نمذجة تدفق المائع وانتقال الحرارة في عملية تقطير غشائي ذو اتصال مباشر

إعداد

بندر عبدالوهاب مجيد

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم

[الهندسة الميكانيكية / الهندسة الحرارية وتقنية تحلية المياه]

إشراف

الأستاذ الدكتور/ محمد البيروتي

كلية الهندسة

جامعة الملك عبدالعزيز

جدة – المملكة العربية السعودية

ربيع الأول ١٤٣٨هـ – ديسمبر ٢٠١٦م

نمذجة تدفق المائع وانتقال الحرارة في عملية تقطير غشائي ذو اتصال مباشر

بندر عبدالوهاب مجيد

المستخلص

يعتبر الاتصال المباشر للتقطير بالأغشية طريقة حديثة نسبيا والتي يتم اعتمادها واستكشافها دوليا لأنها غير مكلفة وموفرة للطاقة مقارنة مع تقنيات التحلية القائمة بالفعل. هذه التقنية من نمط التقطير الغشائي ذو الاتصال المباشر حيث ان مياة التغذية الساخنة تتخلل الباردة في اتصال مباشر من خلال غشاء مسامي هيدروفوبيكي الذي يسهل اختراقها.

تمت هذة الدراسة بأستخدام نمذجة المعادلات الرياضية مثل (معادلة الاتصال أو معادلة ناتج الكتلة - معادلة ناتج كمية الحركة - معادلة ناتج الطاقة – معادلات تحديد الحجم أو المعادلات التفاضلية الجزئية) ومحاكاة هذه المعادلات عن طريق استخدام برنامج مفتوح المصدر يدعى (أوبنفوم) لحساب ديناميكية السوائل وأدوات برمجية أخرى وذلك لأختبار و محاكاة معامل انتقال الحرارة من خلال قناة مسطحة ذو اتصال مباشر التقطير بالأغشية, ثنائي الأبعاد، القناة المسطحة يوجد بها فواصل أقطارها متساويه والسافات بينها ثابتة. الغرض من استخدام الفواصل لتعزيز تدفق الكتلة في الأتصال المباشر للتقطير بالأغشية والتي يمكن أن تؤدي علاوة على ذلك في كفائة رفع الانفصال باستخدام الطاقة. الأتصال المباشر للتقطير بالأغشية تم استخدام شروط محدودة مختلفة مثل تدفق حرارة ثابتة مع مدخل نمط حرارة ثابتة, وشروط محدوده اخرى مثل (تدفق حرارة ثابتة - متغير تدفق الحرارة مع التوصيل فقط - متغير تدفق الحرارة مع الحرارة الكامنة) وذلك مع مدخل نمط حرارة كامل التطور. الهدف من هذه الدراسة هو التحقق من آثار الفواصل، والخصائص الهندسية والشروط الحدية على معامل انتقال الحرارة ومقارنة هذه النتائج مع ربط علاقة متبادلة لمعامل انتقال الحرارة الشائعة في الأستخدام في منهج البحث العلمي وتم تبنيها كأعمال بحث معظمها تم نمذجتة نظريا، عن طريق اختيار علاقة متبادلة لمعامل انتقال الحرارة من الدراسات السابقة.

معامل انتقال الحرارة أعلى بشكل ملحوظ في المنطقة الحدودية طبقة بداية التطوير مما هو عليه في المنطقة المتطورة بالكامل. وبتحليل درجة الحرارة المتطورة بالكامل وجد ان القيم اللتي تم الحصول عليها لمعامل الانتقال الحراري معقوله جداحيث انها تتفق مع التطوير الكامل الحراري الرقائقي في

قناة مسطحة بين جدارين متوازيين لانهائية مع تدفق حرارة ثابتة محدودة , ويمكن القول بأن الأرتفاع السيط لقيمة المعامل الحراري المحصول عليها بسبب وجود الفواصل داخل القناة.

الحالات اللتي تم عمل لها محاكاة على حد سواء التبخير وتوصيل الحرارة من خلال الجدران، كان هناك أكثر من ذلك بكثير الاختلاف في مجال درجة حرارة مما كان عليه في جميع الحالات الأخرى. تدفق الحرارة المرتبطة بتبخير الماء هو أعلى بكثير مما كانت عليه في الحالات السابقة، ويزيد أكثر من ذلك بكثير مع الرينولدز (Re) بالمقارنة مع الحالات مع التوصيل فقط يعني يتم إنشاء أعلى تدفق للحرارة مع زيادة عدد رينولدز (Re). النتائج في انخفاض الضغط في ثلاث درجات حرارة مختلفة يعتبر هبوطها في منحنى واحد، مؤكدا أن عدد القوة يعتمد على رينولدز(Re). تظهر النتائج أن الهيدروناميكا للتدفق لا تعتمد على درجات الحرارة.

MODELING OF FLUID FLOW AND HEAT TRANSFER IN DIRECT CONTACT MEMBRANE DISTILLATION

By

Bandar Abdulwahab Majeed

A thesis submitted for the requirements of the degree of Master of Science

[Mechanical Engineering / Thermal Engineering and Desalination Technology]

Supervised by

Dr. Mohammed Al Beirutty

FACULTY OF ENGINEERING

KING ABDULAZIZ UNIVERSITY

JEDDAH – SAUDI ARABIA

Rabi-I 1438H – Dec 2016

:::

MODELING OF FLUID FLOW AND HEAT TRANSFER IN DIRECT CONTACT MEMBRANE DISTILLATION

Bandar Abdulwahab Majeed

Abstract

Direct contact membrane distillation (DCMD) is a comparatively modern method, which is being adopted and explored internationally since it is inexpensive and energy efficient compared to existing desalination techniques. This technique of (DCMD) in both sides of membrane in direct connection with hot feed water side and cold permeate side. Vapour passes through the hydrophobic porous membrane due to the variation in temperature, which leads to a difference in vapour pressure (the driving force).

In this study, we consider single spacer geometry and adopt a numerical approach using computational fluid dynamics (CFD) in OpenFOAM software to focus on a feed channel filled with spacers of the same diameter. The distances between the spacers are fixed in two dimensions under different conditions. These are characterized by heat transfer coefficient (HTC) and pressure gradient $(\frac{\Delta P}{\Delta x})$ and mathematical modeling is used to solve the governing equations (Navier–Stokes and heat transport) subject to appropriate boundary conditions to obtain velocity and temperature fields, before a post-process is undertaken to achieve the desired quantities (HTC and $\frac{\Delta P}{\Delta x}$).

The purpose of using spacers to enhance convective heat transfer is that they increase velocity and decrease temperature polarization, maintaining the value of the driving force and enhancing the vapour flux process of the DCMD modules. This can, furthermore, result in raising the efficiency of energy utilization for the separation process. DCMD modules use different boundary conditions of constant heat flux with a uniform inlet temperature profile and other boundary conditions (such as constant heat flux - variable heat flux with conduction only - variable heat flux with latent heat) with a fully developed inlet temperature profile. The objective of this study is to verify the impacts of the spacers' geometrical characteristics and boundary conditions on HTC and pressure gradient.

The HTC is significantly higher in the developing boundary layer region than it is in the fully developed region. In an analysis of a fully developed temperature profile as the inlet boundary conditions, much more reasonable values for the HTC were obtained, which is consistent with fully developed laminar convection in a plain channel between two infinite parallel plates with uniform heat flux boundary conditions. The slightly higher value obtained can be attributed to the presence of the spacers. Cases simulating both vaporization and heat conduction through the walls showed much more variation in the temperature field than in all the other cases. The heat flux associated with water vaporization is much higher than in previous cases, and increases further with the Reynolds number are compared of the cases of conduction only. This means that a higher heat flux is generated as the Reynolds number increases. The pressure drop data for the three temperatures considered collapse into one curve, confirming that the power number depends only on the Reynolds number. The results show that flow hydrodynamics are not temperature dependent.