บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 งานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการเปลี่ยนสถานะ

งานวิจัยของ J.V.C. Vargas และ A. Bejan (1994) นำเสนอการศึกษาผลผลิตของน้ำแข็งด้วยการพา การนำน้ำแข็งออกจากซองโดยการให้ความร้อนที่บริเวณผนังซองโดยการเลือกอัตราการผลิตของน้ำแข็งที่เหมาะสม โดยส่วนแรกแสดงหลักการเลือกอัตราการผลิตของน้ำแข็งทั้ง 3 รูปแบบ คือ การทำน้ำแข็งหลอดโดยการทำความเย็นจากภายนอกท่อ, การทำน้ำแข็งหลอดโดยการทำความเย็นจากภายในท่อ และการทำน้ำแข็งบนแผ่นเรียบ โดยมุ่งศึกษากลุ่มตัวแปรไร้มิติเพื่อหาวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสม

ส่วนที่สองของงานวิจัย กล่าวถึงเรื่องการนำน้ำแข็งออกจากซองซึ่งวิเคราะห์การนำน้ำแข็งออกโดยแรงโน้มถ่วง กระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นผลจากกลศาสตร์ของของเหลว, ความเร่งของก้อนน้ำแข็ง และตัวแปรที่มีผลต่อผนังซอง โดยทำนายเวลาที่ใช้ได้ใกล้เคียงกับการทดลอง

งานวิจัยของ K.C.Leong และ F.L.Tan (1997) นำเสนอการศึกษาทดลองหาการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งของสารละลายพาราฟินในภาชนะทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยที่ด้านใดด้านหนึ่งมีอุณหภูมิเท่ากันโดยตลอด ส่วนด้านที่เหลือมีสมบัติไม่ให้ความร้อนผ่าน โดยพิจารณาอิทธิพลของอัตราส่วนของด้านกับอุณหภูมิผิวที่มีต่อรูปร่างและอัตราการเคลื่อนที่ของรอยต่อ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ทั้งในกรณีสารบริสุทธิ์และสารผสม ในช่วงเริ่มของของการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งอยู่ในรูปแบบการนำความร้อน และเมื่อเวลาผ่านไปอิทธิพลของการพาความร้อนจะมีผลที่ด้านบนของภาชนะ ถ้าอัตราส่วนของด้านน้อยผลของการพาความร้อนจะขยายไปยังพื้นของภาชนะ และอัตราส่วนของด้านไม่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ขณะที่อัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะเร็วหากอุณหภูมิของผิวต่ำ

งานวิจัยของ Marilena Giangi, Fulvio Stella และ Tomasz A. Kowalewski (1999) นำเสนอการศึกษาระเบียบวิธีทางตัวเลขและการทดลอง ปัญหาการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาแบบธรรมชาติในสภาวะไม่คงตัวระหว่างการเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งของน้ำ โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจำลองในระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ใช้พื้นฐานของระเบียบวิธี enthalpy-porosity ในสูตรvorticity-velocity ใช้ระเบียบวิธี finite volume ในการแปลงอินทิกรัลให้เป็นสมการพีชคณิต วิธีการประมาณตัวแปรที่เปลี่ยนตามเวลาด้วยระบบช่วงเวลาแบบปริยายนำมาใช้กับสมการของ การถ่ายเทมวลและโมเมนตัม ทำการทดลองโดยให้ความร้อนในอัตราที่แตกต่างกันในลูกบาศก์ โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปเทียบกับผลจากระเบียบวิธีทางตัวเลขที่พิจารณาเป็นปัญหาถ่ายเทความร้อนแบบคอนจูเกต วิธีการวัดสนามการไหลและสนามอุณหภูมิโดยพร้อมกันใช้เครื่องวัดแบบผลึกของเหลว (liquid crystal tracers) เพื่อที่จะวัดข้อมูลบริเวณรอยต่อ โดยผลการเปรียบเทียบสอดคล้องกันเฉพาะในกรณีของการพาความร้อนและช่วงเริ่มต้นของกระบวนการเปลี่ยนสถานะ ส่วนเมื่อเวลาผ่านไปพบว่าความแตกต่างของข้อมูลระหว่างระเบียบวิธีทางตัวเลขและการทดลองมีค่ามากขึ้น

งานวิจัยของ Kamal A. R. Ismail และ Antonio Batista de Jesus(2001) นำเสนอผลของการศึกษาตัวแปรเชิงตัวเลขของการขึ้นรูปเป็นของแข็งของสารเปลี่ยนสถานะรอบ ทรงกระบอกที่บรรจุของเหลวถ่ายเทความร้อนไว้ภายใน โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการนำความร้อนในสารเปลี่ยนสถานะและผนังท่อ รวมถึงใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุมควบคู่กับเทคนิคการตรึ่งผิวรอยต่อในกระบวนการเปลี่ยนสถานะ ปัญหาการพาความร้อนในท่อแก้โดยใช้สมการสมดุลความร้อนโดยค่าตัวเลข Nusselt ที่คำนวณจากสภาวะคงตัวของฟลักซ์ความร้อนคงที่บริเวณกำแพง อิทธิพลของอุณหภูมิขาเข้าของของเหลวถ่ายเทความร้อน, อุณหภูมิเริ่มต้นของสารเปลี่ยนสถานะและความนำความร้อนของวัสดุท่อ ต่ออัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งดังกล่าว จากผลการวิจัย พบว่าอุณหภูมิของสารเปลี่ยนสถานะลดลงเร็วในช่วงเริ่มต้น ส่วนช่วงเปลี่ยนสถานะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเล็กน้อยเนื่องจากเป็นการถ่ายเทความร้อนแฝง โดยในขณะเดียวกันอัตราเร็วของผิวหน้าของการเปลี่ยนสถานะจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก หลังจากนั้นจะลดลงในอัตราคงที่จนสถานะของแข็งเกิดถึงบริเวณผิวท่อภายนอกทรงกระบอก

งานวิจัยของ รจนา ประไพนพ และ กุณฑิณี มณีรัตน์(พ.ศ.2547) นำเสนอการจำลองแบบของการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเป็นน้ำแข็งในหนึ่งและสองมิติ โดยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุมแบบเซลล์เซนเตอร์ โดยมีสมการการนำความร้อนเป็นสมการพื้นฐาน และใช้การพิจารณาจุดต่อแบบอยู่กับที่และคำนวณปริมาณความร้อนแฝงจากค่าความร้อนสัมผัสสมมติ ประมาณตัวแปรให้มีการกระจายตามระยะทางเชิงเส้นตรงและประมารตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยระบบช่วง

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาสองขั้น 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบชัดแจ้ง แบบแครงค์-นิโคลสัน และแบบปริยาย ส่วนการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่รอยต่อใช้ค่าเฉลี่ยแบบธรรมดา 2 รูปแบบ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิก และเสนอการใช้สัมประสิทธิ์การนำความร้อนในสถานะของแข็งเพิ่มอีกวิธีหนึ่ง ในการพิจารณาการประมาณตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา พบว่าผลเฉลยที่ได้จากการประมาณตัวแปรที่เปลี่ยนตามเวลาทุกวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงผลเฉลยแม่นตรงเมื่อขนาดปริมาตรควบคุมและช่วงเวลามีขนาดเล็กจนไม่มีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ จึงพบว่าวิธีแบบชัดแจ้งมีการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การพิจารณารูปแบบการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่รอยต่อสถานะได้ผลว่า การประมาณค่าของสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่รอยต่อสถานะด้วยสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในสถานะของแข็ง จะได้ผลเฉลยจากการจำลองแบบที่มีความใกล้เคียงผลเฉลยแม่นตรงมากที่สุด ในงานวิจัยได้มีกรณีศึกษาสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองเพื่อนำไปเทียบกับในกระบวนการผลิตจริงโดยผลที่ได้จากการจำลองเพื่อหาเวลาที่ใช้ในหารผลิตน้ำแข็งใช้เวลา 42 ชั่วโมง ในขณะที่กระบวนการผลิตจริงใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ชี้ว่ากระบวนการผลิตสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมบางประการเพื่อลดเวลาที่ใช้ในกระบวนการลงได้

2.2 งานวิจัยที่ศึกษาคุณสมบัติของน้ำแข็ง

งานวิจัยของ M. Yamada, S. Fukusako และ M. Eman-Bellah Sayed (1996) นำเสนอการศึกษาทดลองการถ่ายเทความร้อนที่เกิดในการหลอมเหลวของน้ำแข็งทรงกระบอก ในของเหลวที่ไม่ละลายปนกับน้ำเช่น น้ำมัน โดยน้ำแข็งที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำแข็งที่มีลักษณะใสซึ่งมีวิธีการทำโดยการพ่นฟองอากาศในภาชนะผลิตน้ำแข็ง

งานวิจัยของ Marcus V. A. Bianchi และ Raymond Viskanta (1997) นำเสนอผลการศึกษาแบบจำลองเพื่อทำนายความเข้มข้นของก๊าซ ในบริเวณสารละลายที่มีอัตราการเปลี่ยนสถานเป็นของแข็งต่างกัน การวิเคราะห์อินทิกรัลนำมาใช้เพื่อทำนายพฤติกรรมความเข้มข้นของก๊าซในอัตราเร็วบริเวณผิวรอยต่อคงที่ต่างๆกัน พบว่าความเข้มข้นของก๊าซสูงสุดที่บริเวณผิวรอยต่อและขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ค่าที่ได้จากอัตราเร็วที่ทำนายจากระเบียบวิธีอินทิกรัลสอดคล้องผลเฉลยแม่นตรง

งานวิจัยของ Marcus V. A. Bianchi และ Raymond Viskanta (1999) นำเสนอผลของการเกิดฟองอากาศต่ออัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เนื่องจากสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของก๊าซมีค่าน้อยกว่าในสถานะของแข็ง ดังนั้นสัมประสิทธิ์การนำความร้อนประสิทธิผลของ

ของแข็งที่มีลักษณะพรุนจึงต่ำเมื่อเกิดฟองอากาศแทรก โดยในงานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของฟองอากาศต่อกระบวนการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง โดยนำน้ำและสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์มาใช้ทดลอง ซึ่งจะมีการวัดการกระจายของอุณหภูมิและตำแหน่งผิวหน้าระหว่างการทดลอง ปริมาณของอากาศที่ละลายในของเหลวหาโดยการควบคุมความดันของตัวทดลองซึ่งอยู่ในภาชนะทดลอง ผลจากการทดลองชี้ว่าการเกิดของฟองอากาศที่บริเวณผิวรอยต่อไม่มีผลกระทบต่อค่าความนำความร้อนประสิทธิผลของของแข็งอย่างชัดเจน

งานวิจัยของ P.S.Wei , Y.K. Kuo ,S.H. Chiu และ C.Y. Ho(2000) ศึกษาการทดลองและทฤษฎี สำหรับการหารูปร่างที่สมมาตรของฟองอากาศซึ่งถูกกักไว้โดยผิวหน้าของการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง เนื่องจากการถ่ายเท โมเมนตัม ,พลังงาน,มวล และชนิด และสมดุลทางฟิสิกส์-เคมี ที่ผิวเคลื่อนที่ของฟองและใช้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่ขึ้นกับเวลาที่หาโดยการวิเคราะห์สเกล ผลของงานวิจัยทำให้ทราบถึงอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล,ค่าการกระจัดสูงสุดของผิวหน้าการขึ้นรูปเป็นของแข็งและอัตราการกร่อน, ค่าคงตัวของ Henry , ความเข้มข้นของของเหลว, ความตึงผิว,และมุมของฟอง) ที่มีต่อรูปร่างของฟอง แล้วนำค่าความยาวของฟองและมุมของฟองมาเปรียบเทียบกันระหว่างค่าจากทฤษฎีและการวัด สรุปได้ว่าการเพิ่มอัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งทำให้อัตราการถ่ายเทมวลของฟองและความดันในฟองเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้มีรัศมีของฟองที่โป่งออกลดลง

งานวิจัยของ P.S.Wei , C.C.Huang และ K.W.Lee(2003) ศึกษาโดยการทดลองและการวิเคราะห์การเกิดฟองน้ำบริเวณผิวหน้าของแข็ง ขณะที่ในน้ำซึ่งมีก๊าซละลายอยู่เกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง การเกิดฟองน้ำเป็นผลจากการเพิ่มการอิ่มตัวยิ่งยวดของของเหลว ซึ่งพบมากในงานทางวิศวกรรม,อุตสาหกรรมการผลิต และวิทยาศาสตร์ทางชีวภาพ ในงานนี้ศึกษาการวัดขนาดของฟองน้ำเล็กๆที่เกิดและความเข้มข้นของออกซิเจนและ คาร์บอนไดออกไซด์ที่ปนอยู่ในน้ำเหนือผิวหน้าของของแข็ง ค่าขนาดของฟองและความเข้มข้นของก๊าซนำมาเปรียบเทียบกัน รวมถึงปรากฏการณ์ของฟองน้ำเล็กๆในสารละลายผสมสองชนิด ขณะเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ผลของงานวิจัยฉบับนี้กล่าวถึง โดยการเพิ่มของสัดส่วนของก๊าซบริเวณผิวหน้าการแข็งตัวจะไปลดขอบเขตปลอดพลังงานและขนาดรัศมีวิกฤติของฟอง ในช่วงเริ่มต้นของการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ขนาดของรัศมีวิกฤติลดลงและจำนวนฟองน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปอัตราการเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะช้าลง ปริมาณของก๊าซในของเหลวที่อยู่ติดกับผิวหน้าของแข็งจะลดลงและขนาดรัศมีวิกฤติจะเพิ่มขึ้น