

أنبوب رابع خال من الفتيل (ثرموسيفون). الأنبوب الأربعة لها الطول نفسه (٣٠ سم) والقطر الخارجي نفسه (١٦ ملم).

تم أولاً اختبار أداء الأنبوب الخالي من الفتيل (الثرموسيفون) عند زوايا ميل عن الأفق ٤٥° و ٩٠° ، ولقيم فيض حراري متغيرة. كما تضمن الجزء العملي دراسة تأثير مجموعة من المتغيرات على الأداء الحراري لأنبوب حراري نو فتيل. هذه المتغيرات هي الفيض الحراري الداخل للأنبوب وكمية سائل الشحن وزاوية الميل للأنبوب وسمك الفتيل ودرجة حرارة الدخول لسائل تبريد المكثف وأخيراً تغيير أطوال أجزاء الأنبوب الحراري (المبخر والمنطقة الكظيمة والمكثف).

أظهرت النتائج العملية أن أداء الأنبوب الحراري أفضل من أداء الثرموسيفون عند ظروف الاشتغال نفسها. و تبين من التجارب أن كمية سائل الشحن المثالية للأنابيب الحرارية ذات الفتيل المصنوع من مسحوق النحاس هي حوالي ضعف الكمية المحسوبة نظرياً، وأن زيادة درجة حرارة سائل تبريد المكثف من ٢٥م إلى ٥٠م قد أدى إلى تحسن الأداء الحراري للأنبوب الحراري. كما أظهرت النتائج انخفاضاً واضحاً للأداء الحراري عندما يعمل الأنبوب ضد الجاذبية، وأن زيادة سمك الفتيل تؤدي إلى زيادة درجة حرارة عمل الأنبوب. كما أن غياب المنطقة الكظيمة أدى إلى انخفاض درجة حرارة عمل الأنبوب وتحسن أدائه.

ومن خلال المقارنة بين نتائج الحسابات العددية التخمينية مع تلك المستحصلة من التجارب العملية ظهر أن هناك تطابقاً ذا دقة جيدة.

الخلاصة

يتضمن هذا البحث دراسة نظرية وعملية لأنبوب حراري مصنوع من النحاس ومبطّن بفتيل مصنوع من مسحوق النحاس ويستخدم الماء مائعاً شغالاً. في الجزء النظري تم إجراء تحليل ثنائي البعد متناظر محورياً لأيجاد الأداء لأنبوب حراري مفرد ذو فتيل من مادة مسامية لحالة الاستقرار، لمعرفة تأثير كل من الفيض الحراري الداخل إلى الأنبوب، وزاوية الميل للأنبوب، وسمك الفتيل، ودرجة حرارة سائل تبريد المكثف، وإلغاء المنطقة الكظيمة (الاديباتية) على الأداء الحراري للأنبوب.

أن المعادلات الأساسية المعتمدة في التحليل النظري هي معادلات نافير-ستوكس ومعادلة نافير-ستوكس للحجم المعدل، ومعادلة الطاقة، إضافة إلى معادلة حفظ الكتلة. وقد استخدمت طريقة الحجم المسيطر العددية لحل النموذج الحسابي.

لقد بينت النتائج النظرية أن سرعة السائل في تركيبة الفتيل هي قليلة جداً مقارنة مع سرعة البخار، وأن زيادة الفيض الحراري الداخل إلى الأنبوب أدى إلى زيادة واضحة في درجة حرارة عمل الأنبوب. وقد تبين أيضاً أن تغيير زاوية ميل الأنبوب من ٩٠ إلى ٩٠ أدى إلى زيادة طفيفة في درجة حرارة عمل الأنبوب. وظهرت النتائج النظرية كذلك أن زيادة سمك الفتيل أدى إلى تحسن أداء الأنبوب الحراري، وأن إلغاء المنطقة الكظيمة أدى إلى انخفاض واضح في درجة حرارة عمل الأنبوب. وتبين من النتائج أيضاً أنه عند عمل الأنبوب الحراري المستخدم في التحليل بوضع أفقي وسمك فتيل مقداره (١ ملم) ودرجة حرارة ماء تبريد المكثف مقدارها (٢٥°م) فإن أقصى معدل للحرارة يمكن نقله بهذا الأنبوب دون وصول المبخر إلى حالة الجفاف هو حوالي ٣,٨ كيلوواط/م^٢.

ما الجزء العملي فقد تضمن تصنيع واختبار ثلاثة أنابيب حرارية مبطنة بفتائل مختلفة السمك: ١ ملم و ١,٥ ملم و ٢ ملم مصنوعة من النحاس إضافة إلى

These four pipes have the same length (30 cm) and the same outer diameter (16 mm). In the first place, the thermosyphon pipe was tested at an inclination angle of 45° and 90° for different heat flux values. Also, the experimental side includes studying the effect of some parameters on the heat pipe performance. These parameters are; the input heat flux, the amount of liquid charge, inclination angle, wick thickness, input coolant temperature and heat pipe sections length variation (length of evaporator, adiabatic section and condenser).

The experimental results show that the heat pipe performance is better than the thermosyphon performance at the same operating conditions. Also, they show that the optimum amount of the liquid charge for heat pipe with sintered copper powder wick is about twice the amount theoretically estimated. The increase in the inlet coolant temperature from 25°C to 50°C has led to an improvement in the heat pipe performance. There was a clear decrease in the heat pipe thermal performance when the pipe was operating against gravity. The increase in wick thickness led to an increase in heat pipe operating temperature. The absence of the adiabatic section led to a decrease in the heat pipe operating temperature and improvement in its performance.

Comparing the numerical results with those obtained from the experimental side shows that there is a good agreement.

ABSTRACT

This research includes a theoretical and experimental study of a copper heat pipe sintered with a copper powder wick. Pure water was used as a working fluid.

On the theoretical side, a two-dimensional axis-symmetric performance analysis is made of a single component heat pipe with a porous media wick for steady-state condition to identify the effect of each of the input heat flux, inclination angle, wick thickness, coolant temperature and absence of the adiabatic section on the heat pipe performance.

The basic equations used in the theoretical analysis are, Navier-Stokes equations, volume averaged Navier-Stokes equations, energy equation in addition to the mass conservation equation. A control volume approach is used in the development of the numerical scheme.

The theoretical results have shown that the velocity of the liquid in the wick structure is very small in comparison with vapour velocity, the increase in the input heat flux leads to a clear increase in the heat pipe operating temperature. It has been shown, moreover, that the change in the heat pipe inclination angle from 90° to -90° has led to an insignificant increase in the heat pipe operating temperature. The increase in wick thickness has improved the performance of the heat pipe. The absence of the adiabatic section has led to a significant decrease in the operating temperature of the heat pipe. When the heat pipe under analysis is put in a horizontal position with a wick thickness of 1 mm and for a coolant temperature 25°C , the maximum heat transfer rate that can be transported by this pipe without the evaporator reaching the dry out state is approximately 3.8 kW/m^2 .

The experimental side includes manufacturing and testing three heat pipes sintered with different thick wicks; 1 mm, 1.5 mm and 2 mm fabricated from copper powder in addition to a fourth wickless pipe (thermosyphon).