ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การจำลองระบบเก็บสะสมพลังงานความร้อนแบบก้อนกรวดที่มีการไหลบายพาส

ผู้เขียน นายภคภต เสาร์เรือน

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อ.ดร.ณัฐนี วรยศ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมรรถนะของระบบเก็บสะสมพลังงานแบบความร้อนที่ใช้ลูกบดเซรามิค และหินภูเขาไฟเป็นวัสดุเก็บสะสมพลังงาน โดยมีอากาศร้อนเป็นแหล่งจ่ายความร้อนให้กับชั้นสะสมความร้อนวัสดุ และใช้อากาศเย็นในการถ่ายเทความร้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหินภูเขาไฟมีขนาดประมาณ 0.0075 m 0.02 m และ 0.04 m และลูกบดเซรามิคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.015 m 0.02 m, 0.03m และ 0.04 m ความหนาชั้นสะสมความร้อนที่ทดสอบคือ 0.06-0.15 m อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ทดสอบอยู่ระหว่าง 150-250 °C อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนเท่ากับ 0.15-0.3 kg/s ซึ่งเท่ากับอัตราการไหลของอากาศเย็นที่มาถ่ายเทความร้อน ระบบสะสมพลังงานจะมีการติดตั้งท่อบายพาสอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.025 m ตามแนวยาวของชั้นสะสมความร้อนจำนวน 9 ท่อ เพื่อลดปัญหาความดันอากาศตกคร่อมชั้นสะสมความร้อน พบว่า แบบจำลองของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรและค่าความดันอากาศตกคร่อมได้ถูกพัฒนาขึ้นสามารถใช้ทำนายอุณหภูมิของชั้นสะสมความร้อนและอุณหภูมิของอากาศด้านออกจากชั้นสะสมความร้อนโดยมีผลใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแหล่งจ่ายความร้อน อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ความหนาของชั้นสะสมความร้อน และการลดลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุสะสมความร้อน จะทำให้สมรรถนะในการประจุและคายความร้อนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ลูกบดเซรามิคสามารถใช้เป็นวัสดุสะสมความร้อนได้ดีกว่าหินภูเขาไฟ โดยสภาวะที่ดีที่สุดมีค่าดังนี้ ความหนาของชั้นสะสมความร้อนเท่ากับ 0.15 m ระดับอุณหภูมิของอากาศร้อนเท่ากับ 250°c อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนเท่ากับ 0.30 kg/s และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหินภูเขาไฟและลูกบดเซรามิค 0.0075m และ 0.15m ตามลำดับ

ในเชิงกรณีศึกษา พิจารณาความเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงานในหัวเผาของหม้อไอน้ำที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง กำลังการผลิต 0.5-1.5 ตันต่อชั่วโมง ความดัน 10 บาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิภาพ 75% ร่วมกับระบบสะสมพลังงาน ในเชิงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การใช้ลูกบดเซรามิคเป็นวัสดุเก็บสะสมความร้อนมีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์มากกว่าหินภูเขาไฟ ทั้งในด้านระยะเวลาในการคืนทุนและอัตราผลตอบแทนการคืนทุน อีกทั้งยังพบว่า การเพิ่มความหนาของชั้นสะสมความร้อน และการลดลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุสะสมความร้อน จะทำให้สามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับระยะเวลาในการคืนทุนที่สั้นลงและอัตราผลตอบแทนการคืนทุนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย โดยสภาวะที่คุ้มค่าที่สุดที่ได้จากกรณีศึกษาของหินภูเขาไฟและลูกบดเซรามิค พบว่า ระยะเวลาคืนทุน (SPP) เท่ากับ 4.65ปี และ 3.48 ปี และค่าอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (IRR) มีค่าเท่ากับ 22.00% และ30.54% ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Simulation of Pebble Bed Thermal-Energy Storage System Having a By-pass Flow

Author Mr. Pakapot Saoruean

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Lect. Dr. Natanee Vorayos

Abstract

This research studied performance of thermal energy storage using ceramic ball and pumice stone as bed materials. Hot air was acted as a heat source and cold air was acted as a heat sink of the bed. The diameters of pumice stone were 0.0075m, 0.025 m and 0.04 m while the diameters of ceramic ball were 0.015 m, 0.02 m, 0.03m and 0.04 m. The bed thickness was varied between 0.06-0.15 m. The inlet temperature of hot air was varied between 150-250^{o}C with the mass flow rate of 0.15-0.3 kg/s similar to cold air. Nine by-pass tubes of 0.025 m diameter were inserted along the bed thickness for reducing the air stream pressure drop. In the study, models of volumetric heat transfer coefficient and air steam pressure drop were also developed to predict the bed temperature and the outlet air temperature. It was found that the result agreed well with the experimental data. In addition, increase of inlet air temperature, air mass flow rate, bed thickness and decrease of pebble bed size could improve the charging and the discharging performances. Moreover, the ceramic ball gave better results than the pumice stone. The best condition was found when the bed thickness was 0.15 m, the air inlet temperature was 250^{o}C, the air mass flow rate was 0.30 kg/s and the bed diameter of pumice stone and ceramic ball were 0.0075 and 0.15m, respectively.

A case study in using a thermal energy storage with a boiler was carried out. The boiler capacity was 0.5-1.5 ton/h at 10 bar. The boiler fuel was LPG. The boiler efficiency was 75%. In term of economics, it was found that the ceramic ball showed better benefit than the pumice stone in both energy saving and energy cost. In addition, increase of bed thickness and decrease of pebble diameter resulted in increase of energy cost saving. Thus, the simple payback period was shorter and the internal rate of return was higher. At the best conditions for pumice stone and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ceramic ball, the simple payback periods were 4.65 and 3.48 years and the internal rate of return were 22.00% และ 30.54%, respectively.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved