華中農業大學

جامعة وسط الصين الزراعية

博 士 学 位 论 文

رسالة دكتوراه

蓄热式太阳能茯苓干燥系统的设计与性能试验

Design and Performance Evaluation of a Heat Storage Type Solar Drying System for Drying Poria Cocos

تصميم وإختبار أداء نظام تجفيف شمسى مخزّن للحرارة لتجفيف البوريا كوكس

إسم الطالب	طارق خميس عبدالقادر عبدالمجيد
المشرفون	أ.د. يان لن جانج
	د. شيجو فان
القسم	الهندسة الزراعية والحيوية والبيئية وهندسة الطاقة

كلية الهندسة – جامعة وسط الصين الزراعية

ووهان ، الصين

يونيو 2020

الملخص العربى

لقد أصبحت المجففات الشمسيه المتطوره قليلة التكلفه بديلا هاماً للوقود الإحفورى فى توفير درجات حرارة ثابتة ومتوسطه لتجفيف المنتجات الزراعية فى البلدان النامية حيث ان المجتمعات الريفية فى هذه المناطق تتطلع الى مصادر رخيصة للطاقة لسد احتياجتها. لذلكفإن التجفيف الشمسى يعتبر حلاً مثاليا ولكن يعتريه بعض المحددات. وبناءاً على ذلك فان هذة الدراسةتركز على تطوير أداء احد اكثر المجففات الشمسيه توصيةً والذى يسمى مجفف شمسى قسرى غير مباشر(indirect solar dryer forced convection). يتكون هذا المجفف من جزئين هما مسخن هواء شمسى وغرفة تجفيف لذلك فإن الدراسة سوف تنقسم الى: (أ) تطوير أداء مسخن الهواء الشمسى بواسطة تطوير طلاء شمسى إختيارى لتعظيم الاستفادة من الاشعاع الشمسى أيضا تطوير اداء المائع المستخدم (الهواء) بإستخدام الخشونه الاصطناعية على سطح الامتصاص للمسخن الشمسى. (ب) إلحاق وحدة لتخزين الطاقة بالمجفف من نوع Shell and Tubes والمملوءة بشمع البرافين كوسط تخزين: لتحسين عمليتى الشحن والتفريغ للطاقة كان لزاما تحسين التوصيل الحرارى لشمع البرافين بإستخدام carbon nanotubes and Flat micro heat pipes.

تم تصميم وإختبار أداء مجففين شمسين معدلين لتجفيف فطر صينى يدعى بوريا كوكس (*Wolfiporia extensa*) حيث تم قياس العديد من المتغيرات كالحرارة وسرعة سريان الهواء وشدة الاشعاع الشمسى وغيرها. وتم تحليل هذه البيانات فى ضوء القانون الاول والثانى للديناميكا الحرارية وكانت نتائج الدراسات كما يلى:

1. تم تطوير طلاء شمسى جديد ذو امتصاصية عالية وإنبعاثية قليلة عن طريق خلط انابيب الكربون النانونيه (CNTs) واكسيد النحاس النانومترى (CuO) مع الطلاء الاسود التجارى ، باستخدام التحليل الطيفي UV-Vis و FTIR تمت دراسة الخصائص البصرية للعديد من النسب المئوية من الأنابيب النانوية الكربونية والجسيمات النانوية CuO. أيضاً استخدم حيود الأشعة السينية (XRD) والمسح المجهري الإلكتروني (SEM) لدراسة التركيب الكيميائي ومورفولوجيا السطح للطلاء المطور. أظهرت النتائج أن 4٪ CNTs / CuO+ طلاء أسود هو أعلى طلاء شمسي انتقائي مع امتصاص شمسي وانبعاث حراري يصل إلى 0.964 و 0.124 على التوالي. تم تقييم الاداء الحرارى و Exergy لمسخن الهواء الشمسى (SAH) المطلي بالطلاء المعدل تحت أربعة معدلات تدفق للهواء. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن كفاءة الطاقة زادت بنحو 24.4٪. أيضا ارتفع الفرق بين درجات حرارة الهواء الخارج والداخل عبر SAH إلى 22٪ بناءً على القيم المتوسطة. واظهر الـ SAH تحسن وارتفاع فى قيم الـ Exergy .

2. وبعد ذلك ، تم استخدام الطلاء الانتقائي الشمسي الجديد جنبًا إلى جنب مع الخشونة المصنعة على سطح الامتصاص والتى على شكل أقواس غير متصله من اضلاع الألومنيوم. وتم تقييم الأداء لـ SAH من حيث Energy analysis وExergy analysis في ظل أربعة ظروف عمل لتدفق الهواء مقارنةً بـSAH ذوسطح إمتصاص أملس مطلي بنفس الطلاء .أظهرت النتائج أن رقم Nusselt لـ SAH المخشنمع الطلاء الجديد أظهر تحسنًا ملحوظًا مقارنةً بالممتص الأملس. علاوة على ذلك ، زادت الكفاءة الحرارية مع زيادة معدل تدفق الهواء وبلغ أقصى ارتفاع 18.8٪ مقارنة بـ SAH الأملس .كانت أعلى زيادة في زيادة exergy 51.6٪ مع أدنى قيم لـ Exergy destruction وImprovement potentials . باختصار ، أظهر SAH المخشن مع 4 ٪ CNTs / CuO + الطلاء الاسود تحت معدل تدفق الهواء البالغ 0.0244 متر مكعب / ثانية أفضل أداء Energy وExergy.

(3)تم بناء واختبار مجفف شمسي قسرى غير مباشر ، ويتألف من سخان هواء شمسي أملس، ووحدة تخزين Shell and tubes ، وغرفة تجفيف ، لتجفيف البوريا كوكوس. تم تشغيل المجفف تحت معدلان لتدفق الهواء ، ثم قيّم كل جزء من المجفف في ضوء تحليل Energy وExergy. بينت النتائج المتحصل عليها أن: متوسط كفاءات سخان الهواء الشمسي exergy and thermal كانت 66.2٪ و 4.6٪ و 70.2 و 4.4٪ للتجربتين الأولى والثانية على التوالي. الأنابيب النانوية الكربونية - بلغ متوسط الكفاءة الحرارية الكلية لوحدة تخزين الطاقة بالرافين المعزز بالأنابيب النانوية الكربونية 12.2٪ و 19.6٪ مما أدى إلى 8.1٪ و 11.9٪ كمتوسط كفاءة الـExergy الكلية للتجربتين الأولى والثانية على التوالي. كان استهلاك الطاقة النوعي (SEC)6.545 و 7.917 كيلو وات ساعة / كجم رطوبة ، كما كانت الكفاءة الحرارية الكلية للمجفف 36.4 و 30٪ للتجربتين الأولى والثانية على التوالي. كان المحتوى الرطوبي النهائي لبوريا كوكوس في حدود 6.6-8٪ w.b. .

(4)تم تعزيز وحدة التخزين المعتمدة على شمع البارافين (نوع Shell and tubes) بواسطة أنابيب الحرارة الدقيقة المسطحة كزعانف (FMHPs) ثم اتحدت مع سخان هواء شمسي مخشن ومطلي بطبقة انتقائية شمسية جديدة. تم توجيه الهواء الساخن من هذا المزيج إلى غرفة تجفيف بها أرفف لتجفيف البوريا كوكس وتشير النتائج إلى أن: متوسط الكفاءة الحرارية لـRSAH كانت 70.7٪ و 73.9٪ تحت متوسط الإشعاع الشمسي الساقط البالغ 606 واط / م ^{2} و 671 واط / م^2 على التوالي و كان متوسط كفاءة الـExergy 5.2٪ و 5.1٪ لمعدل تدفق الهواء 0.0310 م ^{3} / ث و 0.0381 م ^{3} / ث ، على التوالي. استمرت عملية التفريغ الحرارى لوحدة التخزين حوالي 4 ساعات ومع ارتفاع فى درجة حرارة الهواء الخارج منها عن درجة الحرارة المحيطة وصل إلى 10 درجات مئوية كحد أقصى. علاوة على ذلك ، أظهرت وحدة التخزين 31.1٪ و 37.6٪ كمتوسط كفاءة حرارية كلية و 14.1٪ و 17.2٪ كمتوسط لكفاءة الـExergy الكلية قدرها 0.0310 متر ^{3} / ثانية و 0.0381 متر ^{3} / ثانية على التوالي. وكانت الكفاءة الحرارية الإجمالية للمجفف 35.3٪ مع استهلاك طاقة نوعى (SEC) قدره 6.739 كيلو وات ساعة / كجم رطوبة و 27.6٪ مع SEC من 8.629 كيلو وات ساعة / كجم رطوبة ، على التوالي للتجربتين الأولى والثانية.

باختصار ، اظهرت النتائج اختلافا لكل من النظام الاول للتجفيف والمكون من مسخن شمسى املس ووحده تخزين تحتوى على شمع البرافين المعزز٪ من الأنابيب النانوية الكربونية وغرفة تجفيف (DS1) اما النظام الثانى والمكون ايضا من مسخن هواء شمسى مخشن اصطناعيا ووحدة تخزين تشتمل على شمع البرافين المعزز ايضا بواسطة أنابيب الحرارة الدقيقة المسطحة كزعانف (FMHPs) ووحده تجفيف(DS2) .وظهراختلافًا في الأداء لكل مكون. حيث ، كانت الكفاءة الحرارية لـRSAH فى DS2 أعلى بنسبة 6.8٪ و 5.3٪ ، بالنسبة إلى معدلات التدفق 0.0310 م ^{3} / ثانية و 0.0381 م ^{3} / ث ، على التوالي ، وكذلك ، كانت كفاءة الـExergy لـRSAH فى DS2 أعلى بنسبة 13٪ و 15.9٪ ، لنفس تدفق الهواء معدلات من تلك الخاصة بـ SSAH فى .DS1 . ايضا ، ، كانت الكفاءة الحرارية لـ.S.U فى DS2 أعلى بنسبة 154.9٪ و 91.8٪ ،لمعدلات تدفق 0.0310 م ^{3} / ث و 0.0381 م ^{3} / ث على التوالي ، علاوة على ذلك ، ، كانت كفاءة الـExergy لـ .S.U فى DS2 أعلى بنسبة 74.1٪ و 44.5٪ ، لنفس معدلات تدفق الهواء مقارنة بمعدلات .S.U فى .DS1 ومع ذلك ، كانت الكفاءة الحرارية الكلية لـ DS1 أعلى بنسبة 3.1٪ و 8.7٪ لـ 0.0310 متر ^{3} / ثانية و 0.0381 متر 3 / ثانية ، على التوالي مقارنة بكفاءة.DS2 .