Sciences & Technologie **A** – **N°32** Décembre. (2010), pp. 35-41

CONJUGATE HEAT TRANSFER WITH VARIABLE FLUID PROPERTIES IN A HORIZONTAL ANNULUS

Reçu le 18/08/2009 – Accepté le 04/08/2010

Résumé

Dans le présent travail, on étudie numériquement le transfert de chaleur conjugué tridimensionnel dans un espace annulaire compris entre deux cylindriques concentriques horizontaux, dont le cylindre extérieur est soumis à une production d'énergie interne générée par effet Joule à travers son épaisseur tandis que celui intérieur est adiabatique. La convection thermique dans le domaine fluide est conjuguée à une conduction thermique dans le solide. Les propriétés physiques du fluide sont thermo-dépendantes et les pertes thermiques vers le milieu externe seront prises en compte. Les équations modélisantes de continuité, de mouvement et de l'énergie sont numériquement résolues par la méthode des volumes finis avec une discrétisation spatiotemporelle du second ordre. Les résultats obtenus montrent l'aspect tridimensionnel des champs thermiques et dynamiques avec des variations considérables de la viscosité et des variations modérées de la conductivité thermique du fluide. Comme prévu, le nombre de Nusselt de la convection mixte devient supérieur à celui de la convection forcée lorsque le nombre de Grashof est augmenté. Les résultats à l'interface solide-fluide du cylindre externe montrent clairement les variations azimutales et axiales du flux de chaleur local et du nombre de Nusselt local. Suite à ces résultats, nous avons essayé de modéliser le nombre de Nusselt moyen en fonction de nombre de Richardson. On trouve que la corrélation $Nu_i = 12.8678\ Ri^{0.1426}$ modélise les résultats avec les conditions et les paramètres de cette étude.

Mots-clés: Convection mixte laminaire, Cylindres concentriques, Transfert de chaleur conjugué, Simulation numérique.

S. TOUAHRI

T. BOUFENDI

Laboratoire de Physique Energétique
Département de Physique
Faculté des Sciences Exactes
Université Mentouri Constantine

Abstract

In the present work, we numerically study the three-dimensional conjugate heat transfer in an annular space between two horizontal concentric cylinders; the outer cylinder is subjected to an internal energy generated by Joule effect through its thickness while the inner is adiabatic. The thermal convection in the fluid domain is conjugated to the thermal conduction in the solid. The physical properties of the fluid are thermal dependant. The heat losses from the external outside pipe surface to the surrounding ambient are considered. The model equations of continuity, momenta and energy are numerically solved by a finite volume method with a second order spatiotemporal discretization. The obtained results show the three dimensional aspect of the thermal and dynamical fields with considerable variations of the viscosity and moderate variations of the fluid thermal conductivity. As expected, the mixed convection Nusselt number becomes more superior to that of the forced convection when the Grashof number is increased. At the solid-fluid interface, the results show clearly the azimuthal and axial variations of the local heat flux and the local Nusselt numbers. Following these results, we have tried modelling the average Nusselt number as a function of Richardson number. With the parameters used, the heat transfer is quantified by the correlation: $Nu_i = 12.8678\ Ri^{0.1426}$.

Keywords: Laminar Mixed Convection, Concentric Pipes, Conjugate Heat Transfer, Numerical simulation.

ملخص

في هذا العمل المنجز، ندرس رقميا التبادل الحراري الثلاثي الأبعاد بالحمل المختلط الرقائقي، ما بين قناتين أسطوانيتين أفقيتين متمركزتين ذوات سمك ضعيف، القناة الخارجية مسخنة بتيار كهربائي عابر خلال هذا السمك، في حين أن القناة الداخلية كظومة. الحمل المختلط في المائع مرافق للتوصيل الحراري في جدران القناة. الخواص الفيزيائية للمائع متعلقة بدرجة الحرارة، والضياع الحراري لجدار القناة الخارجية باتجاه الوسط الخارجي غير مهمل. معادلات الإنحفاظ النموذجية للكتلة، الحركة و الطاقة تحل عدديا بطريقة الحجوم المنتهية و باستعمال التقسيمات في الزمن و المكان من الدرجة الثانية. النتائج المتحصل عليها تبين المظهر الثلاثي الأبعاد للحرارة والحركة مع تغيرات معتبرة في اللزوجة وتغيرات أقل اعتبار في الناقلية الحرارية للمائع. عدد نوسالت (Nu) للحمل المختلط يصبح أكبر من عدد نوسالت للحمل القسري عند رفع عدد غراشوف. النتائج على السطح الفاصل بين المائع و جدار القناة الخارجية تبين بوضوح التغيرات الزاوية والمحورية للتدفق الحراري المحلي و عدد نوسالت المحلي. تبعا لهذه النتائج، حاولنا إيجاد علاقة تربط بين عدد نوسالت المتوسط و عدد ريشاردسون (Ri). نجد أن العلاقة $Nu_i = 12.8678\ Ri^{0.1426}$ هي التي تربط بين النتائج المتحصل عليها ومعطيات و شروط هذه الدراسة. المتحصل عليها ومعطيات و شروط هذه الدراسة..

الكلمات المفتاحيـــة: الحمل المختلط الرقائقي، قناتين متمركزتين، تبادل حراري مرافق، دراسة رقمية.

© Université Mentouri, Constantine, Algérie, 2010.