โครงการวิจัยเรื่อง การถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง ในการเก็บสะสมความร้อนที่มีการเปลี่ยนเฟส

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปรากฏการณ์ในระบบเก็บรักษาพลังงานในรูปความร้อนแฝง เมื่อมีการเก็บสะสมและดึงความร้อน โดยสัมผัสโดยตรงกับสารทำงาน โดยระบบที่ศึกษาเป็นระบบที่ใช้ในกระบวนการทางความร้อน และระบบเก็บพลังงานในรูปน้ำแข็งเพื่อใช้ในการทำความเย็น

สำหรับระบบเก็บรักษาพลังงานเพื่อใช้ในกระบวนการทางความร้อน จะใช้ Sodium Thiosulfate Pentahydrate ที่มีจุดหลอมเหลว 48 $^{\circ}$C เป็นสารเก็บสะสมพลังงาน และใช้น้ำมัน Heat Transfer Oil มาแลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าขณะที่มีการเก็บสะสมพลังงาน โดยที่สารมีการเปลี่ยนเฟสจากของแข็งเป็นของเหลว และคืนตัวจากของเหลวเป็นของแข็งเมื่อมีการดึงความร้อนไปใช้งาน อุณหภูมิของสารเก็บสะสมค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนมีค่าประมาณ 4-16 kW/m^{3}K และ 2-4 kW/m^{3}K ตามลำดับ ขนาดของหัวฉีดไม่ส่งผลต่อสมรรถนะในการถ่ายเทความร้อน สำหรับปริมาณสารเก็บสะสม เมื่อมีปริมาณสูงขึ้น หรืออัตราการไหลของน้ำมันมีค่าต่ำ ในช่วงที่มีการดึงความร้อน อุณหภูมิของน้ำมันร้อนที่ได้จะมีค่าค่อนข้างคงที่เป็นเวลานาน นอกจากนี้ การวิเคราะห์แบบ Lump สามารถทำนายอุณหภูมิและสัดส่วนการแข็งตัวของสารเก็บสะสมพลังงานได้ดีพอสมควร

ในกรณีของระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง ได้ทำการศึกษา 3 รูปแบบด้วยกันกล่าวคือ

ก. แบบฉีดน้ำมันเย็นฉีดผ่านถังบรรจุน้ำ

ข. แบบฉีดสารทำความเย็นเป็นลำเจ็ทผ่านถังบรรจุน้ำ

ค. แบบฉีดสารทำความเย็น R12 แบบปั่นป่วนผ่านถังบรรจุน้ำ

แบบแรกพบว่า พารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการแข็งตัวของน้ำแข็งคืออุณหภูมิน้ำมันที่ฉีดเข้าไป จำนวนหัวฉีด และความสูงของชั้นน้ำ และในช่วงการหลอมตัว ความสูงของน้ำแข็งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ อย่างไรก็ตามวิธีนี้พบว่าไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ เนื่องจากว่าการแข็งตัวของน้ำแข็งเกิดขึ้นไม่มาก

ในกรณีที่มีการฉีดลำเจ็ทของสารทำความเย็นผ่านชั้นน้ำ การศึกษาเน้นเฉพาะการเกิดน้ำแข็งที่เกิดรอบๆ ลำสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่ใช้คือ R12, R22 และ R134a ซึ่งการศึกษาพบว่าการเกิดน้ำแข็ง เกิดได้ดีในช่วงแรก และเมื่อเกิดน้ำแข็งแล้ว การดึงความร้อนจากน้ำทำได้ลำบาก นอกจากนี้การควบคุมให้สารฉีดเป็นลำเจ็ททำได้ลำบาก ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับระบบที่มีการฉีดสาร R12 แบบปั่นป่วนผ่านถังบรรจุน้ำ พบว่าการเกิดน้ำแข็งสามารถทำได้ดีและรวดเร็ว และในการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์พบว่า สามารถใช้โมเดลแบบ Lump ช่วยในการวิเคราะห์อุณหภูมิของ น้ำ-น้ำแข็ง และสัดส่วนของการเกิดน้ำแข็งได้ดี และเมื่อมีการนำน้ำเย็นที่ได้จากการละลายน้ำแข็งมาใช้ ก็สามารถทำงานได้ดี มีความเป็นไปได้สูงในการนำระบบดังกล่าวมาใช้ในทางปฏิบัติ

ในกรณีที่มีการแข็งตัวของสารเก็บสะสมพลังงาน จากการศึกษาพบว่า ไม่ว่าจะเป็นกรณีของการทำความร้อน หรือการเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง เมื่อมีการฉีดสารทำงานแบบปั่นป่วน ทำให้สารตัวกลางเปลี่ยนเฟสจากของเหลวเป็นของแข็ง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร (U) สามารถจัดอยู่ในรูปกลุ่มตัวแปรไร้มิติดังนี้

$$\log(\frac{UV}{(mC_p)_f}) = \log(St) = -1.4033\log(Ste\,\mathrm{Pr}^{0.25}) + 1.8292$$

โดยที่คุณสมบัติต่างๆ ของสารทำงานที่ฉีดใช้ค่าที่สภาพของเหลว

คำสำคัญ : การถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสโดยตรง, การเก็บสะสมพลังงานในรูปความร้อนแฝง, ระบบเก็บสะสมพลังงานในรูปน้ำแข็ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

This research work is to study phenomena of latent heat storages directly contacted with working fluids during charging and discharging processes. The systems studied are the units for heating and cooling purposes.

For heating purpose, the storage medium is sodium thiosulfate pentahydrates of which the melting point is 48 C. The unit exchanges heat with heat transfer oil which is injected from the bottom of the unit. During charging and discharging processes, the medium transforms from solid to liquid and liquid to solid respectively with uniform temperatures. The volumetric heat transfer coefficients are in the ranges of 4-16 kW/m3K and 2-4 kW/m3K, respectively. It is found that the injector size has no effect on the thermal behaviors. The parameters affecting the unit performance are the medium height and the oil flow rate. As the medium height is higher or the oil flow rate is low, the hot oil temperature leaving during charging process could be kept nearly constant for a longer period. The lumped analysis could be used to predict the temperature histories and also the solid fraction in the storage medium with good agreement with the experiments.

For the cooling purpose, the storage medium is water-ice. Different methods are considered as follows:

a. Injection of chilled oil through water column

b. Injection of refrigerant jet through water column.

c. Turbulent injection of R12 through water column

In the case of chilled oil injection, the inlet oil temperature, the number of injectors and the water column height are main parameters affecting the thermal behavior during ice solidification and the height of the ice column is main parameter during ice melting. However, this method is not suitable in practice because the rate of ice forming is very low

For injection of refrigerant jet through the water column, the phenomena of ice forming around a jet column of different refrigerants, R12, R22 and R134a are carried out. It could be found that the ice formation could be undertaken for the starting of the process and after that the rate of ice formation is rather low. Moreover, it is rather difficult to control the refrigerant steam as jet thus this kind of technique is not recommended

For the unit having turbulent R12 injection, the ice could be formed quickly. It could also be found that the lumped model could also be applied to predict the temperature and the ice

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

fraction of the storage medium. During ice melting, the unit could generate chilled water for cooling purpose. This technique has a high potential to be developed and implemented.

During the phase transformation of the storage media from liquid to solid, for sodium Thiosulfate-oil, water-chilled oil and water-R12 (turbulence), the volumetric heat transfer coefficient, U, could be form in a dimensionless term and is related with other dimensionless groups as

$$\log\left(\frac{UV}{\dot{m}C_p)_f}\right) = \log(St) = -1.4033\log(Ste\,\mathrm{Pr}^{0.25}) + 1.8292$$

The evaluated properties of the dispersed fluids are taken as the fluids are in liquid phase.

Keywords : Direct-contact heat transfer, Latent heat storage, Ice-thermal energy storage

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved