقال الحرارة يكون عند أكبر مجال مغناطيسي وبالاتجاه الأفقي .

Natural Convection Heat Transfer in a Square Porous Enclosure with Corner Heating and Magnetic Field

Dr. Abbas Saeed Hussain Falah Hadi Mhawish
Department of Mechanical Engineering/ University of Mosul

Abstract

This numerical study documents the phenomena of heat transfer natural convection in a square porous cavity with corner heating and magnetic field. The finite difference technique with Gauss-Siedel method is used to solve the governing equations with aid of (Over Relaxation) technique of a range (1.1-1.3). The governing parameters are modified Rayleigh number, Hartmann's number, inclination angle of magnetic field and dimensionless length (non- dimensional heating region in both directions (x,y)) . It was concluded that increase in the Hartman number leads to a decrease in the average Nusselt number while the increase in the modified Rayleigh number increases the average Nusselt number .The increase of dimensionless length (h) led to an increase the average Nusselt number . However, the optimum reducing of the heat transfer rate was obtained at a large magnetic field in the horizontal direction.

Keyword: **Natural Convection, Square Porous, Corner Heating, Magnetic Field.**

أستلم: 2012 - 12 – 19 قبل: 2013 - 12 – 22

قائمة الرموز		
الوحدة	لتعريف	الرمز
Volt.s/m²	الحث المغناطيسي	B_0
$J/kg.K$	الحرارة النوعية للمائع	C_P
----	عدد دارسي $Da = \frac{K}{L^2}$	Da
-----	طول منطقة التسخين اللابعديه بالاتجاهين X و Y	H
-----	عدد هارتمان- دارسي = $\left(\frac{\sigma_0 B_0^2 K}{\mu}\right)^{1/2}$	Ha
A	التيار الكهربائي	I
m²	نفاذية الوسط السامي	K
W/m.K	الموصلية الحرارية	K
m	طول الحيز	L
----	معدل عدد نسلت	$\overline{Nu}$
-----	عدد نسلت الموضعي	Nu
N/m²	الضغط	P
W	كمية الحرارة المنتقلة بالحمل الطبيعي	Q
W	كمية الحرارة المنتقلة بالتوصيل	Q_{cond}
----	عدد رالي للمائع $Ra = \frac{\rho_o g \beta L^3 \Delta T}{\mu \alpha_m}$	Ra
----	عدد رالي المطور $Ra^* = \frac{\rho_o g \beta L\, K \Delta T}{\mu \alpha_m}$	Ra*
K	درجة الحرارة	T
m/s	المركبة الأفقية للسرعة	u
m/s	المركبة العمودية للسرعة	υ
m/s	محصلة مركبتي سرعة المائع الأفقية والعمودية	$\vec{V}$
m	الإحداثيات الديكارتية	x, y

الرموز الإغريقية

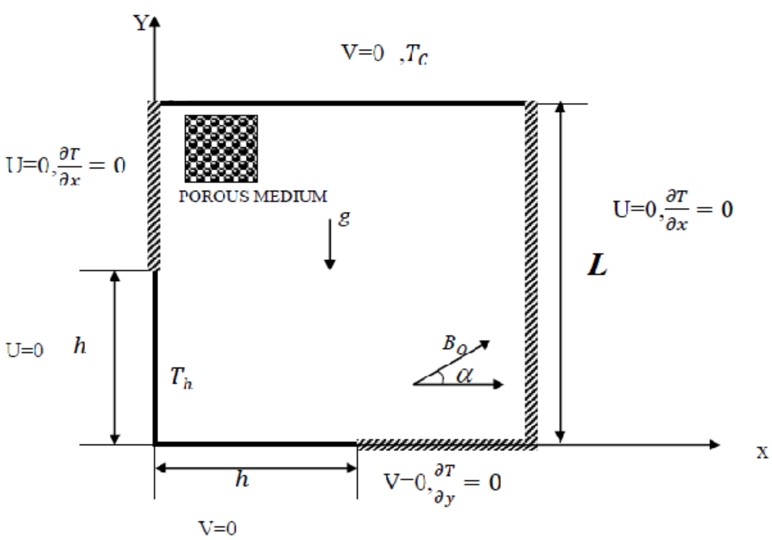
الوحدة	التعريف	الرمز	الوحدة	التعريف	الرمز
m²/s	اللزوجة الكاينماتية	ϑ	m²/s	الانتشارية الحرارية	α_m
kg/m^3	الكثافة	ρ	$1/K$	معامل التمدد الحراري	β
1/ohm.m	الموصلية الكهربائية	σ_0	---	المسامية	ε
---	دالة الانسياب اللابعدية	Ψ	---	درجة الحرارة اللابعدية	θ
m^2/s	دالة الانسياب	ψ	$kg/m.s$	اللزوجة الديناميكية	μ

الرموز العلوية والسفلية

التعريف	الرمز	التعريف	الرمز
الجدار البارد	C	مطور	*
الجدار الساخن	H	المعدل	—
كمية متجه	□	اللابعدي	^

1.المقدمة

يحدث انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي إذا ما وضع جسم في مائع عند درجة حرارة أعلى أو أوطأ من الجسم. وكنتيجة للفرق في درجات الحرارة، ستنساب الحرارة بين المائع والجسم وتسبب تغيراً في كثافة المائع المجاور للسطح [1]. إن مجالات التطبيق للوسط المسامي المشبع بمائع موصل ذي خواص كهرومغناطيسية تحت تأثير الحمل الطبيعي الهيدرومغناطيسي(MHD) هو في تصميم المبادلات الحرارية والمضخات ومقياس الجريان وفي دفع مركبات الفضاء والحماية الحرارية وفي استحداث منظومات توليد الطاقة . أنجز الباحثون (Kaluri et. al.) [2] دراسة عددية على توزيع الحرارة والخلط الحراري خلال الجريان بالحمل الطبيعي الطبقي المتوازن في حيز مسامي مربع مشبع أجري بالاعتماد على خطوط بيجان الحرارية .الدراسة توضح بأن تعزيز الخلط الحراري يحدث عند عدد دارسي العالي . أن التوزيع الحراري يعزز انتشار الحرارة والخلط الحراري مقارنة بحالة التسخين المتجانسة . قام الباحثون (Grosan et al.) [3] بدراسة عددية لديناميك الهيدرومغناطيسي على الحمل الطبيعي في تجويف مستطيل مملوء بوسط مسامي مشبع وتوليد حرارة داخلي ، المجال المغناطيسي المتجانس الخارجي والمائل بزاويةγمع المستوى الأفقي . لقد وجد أن عدد نسلت الموضعي يقل على الجدار السفلي عندما تزداد قيمγ. وقام الباحثون (Mansour et al.)[4] بدراسة عددية لتأثير المجال الهيدرومغناطيسي غير المستقر على الحمل الطبيعي في حيز مربع مسامي مائل مملوء بمائع مشبع ووجود حرارة متولدة وتحت تأثير مجال مغناطيسي متجانس ومائل بنفس الزاوية مع الحيز وبينت الدراسة تأثير عدد هارتمان ، عدد رالي وزاوية الميلان للحيز وعامل الزمن اللابعدي على خصائص الجريان وانتقال الحرارة مثل خطوط الانسياب وخطوط درجات الحرارة ومتوسط عدد نسلت. قام الباحث ورفاقه (Saleh et al.) [5] بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على الحمل الحراري المستقر في حيز شبة منحرف مسامي مملوء بمائع مشبع .النقصان الأمثل لمعدل الحرارة المنتقلة سوف نحصل علية للحيز شبة المنحرف الحاد ومجال مغناطيسي كبير في الاتجاه الأفقي.وأخيراً درس الباحث (Ismael) [6] عددياً تأثير المجال المغناطيسي غير المستقر على الحمل الطبيعي في حيز مربع مملوء بوسط مسامي مشبع ووجود حرارة متولدة متجانسة وقد قسّم الحيز بواسطة حاجزين لإحداث حيز داخلي مهوى ..ان تقسيم الحيز مع المجال المغناطيسي العمودي لهما تأثير إخماد للجريان وانتقال الحرارة .



2. التمثيـل الفيزيائـي

تمت الدراسة لبعدين واعتبار الحالة مستقرة للحمل الطبيعي في الحيز مع تيار كهربائي موصل إلى الوسط المسامي المشبع بمائع كما موضح في الشكل (1).

الشكل (1) : النموذج الهندسي لمسألة البحث

3. الفرضيات

في هذه الدراسة تم اعتماد مجموعة من الفرضيات من اجل تسهيل الدراسة العددية وكما يلي :

1- الجريان مستقر، أي لا يوجد تغير لجريان المائع وانتقال الحرارة نسبة إلى الزمن.
2- المائع المنساب داخل الوسط المسامي لا انضغاطي وأحادي الطور وموصل كهربائياً ونفاذية الوسط المسامي K متساوية في جميع الاتجاهات.
3- الجريان ثنائي البعد والوسط المسامي متوازن حراريا بين المادة الصلبة والمائع.
4- الوسط المسامي متجانس والمسامية ثابتة.
5- إهمال الحرارة المتولدة بفعل اللزوجة وإهمال تأثير مقاومة الاحتكاك ولا وجود للتوليد الحراري.
6- جميع الخواص الفيزيائية للوسط المسامي ثابتة بضمنها الكثافة ماعدا تغيرها مع درجة الحرارة بسبب تأثير قوة الطفو والتي يتم حسابها من تقريب بويسنسك

$$\rho = \rho_{\circ}[1 - \beta(T - T_{\circ})] \qquad \ldots\ldots\ldots(1)$$

7- جدران الحيز المربع غير نفاذة .
8- القوة المغناطيسية تؤثر باتجاه التعجيل الأرضي أو الأفقي أو مائلاً .

4. المعادلات الحاكمة

اعتماداً على الفرضيات أعلاه تمت كتابة المعادلات الحاكمة للاستمرارية والزخم والطاقةلنموذج الجريان الدارسي إن معادلة الاستمرارية للانسياب في الوسط المسامي يمكن تعريفها بأنها معادلة تفاضلية جزئية مشتقة من معادلة حفظ الكتلة وذلك بفرض أن المائع غير انضغاطي أي إن التغيير في الضغط لا يحدث أي تغيير في الكثافة النسبية للمائع وبناءً على كل ما تقدم فان معادلة الاستمرارية باتجاه الإحداثيات (x,y) تكون كالآتي[1,2,7]:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \qquad ....(2)$$

أما معادلة الزخم فهي عبارة عن توازن القوى التي تشغل الوسط المسامي والمستخلصة من التجارب العملية [1] حيث بينت المعادلة أن معدل سرعة المائع خلال عمود من مادة مسامية يتناسب طردياً مع الفرق في الضغط على طول العمود مع الأخذ بالاعتبار التأثير المغناطيسي المائل .

$$\vec{V} = \frac{K}{\mu}(-\nabla P + \rho g + I \times B_0) \qquad ....(3)$$

$$\nabla . I = 0 \qquad ....(4)$$

$$I = \sigma_o(-\nabla\phi + V \times B_0) \qquad ....(5)$$

و ϕ هي الكهرباء الموضعية وتكون كالأتي: $\nabla\phi = 0$
حيث تكون دائماً الكهربائية معزولة في المحيط للحيز المغلق.وبذلك تصبح المعادلة (3) بعد التبسيط للاتجاهx

$$u = -\frac{K}{\mu}\frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\sigma_o B_o K}{\mu}(v\sin\alpha \cos\alpha - u\sin^2\alpha) \qquad ....(6)$$

وكذلك بالنسبة للاتجاه y

$$v = -\frac{K}{\mu}\frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\sigma_o B_o K}{\mu}(u\sin\alpha \cos\alpha - v\cos^2\alpha) + \frac{K\rho g}{\mu}(T - T_C) \qquad ....(7)$$

ولجعل الحل أسهل ، يمكن حذف حد الضغط من معادلة (6) و (7) عن طريق تفاضلهما ، الأولى نسبة إلى y والثانية نسبة إلى x وسوف نحصل على معادلة الزخم :

$$\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\sigma_O K B_O}{\mu} * \frac{\partial v}{\partial y}\sin\alpha\cos\alpha + \frac{\partial u}{\partial y} * \frac{\sigma_O K B_O}{\mu}\sin^2\alpha + \frac{\partial u}{\partial x} * \frac{\sigma_O K B_O}{\mu}\sin\alpha\cos\alpha - \frac{\partial v}{\partial x} * \frac{\sigma_O K B_O}{\mu}\cos^2\alpha - \frac{K\beta g}{\vartheta} * \frac{\partial T}{\partial x} \qquad ....(8)$$

أن معادلة الطاقة للوسط المسامي المتجانس (حيث كمية الحرارة المنتقلة تتمثل بالتوصيل والحمل معاً وعدم وجود توليد حرارة وبإهمال حد اللزوجة) ، سوف تكون كالآتي [6] :

$$u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} = \alpha_m\left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right] \qquad ....(9)$$

حيث تعرف المتغيرات اللابعدية كما يلي :

$$\hat{X} = \frac{x}{L}, \quad \hat{Y} = \frac{y}{L}, \quad \frac{T - T_c}{T_h - T_c} \qquad \frac{}{m} \qquad ....(10)$$

والمعلمات المتحكمة اللابعدية هي :

$$Ha = B_0\sqrt{\frac{\sigma_0 K}{\mu}}, \quad Ra^* = \frac{\rho_o g \beta K \Delta T}{\mu \alpha_m} \qquad ....(11)$$

أن الظروف الحدية اللابعدية بالنسبة إلى الوسط المسامي هي:

$$At\ \hat{Y}=1,\ 0<\hat{X}<1,\ U=V=0,\ \Psi=0,\ \theta=0 \quad ......(12)$$

$$At\ \hat{Y}=0,\ 0\le\hat{X}\le h,\ U=V=0,\ \Psi=0,\ \theta=1 \quad ......(13)$$

$$At\ \hat{Y}=0,\ h<\hat{X}\le 1,\ U=V=0,\ \frac{\partial\theta}{\partial\hat{Y}}=0 \quad ......(14)$$

$$At\ \hat{X}=0,\ 0\le\hat{Y}\le h,\ U=V=0,\ \Psi=0,\ \theta=1 \quad ......(15)$$

$$At\ \hat{X}=0,\ h<\hat{X}\le 1,\ U=V=0,\ \Psi=0,\ \frac{\partial\theta}{\partial\hat{X}}=0 \quad ......(16)$$

$$At\ \hat{X}=1,\ 0\le\hat{Y}\le 1,\ U=V=0,\ \Psi=0,\ \frac{\partial\theta}{\partial\hat{X}}=0 \quad ......(17)$$

ويعرف معدل عدد نسلت :

$$\overline{Nu}=\int_0^1\left(\frac{\partial\theta}{\partial\hat{Y}}\right).dx$$

5.التحليل العددي

استخدمت تقنية الفرق المحدد لحل المعادلات الحاكمة (8) و (9) مع الظروف الحدية . بالاستعانة بطريقة كاوس سيدل التكرارية وبدقة:

$$\frac{\sum_{i,j}\left|\zeta_{i,j}^{n+1}-\zeta_{i,j}^{n}\right|}{\sum_{i,j}\left|\zeta_{i,j}^{n+1}\right|}\le 10^{-5}$$

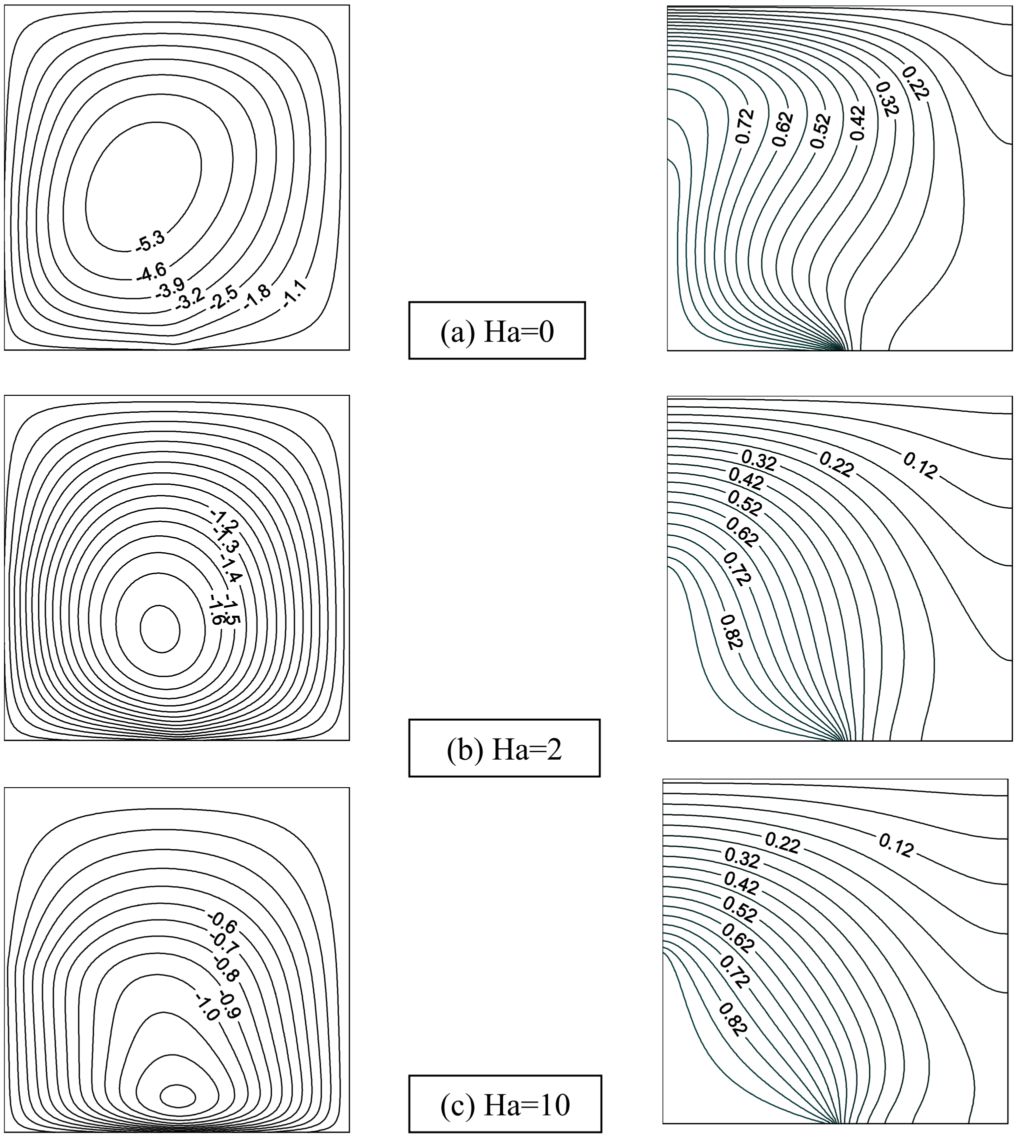
حيث تمثل ζ مره T أو ψ وتمثل (n) عدد المحاولات للبرنامج .للتأكد من صحة الحل سوف تتم مقارنة النتائج التي سيتم الحصول عليها في البحث الحالي مع البحوث السابقة .حيث تمت مقارنة هذه النتائج مع نتائج كل من دراسة الباحثين (Ismaeel) [8] وغيرهم من الباحثين ولنفس الظروف الحدية . حيث كانت الدراسة باعتماد عملية تسخين من احد الجوانب وتبريد من الجانب الآخر والجدارين العلوي والسفلي معزولان ، وبدون مجال مغناطيسي . وبالنتيجة أظهرت المقارنة تقارباً بين نتائج البحث الحالي ونتائج الدراسات السابقة وكما مبين في الجدول (1) .

الجدول(1) مقارنة عدد نسلت عند (Ra*=50,100) و(Ha=0)

Ra^*	Chan [10]	Burns [11]	Bejan&Tien [9]	Bejan [12]	Dawood [13]	Ismaeel [8]	Present Work
50	2.1	2.2	2.12	1.897	2.22	2.034	2.042
100	3.54	3.6	3.25	3.433	3.472	3.472	3.218

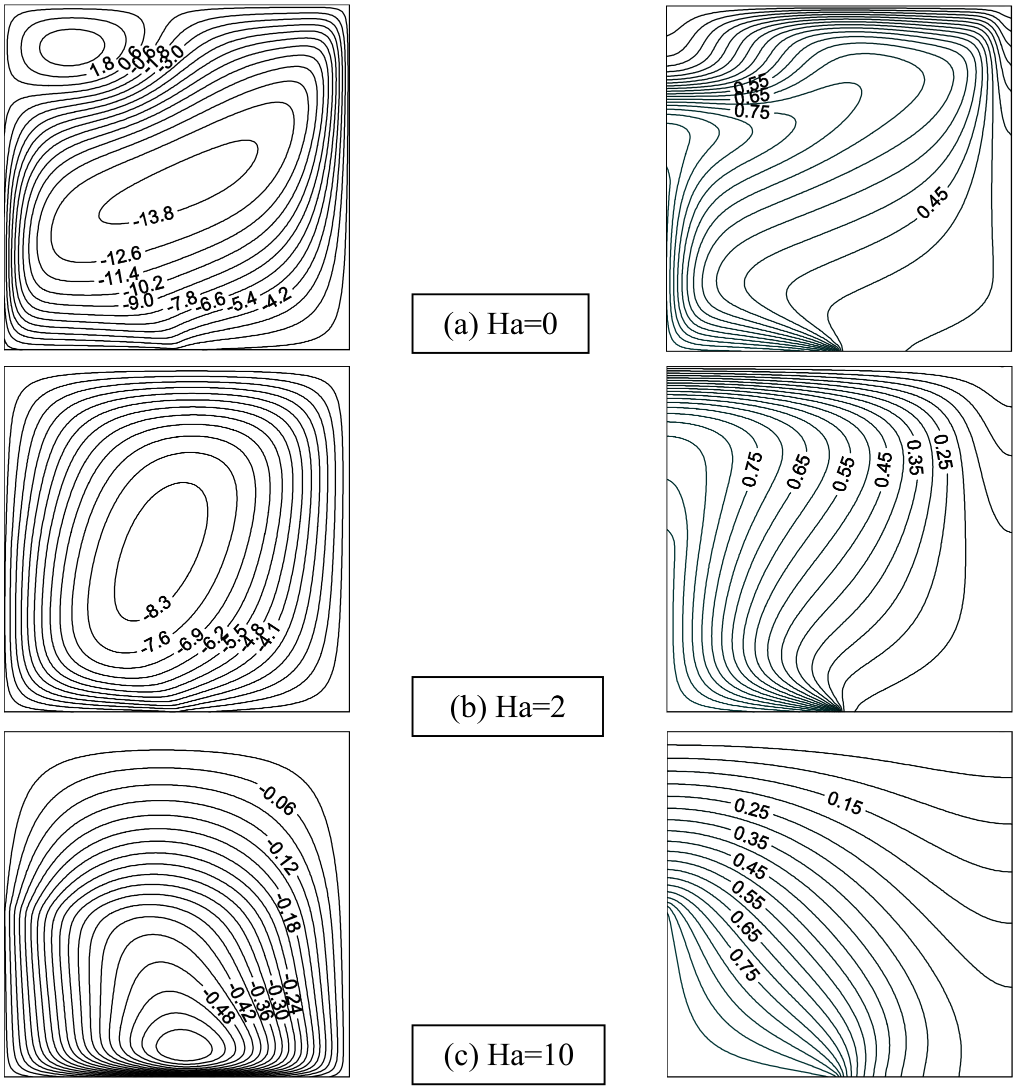
6. النتائج والمناقشة

في هذه الدراسة نحقق انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في حيز مربع مع تسخين زاوي ومجال مغناطيسي مع تغيير العوامل المسيطرة على المسألة من تغيير عدد رالي المطور($100\le Ra^*\le 500$) ، تغيير عدد هارتمان ($0\le Ha\le 10$) ، تغيير زاوية ميلان المجال المغناطيسي ($0\le\alpha\le 90$) وتغيير إبعاد منطقة التسخين ($0.25\le h\le 0.75$)، فضلاً عن مناقشة عدد نسلت الذي يمثل معدل انتقال الحرارة في الحيز المربع .الشكل (2) يمثل تغيير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع المجال المغناطيسي حيث يمكن ملاحظة نمو طبقات الحمل وتجمع خطوط ثبوت درجات الحرارة عند منطقة التسخين وانتشارها عند الأسطح المعزولة فعند (Ha=0)وبغياب تأثير المجال المغناطيسي في الوسط المسامي ثم نلاحظ أن خطوط درجات الحرارة تتراكم وتتقارب مع بعضها البعض عند منطقة التسخين ، وزيادة انحدارها كلما اتجهنا بعيداً عن المنطقة الساخنة باتجاه الأعلى نحو الجدار العلوي الأفقي البارد وذلك نتيجة لتأثير قوة الطفو أو ما تسمى بقوة التعويم وهي ناتجة بسبب الفرق في الكثافة للمائع بين الوسط المسامي وان تأثير الطبقة المتآخمة يظهر كلما اقتربنا من المنطقة الساخنة والجدار العلوي البارد حيث تكون هذه الطبقة ساخنة بالقرب من منطقة التسخين وباردة عند الجدار العلوي البارد، بينما يمكن ملاحظة أن خطوط ثبوت درجة الحرارة ذات انحدار غير متساوٍ موضعياً مما يؤدي ذلك إلى تحفيز المائع للطفو للتغلب على القوة الناتجة من لزوجة الطبقة المتآخمة للمائع الساكن عند حالة التوصيل التام ، حيث يكتسب المائع زخماً تدويرياً ويدور المائع من المنطقة الساخنة مرتفعاً نحو الأعلى باتجاه الجدار البارد ،



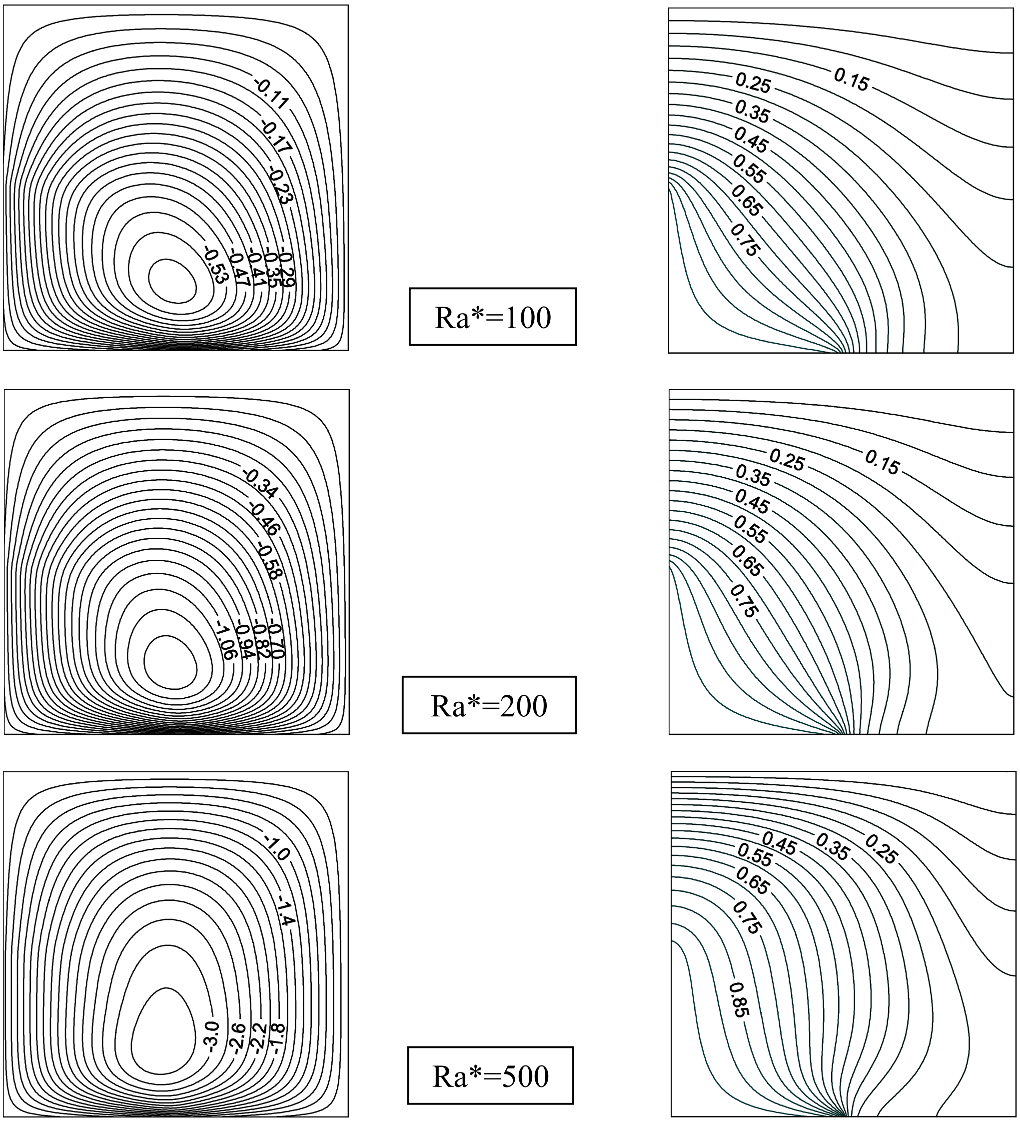
الشكل (2) تغير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع المجال المغناطيسي عند $Ra^*=100, \alpha = 0, h = (0.5)$

ثم يبرد عند الجدار البارد وينحدر تدريجياً نحو الأسفل حيث يعمل على زيادة معدل انتقال الحرارة من الجدار الساخن إلى الجدار البارد ،وعند زيادة عدد هارتمان إلى(Ha=2)من خلال الشكل (2-b) يلاحظ أن تأثير قوة المجال المغناطيسي الأفقي تؤدي إلى كبح حركة المائع ومن ثم تقليل تأثير قوة الطفو كما يلاحظ عندما يكون عدد هارتمان (10) هنالك زيادة في قوة المجال المغناطيسي أكثر فأكثر كقوة كابحة ومقاومة لقوة الطفو والتي تعد القوة المشغلة والمحافظة على نظام انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي بعد أن تم عرض وتفسير نتائج تغيير خطوط ثبوت درجات الحرارة لابد أن يكون هذا التغيير مصحوباً بتغيير دالة الانسياب



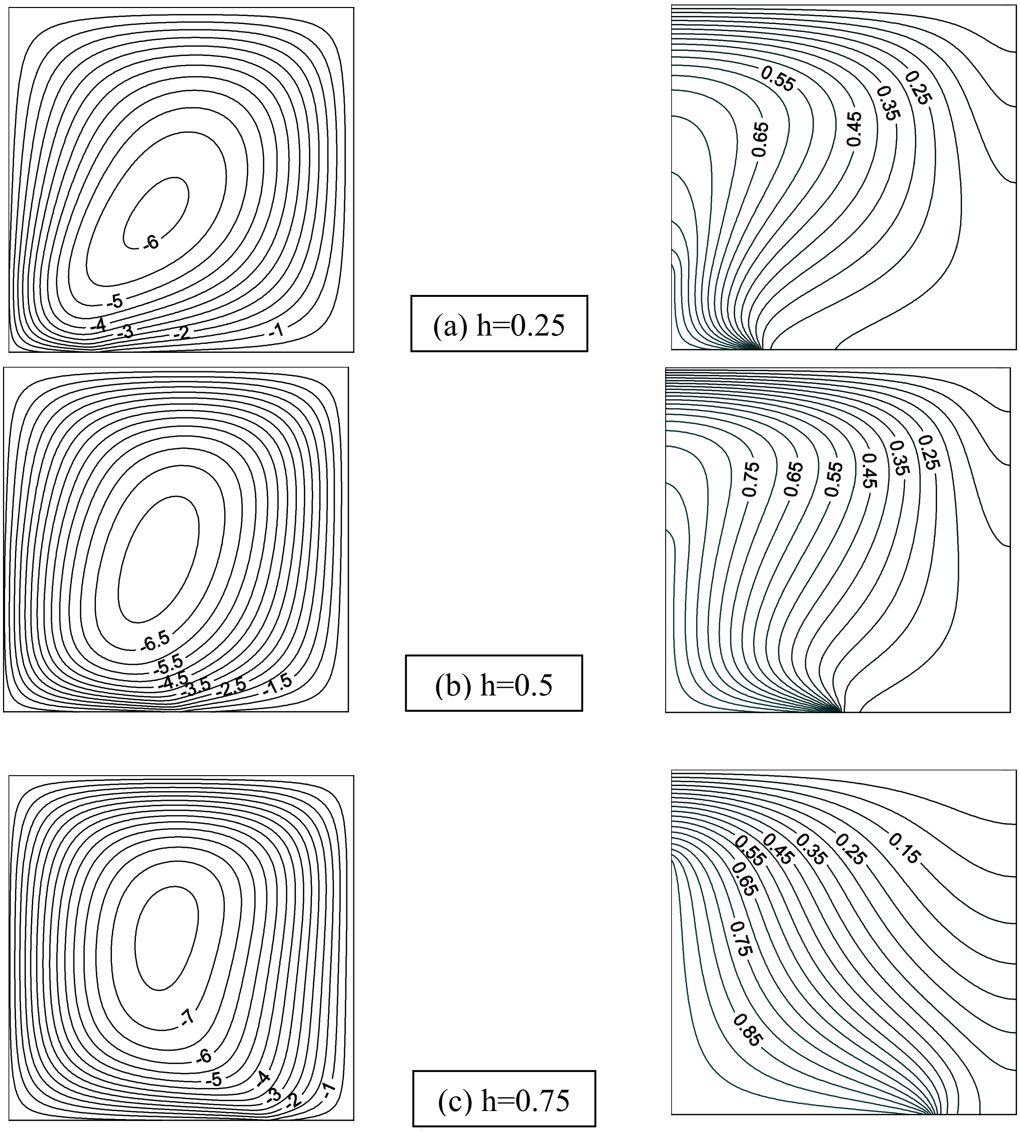
الشكل(3) تغير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع المجال المغناطيسي عند
(Ra*=500,α = 0,h=0.5)

في الشكل (a -2) عند عدد هارتمان (Ha=0) يمكن ملاحظة أن الجريان الطبقي الدراسي للمائع يبدأ بالنمو والتكوين بالقرب من منطقة التسخين للحيز وباتجاه عقارب الساعة مع طفو طبقات المائع وصعودها إلى الأعلى بالقرب من المنطقة الساخنة وعند وصولها عند الجدار البارد تبدأ بالنزول حيث تتكون حلقات شبة دائرية متحدة المركز يكون مركزها اقرب تقريباً إلى منطقة التسخين تكون قوة دوران المائع قليلة عند الحلقات الخارجية حيث عند المنطقة الساخنة تشكل حافزاً لتزايد السرعة العمودية للمائع ويزداد دوران المائع بالاتجاه نحو مركز الدوران لب الخلية الذي يكون قريباً بعض الشيء من المنطقة الساخنة بوصفها المحفزة للدوران .



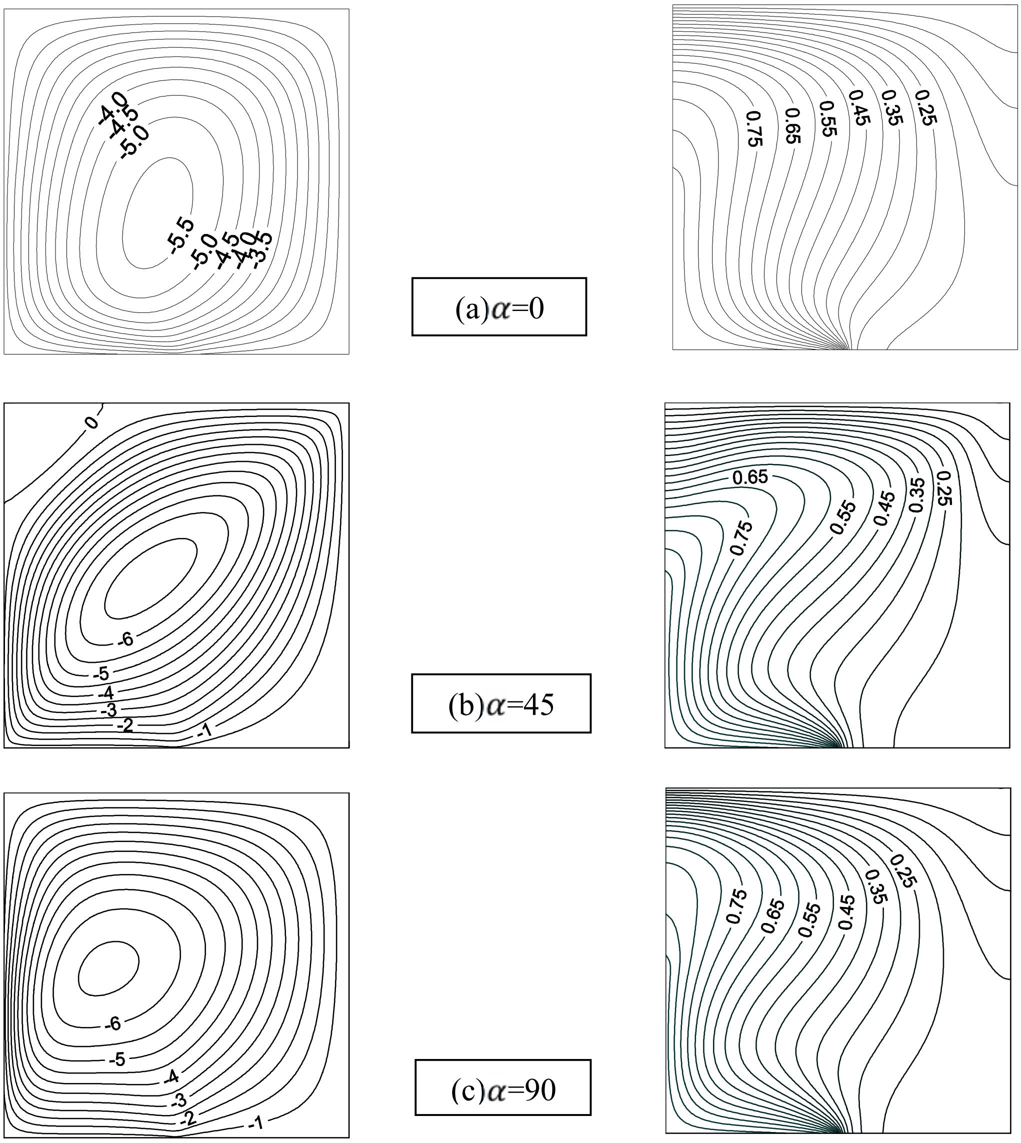
الشكل (4) تغير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع عدد رالي المطور عند
(Ha=4, $\alpha = 0, h = 0.5$)

عند زيادة عدد هارتمان (Ha=2)يلاحظ انكماش خطوط ثبوت دالة الانسياب وذلك بسبب زيادة قوة الكبح للمجال المغناطيسي المقاومة لقوة الطفو حيث يحدث تناقص في مقدار دالة الانسياب وانكماش خطوط الانسياب بالقرب من الجدار السفلي مقتربة من منطقة التسخين وذلك لأنه عند تأثير قوة المجال المغناطيسي بالاتجاه الأفقي يكون تأثيرها عرضياً يتضح تأثيره بالضغط بالاتجاه العمودي وعند زيادة شدة المجال المغناطيسي عند (Ha=10) نلاحظ زيادة انكماش خطوط دالة الانسياب عند الجدار السفلي الأفقي مقتربة من منطقة التسخين أما في الشكل (3)وهي عند رفع قيمة رالي المطور إلى(500) نلاحظ زيادة قوة الطفو بشدة وظهور حالة جديدة في خطوط ثبوت دالة الانسياب عند الشكل(3-a)إلا وهي حالة انفصال المائع وتكون خلية ثانوية عند الزاوية العليا اليسرى ويكون دوران المائع بها بعكس اتجاه عقارب الساعة وتفسر هذه الظاهرة بأنه هنالك مائع بارد لا يستطع اللحاق بالمائع الساخن المتكون قرب منطقة التسخين مما يؤدي إلى انفصاله ودورانه عكس اتجاه المائع الساخن مكون خلية أخرى ولكن عند



الشكل (5) تغير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع أبعاد مختلفة لمنطقة التسخين عند($(Ra^*=400, Ha=2, \alpha=0$

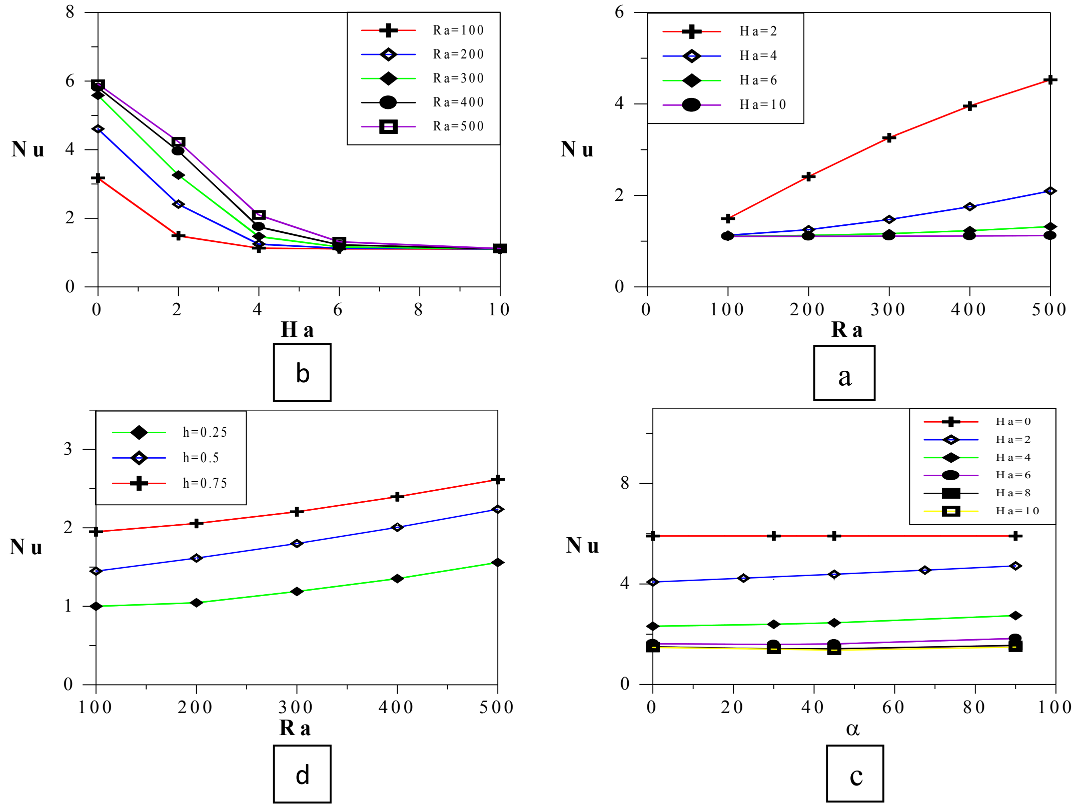
زيادة شدة المجال المغناطيسي من (Ha=0) إلى(Ha=10) وبالتدريج يلاحظ اختفاء ظاهرة انفصالالمائع. في الشكل (4)تم تثبيت شدة المجال المغناطيسي ورفع عدد رالي نلاحظ التشوه الذي يلحق المنظومة ولكن عند شدة المجال المغناطيسي (Ha=4)كانت ذات تأثير كبير أدت إلى كبح تأثير قوة الطفو أما في الشكل (5) حيث أن زيادة أبعاد منطقة التسخين له تأثير طردي بزيادة قوة الطفو وزيادة مقاومة قوة الكبح للمجال المغناطيسي . في الشكل (6) فسوف نوضح تأثير زاوية ميلان اتجاه المجال المغناطيسي عندما قيمة (α=0) كما في الشكل (6-a)حيث أن خطوط دالة الانسياب تضغط بالاتجاه العمودي مباشرة مما يؤدي إلى تراكم وتجمع خطوط الانسياب عند الجدار السفلي ويكون مركز الدوامة قريباً منه أما عند قيمة(α=45) كما في الشكل (6-b)) فيلاحظ أن خطوط دالة الانسياب تضغط بشكل انسيابي مغزلي وتتجه من الزاوية اليسرى السفلى نحو الزاوية اليمنى العليا



الشكل (6) تغير خطوط ثبوت دالة الانسياب ودرجات الحرارة مع تغيير زاوية المجال المغناطيسي عند(h=0.5Ha=2,
(Ra*=300,

الانسياب .أما عند قيمة (α=90) كما في الشكل (6-c) فيكون تأثير المجال المغناطيسي بالاتجاه الأفقي مباشرة مما يؤدي إلى تراكم وتجمع خطوط الانسياب عند الجدار العمودي الأيسر ويكون مركز الدوامة قريباً منه . الشكل (7-a) يبين أن عدد نسلت يتناقص مع زيادة عدد هارتمان لكل قيمة من قيم عدد رالي المطور ويضمحل هذا التأثير عند قيمة عدد هارتمان (Ha=10) لازدياد تأثير المجال المغناطيسي وتقرب الحالة من التوصيل التام. الشكل (7-b) يوضح أن قيم عدد نسلت تزداد كلما زاد عدد رالي ولقيم عدد هارتمان الواطئة ويتناقص هذا التأثير عند زيادة عدد هارتمان ويضمحل عند قيمة عدد هارتمان اكبر من (6) وذلك لان المجال المغناطيسي عمل على كبح حركة المائع وقل انتقال الحرارة بالحمل .الشكل (-7 c) اشر لتأثير زاوية كيلان المجال المغناطيسي (α) فعندما كانت (α=0) فان تأثير المجال المغناطسي يكون عمودياً مع تأثير الجاذبية الأرضية مما يولد قوة كبح اكبر لقوة الطفو وهذا جعل عدد نسلت اقل ما يمكن وبزيادة قيمة زاوية تأثير المجال المغناطيسي فان هذا التأثير يقل ويزداد عدد نسلت خاصة عند قيم عدد هارتمان القليلة وبارتفاع عدد هارتمان أكثر من 6 فان هذا التأثير يقل ويكاد ينعدم عند عدد هارتمان (ha=10) . الشكل (7-d) يوضح تأثير طول منطقة التسخين (h)

فبزيادتها يزداد عدد نسلت لان مساحة المنطقة المعرضة للتسخين كانت اكبر وأدت إلى زيادة كمية الحرارة المجهزة وتزداد هذه القيمة كلما ارتفع عدد رالي المطور بسبب زيادة الفرق بدرجات الحرارة.



الشكل (7) تغير قيم عدد نسلت

a) تغيير معدل عدد نسلت مع *Raلقيم مختلفة من Ha عند $(\alpha = 0, h = 0.5)$.

b) تغيير معدل عدد نسلت مع Ha لقيم مختلفة من*Raعند $(\alpha = 0, h = 0.5)$.

c) تغيير معدل عدد نسلت مع Ha لقيم مختلفة من (α) عند (Ra^*=500, $h = 0.5$) .

d) تغيير معدل عدد نسلت مع *Raلقيم مختلفة من h عند$(\alpha = 0, Ha = 4)$.

الجدول (2) النسب المئوية لانخفاض معدل عدد نسلت ما بين Ha=0إلى Ha=10

α	h	Ra*=100	Ra*=500
0	0.25	315%	600%
	0.50	288%	527%
	0.75	225%	479%
30	0.25	315%	590%
	0.50	287%	522%
	0.75	225%	477%
45	0.25	315%	584%
	0.50	287%	518%
	0.75	225%	477%
90	0.25	315%	600%
	0.50	287%	515%
	0.75	225%	469%

7.الاستنتاجات

بينت النتائج التي تم الحصول عليها ما يلي :

1. أن معدل انتقال الحرارة يزداد بزيادة أبعاد منطقة التسخين .
2. أن معدل انتقال الحرارة يزداد بزيادة عدد رالي المطور .
3. أن معدل انتقال الحرارة يقل بزيادة عدد هارتمان حيث ينجز عدد هارتمان من خلال هذه الزيادة فعلاً معاكساً لفعل عدد رالي المطور .
4. النقصان المثالي لمعدل انتقال الحرارة يكون عند اكبر مجال مغناطيسي وبالاتجاه الأفقي .

8.المصادر

1- Kreith F.,“ Principles of Heat Transfer”, Third Edition, Intext Educational Publishers, New york and London, Chapter 7, Page 383, 1973.

2- Kaluri R.S. Basak T. and Roy S.," Bejan's Heatlines and Numerical Visualization of Heat Flow and Thermal Mixing in Various Differentially Heated Porous Square Cavities ", Numerical Heat Transfer, Part A, 55: 487–516, 2009.

3- Grosan T. and Revnic C., Pop I. and Ingham D.B. “Magnetic field and internal heat generation effects on the free convection in a rectangular cavity filled with a porous medium”, International Journal of Heat and Mass Transfer 52, 1525–1533, 2009.

4- Mansour M.A., Chamkha A.J., Mohamed R.A., Abd El-Aziz M.M. and Ahmed S.E. “MHD natural convection in an inclined cavity filled with a fluid saturated porous medium with heat source in the solid phase”, Nonlinear Analysis: Modeling and Control, Vol. 15, No. 1, 55–70, 2010.

5- Saleh H., Roslan R. and Hashim I. " Natural convection in a porous trapezoidal enclosure with an inclined magnetic field", Computers and Fluids 47 ,155–164, 2011.

6- Ismaeel M.A." Partitioning and Magnetic Field Effects on Free Convection in a Square Cavity Filled with Porous Medium with Uniform Heat ", International Journal of Energy and Technology 4 (5), pp.1–11, 2012.

7- Kaluri R.S., Tanmay B. and Roy S." Bejan's Heatlines and Numerical Visualization of Heat Flow and Thermal Mixing in Various Differentially Heated Porous Square Cavities ", Numerical Heat Transfer, Part A, 55: 487–516, 2009.

8- Ismaeel M.A. “Numerical Study of Natural Convection Heat Transfer in an Inclined Square Porous Layer", Al-Rafidain EngineeringVol.16.NO. 3. Aug.2008.

9- Bejan, A. and Tien,C.L.," Natural Convection in a Horizontal Porous Medium Subjected to an End-to-End Temperature Difference", J. Heat Transfer, 100, pp.191-198, 1978.

10- Chan B.K.C., Ivey C.M., and Barry J.M., "Natural Convection in Enclosed Porous Media with Rectangular Boundaries", J. Heat Transfer,2,pp.21-27,1970.

11- Burns P.J. ,Chow L.C., and Tien C.L. "Convection in Vertical Slot Filled with Porous Insulation", Int. J. Heat Mass Transfer,20,pp.919-926,1974.

12- Bejan A., "Natural Convection Heat Transfer in a Porous Layer with Internal Flow Obstruction ", Int. J. Heat Transfer ,26,pp.815-822,1983.

13- Dawood A. S."Steady Three –Dimensional Natural Convection in Porous Media Via Multi grid Method ", Ph.D. Dissertation, Dept. of Mech . Eng., Colorado State University, 1991.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل