ملخص

تهدِف هذه الدراسة إلى تحليل الفعاليات الحرارية و الهيدروديناميكيّة لمبادل حراري مصدّفح محشي برغاوي معدنية مصنوعة من النحاس، خليط النيكل و الأنكونال.

من أجل هذا، قمنا بتركيب جهاز تجريبي على مستوى مخبر النواقل متعددة الأطوار و الأوساط المسامية، يسمح هذا التركيب بالقيام بقياساتمَ وضعيةلكل من درجة الحرارة، الضغط و التدفق الكُتلي.

في البداية، قمنا بتجارب على المبادل الحراري و هو فارغ داخليا، لأنّ ذلك يمكننا من تحديد كمية تأثير الرغاوي المعدنية. الرغاوي المعدنية المصنوعة من النحاسضَاعفتمُعامل تحويل الحرارة بنسبة تتراوح بين 30 و 70 ٪في حالة الحَمل الحراري أُ حادي الطور، و بمعامل 30 إلى 300 ٪ في حالة الغليان، و هذا راجع إلى ارتفاع قيمة ناقليّتها الفعّالة. في حين أن العيّنات الأخرى، المصنوعة من خليط النيكل و الأنكونال، أظهرت معامل تحويلحرارة منخفض جدا بسبب ضُعف ناقليّتها الفعّالة و التي سمحت بخلق مقاومة بين أسطُ ح المبادل الحراري و العيّنات المَحشُوة بداخله.

من جهة أخرى، تسببت الرغاوي المعدنية المصنوعة من النحاس بمضاعفة الضياع في الضغط بنسبة 42 ٪ مقارنة بالمبادل الحراري الفارغ، كما ضاعفت الغليّت الأُ خرى الضياع في الضغط بنسبة 70 ٪ مقارنة بالرغاوي النحاسية. لاحظنا أيضا أن كل عيّنة من الرغاوي المعدنية أعطت عدة قيم بالنسبة لقابلية النفوذ و معامل فورشهايمر بحسب طبيعة الجَريان (قبلدارسي، دارسي، فورشهايمر و مُضطرب)، مما يدل على أن هذه العوامل ليست ذاتية بالنسبة للرغاوي المعدنية.

باستعمال برنامج تجاري، قمنا بإعداد محاكاة عددية لظاهرة الغليان، حيث وجدنا أن الفرق بينها و بين النتائج التجريبية لا يتجاوز 23 ٪. من جهة أخرى سمحت المحاكاة العددية بالاطلاع على مختلف أشكالالجريان داخل المُبادل الحراري و المتمثلة في: جريان فقاعي، جريان ذوفقاعات ممدّدة جريان مُختلِط، جريان حَلقِي.

كلمات دَلاليةِ غليان، حمَل، رغاوي معدنية، مُبادل حراري، معامل تحويل الحرارة، أشكال الجريان.

Résumé

La présente étude, consiste à analyser les performances thermiques et hydrodynamiques d'un échangeur de chaleur rectangulaire rempli de mousses métalliques, en cuivre, NiFeAlCr et Inconel, durant les régimes d'écoulement monophasique et ébullition convective.

Un dispositif expérimental a été construit in-situe au niveau du LTPMP ; celui-ci permet de prendre des mesures locales de la température, la pression et des débits massiques.

Nous avons commencé par les expériences sur le canal lisse afin de quantifier l'apport des mousses métalliques. La mousse métallique en cuivre a intensifié le coefficient de transfert de chaleur moyen avec un facteur entre 30 et 70 % dans le cas de la convection forcée, et avec un facteur allant de 30 à 300 % durant l'ébullition convective. Tandis que les échantillons en NiFeAlCr et Inconel ont présenté un coefficient de transfert de chaleur médiocre. L'échantillon en cuivre a présenté une perte de pression supérieure de 42 % à celle du canal lisse et les échantillons en NiFeAlCr et Inconel ont multiplié la perte de pression avec un facteur de 70 % par rapport à l'échantillon du cuivre. Chaque échantillon de mousse a exhibé plusieurs perméabilités et coefficients de Forchheimer suivant le régime d'écoulement (Pré-Darcy, Darcy, Forchheimer et turbulent), ce qui montre que ces paramètres ne sont pas intrinsèques. Une simulation numérique des phénomènes de l'ébullition est introduite, où, nous avons constaté une déviation de 23 % entre les résultats numériques et ceux de l'expérience. D'autre part, la simulation numérique nous a permet de prédire les configurations d'écoulement à savoir : à bulles, à bouchons, Churn et annulaire.

Mots clés : Convection forcée, ébullition, mousses métalliques, échangeur de chaleur, coefficient de transfert de chaleur, régimes d'écoulement.

Abstract

The aim of the present study is the analysis of thermal and hydrodynamic behaviors in a rectangular heat exchanger filled with metallic foams, made from copper, NiFeAlCr and Inconel, during a single-phase flow and flow boiling.

An experimental device was built in-situ; it allows measuring the local temperatures, pressures, and mass flow rates.

We began with experiments on the smooth channel to quantify the contribution of the metallic foams. The copper metallic foam intensified the mean heat transfer coefficient with a factor between 30 and 70% in the case of forced convection, and with a factor of 30 to 300% during flow boiling. While, the samples made from NiFeAlCr and Inconel showed a poor heat transfer. Thus, the copper sample showed a pressure drop of 42% higher than that of the smooth channel and the NiFeAlCr and Inconel samples increased the pressure drop by a factor of 70% relative to that of the copper metallic foam. Each foam sample exhibited several values of permeability and Forchheimer coefficient depending on the flow regime (Pre-Darcy, Darcy, Forchheimer and turbulent). From that, these parameters are not intrinsic of the metallic foam. A numerical simulation of the flow boiling phenomena was introduced, where, a deviation of 23% between the numerical results and those of the experiment is observed. On the other hand, the numerical simulation allowed us to predict the different flow patterns: Bubbly, Slug, Churn and Annular.

Key words: Forced convection, boiling, metallic foams, plate heat exchanger, heat transfer coefficient, flow pattern.