

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของกริดที่ถูกสร้างขึ้นโดย B.V.SAUNDERS ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและรูปร่างเมื่อเวลาเปลี่ยนไป.....	7
2.2	แสดงลักษณะเส้น streamline และเส้น isotherm ที่ได้จาก การประมวลผลโดยวิธี Galerkin Finite Element ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนไปตามเวลา.....	8
2.3	แสดงลักษณะเส้น streamline และเส้น isotherm ที่ได้จากการประมวลผลโดยวิธี แปลงพิกัดแกน (PDE Mapping Method) ซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนไปตามเวลา.....	9
3.1	โครงสร้างของวัสดุพอรุนทั่วไป	13
3.2	โครงสร้างวัสดุพอรุนแบบเซลล์ลูลาร์-คาพิลลารี (cellular capillary)	13
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันคาพิลลารีภายในวัสดุพอรุน และคุณสมบัติของไหล.....	14
3.4	กระบวนการถ่ายเทมวลสารในวัสดุพอรุน.....	15
3.5	ลักษณะแนวโน้มอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ณ ตำแหน่งใด ๆ ในแนวแกน x ที่เวลาเปลี่ยนไป.....	16
3.6	แสดงการอธิบายวิธีการแปรผันระยะกริด	17
3.7	การประมาณค่าเชิงเส้นระหว่างสองจุด.....	20
3.8	การประมาณค่าเชิงเส้นระหว่างฟังก์ชันเส้นโค้งสองเส้น.....	21
3.9	การแปลงพิกัดของขอบเขตเส้นโค้ง.....	23
3.10	อันตรกิริยาระหว่างวัสดุไดอิเล็กตริกและสนามไฟฟ้า.....	25
3.11	คลื่นไมโครเวฟแบบ TE ₁₀ โหมด.....	28
3.12	แสดงรังสีการตกกระทบและการดูดซับโดยวัสดุไดอิเล็กตริก.....	34
3.13	แสดงลักษณะของปริมาตรควบคุมของระบบ ที่พิจารณาโดยอาศัยหลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม	38

3.14	แสดงลักษณะของปริมาตรควบคุมของระบบ ที่พิจารณาโดยอาศัยหลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม ในกรณีที่พิจารณาการถ่ายเทความร้อน (Heat Equation)	39
3.15	แสดงลักษณะของปริมาตรควบคุมของระบบ ที่พิจารณาโดยอาศัยหลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม ในกรณีที่พิจารณาสมการโมเมนตัม (Momentum Equation)	43
4.1	รูปแบบจำลองทางกายภาพ.....	57
4.2	ลักษณะแนวโน้มอุณหภูมิจากที่เปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับ ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของกริดเมื่อเวลาเปลี่ยนไป	59
4.3	อธิบายวิธีการแปรผันระยะกริด	60
4.4	แสดงลำดับขั้นตอนและรายละเอียดของแผนผังวิธีการแก้ปัญหา.....	66
4.5	เปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนตัวของผิวละลายที่เวลาต่าง ๆ สำหรับอุณหภูมิทำละลายที่ 40 °C, 70 °C และ 100 °C	70
4.6	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 40 °C ของแท่งน้ำแข็งบริสุทธิ์ (pure ice)	71
4.7	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 40 °C ของแท่งน้ำแข็งบริสุทธิ์ (ice+porous)	71
4.8	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 70 °C ของแท่งน้ำแข็งบริสุทธิ์ (pure ice)	72
4.9	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 70 °C ของแท่งน้ำแข็งบริสุทธิ์ (ice+porous)	72
4.10	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 100 °C ของแท่งน้ำแข็งบริสุทธิ์ (pure ice)	73

4.11	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิวละลายที่เวลาต่าง ๆ ณ อุณหภูมิของการทำละลาย 100 °C ของแท่งน้ำแข็งปริสทุธิ์ (ice+porous)	73
5.1	แสดงลักษณะรูปร่างแบบจำลองทางกายภาพของปัญหา	78
5.2	พารามิเตอร์โดเมน $f_{(u,w)}$ ที่กำหนดอยู่บนระนาบของ u, w	81
5.3	รายละเอียดของแผนผัง และวิธีการคำนวณสำหรับกระบวนการทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข	87
5.4	แสดงการกำหนดโครงสร้างกริดของโดเมน ณ บริเวณโซนของเหลวและโซนของแข็ง	89
5.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของผิวละลายกับจำนวนกริดในบริเวณโซนของเหลว	90
5.6	เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของกริด ณ บริเวณผิวละลายที่เวลา 90 วินาที	91
5.7	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของกระบวนการทำละลายกับผลงานวิจัยของ Rattanadecho, P.	92
5.8	แสดงลักษณะโครงสร้างของกริด ณ บริเวณผิวละลายที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา	93
5.9	ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นของกระบวนการทำละลาย ณ เวลาต่าง ๆ	95
6.1	แบบจำลองทางกายภาพสำหรับการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายภายในวัสดุพูนแบบอิมิตัว	101
6.2	แบบจำลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างไมโครเวฟและวัสดุไดอิเล็กตริกภายในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยม	102
6.3	แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยม	102
6.4	พารามิเตอร์โดเมน $f_{(u,w)}$ ที่กำหนดอยู่บนระนาบของ u, w	110
6.5	ลักษณะโครงสร้างกริด (mesh) ภายในพื้นที่ทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคนิควิธี ทรานไฟไนต์อินเทอโพลชันร่วมกับวิธีแปลงพิกัดแกน	113

6.6	รายละเอียดของแผนผัง และวิธีการคำนวณสำหรับ กระบวนการทางระเบียบวิธีเชิงตัวเลข.....	115
6.7	แสดงลักษณะโครงสร้างของกริดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา	117
6.8	เปรียบเทียบตำแหน่งผิวละลายของการทดลอง กับค่าที่ทำนายได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในกรณีคลื่นความถี่ 2.45 GHz.....	121
6.9	แสดงลักษณะการดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาทีตามลำดับ กรณีที่ไซนของเหลว อยู่ทางด้านล่างไซนของแข็ง (W/m^3)	123
6.10	แสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิวละลาย ที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ไซนของเหลวอยู่ทางด้านล่างไซนของแข็ง ($^{\circ}C$)	124
6.11	แสดงลักษณะการดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาทีตามลำดับ กรณีที่ไซนของเหลว อยู่ทางด้านบนไซนของแข็ง (W/m^3)	125
6.12	แสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของผิว ละลายที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ไซนของเหลวอยู่ทางด้านบนไซนของแข็ง ($^{\circ}C$).....	126
6.13	แสดงลักษณะการดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาทีตามลำดับ กรณีที่ไซนของเหลว อยู่ทางด้านล่างไซนของแข็ง (W/m^3) กรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นใต้วัสดุทดสอบ	127
6.14	แสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ ของผิวละลายที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ไซนของเหลวอยู่ทางด้านล่างไซนของแข็ง ($^{\circ}C$) กรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นใต้วัสดุทดสอบ.....	128

6.15	แสดงลักษณะการดูดซับพลังงานของคลื่นไมโครเวฟที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาทีตามลำดับ กรณีที่ไซนของเหลว อยู่ทางด้านบนไซนของแข็ง (W/m^3) กรณีที่มีแผ่นโลหะสะท้อน คลื่นได้วัสดุทดสอบ.....	129
6.16	แสดงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ ของผิวละลายที่เวลา 10, 30, 60 และ 90 วินาที ตามลำดับ ในกรณีที่ไซนของเหลวอยู่ทางด้านบนไซนของแข็ง ($^{\circ}C$) กรณีที่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นได้วัสดุทดสอบ.....	130
6.17	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า Penetration dept (Dp) และค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป.....	131
6.18	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีที่ไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและไซนของเหลวอยู่บนไซน ของแข็ง (LS) และขนาดของไซนของเหลวเท่ากับขนาดของ ไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที.....	133
6.19	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีที่ไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและไซนของเหลวอยู่ด้านล่าง ไซนของแข็ง (SL) และขนาดของไซนของเหลวเท่ากับขนาดของ ไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	134
6.20	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีที่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและไซนของเหลวอยู่บนไซน ของแข็ง (LS) และขนาดของไซนของเหลวเท่ากับขนาดของ ไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	135
6.21	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีที่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและไซนของเหลวอยู่ด้านล่าง ไซนของแข็ง (SL) และขนาดของไซนของเหลวเท่ากับขนาดของ ไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	136

6.22	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีไม่มีแผ่นโลหะสะท้อน คลื่นและโชนของเหลวอยู่บนโชน ของแข็ง (LS) และขนาดของโชนของเหลวน้อยกว่าขนาดของ โชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	137
6.23	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและโชนของเหลวอยู่ด้านล่าง โชนของแข็ง (SL) และขนาดของโชนของเหลวน้อยกว่าขนาดของ โชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	138
6.24	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่นและโชนของเหลวอยู่บนโชนของแข็ง (LS) และขนาดของโชนของเหลวน้อยกว่าขนาดของโชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	139
6.25	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ กรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น และโชนของเหลวอยู่ด้านล่างโชนของแข็ง (SL) และขนาดของโชนของเหลวน้อยกว่าขนาดของโชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที	140
6.26	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ ระหว่างกรณีไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น กับกรณีมีแผ่นโลหะ สะท้อนคลื่นโดยมีโชนของเหลวอยู่ด้านบนบนโชนของแข็ง (LS) และขนาดของโชนของเหลวเท่ากับขนาดของโชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที.....	141
6.27	แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ ระหว่างกรณีไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น กับกรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น โดยมีโชนของเหลวอยู่ด้านล่างโชนของแข็ง (SL) และขนาดของโชนของเหลวเท่ากับขนาดของโชนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที.....	142

6.28	<p>แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ ระหว่างกรณีไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น กับกรณีมีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น โดยมีไซนของเหลวอยู่ ด้านบนไซนของแข็ง (LS) และขนาดของไซนของเหลว น้อยกว่าขนาดของไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที.....</p>	143
6.29	<p>แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ ระหว่างกรณี ไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น กับกรณีมีแผ่นโลหะ สะท้อนคลื่น โดยมีไซนของเหลวอยู่ด้านล่างไซนของแข็ง (SL) และขนาดของไซนของเหลวน้อยกว่าขนาดของไซนของแข็ง ที่เวลา 90 วินาที.....</p>	144
6.30	<p>แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งของผิวละลายที่ความถี่ต่าง ๆ ระหว่างกรณีขนาดของไซนของเหลวเท่ากับขนาดของไซนของแข็ง และขนาดของไซนของเหลวน้อยกว่าขนาดของไซนของแข็ง (โดยที่ไม่มีแผ่นโลหะสะท้อนคลื่น) ที่เวลา 90 วินาที.....</p>	145
7.1	แสดงลักษณะรูปร่างแบบจำลองทางกายภาพของปัญหา	150