جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم الميكانيك العام

إمكانيّة تطوير سرير الادمصاص في آلة التبريد الادمصاصيّة وتقييم التأثير على أداء الآلة

Developing Possibility of the Adsorbent Bed in Adsorption Cooling Machine and Evaluating the Effects on the Performance

رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في هندسة التبريد

إعداد: م. رانيا أواري
إشراف: أ. د. م. وجيه ناعمة

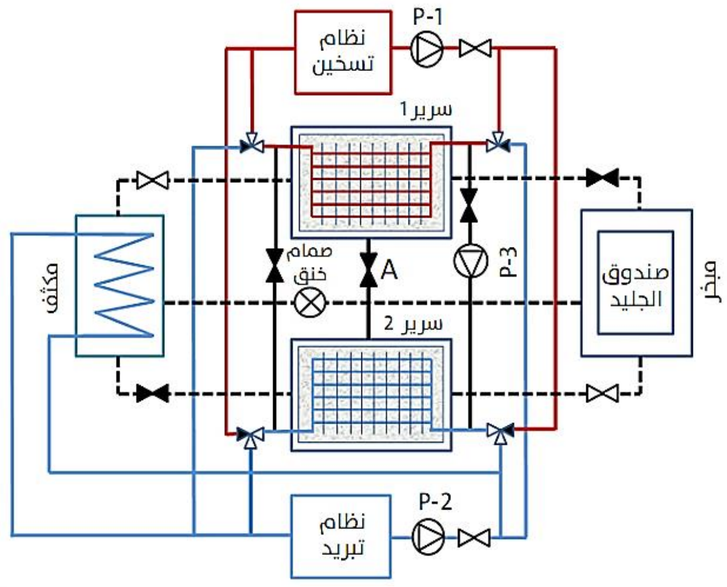
الملخص

تمَّ في هذا البحث دراسة طرق متعددة لتطوير سرير الادمصاص بهدف رفع كلّاً من معامل الأداء التبريدي COP ومعامل استطاعة التبريد النوعية SCP لدارة تبريد ادمصاصيّة تحوي سريرين وذلك وفق الخطوات التالية : 1) المقارنة بين مجموعة أزواج عاملة واختيار الزوج الأنسب. 2) زيادة سطح التبادل الحراري من جهة المادة الادمصاصيَّة الصلبة، وأيضاً من جهة سائل نقل الحرارة. 3) استخدام تقنيَّات الاسترجاع الحراري والكتلي والمشترك. وفي كل مرحلة تمَّ اختيار الحل الأنسب الذي يحقق قيماً أعلى لكلٍّ من COP و SCP .
وفي الجانب التطبيقي تمَّ تصنيع منصّة مخبرية من أجل اختبار سعات الادمصاص لأزواج عاملة مختلفة.

القسم النظري

يُعد نظام التبريد الادمصاصي من الأنظمة الصديقة للبيئة، حيث يمكن أن يعمل مباشرة على مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، ويستخدم وسائط تبريد ومواد مساميّة صلبة (مواد ادمصاصيّة) غير ضارة بالبيئة، إلّا انَّ مشكلة هذه الآلات عند مقارنتها مع آلات التبريد الضاغطة البخارية بأنها ذات ذات قيم منخفضة لكلٍّ من المعاملات COP و SCP .

أجزاء دارة التبريد الادمصاصيّة المدروسة:
سريرا ادمصاص يتناوبان على التسخين والتبريد وبالتالي يكون الإنتاج التبريدي للدارة مستمر - مكثّف مائي - مبخّر يحوي حجرة تشكّل الجليد - صمّام خنق - نظام تسخين يستفيد من طاقة الضياعات الصناعية - برج تبريد - نظام استرجاع حراري حيث تقوم المضخة P-3 بتدوير الماء بين مبادلي السريرين - نظام استرجاع كتلي حيث يسمح صمّام البخار A بتدفّق البخار بين السريرين.



القسم العملي (الحاسوبي)

■ تمَّ تصميم نموذج أوَّلي لوعاء ادمصاص يعمل في دارة تبريد بهدف إنتاج ما لا يقل ع 250من جليد الماء في دورة واحدة وضمن شروط حراريَّة محدَّدة .
وسيط التبريد المستخدم R134a، والمادة الصلبة الادمصاصيَّة هي الكربون المنشّط الحبيبي ACG.
■ تمَّ دراسة مجموعة إجراءات لتطوير السّرير بهدف تحسين عملية انتقال الحرارة والكتلة ضمنه وبالتالي رفع كلّاً من COP و SCP للدّارة. وهذه الإجراءات هي :
1- استخدام أنواع مختلفة من الكربون المنشّط (حبيبي، ليفي نوع A20، مسحوق نوع maxsorb) مع وسيط التبريد R134a. ثمَّ استخدام الأمونيا كوسيط تبريد مع الكربون المنشّط اللّيفي نوع Busofit.
2- زيادة مساحة سطح التبادل الحراري مع الكربون المنشط عن طريق استخدام ريشة خارجية متعرِّجة بدلاً من المسطّحة، وزيادة عدد الرِّيش على أنابيب المبادل.
3- زيادة مساحة سطح التبادل الحراري مع سائل نقل الحرارة (الماء) عن طريق إضافة ريش نصف قطريّة ضمن أنابيب المبادل.
4- استخدام تقنيّة الاسترجاع الحراري HR، والاسترجاع الكتلي MR، والاسترجاع الكتلي ثمَّ الحراري MHR، والاسترجاع الحراري ثمَّ الكتلي HMR. وتمَّ إجراء دراسة تحليلية كاملة لكل تقنيّة .
■ تمَّت عملية تصميم النموذج الأولي لسرير الادمصاص ومن ثمَّ تطويره حاسوبياً باستخدام لغة البرمجة VISUAL BASIC، وتمَّ إخراج النتائج على شكل جداول ومخططات بيانيَّة تقارن بين بارامترات الدارة قبل وبعد كل إجراء بهدف اختيار الحل الأنسب الذي يحقق قيماً أعلى لكلٍّ من COP و SCP .

القسم التجريبي

تصنيع منصَّة الاختبار :
تتكون من: وعاء ادمصاص يحوي مبادل حراري تنتشر على سطحه المادة الادمصاصيَّة -وعاء وسيط التبريد - دارة الماء لتسخين وتبريد سرير الادمصاص إلى درجة الحرارة المطلوبة - مقاييس حرارة مع حساسات، ومقياس ضغط، وميزان الكتروني - مضخة تخلية - أنابيب وصمّامات يدوية.

الهدف من الجهاز : اختبار سعة الادمصاص للزوج العامل عند درجات حرارة مختلفة ، ثمَّ عند ضغوط مختلفة. وقد تمَّ اختبار سعة الادمصاص لأحد أنواع الكربون المنشَّط الحبيبي مع كلاً من وسيطي التبريد R134a و R407C .

النتائج والمناقشة

■ حقّق الزَّوج ACG/R134a سعة ادمصاص أعلى من الزّوج ACG/R407Cعند كافة أنماط الادمصاص، فعند درجة حرارة ادمصاص 25 ℃ وضغط 70 psi (4.826 bar)كانت سعات الادمصاص للزّوجين السابقين هي 0.4125 g/g و 0.2219 g/g . لذلك يُفضل في هذه الحالة استخدام R134a وسيطاً للتبريد.
■ كلما كانت المادة الادمصاصيّة ذات مساميّة أعلى فإنَّ انتقال الكتلة يتم بشكل أفضل وبالتالي تكون كتلة وسيط التبريد العاملة في الدارة أكبر وينتج عنه قدرة تبريد أعلى. ووُجِدَ أنَّه باستخدام الكربون $ACF-A20$ ذي المساميّة الأعلى $\varepsilon = 0.57$ مع R134a كانت كميّة الجليد المنتجة هي الأكبر وتساوي 0.851 kg وذلك مقارنة باستخدام النوعين الآخرين ACG و Maxsorb. من جهة ثانية تبطئ المساميّة العالية عملية انتقال الحرارة في السرير وبالتالي يزداد زمن الدّورة. ووُجِدَ أنَّه باستخدام الكربون $ACF-A20$ كان زمن نصف الدَّورة هو الأطول ويساوي 22.19 min.
■ تمَّ استخدام الزَّوج (ألياف الكربون المنشَّط نوع Busofit /Ammonia) لأنه حقّق أعلى معامل أداء لدارة التبريد بقيمة 0.2093، وذلك مقارنة بالأزواج الأخرى.
■ إنَّ زيادة مساحة سطح التبادل الحراري أدَّى إلى تحسين معامل انتقال الحرارة للسرير وبالتالي زادت الاستطاعة التبريدية بنسبة 360%، لكن بالمقابل زادت الكتلة الحرارية لوعاء الادمصاص وبالتالي زادت استطاعة التسخين بنسبة 402%، وبالنتيجة انخفض معامل الأداء بنسبة ضئيلة 8.5%- (بفرق 0.0178-).
■ في دورة مع استرجاع كتلي ثمَّ حراري MHR تمَّ الحصول على ميزات الاسترجاع الكتلي والحراري حيث تمَّ تحقيق أعلى نسبة زيادة في استطاعة التبريد 62.5% وكذلك في معامل الأداء 127.7% (بفرق 0.2445) . تمّ حساب أزمنة الاسترجاع تحليلياً بالاعتماد على معادلات التوازن الحراري والكتلي للسرير، في حين تمّ تعيين هذه الأزمنة في الدراسات المرجعية تجريبياً. كما تمَّ إجراء دراسة تحليلية لعملية الاسترجاع الحراري ثمَّ الكتلي HMR وعلى أساسها تمَّ تحديد هذه التقنية بأنها الأسوأ مقارنةً بتقنيّات الاسترجاع الأخرى.

المراجع

[1] Kulkarni, P.P., Kapatkar, V.N., **(2016)**, “Design and comparative analysis of adsorption refrigeration system for refrigerants R-134a and R-410a”. International Journal of Current Engineering.
[2] Shabir, F., Sultan, M., (**2018)** “Investigation of carbon based adsorbents for the development of thermally-driven adsorption cooling systems”, Materials Science and Engineering.
[3] Duong, X. Q., Cao, N. V., Hong, S. W., Ahn, S. H., Chung, J. D., **(2017)** “Numerical Study on the Combined Heat and Mass Recovery Adsorption Cooling Cycle” , Energy Technology
[4] Stefanski, S., Mika, L., Sztekler, K., Kalawa, W., Lis, L., Nowak, W., **(2018)** “Adsorption bed configurations for adsorption cooling application” , Energy and Fuels.
[5] Astina, I., Zidni, M. I., **(2018)** “Experiment of adsorption refrigeration system with working pairs of difluoromethane and activated carbon modified by sulfuric and nitric acids” .
[6] Askalany, A., Habib, K., Ghazy, M., Assadi, M. K., **(2016)** “Adsorption cooling system employing activated carbon/HFC410a adsorption pair” , Journal of Engineering and Applied Sciences.
[7] Shabir, F., Sultan, M., **(2018)** “Investigation of carbon based adsorbents for the development of thermally-driven adsorption cooling systems” , Materials Science and Engineering.