

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	11
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับการศึกษา	12
1.5 ขอบเขตการศึกษา	12
บทที่ 2 หลักการ เหตุผลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
2.1 อุตสาหกรรมการผลิตอิฐ	13
2.2 ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบเตา	14
2.3 การทำอิฐ	18
2.4 หลักการทำงานเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	21
2.5 สมดุลความร้อนของเตา (Heat Balance)	25
2.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการไหล	30
2.7 วิธีปริมาตรสับเนื่อง (Finite Volume Method)	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	53
3.1 การสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข	53
3.2 การเก็บข้อมูลการทดสอบจริง	57

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3	ผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการทดลอง	67
บทที่ 4	ผลการคำนวณเชิงตัวเลขและวิเคราะห์ผล	70
4.1	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	70
4.2	การเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับการทดลองจริงและวิเคราะห์ผล	75
4.3	การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิ ความเร็วและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลข เมื่อเปลี่ยนอัตราการไหลและอุณหภูมิเผา	84
4.4	เปรียบเทียบผลการเผาไหม้หลังปรับปรุงที่ได้จากแบบจำลองกับการเผาไหม้ก่อนปรับปรุง	104
4.5	การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิ ความเร็วและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองเชิงตัวเลขเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งช่องทางออกอากาศร้อน	107
บทที่ 5	ผลการทดสอบระบบจริงและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	119
5.1	การทดสอบลักษณะการทำงานของเตาเผาไหม้ประหยัดพลังงาน	119
5.2	การวิเคราะห์การใช้พลังงานของเตาเผาไหม้ประหยัดพลังงาน	121
5.3	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	130
บทที่ 6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	139
6.1	สรุปผลงานวิจัย	139
6.2	ข้อเสนอแนะ	140

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก ข้อมูลจากการทดลองและการคำนวณเชิงตัวเลข	145
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบระบบเตาเผาอิฐ	168
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ	174
ภาคผนวก ง รายละเอียดการใช้โปรแกรม	179
ภาคผนวก ฉ บทความตีพิมพ์	198
ภาคผนวก ช เตาเผาอิฐแบบประหยัดพลังงานที่ได้จัดสร้าง	213
ประวัติผู้เขียน	215

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แบบจำลองในการคำนวณ	57
3.2 แสดงช่วงการวัดที่ให้ค่าความแม่นยำ	60
5.1 แสดงประสิทธิภาพและการใช้พลังงานของเตาโดยเผา 8 ครั้งติดต่อกัน	124
5.2 แสดงการใช้พลังงานและประสิทธิภาพเฉลี่ยทั้งระบบ	124
5.3 แสดงความร้อนสูญเสียทั้งระบบ	125
5.4 แสดงประสิทธิภาพและการใช้พลังงานของเตาโดยเผา 8 ครั้งติดต่อกัน	128
5.5 แสดงการใช้พลังงานและประสิทธิภาพเฉลี่ยทั้งระบบ	128
5.6 แสดงความร้อนสูญเสียทั้งระบบ	129
5.7 วิเคราะห์ผลกำไรและระยะเวลาคืนทุน (BP, break event point)	137
5.8 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนลงทุน (IRR, internal rate of return)	138

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แบบโครงสร้างเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	14
2.2 ส่วนประกอบเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	15
2.3 ตะแกรงพื้นเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	16
2.4 ลักษณะโครงสร้างรถเข็นลำเลียงอิฐ	17
2.5 การเรียงอิฐในเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	18
2.6 หลักการทำงานของเตาเผาอิฐ	22
2.7 เตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	23
2.8 แสดงประจักษ์ควบคุมอากาศร้อน	24
2.9 แสดงเส้นกราฟสำหรับการควบคุมอุณหภูมิเผาในเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	24
2.10 Shanky Diagrams	29
2.11 การวัดความเร็วการไหลแบบปั่นป่วนผ่านทรงกระบอก	40
2.12 Flowchart ลำดับขั้นตอนการคำนวณวิธี SIMPLE	52
3.1 แสดงขนาดของเตาเผาอิฐ 4 ห้องเผา (ก) รูปด้านบน, (ข) รูปด้านหน้า	54
3.2 แสดงลักษณะของห้องเผาอิฐ (ก), (ข) รูปแบบ 3 มิติ ห้องเผาเดี่ยว	
แสดงปริมาตรภายในห้องเผา	55
3.3 แสดงขนาดของห้องเผาอิฐ แบบ 2 มิติ	55
3.4 แสดงวิธีการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม CFD-GEOM แบบ 3 มิติ 3 ส่วน	
(ก) รูปด้านหลัง, (ข) รูปด้านหน้า, (ค) รูปด้านนอก	56
3.5 สายเทอร์โมคัปเปิล Type K	58
3.6 หัววัดเชรามิก SK - JB-35C [1203937351] ชนิดTYPE K (ก) หัววัดเชรามิก,	
(ข) กระโหลกของหัววัด	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.7 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger) รุ่น Fluke Hydra series II	59
3.8 เครื่องอ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล Digital thermometer รุ่น KM330 บริษัท Kane-May	59
3.9 ตำแหน่งจุดวัดอุณหภูมิภายในเตา	61
3.10 แสดงการติดตั้งหัววัดที่ตำแหน่งต่างๆ (ก), (ข) ตำแหน่งจากด้านหน้าประตู (ค) ตำแหน่งการวัดการกระจายอุณหภูมิภายในกองอิฐ 9 ตำแหน่ง	62
3.11 ตำแหน่งบริเวณเพดานเหนือห้องเผา (ก) บริเวณเหนือห้องเผาไหม้วัดอุณหภูมิไฟ ที่ใช้ในการเผาอิฐ, (ข) บริเวณเหนือห้องเผาอิฐอุณหภูมิใช้ควบคุมการเผาอิฐด้านบน	63
3.12 แสดงตำแหน่งวัดความเร็วลม	64
3.13 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger) รุ่น Fluke Hydra series II	65
3.14 เครื่องมือวัดความเร็วลม รุ่น 350/335 M/XL	65
3.15 ชุดหัววัดความดัน	66
3.16 เครื่องชั่งน้ำหนัก	66
3.17 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า Nanovip-Nanovip Plus	67
3.18 ก้อนอิฐขนาดเล็กที่ใช้ในการทดลอง (size 16.5x7.5x5.5 cm. ³)	67
3.19 แสดงการจัดเรียงจริงที่ใช้ในการทดสอบเผาที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบ และทำนายผลของตัวแปรที่สนใจในการจัดเรียงจะเรียงไปร้งเหมือนกันโดยเรียงทั้งหมด 17 ชั้น	68
3.20 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทดลองในงานวิจัย	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 แสดงการควบคุมอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่ใช้อยู่จริง	71
4.2 แสดงจุดวัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ 11 ตำแหน่ง	72
4.3 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 1	73
4.4 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 2	74
4.5 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 3	74
4.6 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ทดสอบครั้งที่ 4	75
4.7 แสดงตำแหน่งในการเปรียบเทียบแบบจำลองกับการทดลองจริง	76
4.8 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P1)	77
4.9 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P2)	77
4.10 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านบนห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P3)	78
4.11 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P4)	78
4.12 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P5)	79
4.13 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณกลางห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P6)	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.14 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาไหม้ทางด้านซ้าย (ตำแหน่ง P7)	80
4.15 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาไหม้ตรงกลาง (ตำแหน่ง P8)	81
4.16 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิจากแบบจำลองกับการทดลองจริง บริเวณด้านล่างห้องเผาไหม้ทางด้านขวา (ตำแหน่ง P9)	81
4.17 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับการทดลองจริง (ก) แบบจำลอง 2 มิติ ที่อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส, (ข) อุณหภูมิในห้องเผาไหม้จากการทดลอง	82
4.18 ลักษณะการไหลของอากาศร้อนที่อัตราการไหล 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8 ชั่วโมง	86
4.19 ลักษณะการไหลของอากาศร้อน (ก) ผ่านกองอิฐ (ข) บริเวณมุมห้องเผาไหม้	96
4.20 ลักษณะการไหลของอากาศร้อนบริเวณช่องทางออก	87
4.21 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐ	88
4.22 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐตามแนวระดับ (แกน X) (ก) แถวบน (Upper), (ข) แถวกลาง (Middle), (ค) แถวล่าง (Lower)	90
4.23 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐตามแนวตั้ง (แกน Y) (ก) แถวซ้าย (Left), (ข) แถวกลาง (Center), (ค) แถวขวา (Right)	92
4.24 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศา เซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแถว ซ้ายสุด (Left)	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.25 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแฉกกลาง (Center)	95
4.26 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 800, 900 และ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 200, 400 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณแฉกขวา (Right)	96
4.27 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง, (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง, (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง, (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง, (จ) ที่เวลา 12 ชั่วโมง, (ฉ) ที่เวลา 14 ชั่วโมง	98
4.28 แสดงลักษณะการกระจายอุณหภูมิของแบบจำลอง 3 มิติ ความลึก 3 แฉก ที่อัตราการไหล 600 kg/hr 1,000°C (ก), (ข) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 5 ชั่วโมง (ค), (ง) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 10 ชั่วโมง (จ), (ฉ) แบบจำลอง 3 มิติ เวลา 11 ชั่วโมง	100
4.29 แสดงลักษณะการกระจายความเร็วของแบบจำลอง 3 มิติ ความลึก 3 แฉก ที่อัตราการไหล 600 kg/hr 1,000°C (ก), (ข) ความเร็วตามแนวระดับ (ค), (ง) ความเร็วตามแนวตั้ง (จ), (ฉ) ความเร็วตามแนวลึก	101
4.30 กราฟเปรียบเทียบแบบจำลองอุณหภูมิกับเวลา ที่อัตราการไหล และอุณหภูมิต่างๆ กัน 9 แบบจำลอง	102
4.31 กราฟแสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบน กลาง ด้านล่าง แบบจำลองอัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส	103
4.32 กราฟแสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านบนกับด้านล่าง	103
4.33 แสดงเวลาในการเผาตามเงื่อนไขของแบบจำลอง (หลังปรับปรุง) เทียบกับการเผาแบบเดิม (ก่อนปรับปรุง)	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.34 แสดงอุณหภูมิด้านบนและด้านล่าง ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิเผา ตามวิธีการเผาหลังปรับปรุง	106
4.35 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนกลางเตาทางด้านซ้าย	107
4.36 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนบริเวณด้านล่างซ้าย	108
4.37 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนบริเวณด้านล่างซ้าย	108
4.38 การกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทางออกช่องอากาศร้อนกลางเตาทางด้านล่าง	109
4.39 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณกลางเตาแนวนอน (Section A-A')	110
4.40 เปรียบเทียบการกระจายความเร็วผ่านกองอิฐที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง บริเวณกลางเตาแนวตั้ง (Section B-B')	111
4.41 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกอากาศร้อนบริเวณกลางเตาทางด้านซ้าย ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง	112
4.42 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกอากาศร้อนบริเวณด้านล่างซ้าย ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง	113
4.43 การกระจายอุณหภูมิผ่านกองอิฐช่องทางออกอากาศร้อนบริเวณกลางเตาด้านล่าง ที่อุณหภูมิเผา 1,000 องศาเซลเซียส อัตราการไหล 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (ก) ที่เวลา 2 ชั่วโมง (ข) ที่เวลา 4 ชั่วโมง (ค) ที่เวลา 6 ชั่วโมง (ง) ที่เวลา 8 ชั่วโมง	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.44 เปรียบเทียบแบบจำลองที่บริเวณทางออก 4 ตำแหน่ง	115
4.45 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิในแบบจำลอง	116
4.46 แสดงความสัมพันธ์อุณหภูมิกับเวลา จุดที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในการเผา (จุด P4)	116
4.47 แสดงอุณหภูมิภายในก้อนอิฐบริเวณด้านล่างสุดของแบบจำลอง (จุด P3)	118
4.48 แสดงอุณหภูมิแตกต่างระหว่างบริเวณด้านบน (จุด P1) และด้านล่าง (จุด P4) ของกองอิฐตลอดกระบวนการ	118
4.49 แสดงอุณหภูมิแตกต่าง มากสุด น้อยสุด และเฉลี่ยตลอดกระบวนการทั้ง 4 แบบจำลอง	118
5.1 แสดงอุณหภูมิอากาศร้อนที่ไหลจากห้องเผาผ่านช่องก๊าซร้อนไปห้องถัดไป	120
5.2 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิง	121
5.3 แสดงการเก็บอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของเตาเผาอิฐ	122
5.4 แสดงอุณหภูมิที่ตำแหน่งวัดต่างๆ ของเตาเผาอิฐ	123
5.5 แผนภาพแสดงสมดุลพลังงานของเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	126
5.6 แสดงอุณหภูมิที่ตำแหน่งวัดต่างๆ ของเตาเผาอิฐ	127
5.7 แผนภาพแสดงสมดุลพลังงานของเตาเผาอิฐประหยัดพลังงาน	130

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$\dot{Q}$	อัตราพลังงาน	kJ/s
LHV	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	kJ/kg
$\dot{m}$	อัตราการไหลของก๊าซเสีย	kg/s
C_p	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ	kJ/kg-K
Δt	ช่วงเวลาที่พิจารณา	s
A	พื้นที่	m^2
Δx	ความหนาของผนัง, ระยะตามแนวแกน x	m
Δy	ระยะตามแนวแกน y	m
h_m	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย	W/m^2
T	อุณหภูมิ	K
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	kg / m^3
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	$W/m^2.K$
μ	ความหนืด	$N \cdot s / m^2$
u	ความเร็วย่อยในแนวแกน x	m/s
v	ความเร็วย่อยในแนวแกน y	m/s
w	ความเร็วย่อยในแนวแกน z	m/s
L	Characteristic Length	m
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ 9.81	m/s^2
ν	ค่าความหนืดจลน์ของของไหล	m^2/s
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง	m
D_h	เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก	m
F	แรง	N
m	น้ำหนัก	kg
λ	ค่าความหนืดที่สอง (second viscosity)	m^2/s

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
i	Internal energy	kJ/kg
h_0	ผลรวมของเอนทัลปี	kJ/kg
P	ความดัน	N/m ²
σ	ความเค้น	N/m ²
τ	ความเค้นเฉือน	N/m ²
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	
Re	ค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์	
Nu_m	Nusselt Number	
Gr_L^*	กราสโฮฟดัดแปลง (modified Grashof number)	
Pr	Prandtl Number	
R	ค่าคงตัวสากลของก๊าซ (Universal gas constant)	
G	Production rate of turbulence	
σ_ε	Prandtl/Schmidt number	
K	ค่าของพลังงานจลน์ของความปั่นป่วน $\overline{w}$	
ε	อัตราการสลายตัวของความปั่นป่วน (TKE dissipation rate)	
$\bar{\sigma}_{ji}$	deviatoric part ของ viscous stress tensor	
ϕ	ปริมาณใดๆ ที่สนใจ	
Γ	สัมประสิทธิ์การแพร่	
a	ค่าสัมประสิทธิ์	
S_{ij}	Strain tensor	
α_p	Under-relaxation	

สัญลักษณ์ตัวห้อย

ความหมาย

fuel	เชื้อเพลิง (Fuel)
g	ก๊าซ (Gas)
amb	สิ่งแวดล้อม (Ambient)
k	เตา (Kiln)
storage	สะสม
t_1	อุณหภูมิตอนแรก
t_2	อุณหภูมิตอนหลัง
cond	การนำความร้อน (Conduction)
S_{in}	ผนังด้านใน (Surface in)
S_{out}	ผนังด้านนอก (Surface out)
conv	การพาความร้อน (Convection)
m	เฉลี่ย (Mean)
w	ผนัง (Wall)
W	ทิศตะวันตก (West)
E	ทิศตะวันออก (East)
S	ทิศใต้ (South)
N	ทิศเหนือ (North)
P	ตรงกลาง (Center point)
WP	ระยะไปทางทิศตะวันตก
PE	ระยะไปทางทิศตะวันออก
PN	ระยะไปทางทิศเหนือ
SP	ระยะไปทางทิศใต้

สัญลักษณ์ด้วย

ความหมาย

C

การพา (Convective)

D

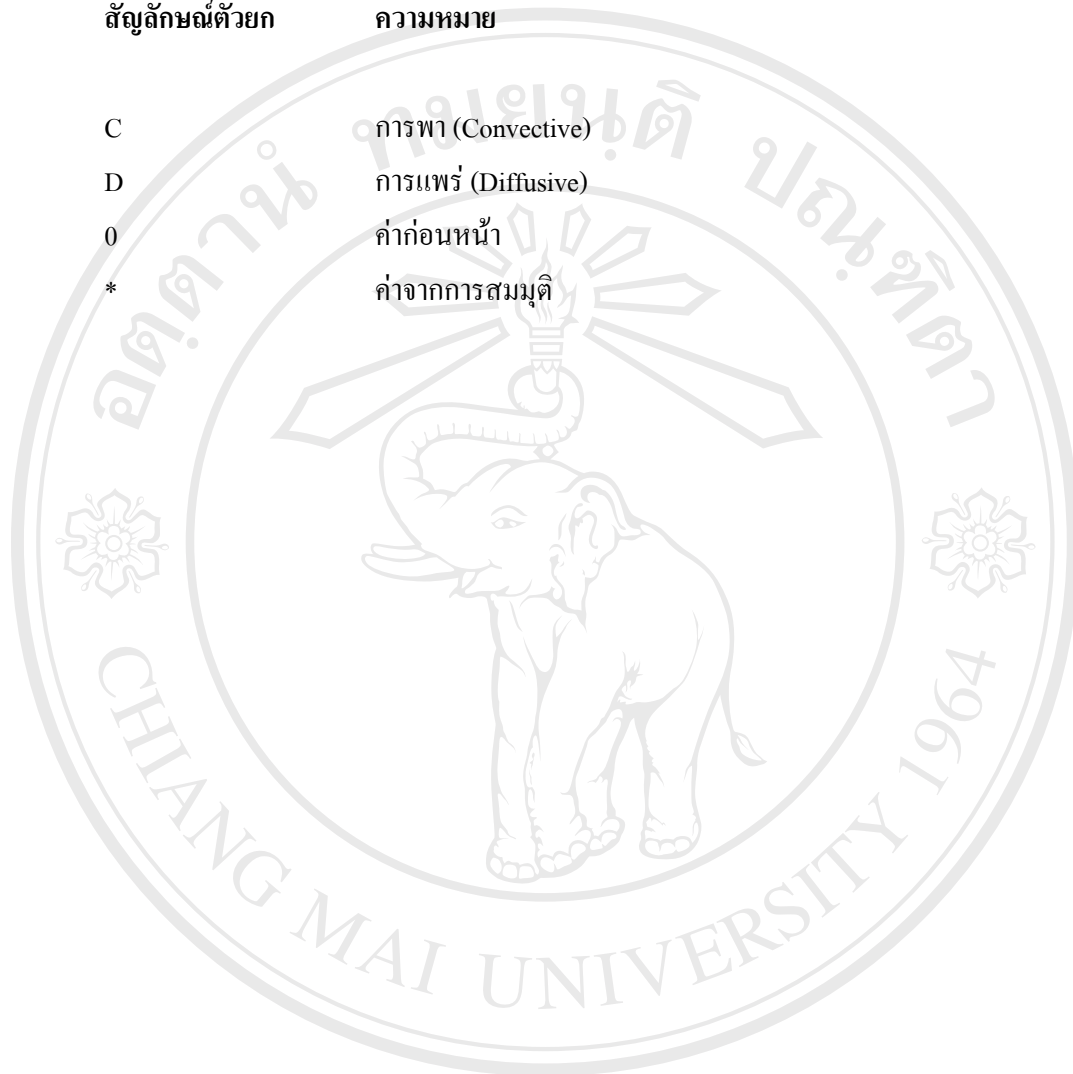
การแพร่ (Diffusive)

0

ค่าก่อนหน้า

*

ค่าจากการสมมุติ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved