جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الميكانيك العام

تحليل ظاهرة انتشار موجة التجمد في المواد المتغيرة الطور حول سطح مبادل حراري حلزوني عددياً وتجريبياً

Analyzing the Moving Boundary Condition (Solidification Phenomena) of Phase Change Materials around Helical Heat Exchanger Surface Numerically and Experimentally

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة التبريد

إعداد: م. وائل عامر
إشراف: أ.د.م وجيه ناعمة

الملخص

يعتمد خزان الحرارة الكامن على كمية الطاقة الحرارية المكتسبة أو المتحررة أثناء عملية التحول الطوري للمادة المتحولة الطور، إلا أن مشكلة هذه المواد هي الموصلية الحرارية المنخفضة الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض معدل التصلب أو الصهر للمادة وبالتالي تخزين طاقة أقل خلال فترة زمنية محددة، لحل هذه المشكلة تم استخدام المبادل الحراري الحلزوني كإحدى التقنيات ذاتية التحفيز لزيادة معدل التبادل الحراري لرفع الموصلية الحرارية المكافئة للخزان، وقد تم في هذا البحث إجراء دراسة عددية باستخدام برنامج المحاكاة ANSYS(CFX) 18.1 لمعرفة تأثير البارامترات المختلفة على أداء المبادلات الحلزونية المدروسة، وهي تأثير شروط العمل وتأثير الابعاد الهندسية، وبالاعتماد على نتائج الدراسة العددية تم تنفيذ منصة تجريبية ومقارنة النتائج.

القسم النظري

أثبتت أنظمة تخزين الطاقة الكامنة وثوقيتها واقتصاديتها، فهي تلعب دوراً هاماً في أنظمة الطاقة الكهربائية من خلال الاستفادة من فترات ذروة إنتاج الطاقة فتخزنها ثم تتيح استخدامها في فترات ذروة الطلب، الامر الذي يؤدي إلى ارتفاع نسبة الاستفادة من الطاقة المتوفرة إلى الحدود العليا وتخفيض الهدر في الطاقة إلى حدوده الدنيا، كما تخفض من استهلاك الطاقة عن طريق الاستفادة من درجات الحرارة المنخفضة للوسط المحيط خلال فترات الليل وبالتالي تحسين شروط عمل المبردات. ويعتبر استخدام المبادلات الحلزونية مهم جداً لما تتمتع به من ميزات، فعندما يعبر الناقل الحراري في الجزء المنحني من الأنبوب تتولد قوة طاردة مركزية محدثة اختلالاً بين قوى السكون والقوة الطاردة المركزية وبالتالي ينشأ جريان ثانوي له القدرة على زيادة معدل التبادل الحراري وبالتالي الحصول على سماكة جليد أكبر خلال مدة زمنية أقل.

النتائج والمناقشة

1. تنخفض سرعة انتشار موجة التجمد (سماكة الجليد) مع زيادة الزمن بسبب زيادة المقاومة الحرارية للطور الصلب التي تمانع الفعل التبريدي.
2. تزداد سماكة الطور الصلب المتشكل مع انخفاض درجة حرارة سائل نقل الحرارة حيث تم اعتبار الدرجة (265.15 K= -8 C) هي الدرجة المثالية كون لا تتوافق الزيادة في سماكة الطور الصلب عند استخدام سائل نقل الحرارة بدرجات أقل منها مع كمية الكهرباء المستهلكة للحصول عليها.
3. هناك تناسب عكسي بين درجة حرارة الماء الابتدائية وسماكة الطور الصلب المتشكل، حيث أنه كلما انخفضت قيمة درجة حرارة الماء الابتدائية أدت إلى زيادة سرعة انتشار موجة التحول الطوري وبالتالي زيادة سماكة الطور الصلب المتشكل.
4. إن إنقاص قطر اللفة الحلزونية وزيادة قطر الأنبوب يزيد من نسبة الانحناء وبالتالي زيادة تأثير الجريان الثانوي والذي يؤدي إلى تحسين معامل انتقال الحرارة وبالتالي زيادة سماكة الطور الصلب المتشكل.
5. هناك تناسب عكسي بين الخطوة الحلزونية وسماكة الطور الصلب المتشكل، حيث أنه كلما انخفضت قيمة الخطوة الحلزونية أدت إلى زيادة سرعة انتشار موجة التحول الطوري وبالتالي زيادة سماكة الطور الصلب المتشكل.
6. تتوافق النتائج العددية مع النتائج التجريبية بخطأ نسبي بمقدار (4%) في سماكة الطور الصلب المتشكل بعد 6 ساعات.

المراجع

1. Ajarostaghi, S.S.M., Sedighi, K., Delaver, M.A., and Poncet, S., (2020), "Numerical Study of a Horizontal and Vertical Shell and Tube Ice Storage Systems Considering Three Types of Tube". Appl. Sci.,16.
2. Yan Li, Zhe Yan, A, (2017), "Study of a Coil Heat Exchanger with an Ice Storage System". Energies.
3. Badran, E.B., (2018), "Thermal Energy Storage, Latent Heat Storage", Damascus University.
4. Sharifi, K.; Sabeti, M.; Rafiei, M., A, (2017), "Computational fluid dynamics (CFD) technique to study the effects of helical wire inserts on heat transfer and pressure drop in a double pipe heat exchanger "Appl. Therm. Eng.
5. Marija, L., Alihan, K., A, (2017), "Experimental assessment of a helical coil heat exchanger operating at subcritical and supercritical conditions in a small-scale solar organic rankine cycle". Energies, 10, 619.