

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ.
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ.
สารบัญ .....	ช.
สารบัญตาราง .....	ซ.
สารบัญรูปประกอบ .....	ณ.
บทที่ 1 บทนำ .....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีการหล่อโลหะเบื้องต้นต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง .....	3
บทที่ 3 กรรมวิธีการหล่อแบบซีพิงหาย .....	26
บทที่ 4 การทดสอบชิ้นตอนต่างๆ ตามทฤษฎี .....	51
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดสอบ .....	79
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ .....	84
เอกสารอ้างอิง .....	88
ภาคผนวก .....	89
ประวัติผู้เขียน .....	95

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงสัมประสิทธิ์ความหนืดและความตึงผิวของโลหะ	4
2.2	ชนิดและส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมทองแดงและสังกะสี	10
2.3	คุณสมบัติของโลหะและโลหะผสม	11
2.4	โลหะผสมที่ใช้หล่อ	12
2.5	การคำนวณหาปริมาณน้ำหนักของโลหะที่จะต้องใช้	19
3.1	การใช้ความร้อนในการหลอมละลายโลหะและปริมาณขี้ผึ้งที่ใช้	34
4.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของการเคลือบหุ้มขี้ผึ้ง	64
5.1	ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นที่ได้จากชิ้นงาน	82
5.2	ข้อที่อาจเป็นสาเหตุของข้อบกพร่อง	82

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แผ่นล้อยช่วยแรง หล่อขึ้นรูปในหีบกระสวยที่ไม่มีไส้แบบ แสดงภาคตัด เพื่อช่วยในการคำนวณแรงยกหีบกระสวย $F_A$ โดยคร่าวๆ	6
2.2 แผนภูมิสมมูลของทองแดงกับสังกะสี	14
3.1 ขั้นตอนต่างๆ ในการทำ Investment Casting	36
3.2 ขั้นตอนการศึกษาโครงการ	37
3.3 วัสดุที่ใช้ในการหล่อ (เศษทองเหลืองเก่า)	38
3.4 ขี้วัสดุ ดินร่วนปนทราย	39
3.5 ครกที่ใช้ในการผสมดินปั้นแบบแกน	39
3.6 การปั้นดินแกน	40
3.7 กลิ้งดินแกนให้เรียบ	40
3.8 ขี้ผึ้งและชาญณรงค์ที่ใช้ผสม	41
3.9 การหลอมชาญณรงค์	42
3.10 การผสมขี้ผึ้งและชาญณรงค์	42
3.11 การเทส่วนผสม	43
3.12 ขี้ผึ้งที่ต้องการ	43
3.13 กระบอกที่ใช้อัดขี้ผึ้ง	44
3.14 การอัดขี้ผึ้งให้เป็นเส้น	44
3.15 ขี้ผึ้งที่อัดเป็นเส้นแล้ว	45
3.16 การใช้ขี้ผึ้งโอบรอบดินแกน	46
3.17 การกลิ้งแบบขี้ผึ้ง	46
3.18 แบบที่หุ้มเสร็จแล้ว	47
3.19 เตาเผาไล่ขี้ผึ้ง	47
3.20 เตาหลอม	48
3.21 เมาหลอม	49
3.22 การเทแบบ	49

รูปที่	หน้า
3.23 การทุบแบบดินออก	50
3.24 ชิ้นงานที่ทำเสร็จแล้ว	50
4.1 ภาพวาดเบื้องต้นในการออกแบบ 2 มิติ	51
4.2 ภาพวาดในการออกแบบ 3 มิติ	52
4.3 ดันแบบ 2 มิติ ที่สำเร็จ ซึ่งทำจากหินอ่อน	53
4.4 ดินเหนียวที่แกะแล้วได้ตั้งรูปที่ออกแบบ	54
4.5 ดันแบบ 3 มิติที่สำเร็จ ซึ่งทำมาจากปูนปลาสเตอร์	55
4.6 กั้นขอบของดันแบบด้วยดินน้ำมัน	56
4.7 การผสมยางซิลิโคนและสารช่วยเร่งการแข็งตัวเข้าด้วยกัน	57
4.8 เทซิลิโคนลงในดันแบบที่เตรียมไว้แล้ว	57
4.9 ยางซิลิโคนเมื่อรอให้แข็งตัว	58
4.10 แม่พิมพ์ยางเมื่อแข็งตัวแล้วสามารถแกะได้	58
4.11 การทำกรอบของแม่พิมพ์ยาง ด้วยปูนปลาสเตอร์	59
4.12 แม่พิมพ์ยางของดันแบบ 2 มิติ	59
4.13 แม่พิมพ์ยางของดันแบบ 3 มิติ	60
4.14 การทำความสะอาดแม่พิมพ์ยางทุกครั้งก่อนการใช้งาน	61
4.15 การเทซีเมนต์ที่หลอมเหลวแล้วลงในแม่พิมพ์ยาง	61
4.16 การแกะแม่พิมพ์ออกต้องทำอย่างระมัดระวัง	62
4.17 กระสวนซีเมนต์ที่ได้	62
4.18 กระสวนซีเมนต์เมื่อวางลงในแม่พิมพ์ยาง	63
4.19 ส่วนผสมโดยทางซ้ายมือ คือ ปูนทนไฟ และขวามือ คือ ทรายห่อ	65
4.20 ส่วนผสมที่ได้รับการผสมแล้ว ในรูปคือส่วนผสมในสูตรที่ 1	65
4.21 แบบหล่อก่อนที่จะนำไปเผาไล่ซีเมนต์ออก	65
4.22 แบบหล่อสูตรที่ 8	65
4.23 การเผาไล่ซีเมนต์ในการทดสอบครั้งแรก	68
4.24 การหลอมโลหะทองเหลือง	68
4.25 การเกิดไฟลุกขึ้นที่แบบหล่อ	69
4.26 รูปชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบครั้งแรก	69

รูปที่	หน้า
4.27 แบบหล่อที่วางไว้ในเตาเผาไล่อิฐ	71
4.28 การเทหน้าของหลอมที่ได้ที่แล้ว จึงนำไปเทในแบบที่ยังร้อนอยู่	71
4.29 แบบหล่อที่เทหน้าโลหะของหลอมแล้ว	72
4.30 แบบที่ถูกแกะออก เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลง	72
4.31 ชิ้นงานแบบทั้งหมดที่ถูกแกะสารพอกหุ้มออก	73
4.32 การใช้เครื่องเจียรไนขัดชิ้นงาน	74
4.33 การใช้เครื่องขัดไฟฟ้าขัดชิ้นงาน	75
4.34 ชิ้นงาน A ที่ใช้สูตรสารพอกหุ้มที่ 6	75
4.35 ชิ้นงาน B ที่ใช้สูตรสารพอกหุ้มที่ 1	76
4.36 ชิ้นงาน C ที่ใช้สูตรสารพอกหุ้มที่ 5	76
4.37 ชิ้นงาน D ที่ใช้สูตรสารพอกหุ้มที่ 8	77
4.38 ชิ้นงาน E ที่ใช้สูตรสารพอกหุ้มที่ 8	77
4.39 ชิ้นงานที่ได้ทำขึ้นทั้งการทดลองครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สอง	78