

Thesis	Parametric Analysis of Ice Slurry Production by Direct Contact Heat Transfer	
Author	Mr. Sathaporn Thongwik	
Degree	Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)	
Thesis Advisory Committee	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatisiriroat	Chairperson
	Asst. Prof. Dr. Nat Vorayos	Member
	Asst. Prof. Dr. Natthawud Dussadee	Member
	Dr. Sate Sampattagul	Member

ABSTRACT

The heat transfer characteristic during ice formation of a direct contact heat transfer technique is divided into two cases of study. First is the study of heat transfer characteristic between carbon dioxide and water at low temperature carbon dioxide between -15 to -60°C . The flow rate of carbon dioxide is varied from 0.003 - 0.017 kg/s which injected directly into water at initial temperature 28°C and the water volume is 1, 2 and 3 liters. The experiment result found that the effectiveness of the direct contact heat transfer between the carbon dioxide and the water closed to 100%. Moreover, the lumped model could predict the temperature of water and the mass of ice formation quite well. However, for this technique, the blockage of ice around the injector always occurs. To avoid this problem, ice slurry is considered instead of pure ice. In the second case of this work, the thermal behavior of the ice slurry is investigated. Oil and Tween-60 are mixed with water to make ice slurry and it found that the suitable composition is 100/6/1 by

volume. The lumped model can be predicted the temperature of water mixture and the mass of ice slurry quite well.

The heat transfer phenomenon of melting ice slurry on external surface of a copper helical coil is also studied. There is water flowing inside the tube coil and exchange the heat with the ice slurry. The experiment apparatus is a coil 6.35 mm and 9.53 mm in diameter with 4.2 m in length for each. The mass flow rate of water in the helical coil is set up from 0.0149-0.0562 kg/s, while the inlet temperature of water is varied from 23-27 °C. The ice slurry has 60% of ice and 40% of water by mass at the beginning. The experimental results show that the heat transfer coefficient of the ice slurry at the warm helical coil surface is depended on the ice fraction, coil diameter and mass flow rate of water. The result of heat transfer model in terms of Nusselt number is agreed very well with the experimental results.

Keywords: Direct contact heat transfer, Ice slurry, Carbon dioxide, Helical coil

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ตัวแปรของการผลิตน้ำแข็งแบบสเลอรี่ด้วยการ ถ่ายเทความร้อนแบบสัมผัสตรง	
ผู้เขียน	นายสถาพร ทองวิก	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)	
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	ประธานกรรมการ
	ผศ. ดร. ณ์ฐ วรยศ	กรรมการ
	ผศ. ดร. ณ์ฐวุฒิ ดุษฎี	กรรมการ
	ดร. เศรษฐ์ สัมภักตะกุล	กรรมการ
	บทคัดย่อ	

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างการเกิดน้ำแข็ง ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

แบบสัมผัสตรงแบ่งการศึกษาออกเป็นสองกรณี กรณีที่หนึ่งศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่าง
คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ โดยฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อุณหภูมิ -15 ถึง -60 องศาเซลเซียส อัตรา
การไหล 0.003 ถึง 0.017 กิโลกรัมต่อวินาที เข้าสัมผัสตรงกับน้ำที่อุณหภูมิเริ่มต้น 28 องศาเซลเซียส ที่
ปริมาตรน้ำ 1 2 และ 3 ลิตร พบว่าประสิทธิผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์
นอกจากนี้ พบว่าสมการทางคณิตศาสตร์สามารถใช้ทำนายอุณหภูมิของน้ำและมวลของน้ำแข็งได้ดี
อย่างไรก็ตามสำหรับการทดลองนี้ พบว่าทุกการทดลองเกิดน้ำแข็งอุณหภูมิต่ำสุด จากปัญหาดังกล่าวจึง

พิจารณาน้ำแข็งแบบสเลอรีแทนน้ำแข็งแบบเดิม กรณีที่ส่องศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของการผลิตน้ำแข็งแบบสเลอรี ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำผสมน้ำมันและ Tween-60 พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำแข็งแบบสเลอรีของน้ำ น้ำมัน และ Tween-60 โดยปริมาตร คือ 100 ต่อ 6 ต่อ 1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถทำนายอุณหภูมิของน้ำและมวลของน้ำแข็งแบบสเลอรีได้ดี

การศึกษาปรากฏการณ์การหลอมละลายของน้ำแข็งแบบสเลอรี บนผิวนอกของท่อทองแดงแบบขด โดยให้น้ำไหลผ่านขดท่อเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำแข็ง ผ่านชุดทดสอบทำจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มิลลิเมตร และ 9.53 มิลลิเมตร ยาวท่อแต่ละ 4.2 เมตร ที่อัตราการไหลของน้ำ 0.0149 ถึง 0.0562 กิโลกรัมต่อวินาที อุณหภูมิน้ำเข้า 23-27 องศาเซลเซียส ไหลในท่อทองแดงขดที่แช่อยู่ในถังน้ำผสมน้ำแข็ง สภาวะการทดสอบเริ่มต้นที่น้ำแข็ง 15 กิโลกรัม ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 60 ต่อ 40 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองแสดงว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของน้ำแข็งแบบสเลอรีที่ผิวของขดท่อขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำแข็ง ขนาดท่อ และอัตราการไหลของน้ำ และพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปของ Nusselt number สามารถทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผลการทดลองได้ดี