IRAQI Academic Scientific Journals

University of Mosul - Iraq College of Engineering AREJ Al-Rafidain Engineering Journal 1993

Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)
Vol. 24, No 2, December 2019, pp. 1-11

ISSN (Print) 1813-0526;
ISSN (Online) 2220-1270

تأثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط في وسط متراكب من مائع نانوي و طبقة مسامية داخل تجويف ذو غطاء متحرك

ايهاب عبدالعزيز حمزة *
ehabalmola1811@gmail.com

د. عباس سعيد حسين**
abassaed1958@gmail.com

* طالب ماجستير – قسم الهندسة الميكانيكية – كلية الهندسة – جامعة الموصل
** مدرس - – قسم الهندسة الميكانيكية – كلية الهندسة – جامعة الموصل

تاريخ الاستلام: 13-5-2019 تاريخ القبول: 15-7-2019

الخلاصة

في البحث الحالي أُجريت دراسة عددية لمعرفة تأثير المجال المغناطيسي في الحمل المختلط في حيز مربع ثنائي الابعاد ذي غطاء متحرك مكون من مائع نانوي (نحاس– ماء) ووسط مسامي مشبع بنفس المائع النانوي الجدار الأيمن و الايسر معزولان حرارياً بينما كان الجدار الاسفل ذو درجة حرارة ثابته وساخنة و الجدار العلوي ذو درجة حرارة ثابته باردة و يتحرك بسرعة ثابتة نحو اليمين استخدمت طريقة الفروق المحددة للحل العددي للمعادلات الحاكمة و لزيادة استقرار الحل و تحقيق حل صحيح فيزيائيا.تم استخدام طريقة upwind لتمثيل حد الحمل convection term في معادلة الزخم و معادلة الطاقة, و استخدمت طريقة كاوس–سايدل و طريقة successive over relaxation لحل المعادلات. تم في هذا البحث دراسة تأثير المتغيرات الآنية في انتقال الحرارة بالحمل المختلط: و التي تشمل كل من عدد هارتمان (0 الى 60) و النسبة الحجمية للجسيمات النانوية (0.01 و 0.03 و 0.05) و عدد ريكادسون (0.1 , 1 , 5) و عدد دارسي (10^{-5},10^{-4},10^{-3}) و سمك الطبقة المسامية (0.7,0.5,0.3) و بثبوت عدد رينولد عند (Re=100) و عدد برنتدل عند (Pr=6.24). بينت النتائج أن زيادة عدد هارتمان يؤدي إلى نقصان عدد نسلت, و الذي بدووره يوثر سلباً على الحرارة المنتقلة بالحمل, في حين وجد ان زيادة الطبقة المسامية يؤدي الى تقليل تاثير عدد نسلت, في حين أن زيادة عدد ريكادسون يؤدي إلى زيادة انتقال الحرارة لاعداد هارتمان كلها ،و بينت النتائج ايضاً ان زيادة النسبة الحجمية للجسيمات النانوية تحسن من انتقال الحرارة و ينقص التأثير بزيادة عدد هارتمان.عند زيادة عدد هارتمان إلى 30 نلحظ أن أعلى قيمة لعدد نسلت تكون عند اقل سمك الطبقة المسامية.

الكلمات المفتاحية

الحمل المختلط , تاثير المجال المغناطيسي , المائع النانوي , الوسط المسامي , الغطاء المتحرك

https://rengj.mosuljournals.com
Email: alrafidain_engjournal1@umosul.edu.iq

===

1–المقدمة

يحدث الحمل المختلط عندما عادةً يعمل الحمل الطبيعي و الحمل القسري معاً في عملية انتقال الحرارة، و يعرف أيضا بالحالة التي تتفاعل فيها قوى الضغط و قوى الطفو[1] ، و يحصل الحمل المختلط في العديد من أجهزة انتقال الحرارة مثل منظومات التبريد و المفاعلات النووية و المبادلات الحرارية و تبريد الأجهزة الإلكترونية...الخ . ازداد في السنوات الاخيرة الاهتمام بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط و ذلك بسبب تأثيره في العديد من التطبيقات الهندسية مثل منظومات الطاقة الشمسية .[1] قام الباحث (Grosan) وآخرون[2] بدراسة عددية لبيان تأثير المجال المغناطيسي على الحمل الحر في تجويف مستطيل مملوء بوسط مسامي مشبع و بوجود توليد حراري داخلي توصل الباحثون أن عدد نسلت يقل بزيادة زاوية ميلان الفيض المغناطيسي و يكون

اقل قيمة لعدد نسلت عند زاوية ميلان صفر . قام الباحث farhad و أخرون[3] بدراسة عددية للحمل المختلط في حيز مربع ذو غطاء متحرك مملوء بمائع نانوي وقد وجد الباحث أن انتقال الحرارة يتحسن بزيادة نسبة الحجمية للجسيمات النانوية و عدد رالي.في حين درس

الباحث B chasein و آخرون[4] تأثير المجال المغناطيسي على الحمل الحر في حيز مملوء بمائع نانوي وجد الباحث أن زيادة عدد هارتمان يؤدي إلى نقصان انتقال الحرارة في حين ان زيادة عدد رالي و النسبة الحجمية للجسيمات النانوية يؤديان إلى زيادة انتقال الحرارة. قام الباحث sheik–zaden و آخرون[5] و الباحث J.Rahman و اخروان [6] بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط في حيز مربع ذو غطاء متحرك مملوء بمائع نانوي حيث وجدو ان انتقال الحرارة يتعزز بزيادة عدد رينولد و النسبة الحجمية للجسيمات النانوية و ينخفض بزيادة عدد هارتمان.اجرى الباحثين Ismeal and Chamkha [7] دراسة عددية لتأثير انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي في تجويف متراكب من وسط مسامي على يسار التجويف و مائع نانوي على يمين التجويف و قد وجد الباحثان ان انتقال الحرارة يتحسن بزيادة عدد رالي و عدد دارسي و زيادة النسبة الحجمية للجسيمات النانوية و يقل بزيادة سمك الطبقة المسامية. قام الباحثان Hassan and Ismall [8]بدراسة الحمل المختلط في وسط متراكب من مائع نانوي و وسط مسامي مشبع بنفس المائع النانوي، الجدارين الاعلى و الاسفل بالتجويف معزولان حرارياً و يتحركان بسرعة ثابتة وجد الباحثان ان زيادة سمك الطبقة المسامية تؤدي الى نقصان عدد نسلت. قام الباحث N–zainddin و آخرون[9] بدراسة تأثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط في وسط مسامي ذو غطاء متحرك و قد وجد الباحثون أن زيادة عدد هارتمان و نقصان عدد دارسي يؤدي إلى نقصان عدد نسلت وبالتالي يوثر سلباً على انتقال الحرارة .الهدف من البحث الحالي هو اجراء دراسة عددية لتاثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط في وسط متراكب من مائع نانوي مكون من ماء كمائع اساس و جسيمات النحاس النانوية و وسط مسامي. لموضوع البحث الحالي تطبيقات صناعية و مدنية واسعة بما في ذلك مجالات النقل و امدادات الطاقة و تكيف الهواء و تبريد الدوائر الالكترونية والطاقة النووية و الفضاء و الالكترونيات المايكروية و الطب الحيوي و مجالات اخرى.

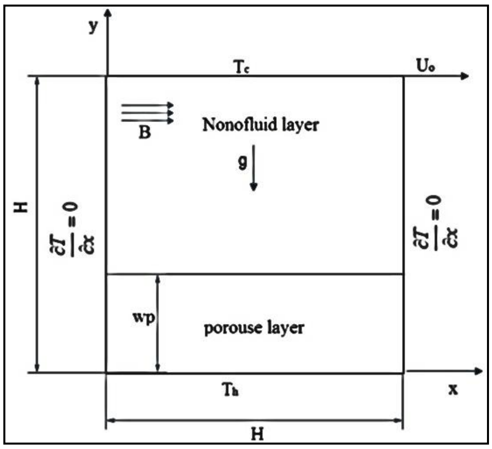
2–التمثيل الفيزيائي

تم في هذا البحث دراسة تأثير المجال المغناطيسي على الحمل المختلط في وسط متراكب من وسط مسامي و مائع نانوي ذو غطاء

متحرك كما موضح في الشكل (1)

في هذه البحث تم اعتماد عدد من الفرضيات لتسهيل الحل العددي للمعادلات الحاكمة:

1. الحيز المدروس ثنائي الإبعاد و الجريان طباقي
2. الحدود الخارجية للحيز غير نفاذية و الحد الفاصل بين الوسط المسامي و المائع النانوي ذو نفاذية.
3. الخواص فيزيائية للوسط ثابتة ما عدا الكثافة تتغير مع درجة الحرارة بتاثير قوة الطفو.
4. الوسط المسامي متجانس و المائع المنساب داخل الحيز غير قابل للانضغاط و احادي الطور و موصل كهربائيا
5. المائع النانوي داخل الحيز في حالة اتزان حراري
6. عدم الانزلاق بين المائع الأساس و الجسيمات النانوية
7. اهمال تأثير تسخين جول و توليد الحرارة داخل الحيز
8. شدة المجال المغناطيسي تكون ثابتة و افقية
9. اهمال الحرارة المتولدة بسب اللزوجة و اهمال تأثير الاحتكاك
10. الجدار الاعلى يتحرك بسرعة ثابتة بدون انزلاق
11. نفاذية الوسط المسامي متساوية في جميع الاتجاهات



شكل (1): النموذج الهندسي لمسالة البحث

3–المعادلات الحاكمة

يتكون الحيز المدروس من جزئين ، المائع النانوي من الاعلى و الوسط المسامي من الاسفل بالاعتماد على الفرضيات المذكورة آنفا تم كتابة المعادلات الحاكمة للوسط المسامي و المائع النانوي

3–1: الوسط المسامي

معادلة الاستمرارية

$$\frac{\partial u_p}{\partial x} + \frac{\partial v_p}{\partial y} = 0$$

- **معادلة الزخم باتجاه محور السينات**

$$\rho_{nf}\frac{du}{dt} + \rho_{nf}\left(u_p\frac{\partial u_p}{\partial x} + v_p\frac{\partial u_p}{\partial y}\right) = -\varepsilon^2\frac{\partial p}{\partial x} + \varepsilon\mu_{nf}\left(\frac{\partial^2 u_p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_p}{\partial y^2}\right) - \varepsilon^2\frac{\mu_{nf}}{K}u_p \qquad \ldots(3)$$

- **معادلة الزخم باتجاه محور الصادات**

$$\rho_{nf}\frac{dv}{dt} + \rho_{nf}\left(u_p\frac{\partial v_p}{\partial x} + v_p\frac{\partial v_p}{\partial y}\right) = -\varepsilon^2\frac{\partial p}{\partial y} + \varepsilon\,\mu_{nf}\left(\frac{\partial^2 v_p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_p}{\partial y^2}\right)$$
$$-\varepsilon^2\frac{\mu_{nf}}{K}v_p + \varepsilon^2\rho_{nf}\beta_{nf}g(T_p - T_c) + \sigma_{nf}B_o^2 v_p \qquad \ldots(4)$$

معادلة الطاقة

$$\frac{dT}{dt} + u_p\frac{\partial T_p}{\partial x} + v_p\frac{\partial T_p}{\partial y} = \alpha_{eff}\left(\frac{\partial^2 T_p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_p}{\partial y^2}\right) \qquad \ldots(5)$$

3–2: المائع النانوي

معادلة الاستمرارية

$$\frac{\partial u_{nf}}{\partial x} + \frac{\partial v_{nf}}{\partial y} =$$

معادلة الزخم

- **معادلة الزخم باتجاه محور السينات**

$$\rho_{nf}\frac{du}{dt} + \rho_{nf}\left(u\right.$$

- **معادلة الزخم باتجاه محور الصادات**

$$\rho_{nf}\frac{dv}{dt} + \rho_{nf}\left(u_{nf}\frac{\partial v_{nf}}{\partial x} + v_{nf}\frac{\partial v_{nf}}{\partial y}\right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu_{nf}\left(\frac{\partial^2 v_{nf}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_{nf}}{\partial y^2}\right)$$
$$+\rho_{nf}\beta_{nf}g(T_{nf} - T_c) + \sigma_{nf}B_o^2 v_{nf} \qquad \ldots(8)$$

معادلة الطاقة

$$\frac{dT}{dt} + u_{nf}\frac{\partial T_{nf}}{\partial x} + v_{nf}\frac{\partial T_{nf}}{\partial y} = \alpha_{nf}\left(\frac{\partial^2 T_{nf}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{nf}}{\partial y^2}\right) \qquad \ldots(9)$$

المائع النانوي المستخدم في هذا البحث عبارة عن ماء كمائع اساس و جسيمات النحاس النانوية الجدول(1) يبين الخواص الفيزيائية للماء و النحاس.[7]

جدول(1) يبين الخواص الفيزيائية للماء و النحاس

properties	units	water	Cu
C	(J/Kg K)	4197	385
ρ	(Kg/m^3)	997.1	8933
K	(W/m K)	0.613	400
β	(1/K)	$21*10^{-5}$	$1.67*10^{-5}$

و للايجاد الخواص الفيزيائية للمائع النانوي استخدمت الصيغ التالية حيث تعتمد هذه الصيغ على النسبة الحجمية للجسيمات المائع النانوي [6][10]

$$\rho_{nf} = (1-\varphi)\rho_f + \varphi\rho_{np} \qquad \dots (10)$$

$$\beta_{nf} = (1-\varphi)\beta_f + \varphi\beta_{np} \qquad \dots (11)$$

$$\alpha_{nf} = \frac{k_{nf}}{(\rho cp)_{nf}} \qquad \dots (12)$$

$$(\rho cp)_{nf} = (1-\varphi)(\rho cp)_f + \varphi(\rho cp)_{np} \qquad \dots (13)$$

$$\sigma_{nf} = (1-\varphi)\sigma_f + \varphi\sigma_{np} \qquad \dots (14)$$

الموصلية الحرارة و تم فيها اعتماد صيغة ماكسويل غرنيت [8]

$$k_{nf} = \frac{(k_{np}+2k_f) - 2\varphi(k_f - k_{np})}{(k_{np}+2k_f) + \varphi(k_f - k_{np})} k_f \dots (15)$$

صيغة ماكسويل – غرنيت و صيغة بريكمان تعطي تقريب جيد الخواص الفيزيائية للمائع النانوي في النسب الحجمية المنخفضة للمائع النانوي و قد استخدمت هذه الصيغة في العديد من الدراسات السابقة[7][8].استخدمت صيغة بريكمان لحساب اللزوجة في المائع النانوي [8] … (22)

$$\mu_{nf} = \frac{\mu_f}{(1-\varphi)^{2.5}} \qquad \dots (16)$$

الوسط المسامي عبارة عن كرات زجاجية glass beads بقطر 3mm و مسامية الوسط المسامي ε=0.398 و الموصلية الحرارية للكرات الزجاجية k=0.845 . استخدمت المعادلات التالية لحساب الانتشار الحراري و الموصيلية الحرارية [7]

4: الصيغة اللابعدية للمعادلات الحاكمة

تم تحويل المعادلات الحاكمة من الصيغة البعدية إلى الصيغة اللابعدية تعتمدعلى دالة الانسياب حيث يمثل

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y}\ , \ v = -\frac{\partial\psi}{\partial x}\ , \omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

المعاملات اللابعدية المستخدمة للتحويل من الصيغة البعدية إلى الصيغة اللابعدية هي

$$Y = \frac{y}{H}\ ,\ X = \frac{x}{H}\ ,\ U = \frac{u}{U_o}\ ,\ V = \frac{v}{U_o}\ ,\ \mathrm{P} = \frac{p}{\rho_{nf}\, U_o^2}\ ,$$

$$\theta = \frac{T-T_c}{T_h-T_c}\ ,\ \Psi = \frac{\psi}{H\,U_o}\ ,\ \Omega = \frac{\omega\, H}{U_o}\ ,\ t^* = \frac{t\,U_o}{H}$$

4-1: المعادلات الحاكمة بالصيغة اللابعدية للوسط المسامي: ان المعادلات الحاكمة بالصيغة اللابعدية للوسط المسامي يمكن كتابتها بالشكل التالي:

معادلة الاستمرارية

$$\frac{\partial 2\Psi_p}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\Psi_p}{\partial Y^2} = -\Omega_p$$

معادلة الزخم

$$\frac{\partial\Omega_p}{\partial t^*} + \frac{\partial\Psi_p}{\partial Y}\frac{\partial\Omega_p}{\partial X} - \frac{\partial\Psi_p}{\partial X}\frac{\partial\Omega_p}{\partial Y} = \varepsilon\frac{\vartheta_{nf}}{\vartheta_f}\frac{1}{Re}\left[\frac{\partial 2\Omega_p}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\Omega_p}{\partial Y^2}\right] - \varepsilon\frac{\vartheta_{nf}}{\vartheta_f}\frac{1}{Re\,Da}\Omega_p + \varepsilon^2\frac{\beta_{nf}}{\beta_f}Ri\frac{\partial\theta_p}{\partial X} + \frac{\sigma_{nf}}{\sigma_f}\frac{\rho_f}{\rho_{nf}}\frac{Ha^2}{Re}\frac{\partial 2\Psi_p}{\partial X^2} \qquad \dots (20)$$

معادلة الطاقة

$$\frac{\partial\theta_p}{\partial t^*} + \frac{\partial\Psi_p}{\partial Y}\frac{\partial\theta_p}{\partial X} - \frac{\partial\Psi_p}{\partial X}\frac{\partial\theta_p}{\partial Y} = \frac{\alpha_{eff}}{\alpha_f}\frac{1}{Re\,Pr}\left[\frac{\partial 2\theta_p}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\theta_p}{\partial Y^2}\right] \qquad \dots (21)$$

4-2: المعادلات الحاكمة بالصيغة اللابعدية للمائع النانوي: ان المعادلات الحاكمة بالصيغة اللابعدية للمائع النانوي يمكن كتابتها بالشكل التالي:

معادلة الاستمرارية

$$\frac{\partial 2\Psi_{nf}}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\Psi_{nf}}{\partial Y^2} = -\Omega$$

معادلة الزخم

$$\frac{\partial\Omega_{nf}}{\partial t^*} + \frac{\partial\Psi_{nf}}{\partial Y}\frac{\partial\Omega_{nf}}{\partial X} - \frac{\partial\Psi_{nf}}{\partial X}\frac{\partial\Omega_{nf}}{\partial Y} = \frac{\vartheta_{nf}}{\vartheta_f}\frac{1}{Re}\left[\frac{\partial 2\Omega_{nf}}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\Omega_{nf}}{\partial Y^2}\right] + \frac{\beta_{nf}}{\beta_f}Ri\frac{\partial\theta_{nf}}{\partial X} + \frac{\sigma_{nf}}{\sigma_f}\frac{\rho_f}{\rho_{nf}}\frac{Ha^2}{Re}\frac{\partial 2\Psi_{nf}}{\partial X^2} \qquad (23)$$

معادلة الطاقة

$$\frac{\partial\theta_{nf}}{\partial t^*} + \frac{\partial\Psi_{nf}}{\partial Y}\frac{\partial\theta_{nf}}{\partial X} - \frac{\partial\Psi_{nf}}{\partial X}\frac{\partial\theta_{nf}}{\partial Y} = \frac{\alpha_{nf}}{\alpha_f}\frac{1}{Re\,Pr}\left[\frac{\partial 2\theta_{nf}}{\partial X^2} + \frac{\partial 2\theta_{nf}}{\partial Y^2}\right] \qquad \dots (24)$$

5: الشروط الحدية (Boundary condition): الشروط الحدية التي تم اعتمادها في هذ البحث هي :

At y=0 u=0, v=0, T=T_h

At y=H u=U_o , v=0, T=T_c

At x=0 u=0, v=0, $\frac{\partial T}{\partial x}=0$

At x=H u=0, v=0, $\frac{\partial T}{\partial x}=0$

الحد الفاصل بين الوسط المسامي و المائع النانوي

$$u_p = u_{nf}$$

$$v_p = v_{nf}$$

$$\tau_p = \tau_{nf}$$

$$\mu_{eff}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)_p = \mu_{nf}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)_{nf}$$

$$T_p = T_{nf} \ , \ k_{eff}\frac{\partial T_p}{\partial x} = -k_{nf}\frac{\partial T_{nf}}{\partial x}$$

الشروط الحدية بالصيغة اللابعدية

At Y=0 $\frac{\partial \Psi}{\partial Y}=0 \ , \ \Omega = -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} \ , \ \theta = 1$

At Y=1 $\frac{\partial \Psi}{\partial Y}=1 \ , \ \Omega = -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial Y^2} \ , \ \theta = 0$

At X=0 $\frac{\partial \Psi}{\partial Y}=0 \ , \ \Omega = -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} \ , \ \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0$

At Y=1 $\frac{\partial \Psi}{\partial Y}=0 \ , \ \Omega = -\frac{\partial^2 \Psi}{\partial X^2} \ , \ \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0$

الحد الفاصل بين الوسط المسامي و المائع النانوي

$$\Psi_p = \Psi_{nf} \ , \ \frac{\partial \Psi_p}{\partial Y} = \frac{\partial \Psi_{nf}}{\partial Y}$$

$$\Omega_p = \Omega_{nf} \ , \ \frac{\partial \Omega_p}{\partial Y} = \frac{\partial \Omega_{nf}}{\partial Y}$$

$$\theta_p = \theta_{nf} \ , \ \frac{\partial \theta_{nf}}{\partial Y} = \frac{k_{eff}}{k_{nf}}\frac{\partial \theta_p}{\partial Y}$$

و لحساب عدد نسلت تم استخدام الصيغة التالية

$$Nu_b = -\frac{k_{eff}}{k_f}\int_0^H \frac{\partial \theta}{\partial Y} dX \quad ...(25)$$

$$Nu_t = -\frac{k_{nf}}{k_f}\int_0^H \frac{\partial \theta}{\partial Y} dX \ ...\ ...(26)$$

6: التمثيل العددي

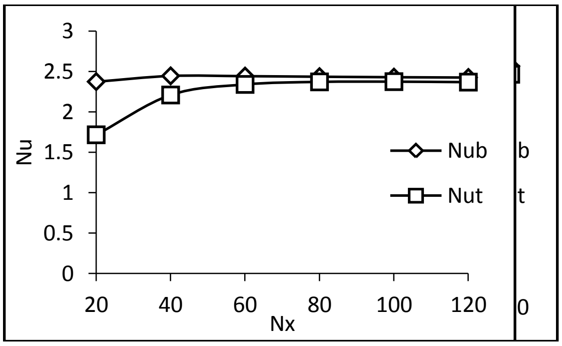
تم تغطية الحيز المربع بشبكة ديكارتية (عقدية) متساوية ابعاد هذه الشبكة منتظمة لذلك فإن المسافات بين النقاط تكون متساوية حيث dx بالاتجاه الأفقي تساوي dy بالاتجاه العمودي . واستخدمت طريقة الفروق المتوسطة المحددة لتحويل المعادلات الحاكمة من الصيغة اللابعدية إلى الصيغة العددية ، و لزيادة استقرار الحل و تحقيق حل صحيح فيزيائيا استخدمت طريقة upwind لتمثيل حد الحمل convection term في معادلة الزخم و معادلة الطاقة, و استخدمت طريقة كاوس-سايدل و طريقة successive over relaxation لحل المعادلات , و تم استخدام برنامج الماتلاب لتحويل المعادلات الحاكمة من الصيغة العددية إلى الصيغة البرمجية و اعتماد مبدأ إيقاف من خلال تحديد نسبة خطأ

$$\frac{\sum c_{i.j}^{n+1} - c_{i.j}^{n}}{\sum c_{i.j}^{n}} \le 10^{-6} \qquad ...(27)$$

حيث تمثل c كل من (Ψ,θ,Ω) و n عدد محاولات البرنامج تم اختبار مدى تاثير عدد تقسيمات الشبكة الديكارتية (العقدية)

7: النتائج و المناقشة

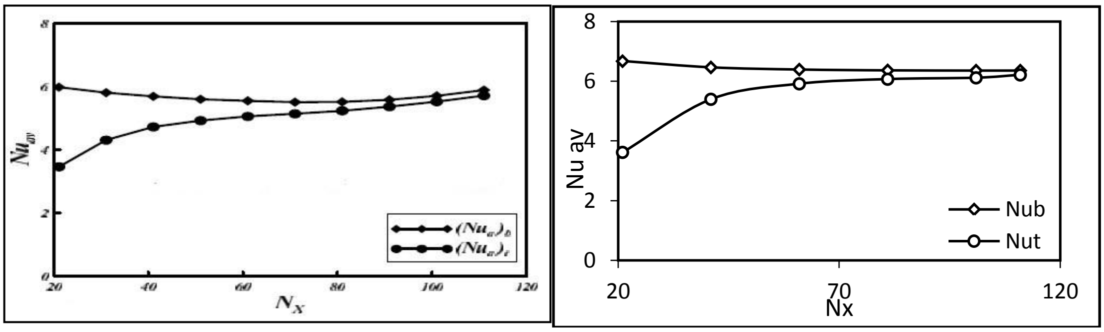
لدراسة تاثير عدد التقسيمات على الحسابات ,تم حساب عدد نسلت في الجدار السفلي و العلوي عند عدد مختلف من تقسيمات (20*20) الى (120*120) بظروف مختلفة و كان التاثير كما موضح في الشكل (2) و الشكل (3). لوحظ ان التقسيمات (100*100) هو الافضل لدراسة البحث حيث يعطي استقرار عالي للبرنامج



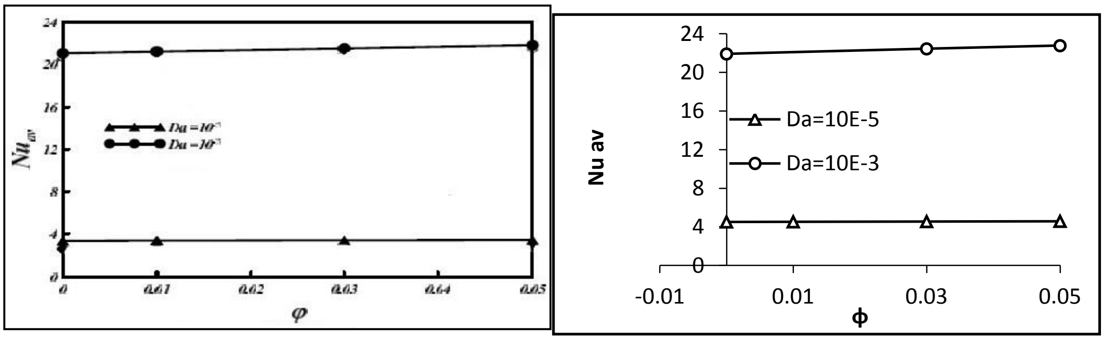
الشكل (2): تاثير عدد التقسيمات في عدد نسلت عند (Ha=30, WP=0.5, Da=10−4, RI=1, φ=0.03)

الشكل (3): تاثير عدد التقسيمات في عدد نسلت عند (Ha=60, WP=0.3, Da=10−5, RI=5, φ=0.05)

و للتاكد من صحة الحل تم مقارنة النتائج مع عدد من الدراسات السابقة و مع جعل ظروف عمل البرنامج مطابقة للبحث المقارن به. فعند المقارنة مع بحث الباحثان Hussien & Ismall [8] وكما موضح في الشكلين (4) و (5) وجود تقارب كبير في نتائج البحث الحالي مع البحث[8]



شكل (4) يمثل المقارنة بين البحث الحالي على اليسار و البحث Hussien & Ismall [8] على اليمين عند قيم
($Wp=0.7, Da=10^{-6}, Ri=10, \Phi=0.01$)



شكل (5) يمثل المقارنة بين البحث الحالي على اليسار و البحث Hussien & Ismall [8] على اليمين ($Ri=1$, $Wp=0.9$)

كذلك تمت المقارنة مع الباحث J.Rahman و اخروان [6] لدراسة تاثير النسبة الحجمية للسيمات النانوية و جدول (2) يوضح قيم عدد نسلت لكلا البحثين.

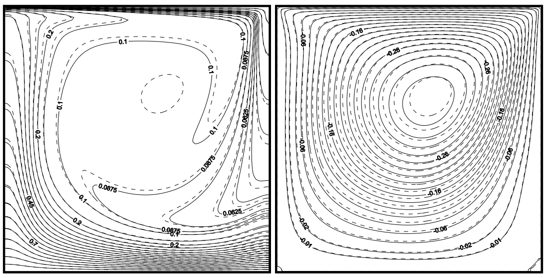
جدول (2) يوضح مقارنة البحث الحالي مع بحث J.Rahman و اخروان[6] عند قيم($pr=6.8$, $Re=30, Ha=40, Ra=10^{4}$)

Nu[6]	Nu (Present study)	Φ
2.665	3.0343	0
2.951	3.1502	0.02
3.202	3.26875	0.04
3.408	3.39015	0.06

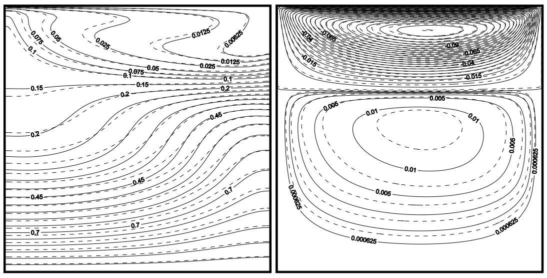
سوف يتم مناقشة النتائج التي تم الحصول عليها من الحل العددي لمعادلة الزخم و معادلة حفظ الطاقة المتمثلة بخطوط دالة الانسياب و خطوط ثبوت درجات الحرارة، و مناقشة عدد نسلت الذي يمثل معدل انتقال الحرارة عند قيم مختلفة من عدد هارتمان (0,10,30,60) , و عدد ريكادسون (0.1,1,5) , و عدد دارسي ($10^{-5},10^{-4},10^{-3}$) , و النسبة الحجمية للجسيمات النانوية(0.05,0.03,0.01) , و سمك الطبقة المسامية (0.7,0.5,0.3) , و بثبوت عدد رينولد عند($Re=100$) , و عدد برنتدل عند ($Pr=6.24$)

7-1: خطوط دالة الانساب و ثبوت درجات الحرارة

الشكل(6) يبين أن زيادة عدد هارتمان يعمل على كبح جريان المائع في كل الحالات المدروسة إذ يقل جريان المائع بزيادة عدد هارتمان , و ذلك بسبب قوة لورنز الناتجة من تأثير المجال المغناطيسي التي توثر بشكل معاكس لقوة الطفو , و تختلف درجة تأثير عدد هارتمان باختلاف ظروف الحالة المدروسة و لكن في كل الأحوال يعمل على كبح جريان المائع, وهناك تأثير واضح للنسبة الحجمية للجسيمات النانوية على دالة الانسياب و خطوط ثبوت درجات الحرارة. و عند مقارنة تغير دارسي من 10^{-3} إلى 10^{-5} في الشكل (7) فإن قيمة دالة الانسياب عند عدد دارسي 10^{-3} اقل من قيمة دالة الانسياب عند عدد دارس10^{-5} . بسبب قلة المسامية التي تعمل على إعاقة جريان المائع مما يزيد انتقال الحرارة بالحمل.



Ha=0



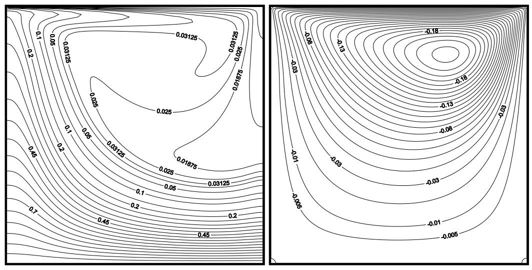
Ha=60

الشكل (6): يوضح تغير خطوط دالة الانسياب و ثبوت درجات الحرارة مع المجال المغناطيسي عند

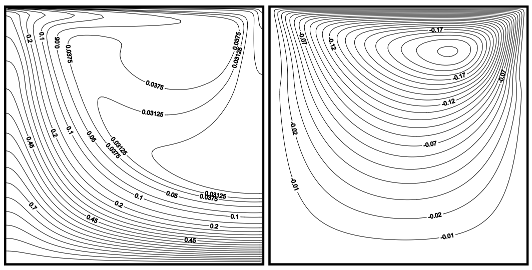
(wp=0.3, Ri=5, Da=10^{-3},(الخط المستمر)

(φ=0.05,(الخط المتقطع) φ=0.01)

في شكل(8)أن تغير عدد ريكادسون من 0.1 الى 5 يودي إلى زيادة قيمة دالة الانسياب و من ثم سرعة المائع التي تكون أعلى قيمة عندما يكون عدد ريكادسون 5 و تقل كلما قل عدد ريكادسون , و يرجع ذلك إلى زيادة قوة الطفو الناتجة من اختلاف الكثافة بين المنطقة الساخنة و المنطقة الباردة و يكون التأثير بشكل واضح في خطوط ثبوت درجات الحرارة و لاسيما عندما يقل عدد دارسي . و في الشكل(9) عندما يكون عدد هارتمان صفر و سمك الطبقة المسامية 0.7 فانَّ قيمة دالة الانسياب تكون أصغر قيمة و تزداد بنقصان سمك الطبقة المسامية, و عند زيادة عدد هارتمان الى 10 نلاحظ بقاء دالة الانسياب عند سمك الطبقة المسامية 0.7 اقل من قيمة دالة الانسياب عند 0.5 و 0.3 . عند زيادة عدد هارتمان الى 30 يتغير تصرف دالة الانسياب حيث لوحظ كبح المجال المغناطيسي لجريان المائع عند سمك الطبقة المسامية 0.3 مما يودي الى ابطاء جريان المائع و يحصل ذلك بسبب تغلب قوة المجال المغناطيسي على الاعاقة التي يسببها الوسط المسامي و تزداد قيمة دالة الانسياب بزيادة سمك الطبقة المسامية الى ان تكون اعلى قيمة عند wp=0.7 و لوحظ تكًون دوائر متحدة المركز في الجزء السفلي للحيز عند wp=0.5 و wp=0.3 إذ تدور باتجاه معاكس للاتجاه الدوائر في الجزء العلوي و عند عدد هارتمان 60 نلحظ أن قيمة دالة الانسياب في حلقات الجزء السفلي اعلى من قيمة دالة الانسياب عندwp=0.5 و wp=0.7 في التوالي مما يوثر على عملية انتقال الحرارة و تحويلها الى انتقال الحرارة بالتوصيل في الطبقات السفلى للحيز و خاصة عند اعداد هارتمان عالية.



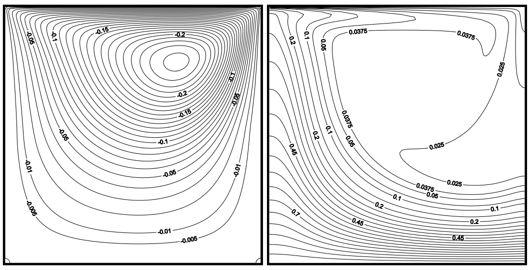
Da=10^{-3}



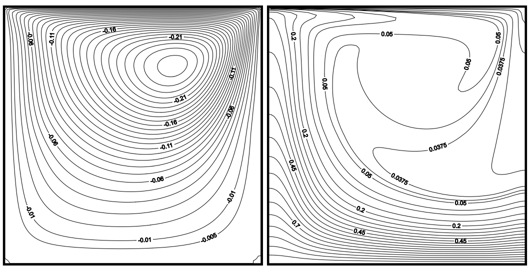
Da=10^{-5}

الشكل(7):يوضح دالة الانسياب و خطوط ثبوت درجة الحرارة عند

(wp=0.7,Ri=1,φ=0.01, Ha=10)



(a)Ri=0.1



(c)Ri=5

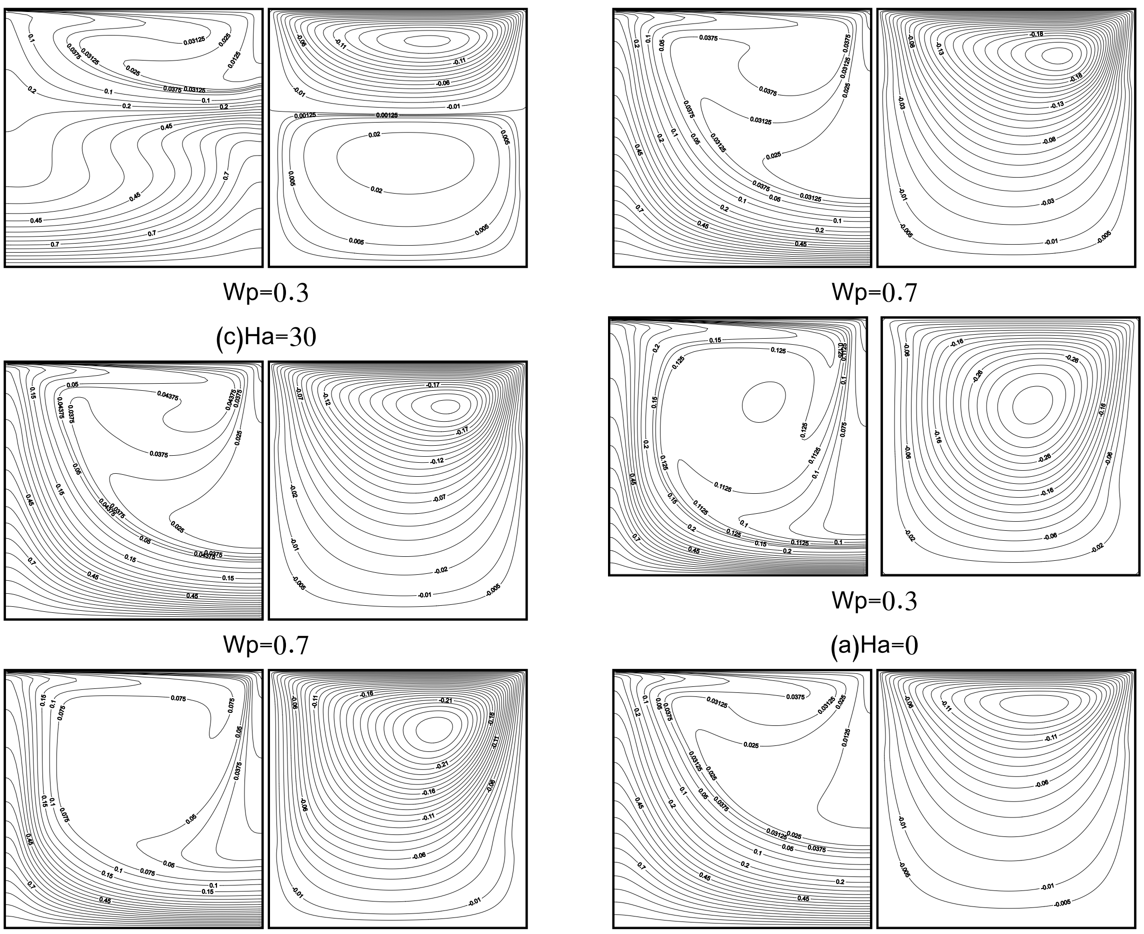
الشكل(8):يوضح دالة الانسياب و خطوط ثبوت درجة الحرارة عند

(wp=0.5,Da=10^{-3},φ=0.03,Ha=10)

7-2: تغير عدد نسلت مع عدد هارتمان

الشكل (10) يبين تاثير النسبة الحجمية للجسيمات النانوية يقل كثيراً عندما يصل عدد هارتمان 30 و ذلك بسب قوة القطع التي يولدها المجال المغناطيسي و التي تتفوق على لزوجة المائع و قوة القصور الذاتي (inertia force) و لوحظ كذلك ان زيادة النسبة الحجمية للجسيمات النانوية يسبب زيادة عدد نسلت و بالتالي زيادة انتقال الحرارة وذلك بسب زداد كمية الحرارة المخزونة في الجسيمات النانوية. في الشكل (11) هناك تأثيراً واضحاً لعدد ريكادسون في عدد نسلت هذا التأثير يحدث نتيجة زيادة الحمل الحر و ذلك لأنه

في هذا تم فرض ان انتقال الحرارة بالحمل القسري ثابت عند عدد رينولد 100 , و لوحظ كذلك أن هناك تغيراً بسيطاً بعدد نسلت عند تغير عدد ريكادسون بين 0.1 و 1 و يزداد هذا التأثير عند عدد ريكادسون 5، أن تأثير عدد ريكادسون يقل إلى أن يتلاشى تقريبا عند عدد هارتمان العالي و أن تأثير عدد ريكادسون على عدد نسلت يقل بزيادة سمك الطبقة المسامية ، و لوحظ في سمك الطبقة المسامية 0.7 أن تأثير عدد ريكادسون على عدد نسلت يقل كلما قل عدد دارسي و ذلك بسبب تغير مسامية الوسط المسامي. و لوحظ في الشكل (12) زيادة تأثير عدد دارسي على عدد نسلت و ذلك بسبب زيادة المسامية التي تودي إلى إعاقة جريان المائع الذي يسببه المجال المغناطيسي و أن أعلى قيمة لعدد نسلت تكون عند عدد دارسي 10^{-5}و اقل قيمة لعدد نسلت تكون عند عدد دارسي 10^{-3} و يرجع ذلك إلى تغير المسامية التي تعمل على إعاقة جريان المائع الذي يسببه المجال المغناطيسي. لوحظ في الشكل (13)انه عندما يكون عدد هارتمان صفراً ان اكبر قيمة لعدد نسلت تكون عند سمك الطبقة المسامية 0.3 و تقل كلما زاد سمك الطبقة المسامية و لتأثير المجال المغناطيسي فإن عدد نسلت يقل بزيادة عدد هارتمان , و يلحظ تأثيره بشكل أوضح في عدد نسلت عند سمك الطبقة المسامية 0.3 حيث يكون عدد نسلت عند سمك الطبقة المسامية 0.3 اقل قيمة عند عدد هارتمان 30 و تكون قيمة عدد نسلت أعلى عند سمك الطبقة المسامي 0.5 و قيمة عدد نسلت عند سمك الطبقة المسامية 0.7 تكون أعلى قيمة و تحت نفس الظروف.



Wp=0.7

Wp=0.3

(a)Ha=0

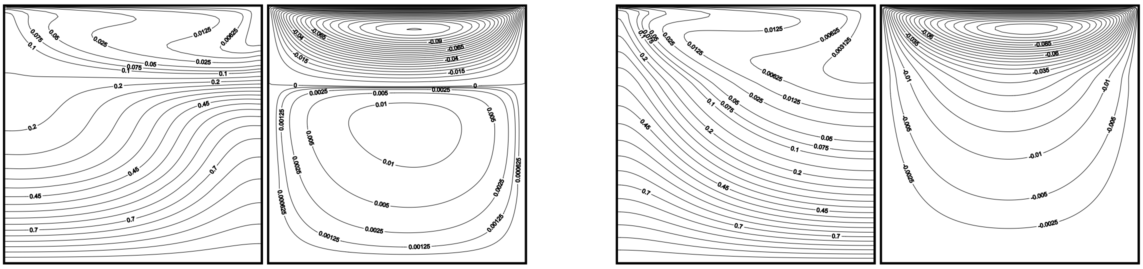
Wp=0.7

Wp=0.3

(b)Ha=10

Wp=0.3

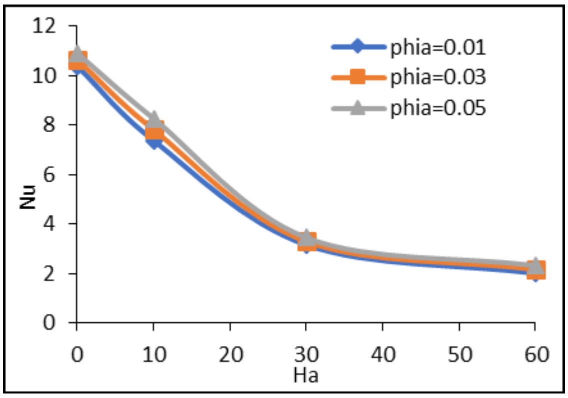
(c)Ha=30



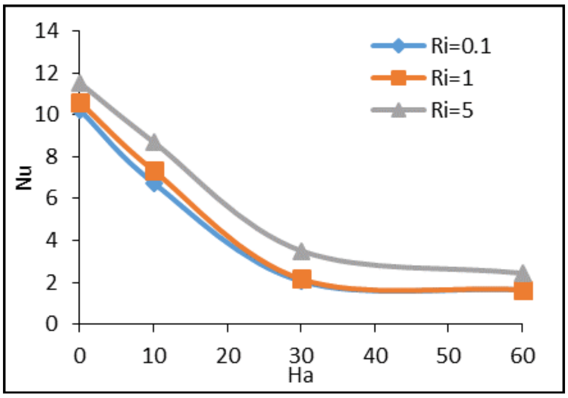
Wp=0.3 Wp=0.7

(d)Ha=60

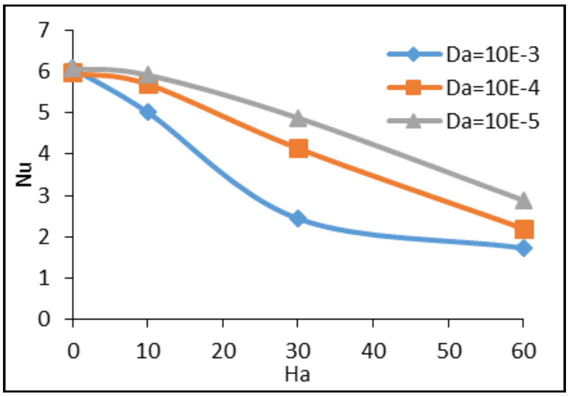
الشكل(9):يوضح دالة الانسياب و خطوط ثبوت درجة الحرارة عند (Ri=5,Da=10^{-5},φ=0.01)



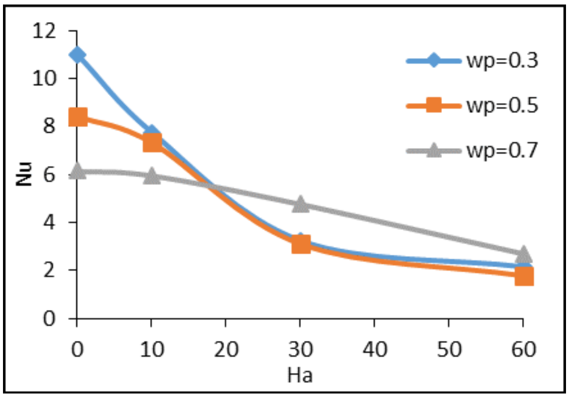
الشكل (10): تغير عدد نسلت مع عدد هارتمان لقيم مختلفة من φ عند (Ri=5,wp=0.3,Da=10^{-4})



الشكل (11): تغير عدد نسلت مع عدد هارتمان لقيم مختلفة لعدد ريكادسون عند(φ=0.05,wp=0.3,Da=10^{-5})



الشكل (12): تغير عدد نسلت مع عدد هارتمان لقيم مختلفة لعدد دارسي عند (Ri=1,wp=0.7, φ=0.03)



الشكل (13): تغير عدد نسلت مع عدد هارتمان لقيم مختلفة لسمك الطبقة المسامية عند

(Ri=5,Da=10^{-5},φ=0.01)

الرموز الاغريقية

الوحدة	التعريف	الرمز
m^2/s	الانتشار الحراري	α
1/K	معامل التمدد	β
…………	مسامية الوسط المسامي	ε
…………	درجة الحرارة اللابعدية	θ
$N.s/m^2$	اللزوجة الديناميكية	μ
m^2/s	اللزوجة الحركية(الكاينماتية)	ν
Kg/m^3	الكثافة الوزنية للمائع	ρ
	الموصلية الكهربائية	σ
m^2/s	دالة الانسياب	ψ
……..	دالة الانسياب اللابعدية	Ψ
1/s	الدوامية	ω
…….	الدوامية اللابعدية	Ω

References

[1] Hakan F. Öztopa , Ahmad Sakhrieh, Eiyad Abu-Nadad , Khaled Al-Saleme " Mixed convection of MHD flow in nanofluid filled and partially heated wavy walled lid-driven enclosure"International Communications in Heat and Mass Transfer 86 (2017) 42–51

[2] T. Grosan , C. Revnic , I. Pop , D.B. Ingham " 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 (2009) 1525–1533

[3] Farhad Talebi, Amir Houshang Mahmoudi, Mina Shahi"Numerical study of mixed convection flows in a square lid-driven cavity utilizing nanofluid"International Communications in Heat and Mass Transfer 37 (2010) 79–90

[4] B. Ghasemi , S.M. Aminossadati , A. Raisi " Magnetic field effect on natural convection in a nanofluid-filled square enclosure"International Journal of Thermal Sciences 50 (2011) 1748e1756
[5]G. A. Sheikhzadeh1, S. Mazrouei Sebdani, M. Mahmoodi2, Elham Safaeizadeh, and S. E. Hashemi"Effect of a Magnetic Field on Mixed Convection of a Nanofluid in a Square Cavity"Journal of Magnetics 18(3), 321-325 (2013)

[6] J. Rahmannezhada, A. Ramezanib, M. Kalteh

المصطلحات

الوحدة	التعريف	الرمز
$Volt.s/m^2$	شدة المجال المغناطيسي	
………	$Da = \frac{K}{H^2}$ عدد دارسي	Da
J/Kg K	الحرارة النوعية	C
m/s^2	تسارع الجاذبية	g
m	طول ضلع الحيز	H
…………	$Ha = B_oH\sqrt{\frac{\sigma_f}{\rho_f\vartheta_f}}$ عدد هارتمان	Ha
W/m K	التوصيل حراري	k
m^2	نفاذية الوسط المسامي	
………..	عدد نسلت	Nu
………..	$Pr = \frac{\vartheta_f}{\alpha_f}$ عدد برانتدل	Pr
………..	$Re = \frac{U_oH}{\vartheta_f}$ عدد رينولد	Re
………..	عدد ريكادسون	Ri
K	درجة الحرارة	
m/s	مركبة السرعة باتجاه الافقي	u
m/s	مركبة السرعة باتجاه العمودي	v

الرموز السفلية

	الفعال	
	المائع النانوي	
	الوسط المسامي	p
	بارد	
	ساخن	

" Numerical Investigation of Magnetic Field Effects on Mixed Convection Flow in a Nanofluid-filled Lid-driven Cavity" International Journal of Engineering Vol. 26, No. 10, (October 2013) 1213-1224

[7] Ali J. Chamkha & Muneer A. Ismael"Natural Convection in Differentially Heated Partially Porous Layered Cavities Filled with a Nanofluid"Numerical Heat Transfer, Part A:

Applications: An International Journal of Computation and Methodology, 65:11, 1089-1113

[8] Ahlam A. Hassan, Muneer A. Ismael "Mixed Convection in Superposed Nanofluid and Porous Layers Inside Lid-Driven Square Cavity" Int. J. of Thermal & Environmental Engineering Volume 10, No. 2 (2015) 93-104

[9] N. Zainuddin, R. Roslan, and M. S. Rusiman "MHD mixed convection in a lid-driven rectangular cavity filled with a porous medium"AIP Conference Proceedings 1830, 020040 (2017); doi: 10.1063/1.4980903

[10] Falah Hadi Mhawish , "Natural Convection Heat Transfer in a Square Porous Enclosure with Corner Heating and Magnetic Field" Department of Mechanical Engineering /University of Mosul,2013

[11]M.A. Mansour , R.A. Mohamed , M.M. Abd-Elaziz , Sameh E. Ahmed "Numerical simulation of mixed convection flows in a square lid-driven cavity partially heated from below using nanofluid"International Communications in Heat and Mass Transfer 37 (2010) 1504–1512

Effect of magnetic field on mixed convection in superposed Nanofluid and porous layers inside lid-driven cavity

Ehab Abudlaziez Hamza* **Dr. Abbas Saeed Hussain****

ehabalmola1811@gmail.com abassaed1958@gmail.com

* Departement of mechanical Engineering, College o Engineering, University of Mosul

** Departementand mechanical Engineering, College o Engineering, University of Mosul

Abstract

In the present research the effect of magnetic field on the mixed convection was carried numerically in lid driven composite two dimensional square cavity ,this cavity composed of two layers : a Cu-water nanofluid layer superposed a porous media ,the porous media saturated with the same nanofuid The left and right walls are thermally insulated ,However the bottom wall which is in contact with porous media is isothermally hot while the top wall which is in contact with nanofluid layer is isothermally cold and being lid driven in constant velocity to right.

The governing equations in this study were normalized and solved numerically by finite difference method. The convection term of the momentum and energy equations were treated by upwind scheme, while the diffusion and source terms were treated by central difference. Gauss-siedel iteration method were used for solution vorticity and energy equations and Successive Over Relaxation method were used for solution of stream function equation.. In this study the following parameters were considered :

Hartman number (Ha) from (0 to 60), nanoparticles volume fraction (0.01, 0.03, 0.05), Richardson number (Ri) (0.1, 1, 5), Darcy number (Da) (10-3, 10-4, 10-5) and porous layer thickness (Wp) (0.3, 0.5, 0.7) at constant Reynolds number (Re=100) and Prandtl number (Pr=6.24). The results show that increasing Hartman number causes a reduction in mixed convection heat transfer and this effect reduced by increased the porous layer thickness. In increased of Hartman number from 0 to 60 with Wp (0.3, 0.5, 0.7) a reduction in convection heat transfer. Moreover an increase in Richardson number (Ri) enhanced the convection heat transfer for all Hartman number , Also the increase of nanoparticles volume fraction improve the heat transfer and this effect reduced as Hartman number increased. It is noticed that increasing Hartman number to 30 gives highest value of Nusselt number at lower thickness of porous layer.

Key Words:

Mixed convection, MFE, Nano fluid, porous media, lid-driven.