

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาพฤติกรรมการควบแน่นและการแลกเปลี่ยนความร้อนของหัวฉีดสเปรย์น้ำแบบกรวยกลมภายในอุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำแบบสัมผัสโดยตรง โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการควบแน่นไอน้ำและการถ่ายเทความร้อนระหว่างการสเปรย์น้ำกับไอน้ำที่ระเหยมาจากหม้อไอน้ำน้ำตาล แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ช่วงตามพฤติกรรมของการสเปรย์คือ 1) ช่วงต่อเนื่องน้ำ (ช่วงชีท) 2) ช่วงหยดน้ำ ภายใต้ข้อสมมุติฐานดังต่อไปนี้คือ 1) สำหรับช่วงชีทคือ คำนวณหาวิถีโค้งของการสเปรย์โดยพิจารณาการไหลแบบปั่นป่วนเนื่องจากผลของการไหลวนภายในหัวฉีดสเปรย์และพิจารณาการถ่ายเทความร้อนด้วยแบบจำลองการนำความร้อนแบบปั่นป่วน โดยไม่คำนึงถึงผลของการควบแน่นของไอน้ำ และ 2) สำหรับช่วงหยดน้ำคือ หยดน้ำเป็นทรงกลม และเพิ่มตัวคูณเนื่องจากผลของการพาความร้อนในแบบจำลองการนำความร้อน ผลการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองนี้กับผลการทดลองและผลการคำนวณของ Takahashi *et al.* [1] พบว่า แบบจำลองนี้ให้ผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพการควบแน่นใกล้เคียงกับผลการทดลอง [1] มากกว่าผลการคำนวณของ Takahashi *et al.* [1] ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากแบบจำลองนี้ได้คำนึงถึงอิทธิพลของแรงเนื่องจากความหนืดระหว่างไอน้ำกับน้ำในสมการโมเมนตัมในแนวการไหลและในแนวเส้นสัมผัสเส้นโค้ง

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองกับอุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำ ใช้วิธีทางพลศาสตร์ของของไหลจำลองการไหลแบบปั่นป่วน 3 มิติในกล่องสเปรย์ภายในอุปกรณ์การควบแน่นไอน้ำ ด้วยระเบียบวิธีเชิงปริมาตรจำกัด เพื่อหาค่าอัตราการไหลมวลน้ำของแต่ละหัวฉีดสเปรย์ เพื่อคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยรวม ค่าอัตราการควบแน่นโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวมเฉลี่ยของทุกหัวฉีดสเปรย์ภายในอุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำ ผลการคำนวณพบว่า ทุกค่าที่กล่าวมาข้างต้นแปรผันตามค่าอัตราการไหลมวลน้ำหล่อเย็นโดยรวมของอุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำ

บทสรุปของงานวิทยานิพนธ์ได้สรุปแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำหล่อเย็นสำหรับอุปกรณ์ควบแน่นไอน้ำไว้ 2 ประเด็นคือ 1) ศึกษาผลของการลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในช่วง $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ถึง $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ พบว่าถ้าลดอุณหภูมิน้ำลง $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะสามารถลดการใช้ปริมาณน้ำลงได้ $4.5\text{ m}^3/\text{hr}$ สำหรับอัตราการระเหยไอน้ำของหม้อไอน้ำขนาด 60 m^3 และ 2) การปิดหัวฉีดสเปรย์น้ำให้เหมาะสมกับอัตราการระเหยไอน้ำของหม้อไอน้ำน้ำตาล ผลการศึกษาพบว่า การปิดหัวฉีดสเปรย์น้ำจำนวน 4 หัวเหมาะสมกับอัตราการระเหยไอน้ำของหม้อไอน้ำน้ำตาลขนาด 55 m^3 สามารถลดการใช้ปริมาณน้ำลงได้ $53.105\text{ m}^3/\text{hr}$ และการปิดหัวฉีดสเปรย์น้ำจำนวน 8 หัวเหมาะสมกับอัตราการระเหยไอน้ำของหม้อไอน้ำน้ำตาลขนาด 45 m^3 สามารถลดการใช้ปริมาณน้ำลงได้ $106.594\text{ m}^3/\text{hr}$

This thesis presents the study of condensation and heat transfer behaviors of hollow-cone spray nozzle in a direct contact condenser (Jet condenser). A mathematical model is formulated to study the behavior of condensation and heat transfer between subcooled water spray and vapor from vacuum pan. The model was divided into two portions based on the physical feature of hollow-cone spray: 1) continuous liquid sheet (sheet portion) and 2) droplet portion. Depending on the assumptions: 1) sheet portion, trajectory of spray was considered turbulent flow due to swirling flow inside a spray nozzle, the turbulent thermal conductivity model was applied to predict the heat transfer with negligible condensation of vapor and 2) droplet portion, the droplet to be the sphere, the internal mixing inside the droplet model was applied to predict the heat transfer. The presents calculation of condensation efficiency is in better agreement with the experimental [1] than the calculation of Takahashi *et al.* [1]. Because of the viscous forces in the stream-wise and tangential momentum equations are accounted for through the interfacial friction forces acting on vapor-water interfaces.

In the application of model, CFD is used to simulate 3D turbulent flow inside the spray box in the jet condenser by finite volume method, for calculation of the mass flow rate of each spray nozzle. Then, the overall heat transfer rate, the overall condensation rate of vapor and the mean heat transfer coefficient of jet condenser are calculated. The results showed that the overall heat transfer rate, the overall condensation rate of vapor and the mean heat transfer coefficient were increased as function of total mass flow rate of subcooled water inlet of jet condenser.

To reduce the subcooled water spray consumption of jet condenser, the thesis is concluded in two applicable methods: 1) decreasing the temperature to 1 °C of subcooled water spray is resulted in reducing 4.5 m³/hr of subcooled water consumption within 60 m³ vacuum pan, varying from 25 °C to 40 °C and 2) closing some spray nozzle in the jet condenser to achieve appropriate evaporation rate of vacuum pan, is found that the 4-closed spray nozzles can reduce the subcooled water consumption by 53.105 m³/hr within 55 m³ vacuum pan and the 8-closed spray nozzles can reduce the subcooled water consumption by 106.594 m³/hr within 45 m³ vacuum pan.