รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	แผนภาพสมดุลระหว่างเหล็กกับคาร์บอน (Phase Equilibrium Diagram)	3
2.2	แผนผังความสัมพันธ์ของเหล็กหล่อธาตุผสมสูงชนิดต่างๆ	5
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเกิดออกซิเดชันกับอุณหภูมิที่เกิดสเกลของเหล็กชนิดต่างๆ ภายใต้สภาวะอากาศระยะเวลา 200 ชั่วโมง	6
2.4	โครงสร้างจุลภาคของเหล็กหล่อ Ni-resist ชนิดแผ่น	7
2.5	ตัวอย่างโครงสร้างเหล็กหล่อ (a) Ni-resist type 1 และ (b) Ni-resist type D-2W	8
2.6	แกรไฟต์ที่มีรูปร่างลักษณะแตกต่างจากปกติ (a) แกรไฟต์ชนิด Chunky (b) & (c) แกรไฟต์ชนิด Widmanstatten (d) ภาพขยายแกรไฟต์ชนิด Widmanstatten จากภาพล่างซ้าย (Hughes, 1969)	11
2.7	ตัวอย่างเครื่องมือที่ผลิตจากเหล็กหล่อ Ni-resist (a) ปั๊มสูบน้ำทะเลผลิตจาก Ni-resist type D-2W (b) ชิ้นส่วนปั๊มก้นหอยผลิตจาก Ni-resist type 1	15
2.8	สัดส่วนของสิ่งปลอมปนชนิดต่างๆที่พบในงานหล่อเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าเจือต่ำ	23
2.9	ขั้นตอนการเกิดโพรงหดตัวปฐมภูมิแบบท่อ	25
2.10	ขั้นตอนการเกิดโพรงหดตัวปฐมภูมิแบบภายใน	25
2.11	ลักษณะการเกิดปัญหาการแตกร้าวร้อนที่ชิ้นงานหล่อ (Hot tear)	26
2.12	ลักษณะของปัญหาและตัวอย่างชิ้นงานที่เกิดปัญหา Misrun	26
2.13	วิธีทดสอบการไหล (ก) การทดสอบโดยใช้แบบหล่อแบบก้นหอย (ข) การทดสอบโดยใช้สุญญากาศ	27
2.14	การไหลและการแข็งตัวของน้ำโลหะบริสุทธิ์ที่เทที่อุณหภูมิจุดหลอมเหลว	28
2.15	ความสัมพันธ์ของสมบัติต่างๆเปรียบเทียบระหว่างเหล็กหล่อเหนียวและอะลูมิเนียมผสม	29
2.16	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานจากวัสดุประเภทต่างๆ	30
2.17	กราฟอัตราการเย็นตัวที่สัมพันธ์กับความหนาของงานหล่อ	31

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
2.18	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า อุณหภูมิการเท (TP) และค่า CE กับความสามารถในการไหลใน Spiral ที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร	31
2.19	ตัวอย่างวงก้นหอยอาร์คิมิดีส (Archimedes spiral)	33
3.1	Flow Chart ขั้นตอนการผลิต	36
3.2	ตัวอย่างเตาหลอมโลหะ (Induction Furnace)	37
3.3	ตัวอย่างเบ้ารับน้ำโลหะ (Ladle)	37
3.4	Amatek Spectrometer รุ่น LAB LAVM 11	38
3.5	การวัดค่าความแข็งจากเครื่อง Hardness Test ยี่ห้อ Mitutoyo HR-300	39
3.6	Optical Microscope รุ่น Olympus GX 51	39
3.7	เครื่องทำแบบหล่อทรายเครื่องอัดทรายชนิดกระแทกอัด (Jolt-Squeeze Molding Machine)	40
3.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์รุ่นต่างๆกับปริมาณการผลิตและมูลค่าความเสียหายจากชิ้นงานเสียของผลิตภัณฑ์ 10 อันดับแรกของบริษัท	41
3.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานเสียประเภทต่างๆ กับปริมาณชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้น(ชิ้น) และเปอร์เซนต์สะสมของชิ้นงานเสียจากกระบวนการหล่อชิ้นส่วนปั๊มรุ่น 400 I	42
3.10	ตัวอย่างชิ้นงานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบ (Misrun)	43
3.11	การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเพื่อตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี	45
3.12	แผนผังการบันทึกอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเทน้ำโลหะ	47
3.13	การวัดอุณหภูมิน้ำโลหะก่อนเทลงแบบหล่อทรายด้วยเทอร์โมคัปเปิล	47
3.14	แผนผังขั้นตอนการทดลอง	48
3.15	ตัวอย่างชิ้นงานที่เตรียมพร้อมสำหรับไปตรวจสอบโครงสร้าง	50
4.1	กราฟปริมาณส่วนผสมทางเคมีของธาตุประกอบที่มีอยู่ในน้ำโลหะเปรียบเทียบกับปริมาณควบคุมที่ทางโรงงานกำหนด	52
4.2	กราฟปริมาณส่วนผสมทางเคมีของธาตุประกอบที่มีอยู่ในน้ำโลหะเปรียบเทียบปริมาณควบคุมที่ทางโรงงานกำหนด	53

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.3	การระบุตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานของงานรุ่น 400 I บนแพทเทิล	53
4.4	การระบุตำแหน่งหมายเลข 1-6 ของใบพัดในงานรุ่น 400 I	54
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณงานเสียเป็นเปอร์เซนต์และตำแหน่งของชิ้นงานในแบบหล่อของผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I	55
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณชิ้นงานเสียกับตำแหน่งของใบพัดที่พบงานเสีย	56
4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณงานเสียกับตำแหน่งของชิ้นงานในแบบหล่อและตำแหน่งของใบพัดในชิ้นงานของผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I	56
4.8	แผนผังกระบวนการหล่อโลหะและอุณหภูมิต่างๆที่อุณหภูมิเทน้ำโลหะ 1,520^{O}C	57
4.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณชิ้นงานเสียกับลำดับของโมลด์ในการเทน้ำโลหะ	59
4.10	แผนผังกระบวนการหล่อโลหะและวัดอุณหภูมิต่างๆที่อุณหภูมิเทน้ำโลหะ 1,530^{O}C	60
4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทน้ำโลหะ 1,520^{O}C และ 1,530^{O}C กับปริมาณชิ้นงานเสียจากกระบวนการหล่อที่เกิดขึ้น	62
4.12	บริเวณแกนชิ้นงานที่ใช้วัดความแข็ง	63
4.13	ค่าความแข็งที่อุณหภูมิเทน้ำโลหะ 1,520 ^{O}C และ 1,530^{O}C	64
4.14	ตำแหน่ง 3 จุดบนชิ้นงานที่ใช้ตรวจสอบโครงสร้าง	64
4.15	เปรียบเทียบโครงสร้างทางจุลภาคก่อนกัดกรดของเหล็กหล่อที่อุณหภูมิเทต่างกันด้วยกล้อง Optical Microscope กำลังขยาย 100 เท่า (a) 1,520^{O}C (b) 1,530^{O}C	65
4.16	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทน้ำโลหะ 1,525^{O}C อุณหภูมิ 1,530^{O}C และอุณหภูมิ 1,535^{O}C กับปริมาณชิ้นงานเสียจากกระบวนการหล่อและกลึงที่เกิดขึ้น	67
4.17	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเทน้ำโลหะที่ผู้ปฏิบัติงานใช้จริงเทียบกับมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนดไว้	69
4.18	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเทน้ำโลหะกับค่ามาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด	70
4.19	กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณชิ้นงานเสียที่ได้หลังจากเพิ่มอุณหภูมิการเทน้ำโลหะกับค่าอ้างอิงปี 2013	71

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
ข.1	แพทเทิลของงานรุ่น 400 I	82
ข.2	ตัวอย่างชิ้นงานรุ่น 400 I	82
ข.3	ตัวอย่างชิ้นงานรุ่น 400 I หลังการหล่อ (As-cast)	83
ข.4	ตัวอย่างแบบหล่อทรายพร้อมใช้งานในสายการผลิตแบบ Manual	83
ข.5	การตักแสล็กออกจากเบ้าก่อนเทน้ำโลหะลงในแบบหล่อ	84
ข.6	การเทน้ำโลหะลงแบบในกระบวนการหล่อแบบ Manual	84