

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)	1
1.5 ขอบเขต	1
1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	2
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Gantt Chart)	2
1.9 รายละเอียดงบประมาณของโครงการ	3
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การหล่อโลหะ	4
2.2 ทองเหลือง	6
2.3 อะลูมิเนียม	15
2.4 เตาหลอมโลหะ	17
2.5 ขดลวดความร้อน	18
2.6 วัสดุทนไฟ (Refractory materials)	34
2.7 เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	48
3.1 ศึกษาพร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเตาหลอมโลหะ ระบบความร้อน และระบบไฟฟ้า	48
3.2 ออกแบบระบบความร้อน	49
3.3 ออกแบบระบบไฟฟ้า	49
3.4 ออกแบบเตาหลอมโลหะ	49
3.5 จัดหาอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเตาหลอมโลหะ ระบบความร้อน และระบบไฟฟ้า	50
3.6 สร้างเตาหลอมโลหะ ระบบความร้อน และระบบไฟฟ้า	50
3.7 ทดสอบและแก้ไขให้ได้ตามวัตถุประสงค์	51
3.8 วิเคราะห์สรุปผลและเสนอโครงการงานวิจัย	51
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	52
4.1 ออกแบบเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์	52
4.2 จัดสร้างเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์	53
4.3 ทดสอบเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์	58
4.4 ผลการทดสอบ	59
4.5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	67
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	70
5.2 ปัญหาที่พบในการดำเนินงานวิจัย	70
5.3 ข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	73
ภาคผนวก ก แบบเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์	74
ภาคผนวก ข วงจรไฟฟ้า	79
ภาคผนวก ค การคำนวณหาขนาดของขดลวดความร้อน ขนาดของเตาหลอมโลหะ และความหนาของฉนวนกันความร้อน	82

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน
ประวัติผู้วิจัย

หน้า
95
107



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Wax Pattern	5
2.2 Ceramic Pattern	5
2.3 ชิ้นงานที่หล่อได้	5
2.4 แสดงขบวนการหล่อแบบ Lost Wax อีกวิธีหนึ่ง	6
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติเชิงกลและปริมาณของสังกะสีที่อยู่ในทองเหลืองประเภทที่ 1	10
2.6 แผนภูมิสมดุลของทองแดง-สังกะสี	11
2.7 โครงสร้างของทองเหลืองส่วนผสมไฮโป-เปอร์ริเทคติก	13
2.8 ภาพตัดของเตาเบ้า	17
2.9 ภาพเตาเบ้า	18
2.10 ชุดควบคุมอุณหภูมิ	19
2.11 กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับเตาธรรมดา	22
2.12 กำลังไฟฟ้าของเตาที่มีฉนวนความร้อน	22
2.13 ภาวะที่ผิวนิ่งเตา	23
2.14 ภาวะที่ผิวของโลหะผสมแคดมอลและโลหะผสมนิกโรล	24
2.15 ปัจจัยอุณหภูมิ (C) ของโลหะผสมแคดมอล	26
2.16 ปัจจัยอุณหภูมิของลวดนิกโรล 80	26
2.17 ปัจจัยอุณหภูมิของโลหะผสมนิกโรล	27
2.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาว	30
2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและเส้นผ่าศูนย์กลางของลวด Kanthal DSD เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-8.0 มิลลิเมตร	31
2.20 อัตราส่วน D/d	33
2.21 รูปร่างและขนาดอิฐทนไฟชนิดต่างๆ	37
2.22 อิฐทนไฟชนิดต่างๆ	38
2.23 อิฐฉนวนทนไฟ (Insulating firebrick)	39
2.24 ปูนทนไฟ	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 เส้นใยเซรามิกทำขึ้นเป็นวัตถุทนไฟในรูปแบบต่างๆ	41
2.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K	45
2.27 เทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ	46
2.28 วงจรเครื่องวัดความต่างศักย์	47
4.1 เชื่อมโครงของเตาหลอมโลหะ	53
4.2 บุนนวมกันความร้อน	54
4.3 เตาที่บุนนวมกันความร้อนแล้ว	54
4.4 การก่อผนังอิฐทนไฟ	55
4.5 ตั้งเสาอิฐสำหรับวางท่อเซรามิกที่พื้นด้วยขดลวดแล้ว	55
4.6 การติดปะเก็นชนิดใยสับปะรด	56
4.7 ฉนวนกันความร้อนของฝาเตา	56
4.8 การร้อยท่อเซรามิกผ่านขดลวด	57
4.9 วางท่อเซรามิกที่พื้นขดลวดแล้วรอบๆเตา	57
4.10 การต่อวงจรไฟฟ้าของเตาหลอมโลหะ	58
4.11 ชิ้นงานทองเหลือง	59
4.12 ชิ้นงานอะลูมิเนียมรูปก้นหอย	60
4.13 ชิ้นงานอะลูมิเนียม	60
4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิการหลอมทองเหลือง น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม	64
4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิการหลอมอะลูมิเนียม น้ำหนัก 0.302 กิโลกรัม	65
4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิการหลอมอะลูมิเนียม น้ำหนัก 0.41 กิโลกรัม	66
4.17 ชิ้นงานทองเหลืองที่ผ่านการกลึงและขัดด้วยกระดาษทรายแล้ว	68

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนผสมและคุณสมบัติเชิงกลของทองเหลือง	8
2.2 Casting alloys	9
2.3 อุณหภูมิเท (Pouring temperature) ที่เหมาะสมสำหรับโลหะผสมแต่ละประเภทและความหนาที่แตกต่างกัน	14
2.4 กลุ่มอะลูมิเนียมผสมหล่อ	16
2.5 อุณหภูมิสูงสุดของลวดแต่ละชนิดที่ขนาดต่างๆ	21
2.6 คุณสมบัติของลวด KANTHAL A-1	28
2.7 ตัวคูณเพื่อปรับค่าความยาวและภาระผิว	32
2.8 ชนิดของเส้นใยเซรามิกที่แบ่งตามลักษณะการนำไปใช้งาน	42
4.1 ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขณะทำการหลอมทองเหลือง	61
4.2 ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขณะทำการหลอมอะลูมิเนียม 0.302 กิโลกรัม	62
4.3 ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขณะทำการหลอมอะลูมิเนียม 0.41 กิโลกรัม	63