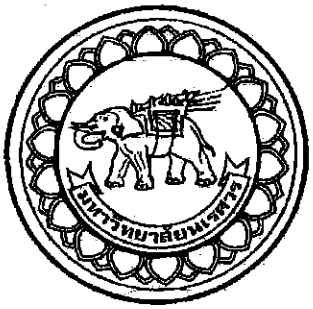


การปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้นในชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์

GREEN SAND CASTING PROCESS IMPROVEMENT FOR PURE ALUMINUM

นางสาวพัชรา น้อยนคร รหัส 50365475
นายวงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ รหัส 50365550

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 16944513
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร พ617 ป
2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้นในชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวพัชรา น้อยนคร รหัส 50365475

นายวงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ รหัส 50365550

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์

สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ชุลีพรย์ ป่าไร่)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธณิกานต์ ธงชัย)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์มานะ วีรวิกรม)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้นในชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพัชรา น้อยนคร รหัส 50365475
	นายวงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ รหัส 50365550
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมวัสดุ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2553

.....

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้นในชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ เพื่อลดข้อบกพร่องที่มีในชิ้นงานดั้งเดิม โดยข้อบกพร่องที่พบในชิ้นงานดั้งเดิม คือ ความเรียบผิว โพรงที่เกิดจากการหดตัว รูพรุน รอยหางหนู และครีบ เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง แล้วพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อข้อบกพร่องมี 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิเท ขนาดของเม็ดทราย และความแข็งของแบบทราย โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเทที่ 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 60 และ 80 AFS ความแข็งของแบบทราย 70, 75 และ 80 เมื่อนำชิ้นงานไปวิเคราะห์ข้อบกพร่อง พบว่าชิ้นงานปัจจุบันที่ได้มีการปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้น ความเรียบผิวของชิ้นงานเพิ่มขึ้น โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS และความแข็งของแบบทราย 80 มีความเรียบผิวที่มากที่สุด โพรงที่เกิดจากการหดตัวของชิ้นงานลดลง โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS และความแข็งของแบบทราย 70 มีค่าร้อยละของโพรงที่เกิดจากการหดตัวน้อยที่สุด ซึ่งค่าร้อยละของโพรงที่เกิดจากการหดตัวของชิ้นงานปัจจุบันลดลงจากชิ้นงานดั้งเดิม ร้อยละ 15.65 เหลือ ร้อยละ 0.48 รูพรุนในชิ้นงานลดลงโดยชิ้นงานที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 60 AFS และความแข็งของแบบทราย 70 มีค่าร้อยละของรูพรุนน้อยที่สุด ซึ่งค่าร้อยละของรูพรุนของชิ้นงานปัจจุบันลดลงจากชิ้นงานดั้งเดิม ร้อยละ 4.96 เหลือ 0.005 รอยหางหนูไม่เกิดในชิ้นงานปัจจุบัน ที่ได้มีการปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้น และครีบของชิ้นงานลดลง โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS และความแข็งของแบบทราย 80 เกิดครีบในชิ้นงานน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ในการให้ความรู้ คำปรึกษาข้อแนะนำเกี่ยวกับการค้นหาข้อมูล และแนวทางการวิเคราะห์ต่างๆ ตลอดจนสละเวลาให้คำแนะนำทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ดีเยี่ยม และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่ง

อาจารย์ชุลีพรย์ ป่าไร่ อาจารย์มานะ วีรวิกรม อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์ อาจารย์ธณิกานต์ ธงชัย และอาจารย์ปิยนันท์ บุญพยัคฆ์ ที่กรุณาสละเวลา เป็นอาจารย์สอบโครงงานพร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขโครงงานนี้

ครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง นักวิทยาศาสตร์อิสรีย์ วัตถุภาพ และครูช่างประเทือง โมรารายที่คอยเอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ในการทำโครงงาน อีกทั้งยังคอยแนะนำการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ อย่างถูกต้องอีกด้วย

ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้วิชาความรู้ ให้ประสบการณ์ และอบรมสั่งสอนให้เป็นคนดีของสังคม

ขอบคุณเพื่อนทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาในการทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด และทำให้มีวันนี้

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากโครงงานนี้ ทางผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
พัชรา น้อยนคร
วงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 การทำแบบหล่อทรายชื้น (Green Sand Molding) 4
2.2 สาเหตุที่มีผลต่อปัจจัยในการเกิดข้อบกพร่อง 10
2.3 ข้อบกพร่องที่เกิดในงานหล่อทรายชื้น 12
2.4 การออกแบบรูล้น และรูเท 15
2.5 ทรายหล่อ 17
2.6 เทคนิคการหลอมอะลูมิเนียม 19
2.7 การวัดการกระจายตัวของเม็ดทราย (Sand Distribution) 22
2.8 การทดสอบหาค่าความแข็งของแบบทรายหล่อ (Hardness) 23
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน....25

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์....25

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย....26

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์....33

4.1 การออกแบบรูล้น รูเท....33

4.2 ร้อยละความชื้นของทราย....36

4.3 ผลของความเรียบผิวของชิ้นงาน....36

4.4 ผลของการเกิดโพรงจากการหดตัว....38

4.5 ผลของการเกิดรูพรุน....41

4.6 ผลของการเกิดหางหนูของชิ้นงาน....44

4.7 ผลของการเกิดครีบบริเวณขอบของชิ้นงาน....46

4.8 ขนาดเม็ดทราย ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดข้อบกพร่องในชิ้นงาน....48

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ....49

5.1 สรุปผลการทดลอง....49

5.2 ข้อเสนอแนะ และการพัฒนา....51

5.3 ปัญหาที่พบ และวิธีการแก้ไข....51

เอกสารอ้างอิง....52

ภาคผนวก ก....53

ภาคผนวก ข....56

ภาคผนวก ค....62

ภาคผนวก ง....68

ภาคผนวก จ....74

ภาคผนวก ฉ....78

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....81

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนการวิจัยดำเนินงาน....3

2.1 ข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชิ้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานดั้งเดิม....12

2.2 ขนาดรูล้นสำหรับชิ้นงานที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่....15

2.3 ขนาดรูเทสำหรับชิ้นงานหล่อที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่....17

2.4 ตารางการคำนวณ A.F.S. Fineness No....22

4.1 ค่าของขนาดเม็ดทราย ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท ที่ส่งผลให้ลด ข้อบกพร่องต่างๆ ในชิ้นงานได้ดีที่สุด....48

ก.1 พื้นผิวชิ้นงานดั้งเดิม....54

ก.2 พื้นผิวของชิ้นงานที่มีขนาดของเม็ดทราย 60 AFS....54

ก.3 พื้นผิวของชิ้นงานที่มีขนาดของเม็ดทราย 80 AFS....55

ข.1 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส....58

ข.2 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส....59

ข.3 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส....60

ข.4 ค่าร้อยละของการหดตัว....61

ค.1 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานดั้งเดิม....63

ค.2 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส....64

ค.3 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส....65

ค.4 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส....66

ค.5 ร้อยละรูพรุนของชิ้นงาน....67

ง.1 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู....69

จ.1 ภาพถ่ายการเกิดครีบของข้อบกพร่องบริเวณขอบของชิ้นงานที่อุณหภูมิเท ความแข็งของแบบทราย และขนาดเม็ดทรายที่สภาวะต่างกัน....75

ฉ.1 ค่าความชื้นร้อยละ 3 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS....79

ฉ.2 ค่าความชื้นร้อยละ 4 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS....79

ฉ.3 ค่าความชื้นร้อยละ 5 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS....79

ฉ.4 ค่าความชื้นร้อยละ 3 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS....80

ฉ.5 ค่าความชื้นร้อยละ 4 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS....80

ฉ.6 ค่าความชื้นร้อยละ 5 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS....80

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบในแบบหล่อทรายชื้น 4
2.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการหล่อทรายชื้น 5
2.3 รูปไส้แบบ 6
2.4 ขั้นตอนการวางกระสวนในแบบทราย 6
2.5 ขั้นตอนการใส่ทรายลงในหีบหล่อ 6
2.6 หีบหล่อที่ทรายใกล้เต็ม 7
2.7 ขั้นตอนการกระทุ้งทราย 7
2.8 แบบทรายด้านบน 7
2.9 ขั้นตอนการประกบกระสวน 8
2.10 ขั้นตอนการประกบหีบหล่อเข้าด้วยกัน 8
2.11 ขั้นตอนการถอดกระสวนออกจากแบบหล่อ 8
2.12 ขั้นตอนการทำไส้แบบ 9
2.13 ขั้นตอนการทดลองขนาดไส้แบบ 9
2.14 แบบทรายที่ทำเสร็จเรียบร้อย 9
2.15 แบบทรายพร้อมเทโลหะหลอมเหลว 10
2.16 ขั้นตอนการเทโลหะหลอมเหลว 10
2.17 รูปร่างของงานที่หล่อเสร็จแล้ว 10
2.18 ผังก้างปลาข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชื้น 11
3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 26
3.2 แผนภาพขั้นตอนการหล่อชิ้นงาน 29
3.3 การวางกระสวนในหีบหล่อ 30
3.4 การสร้างรูล้น รูเทบนแบบทราย 30
3.5 แบบหล่อรอเทโลหะหลอมเหลว 31
4.1 ส่วนประกอบของรูเท รูล้นของชิ้นงาน 35
4.2 ชิ้นงานดั้งเดิมที่มีความเรียบผิวน้อย 36
4.3 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทรายต่างกัน ความแข็งของแบบทราย 80 และอุณหภูมิเทที่ต่างกัน 37
4.4 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 ความแข็งของแบบทรายที่ต่างกัน และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส 38
4.5 ชิ้นงานที่เกิดการหดตัว 39
4.6 แผนภาพแสดงร้อยละของการหดตัว 40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 ร้อยละการหดตัวที่ความแข็งแบบทรายต่ออุณหภูมิเทต่างกัน....41
4.8 ลักษณะการเกิดรูพรุนของชิ้นงาน....42
4.9 ร้อยละการเกิดรูพรุนต่ออุณหภูมิเท และขนาดเม็ดทราย.... 42
4.10 ร้อยละการเกิดรูพรุนที่ต่ออุณหภูมิเท และความแข็งแบบทราย ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS... 43
4.11 ร้อยละการเกิดรูพรุนที่ต่ออุณหภูมิเท และความแข็งแบบทราย ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS... 43
4.12 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู.... 44
4.13 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 AFS ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเทต่างกัน....45
4.14 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดครีบ.... 46
4.15 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทรายต่างกัน ความแข็งของแบบทราย 75 และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส....46
4.16 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 AFS ความแข็งของแบบทรายต่างกัน และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส....47
ข.1 ชิ้นงานดั้งเดิมที่ตัดกลางชิ้นงานเตรียมวัดโพรงที่เกิดจากการหดตัว....57
ข.2 ตารางที่ใช้วัดร้อยละการหดตัว....57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

งานหล่อทรายชื้น (Green Sand Casting) เป็นศาสตร์อีกแขนงหนึ่งที่มีบทบาทต่องานอุตสาหกรรมทางด้านโลหะ โดยในปัจจุบันงานหล่อทรายชื้น เป็นวิธีการที่นิยมทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยส่วนใหญ่จะใช้ขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เครื่องมืออุปกรณ์ทางการเกษตร และงานหล่อทรายชื้น ยังเป็นวิธีการที่ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก สามารถหล่อโลหะได้ทุกชนิด หล่อชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดกลางได้ มีขั้นตอนในการหล่อไม่ยุ่งยาก แต่ในชิ้นงานหล่อทรายชื้น ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ เช่น รูพรุน (Blow Hole), รูเข็ม หรือรูตามด (Pin Hole), โพรงที่เกิดจากการหดตัว (Shrinkage Cavity), ผิวขรุขระของชิ้นงานหล่อ (Rough Surface), ขี้ตะกรัน และสิ่งแปลกปลอม (Dirt and Slag Inclusions), การแตกหักของชิ้นงานหล่อ (Defective Fracture) และหางหนู (Rat – Tails) เป็นต้น

จึงทำให้มีการคิดค้นที่จะปรับปรุงข้อบกพร่องของชิ้นงานหล่อทรายชื้น โดยในการปรับปรุงนั้นสามารถทำได้ด้วยการควบคุมอุณหภูมิเทของโลหะหลอมเหลว ความบริสุทธิ์ของโลหะหลอมเหลว การออกแบบรูล้นรูเท และระยะเวลาในการเท จะส่งผลให้ข้อบกพร่องในชิ้นงานหล่อลดลง อีกทั้งยังทำให้สมบัติทางกล (Mechanical Properties) ที่ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยจึงทำการปรับปรุงกระบวนการหล่อเพื่อลดข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น โดยจะปรับเปลี่ยนขนาดของเม็ดทราย (A.F.S. Fineness No.) ความแข็งของแบบหล่อทราย อุณหภูมิเทของโลหะหลอมเหลว และการออกแบบรูล้น รูเท เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดกับชิ้นงานหล่อทรายชื้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ปรับปรุงกระบวนการหล่อเพื่อลดข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้ชิ้นงานหล่ออะลูมิเนียมบริสุทธิ์จากการทำแบบหล่อทรายชื้น

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ชิ้นงานมีข้อบกพร่องต่างๆ ลดลง โดยข้อบกพร่องที่ศึกษามีดังต่อนี้

1.4.1 ความเรียบผิว (Smooth Surface)

1.4.2 โพรงที่เกิดจากการหดตัว (Shrinkage Cavity)

1.4.3 รูพรุน (Blow Hole)

1.4.4 รอยหางหนู (Rat – Tails)

1.4.5 ครีบ (Flash)

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 กระบวนการที่ใช้คือ การหล่อด้วยวิธีการหล่อทรายชื้น

1.5.2 วัสดุที่ใช้คือ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์ (Pure Aluminum)

1.5.3 ศึกษาลักษณะของชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่อง และชิ้นงานที่มีการปรับปรุงกระบวนการหล่อ ได้แก่การเปรียบเทียบข้อบกพร่อง ดังนี้

1.5.3.1 ความเรียบผิว

1.5.3.2 โพรงที่เกิดจากการหดตัว

1.5.3.3 รูพรุน

1.5.3.4 รอยหางหนู

1.5.3.5 ครีบ

1.5.4 ศึกษาลักษณะของทรายที่มีผลต่อข้อบกพร่อง ได้แก่ ขนาดของเม็ดทราย และความแข็งของแบบทราย ดังนี้

1.5.4.1 ขนาดของเม็ดทราย ทดสอบด้วยวิธี Grain Fineness Number ขนาด 60 AFS และ 80 AFS

1.5.4.2 ความแข็งของแบบทราย ด้วยเครื่องวัดความแข็งของแบบทราย (Sand Mold Hardness Tester) ที่ความแข็ง 70, 75 และ 80

1.5.5 ศึกษาอุณหภูมิเทของอะลูมิเนียมหลอมเหลว ดังนี้ 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

มิถุนายน 2553 – เมษายน 2554

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

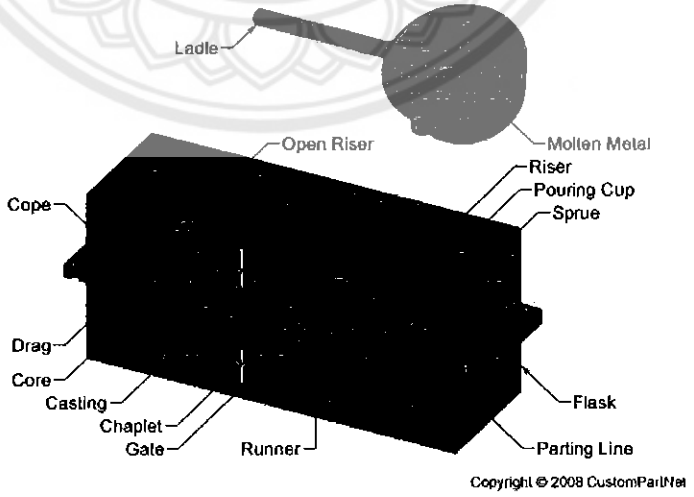
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการวิจัยดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	2553							2554			
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในงานหล่อทรายชื้น และหาลักษณะสาเหตุ และวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น	↔										
2	รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง		↔									
3	สรุปข้อบกพร่องที่มีในชิ้นงานหล่อทรายชื้น			↔	↔							
4	คัดขนาดทรายให้ทรายมีขนาด 60 และ 80 AFS					↔						
5	ทำการหล่อชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ - ที่อุณหภูมิเท 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส - ความแข็งแบบทราย 70, 75 และ 80					↔	↔	↔				
6	6.1 วิเคราะห์ความเรียบผิวด้วยภาพจากรูปภาพด้านข้างของชิ้นงาน							↔				
	6.2 วิเคราะห์โพรงจากการหดตัวด้วยวิธีนับจำนวนช่อง								↔			
	6.3 วิเคราะห์รูพรุนด้วยโปรแกรม MSQ plus									↔		
	6.4 วิเคราะห์ครีบจากรูปภาพด้านข้างของชิ้นงาน										↔	
	6.5 วิเคราะห์หางหนูด้วยรูปภาพ										↔	
7	สรุปผลการทดลอง											↔
8	จัดทำรูปเล่มรายงาน											↔

บทที่ 2
หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น

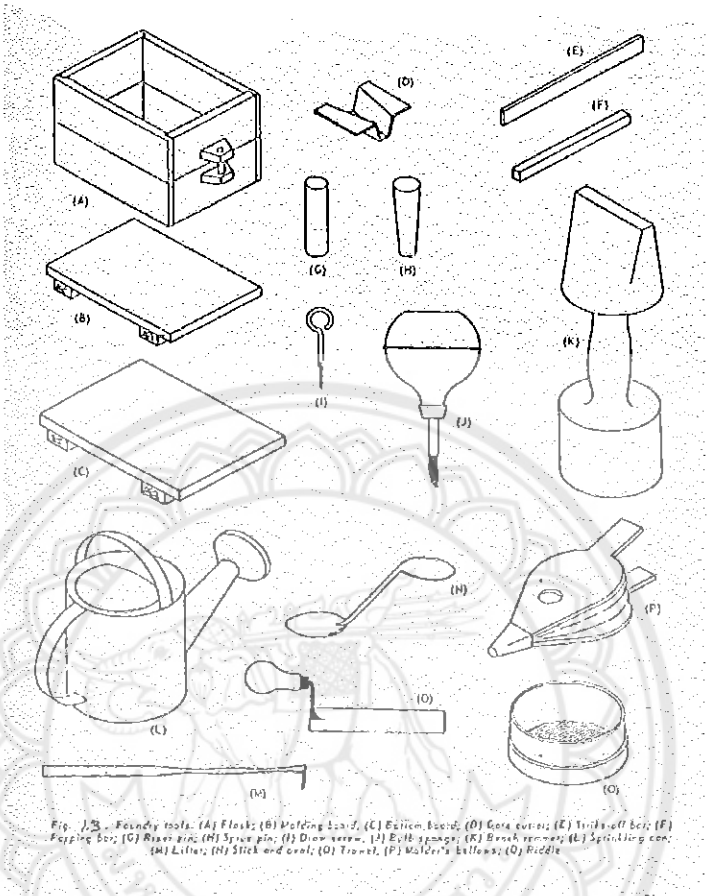
2.1 การทำแบบหล่อทรายชื้น (Green sand molding)

การทำแบบหล่อทรายชื้นเป็นวิธีทำมานานแล้ว โดยเป็นกรรมวิธีทำที่ต้องอาศัยความชื้นเป็นตัวช่วยให้แบบทรายแข็งแรง วัสดุทำแบบทรายประกอบด้วย ทรายซิลิกา ผสมกับดินเหนียว และน้ำ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน การทำแบบจะอาศัยหีบหล่อ (Flasks or Molding Boxes) ช่วยเป็นกรอบเพื่อให้แบบทรายสามารถคงรูปอยู่ได้ ซึ่งหีบหล่ออาจทำมาจากโลหะ หรือไม้ หีบหล่อจะประกอบด้วยหีบบน (Cope) และหีบล่าง (Drag) สำหรับการทำแบบหล่อหนึ่งชุด การทำแบบโดยวิธีนี้มีทั้งการทำโดยใช้เครื่องจักร และการตำแบบโดยใช้มือ ลักษณะของแบบหล่อทรายชื้นจะประกอบไปด้วย รูเท (Sprue) มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม และรูปทรงจะมีขนาดด้านบนที่ใหญ่กว่าด้านล่างทำหน้าที่รับโลหะหลอมเหลวจากอ่างเท เข้าสู่ทางเดินน้ำโลหะ, ทางเดินน้ำโลหะ (Runner) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู จะเป็นส่วนที่เชื่อมอยู่กับ ทางเข้าน้ำโลหะ มีหน้าที่รับโลหะหลอมเหลวจากรูเทเข้าสู่ทางเข้าน้ำโลหะ, ทางเข้าน้ำโลหะ (Gating) มีขนาดเล็กกว่าทางเดินน้ำโลหะ มักมีลักษณะคอดลงก่อนถึงช่องว่างหล่อ ทำหน้าที่จ่ายโลหะหลอมเหลว และกักเก็บสิ่งเจือปนก่อนโลหะหลอมเหลวลงสู่โมล, รูล้น (Riser) มีลักษณะเป็นท่อติดอยู่กับทางออกของโลหะหลอมเหลว ทำหน้าที่เติมเต็มโลหะหลอมเหลวให้เต็มโมล แสดงดังรูปที่ 2.1 ส่วนประกอบทั้งหมดนี้เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญในแบบหล่อทรายชื้น (หรัส และเคนย์, 2543)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบในแบบหล่อทรายชื้น
ที่มา: หรัส และเคนย์ (2543)

2.1.1 อุปกรณ์ในการหล่อทรายชื้น



รูปที่ 2.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการหล่อทรายชื้น
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.1.1 หีบหล่อ

2.1.1.2 กระดานรองหีบ

2.1.1.3 ใบตัดทางเข้า

2.1.1.4 สลักกระสวนรูล้น และรูเท

2.1.1.5 ตระแกรงร่อนทราย

2.1.1.6 เกียงแต่งผิว และช้อนแต่งแบบ

2.1.1.7 ไม้ปาดหลังหีบ

2.1.1.8 สากกระทุ้งทราย

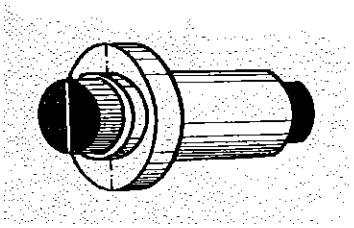
2.1.1.9 บัวลดน้ำ

2.1.1.10 หีบลมเปล่าผงฝุ่น

2.1.2.11 สกรูดึงถอนกระสวนออกจากแบบ

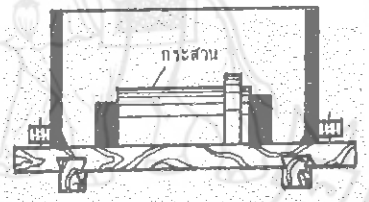
2.1.2 ขั้นตอนในการทำแบบหล่อทรายชื้น

2.1.2.1 การเตรียมกระสวน เป็นกระสวนชนิดที่แยกชิ้น มีบ่าไส้แบบ ถ้าชิ้นงานที่ต้องการหล่อมีลักษณะเป็นท่อกลวง ควรมีกระสวนชนิดที่แยกชิ้น แสดงดังรูปที่ 2.3 กระสวนอาจทำจากไม้หรือวัสดุที่มีความแข็งแรง



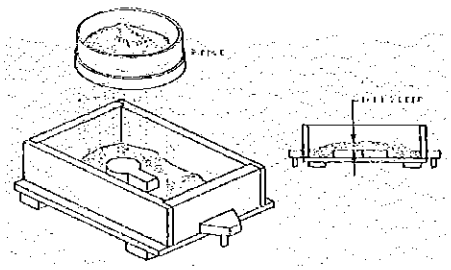
รูปที่ 2.3 รูปไส้แบบ
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.2 นำหีบข้างหนึ่งมาวางคว่ำลงบนแผ่นกระดาน และนำกระสวนครึ่งซีกมาวางคว่ำลง แสดงดังรูปที่ 2.4 จากนั้นนำทรายละเอียดแห้ง มาโปรยลงหลังกระสวนเพื่อป้องกันไม่ให้ทรายติดกระสวน



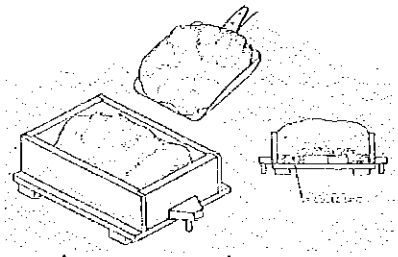
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการวางกระสวนในแบบทราย
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.3 นำตระแกรงมาร่อนทรายชื้นที่ผสมเตรียมไว้แล้ว เพื่อสร้างทรายปกคลุมทั้งผิวหน้าหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร แล้วใช้มือกดให้ทรายแนบชิดผิวกระสวนมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยขั้นตอนนี้จะมีผลต่อความเรียบของผิวงานหล่อ



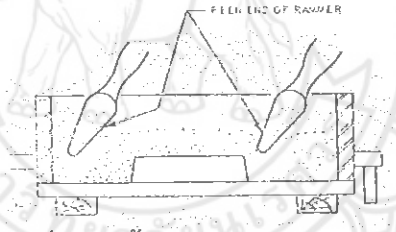
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการใส่ทรายลงในหีบหล่อ
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.4 ตักทรายถมใส่ลงไปหลังหีบให้เต็ม ซึ่งเรียกว่าทรายหลังหีบ และใช้นิ้วมือช่วยกดให้ทรายไหลลงไปในซอกมุมต่างๆ รอบกระสวน และตามแนวขอบของหีบอย่างทั่วถึง ขั้นตอนนี้ระวังกระสวนจะเคลื่อนตัวมีผลทำให้แบบทรายบริเวณผิวเคลื่อนตัวไปด้วย แสดงดังรูปที่ 2.6



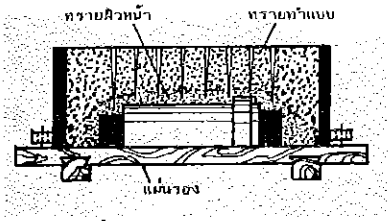
รูปที่ 2.6 หีบหล่อที่ทรายใกล้เต็ม
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.5 ถมทรายเพิ่มเข้าไปจนเต็มหลังหีบ กระทุ้งทรายด้วยสากโดยใช้ปลายด้านเรียว โดยวิธีการกระทุ้งวนจากด้านนอกตามแนวขอบหีบวนเข้าสู่ด้านใน แสดงดังรูปที่ 2.7 ขั้นตอนนี้ระวังปลายสากจะกระทุ้งโดนกระสวนแรงจนเกินไป อาจทำกระสวนชำรุดได้ ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้ได้งานหล่อที่มีจุดเสียได้



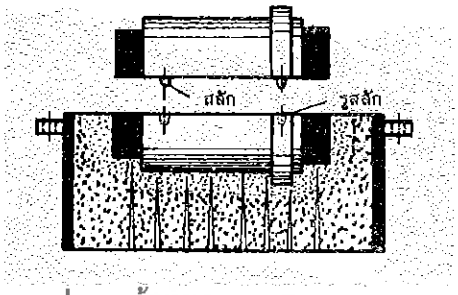
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนการกระทุ้งทราย
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.6 เมื่ออัดทรายเต็มหลังหีบแล้ว โดยเผื่อให้สูงเกินมาเล็กน้อย จากนั้นปาดทรายที่เกินมาด้วยไม้ปาดให้เรียบเสมอขอบหีบ ก่อนที่จะแทงรูไอ เพื่อระบายแก๊ส โดยให้ระยะความลึกพอดี อย่าให้ปลายเหล็กแทงกระแทกโดนผิวของกระสวน อาจทำให้ผิวของกระสวนเสียหายได้ ระยะห่างระหว่างรูประมาณ 2-3 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2.8



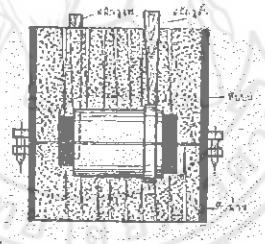
รูปที่ 2.8 แบบทรายด้านบน
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.7 พลิกหีบหงายขึ้น โดยการนำกระดานอีกแผ่นมาปะกบที่หลังหีบ เพื่อใช้เป็นที่รองรับหีบรอการทำงานในขั้นตอนต่อไป จากนั้นนำกระสวนอีกชิกหนึ่งซึ่งจะมีเดือยสลัก และรูช่วยให้กระสวนประกอบเข้าด้วยกันโดยไม่เอียง แสดงดังรูปที่ 2.9



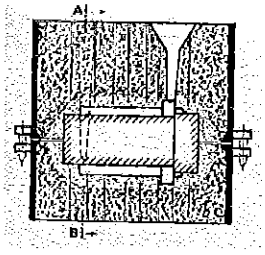
รูปที่ 2.9 ขั้นตอนการประกบกระสวน
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.8 ขั้นตอนนี้จะต้องสร้างรูเท และรูล้น ดังนั้นจึงต้องประกอบสลัก หรือกระสวนที่เป็นรูเท และรูล้นเข้าไปในตำแหน่งที่กำหนดไว้เสียก่อน แสดงดังรูปที่ 2.10 ก่อนที่จะถมทรายลงไป และเริ่มทำเหมือนขั้นตอนที่ 2.1.2.2 ถึง 2.1.2.6



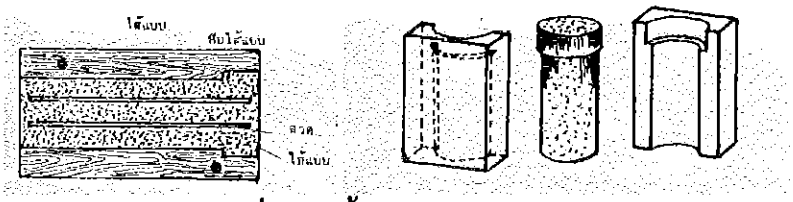
รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการประกบหีบหล่อเข้าด้วยกัน
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.9 การถอดกระสวนออกจากแบบก่อนยกหีบบน และล่างออกจากกัน ต้องสร้างแอ่งเทก่อน ซึ่งตำแหน่งจะอยู่ส่วนปลายสุดของรูเท วิธีการทำอย่างง่ายๆ โดยการตัดแต่งทรายโดยรอบของของปลายสลักรูเทให้เป็นรูปทรงกรวย แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการถอดกระสวนออกจากแบบหล่อ
ที่มา: สุริยา (2553)

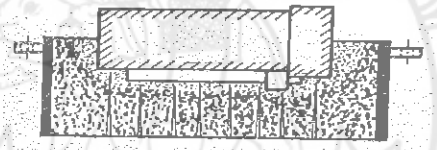
2.1.2.10 การทำไส้แบบ โดยการนำทรายผสมตัวประสานที่ให้ความแข็งแรงสูง มาอัดเข้าในกล่องไส้แบบให้แน่น และเต็ม จะต้องเสริมความแข็งแรงด้วยลวด ก่อนที่จะแกะออกจากกล่องแสดงดังรูปที่ 2.12 จากนั้นนำไปตากแดด หรือทำให้แห้ง ถ้าเป็นทรายตัวประสานสารเคมีต้องรอให้เกิดปฏิกิริยากันสมบูรณ์เสียก่อน



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำไส้แบบ

ที่มา: สุริยา (2553)

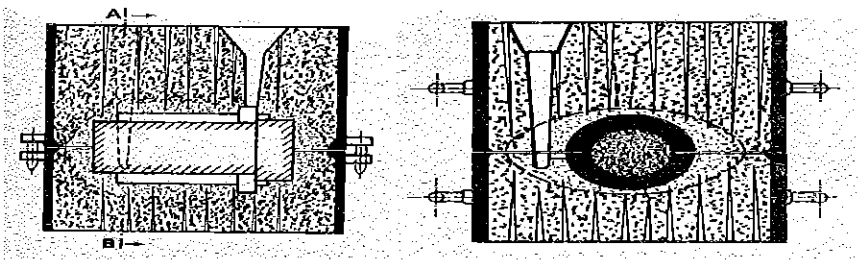
2.1.2.11 นำมาทดลองสวมประกอบเข้ากับแบบทรายเสียก่อน ถ้าไส้แบบยาวเกินไปจะต้องเฉือนแต่งปลายออกให้พอดี แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการทดลองขนาดไส้แบบ

ที่มา: สุริยา (2553)

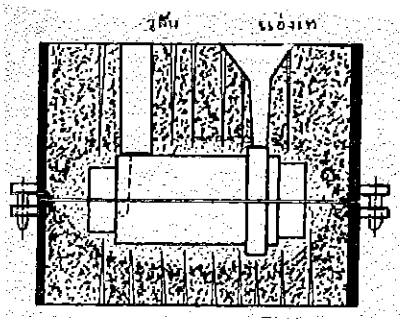
2.1.2.12 แบบหล่อที่เสร็จแล้วรอการนำไปเทหล่อจะต้องนำมาประกอบหีบบน และหีบล่างเข้าด้วยกัน ถ้ามีไส้แบบ จะต้องประกอบไส้แบบให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน แสดงดังรูปที่ 2.14 ตัดตามแนวยาว แนวขวางแสดงให้เห็นตำแหน่งของไส้แบบโพรงว่าง ชั้นของทรายผิวหน้า และทรายหลังหีบ



รูปที่ 2.14 แบบทรายที่ทำเสร็จเรียบร้อย

ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.12 แบบหล่อที่พร้อมเพื่อการเทน้ำโลหะหลอมเหลว แสดงดังรูปที่ 2.15

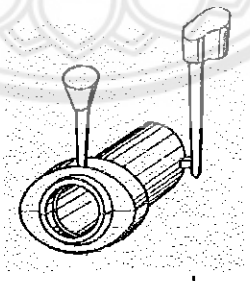


รูปที่ 2.15 แบบทรายพร้อมเทโลหะหลอมเหลว
ที่มา: สุริยา (2553)

2.1.2.13 การเทโลหะหลอมเหลว และการแกะแบบหล่อเพื่อนำชิ้นงานออก แสดงดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการเทโลหะหลอมเหลว
ที่มา: สุริยา (2553)

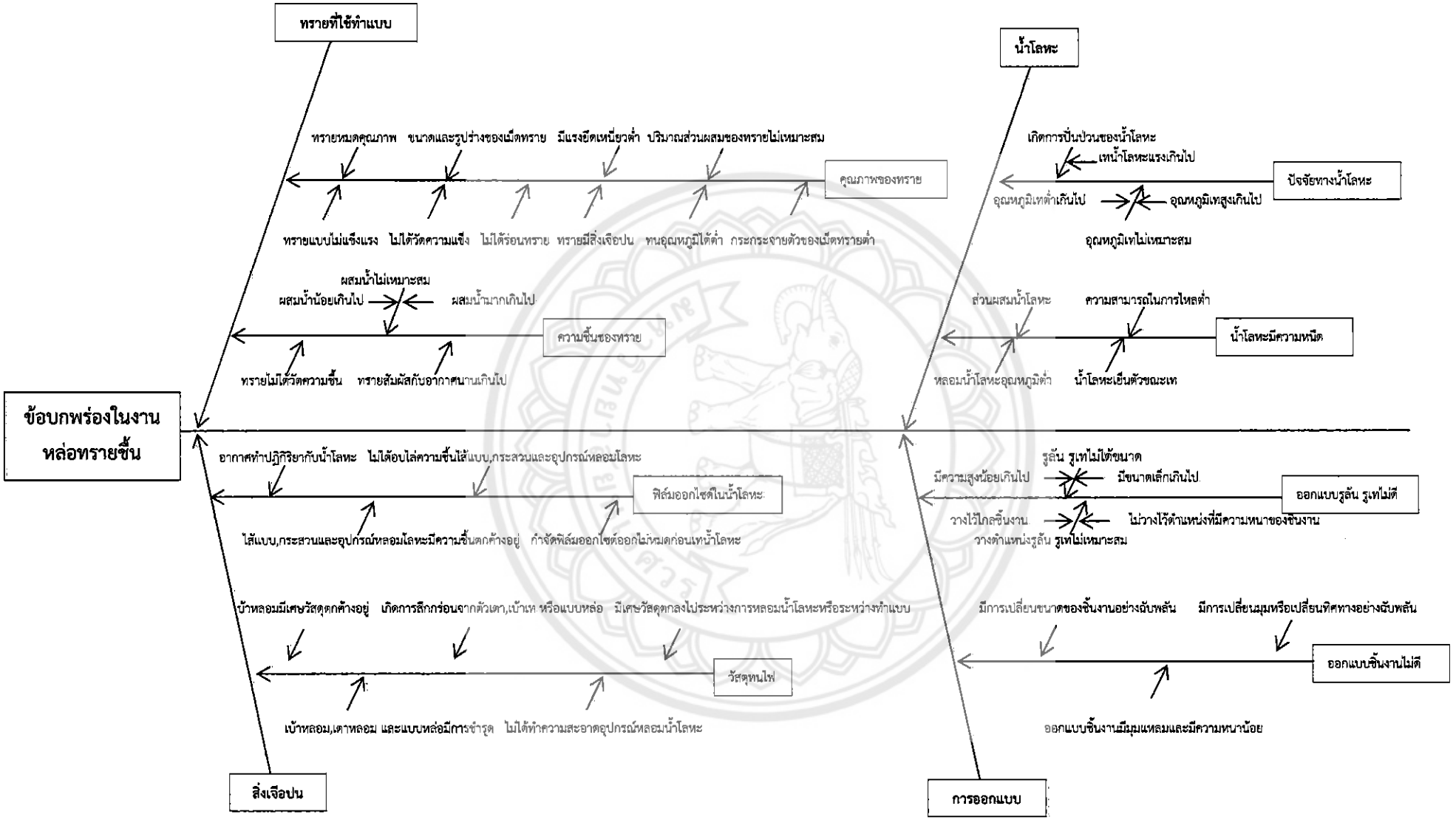
2.1.2.14 รูปร่างของงานหล่อที่สำเร็จแล้ว



รูปที่ 2.17 รูปร่างของงานที่หล่อเสร็จแล้ว
ที่มา: สุริยา (2553)

2.2 สาเหตุที่มีผลต่อปัจจัยในการเกิดข้อบกพร่อง

การเกิดข้อบกพร่องในชิ้นงานหล่อ เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ แสดงดังรูปที่ 2.1 ดังนั้นในการลดข้อบกพร่องในกระบวนการหล่อทรายชื้น จึงต้องหาสาเหตุ เพื่อเลือกปัจจัยไปทำการทดลอง เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานหล่อ



รูปที่ 2.18 ผังก้างปลาข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชื้น

2.3 ข้อบกพร่องที่เกิดในงานหล่อทรายชื้น

ตารางที่ 2.1 ข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชื้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานดั้งเดิม

ชื่อจุดเสีย	ลักษณะทั่วไป	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
1. รูพรุน	รูพรุนเป็นจุดเสียที่เกิดบ่อยที่สุดในชิ้นงาน รูพรุนมักมีรูปร่างต่างๆกัน รูพรุนอาจเป็นรูที่ผิวชิ้นงาน หรืออาจเป็นโพรงภายใน มักเป็นโพรงกลมอยู่ใต้ผิวเล็กน้อย รูพรุนมีสีต่างๆ กันแล้วแต่สาเหตุ คือสีในกรณีที่มีการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน พบมากบริเวณส่วนที่อยู่ในส่วนของหีบบน จะเห็นได้อย่างชัดเจนหลังจากการ ตัด กัด กลึง สาเหตุ ในกรณีที่โลหะหลอมเหลวมีการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เป็นอะลูมิเนียมออกไซด์เกิดเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ทำให้โลหะหลอมเหลวไม่ไหลเข้าไปให้เต็มแบบหล่อ	- เกิดจากมีก๊าซปะปนอยู่ในโลหะหลอมเหลวมาก - เกิดจากอุณหภูมิเทต่ำเกินไป ระบายออกจากแบบไม่ทัน - ความเร็วในการเทช้าเกินไป - การปล่อยแก๊สออกจากไส้แบบหล่อไม่มากพอ - ความดันของโลหะหลอมเหลวน้อยเกินไป - กระสวน หรือแบบทรายมีความชื้นมากเกินไป	- ในการหลอมโลหะจะต้องให้ได้โลหะหลอมเหลวที่บริสุทธิ์ - ตรวจสอบคุณภาพของทรายแบบ ลดความชื้นออกจากทรายแบบ - กรณีที่ใช้ทุ่นเย็น (Chiller) ควรอุ่นทุ่นเย็นให้แห้งก่อนการติดตั้ง - เลือกใช้อุณหภูมิให้เหมาะสม เพิ่มความหยาบของเม็ดทราย และเพิ่มความโปร่งอากาศ (เทพนารินทร์, 2545)
2. รูเข็ม หรือรูตามด	รูเข็ม คือรูซึ่งมีผิวในเรียบและมักเป็นรูกลมๆ ขนาดของจุดเสียแบบรูเข็มประมาณ 1-2 มิลลิเมตร หรือต่ำกว่า คือเป็นรูเล็กๆ คล้ายรูที่เกิดจากเข็มเจาะ รูเข็มมักเกิดขึ้นกระจายตัวบริเวณผิวหน้า หรือผิวที่ถูกกลึง มักปรากฏบริเวณที่ห่างจากทางเข้าของโลหะหลอมเหลว	มีแก๊สในโลหะหลอมเหลว หรือมีสิ่งแปลกปลอมในโลหะหลอมเหลว และสิ่งเจือปนต่างๆ ที่นอกเหนือโลหะหลอมเหลวบริสุทธิ์ หรือความชื้นในฟลักซ์ วัสดุทนความร้อนและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง คราบน้ำมัน คราบที่เกิดจากการกรัดกร่อน	- หลีกเลี่ยงการหลอมโลหะเป็นเวลานานๆ - จัดเก็บฟลักซ์ (Flux) ให้ห่างจากความชื้น ควบคุมปริมาณออกซิเจนโลหะหลอมเหลวให้เหลือน้อย - ให้ความร้อนแก่เตาหลอม และเบ้าเพื่อให้แน่อุปกรณ์เหล่านี้แห้งสนิท (เทพนารินทร์, 2545)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชื้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานดั้งเดิม

ชื่อจุดเสีย	ลักษณะทั่วไป	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
3. โพรงที่เกิดจากการหดตัว	มีลักษณะผิวขรุขระปรากฏบริเวณผิวชิ้นงานหล่อ หรือภายในเนื้อชิ้นงาน โดยเฉพาะบริเวณที่แข็งตัวช้าที่สุด บริเวณใกล้ทางเข้าโลหะหลอมเหลว หรือบริเวณรอยต่อระหว่างหน้าตัดหนา และบาง	- เกิดในขณะที่โลหะหลอมเหลวแข็งตัว โดยที่ส่วนต่างๆ ของชิ้นงานแข็งตัวไม่พร้อมกัน มักจะเกิดกับส่วนที่แข็งตัวหลังสุด - อุณหภูมิเทต่ำเกินไป ทำให้รูล้นแข็งตัวเร็วจึงป้อนโลหะหลอมเหลวได้ยาก - ตำแหน่งรูล้นไม่เหมาะสม - โลหะหลอมเหลวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้หดตัวมากเมื่อแข็งตัว - โลหะหลอมเหลวมีช่วงการแข็งตัวกว้างจึงเกิดการหดตัว - เทโลหะหลอมเหลวในขณะที่อุณหภูมิสูงเกินไป - โลหะหลอมเหลวเย็นตัวในทางวิ่ง ก่อนในชิ้นงาน	- การออกแบบรูเท รูล้นเป็นเรื่องสำคัญ การวางรูล้นควรวางไว้ตรงส่วนที่โลหะหลอมเหลวเต็มแบบหลังสุด เนื่องจากการแข็งตัวก่อนแข็งตัวหลังของส่วนต่างๆ ของชิ้นงานจะต้องเป็นไปในทางที่จะทำให้รูล้นทำงานได้ผลที่สุด - ติดทุ่นเย็น (Chiller) เพื่อเพิ่มขนาดทางวิ่งของน้ำโลหะ (เทพนารินทร์, 2545)
4. สะเก็ดที่เกิดจากผิวแบบหล่อหลุด	ทรายที่หลุดเป็นแผ่น หรือเป็นก้อนจากผิวแบบจะเข้าสู่โพรงของแบบหล่อ และมักจะอยู่กับแบบหล่อด้านบน ดังนั้นจะทำให้มีทรายแทรกอยู่ในเนื้อชิ้นงานหล่อ ส่วนที่ทรายหลุดออกไปจะเกิดเป็นตำหนิ รูปแผ่น หรือรูปก้อน	ผิวของแบบหล่อขยายตัวเพราะความร้อนจากโลหะหลอมเหลว และบางส่วนอาจหลุดติดโลหะหลอมเหลวไป จุดเสียชนิดนี้เรียกว่าสะเก็ดที่เกิดจากทรายหลุด ทรายที่หลุดจะไปกับโลหะหลอมเหลวและกลายเป็นส่วนหนึ่งของชิ้นงานหล่อ	- เพิ่มความทนต่อความต้านทานของทราย และทำให้ความแข็งที่กระทุ้งทรายแบบหล่อสม่ำเสมอ - ลดความชื้นของทรายแบบหล่อ และเพิ่มตัวประสาน - ระยะเวลาเทโลหะหลอมเหลวต้องสั้น - การไหลเข้าแบบหล่อต้องเฉลี่ยไปทั่วทั้งชิ้นงาน (เทพนารินทร์, 2545)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ข้อบกพร่องในงานหล่อทรายชิ้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานดั้งเดิม

ชื่อจุดเสีย	ลักษณะทั่วไป	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
5. หางหนู	เป็นจุดเสียที่ผิว ทรายที่ผิวแบบหล่อขยายตัว และโลหะหลอมเหลวแทรกเข้าใต้ส่วนที่ขยายตัวนั้น หลังจากหล่อเสร็จ และเอาทรายออกแล้วจะเห็นเป็นรอยโหว่รูปเส้น	- การขยายตัวของทรายที่สัมผัสกับโลหะหลอมเหลว - อุณหภูมิเทสูงเกินไป - น้ำที่ฉาบบริเวณผิวเพื่อไม่ให้สะเก็ดทรายหลุด มีมากเกินไป - แบบทรายมีความแข็งไม่มากพอ	- เติมสารเชื่อมประสาน - ให้ความแข็งของแบบหล่อทรายสม่ำเสมอทั่วทั้งแบบหล่อ - ควบคุมอุณหภูมิเทให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (John et al., 2554)
6. ครีบ	มีโลหะส่วนเกินยื่นออกมาจากชิ้นงานเป็นแผ่นบางๆ	แบบหล่อปิดไม่สนิทหรือน้ำหนักที่กดทับไม่พอ หีบหล่อมีปัญหา แผ่นกระสวนไม่แข็งแรงพอ หรือสลักยึดแบบหล่อไม่ดี	- ทำแบบหล่อทรายให้ปิดสนิทไม่มีช่องว่าง - ทำสลักยึดให้แน่น (เทพนารินทร์, 2545)
7. แบบหล่อปูดขึ้นที่หน้าผ่า	ในการประกอบแบบหล่อด้านบนเข้ากับแบบหล่อด้านล่าง ส่วนหนึ่งของแบบหล่อจะหัก และตกลงไปในแบบหล่อ ดังนั้นตรงที่แบบหล่อหักออกจะเกิดเป็นส่วนยื่นออกมาในชิ้นงานหล่อ และทรายที่หลุดออกมาจะทำให้เกิดโพรง	ถ้าส่วนแบบหล่อด้านบนและแบบหล่อด้านล่างไม่ประกบกันพอดี ส่วนที่ยื่นออกจะถูกกดจนหัก และทรายที่หลุดออกจะอยู่ในแบบหล่อ ดังนั้นทรายจะไปแทรกอยู่ในแบบหล่อด้านบน หรือแบบหล่อด้านล่าง	- บริเวณหน้าผ่า (Parting Surface) จะต้องแบนเรียบ โดยใช้กระดานทำแบบหรือตรวจแต่งให้เรียบ หรือทดลองประกบดูก่อนแล้วยกขึ้นตรวจว่ามีความผิดปกติ เกิดขึ้นที่หน้าผ่าหรือไม่ และภายในแบบหล่อมีทรายหล่อยู่หรือไม่ (John et al., 2554)
8. ทรายติดกระสวน	เกิดเป็นรอยปูดที่ผิวชิ้นงานหล่อ เนื่องจากขณะดึงกระสวนออก ทรายที่ผิวแบบหล่ออาจติดมาด้วย	- ทรายมักจะติดกระสวนที่ผิวขัดไม่ดี และมีผิวที่เปียก - แบบหล่อไม่แน่นพอ - เมื่อดึงกระสวนออกแล้วทรายติดกระสวน และไม่ได้มีการซ่อมแบบ	- ทำแบบหล่อให้มีความแน่นที่เหมาะสม - มีการสั่นกระสวนก่อนดึงออก - ถ้าใช้กระสวนโลหะควรทำให้กระสวนร้อนก่อน (เทพนารินทร์, 2545)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ข้อบกพร่องในงานหล่อทรายขึ้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานดั้งเดิม

ชื่อจุดเสีย	ลักษณะทั่วไป	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
9. ผิวเปลือกส้ม	ผิวชิ้นงานมีลักษณะหยาบไม่เรียบ เหมือนเปลือกส้ม	- เกิดจากมีแก๊สจับตัวอยู่ระหว่างโลหะกับแบบหล่อเทโลหะหลอมเหลวไม่เต็มรูเททำให้เกิดแก๊สขึ้นได้ง่าย - โลหะหลอมเหลวซึมเข้าไปในทราย การซึมเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของโลหะหลอมเหลวสูงมากเกินไป - ทรายมีความหยาบมากจึงทำให้ชิ้นงานมีผิวที่หยาบด้วย	- ใช้ทรายละเอียด - ลดปริมาณของสารที่เผาไหม้ในทรายได้ - กระทุ้งทรายให้แน่น - ควรเทโลหะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ (John et al., 2554)

2.4 การออกแบบรูล้น และรูเท

2.4.1 รูล้น (Riser)

รูล้นทำหน้าที่ป้อนน้ำโลหะเข้าไปแทนส่วนที่หดในขณะที่แข็งตัว ดังนั้นน้ำโลหะในรูล้นจะต้องแข็งตัวหลังน้ำโลหะในชิ้นงาน ถ้ารูล้นใหญ่เกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลือง และถ้าเล็กเกินไปจะเกิดโพรงเนื่องจากการหดตัว

รูล้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ รูล้นข้าง (Side Riser) และรูล้นบน (Top Riser) รูล้นข้างอยู่ทางข้างของชิ้นงานหล่อต่อกับรูเท และรูวิ่งโดยตรง ในลักษณะนี้ใช้ได้ผลดีสำหรับชิ้นงานขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง รูล้นบนอยู่ข้างบนของชิ้นงานซึ่งมักมีรูปร่างทรงกระบอก หรือมีขนาดใหญ่

รูล้นที่เปิดให้น้ำโลหะสัมผัสบรรยากาศเรียกว่ารูล้นเปิด (Open Riser) ส่วนรูล้นที่ข้างบนปิด เรียกว่ารูล้นปิด (Blind Riser) รูล้นปิดจะไม่สามารถป้อนน้ำโลหะเมื่อน้ำโลหะตรงที่ผิวในของรูล้นแข็งตัว เพราะมีความดันเหนือน้ำโลหะในรูล้นน้อยมาก (เทพนารินทร์, 2545)

ตารางที่ 2.2 ขนาดรูล้นสำหรับชิ้นงานหล่อที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่ (Non Ferrous)

ชนิดของวัสดุ	รูล้นข้าง	รูล้นบน
บรอนซ์	$\emptyset = t \times (2.3 \times 3)$	$\emptyset = t \times 3$
แมงกานีสบรอนซ์	$\emptyset = t \times 3.5$	$\emptyset = t \times 4$
ฟอสฟอรัสบรอนซ์	$\emptyset = t \times 3$	$\emptyset = t \times (3 - 3.5)$
อะลูมิเนียมผสม	$\emptyset = t \times 3.5$	$\emptyset = t \times 3.5$

หมายเหตุ : $\emptyset$ = เส้นผ่านศูนย์กลาง , t = ความหนาของชิ้นงาน

ที่มา : เทพนารินทร์ (2545)

2.4.2 รูเท (Sprue)

รูเทเป็นรูตรง และอยู่ในแนวตั้ง มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม บางครั้งหน้าตัดจะเท่ากันตลอดจากบนถึงล่าง แต่ส่วนมากจะใหญ่ข้างบน และค่อยๆ เล็กลง รูเทหน้าตัดเท่ากันนั้นใช้เมื่อต้องการให้โลหะหลอมเหลวไหลเข้าเร็วสม่ำเสมอ รูเทหน้าตัดคอดลงนั้นใช้เมื่อต้องการกันมิให้สิ่งเจือปนเข้า คือต้องการปล่อยให้เข้าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ช่วยเพิ่มความเร็วให้กับโลหะหลอมเหลวที่กำลังไหลลงแบบ และช่วยทำให้โลหะหลอมเหลวมีการไหลแบบราบเรียบ (เทพนารินทร์, 2545)

2.4.2.1 ความดันของโลหะหลอมเหลว ที่บริเวณฐานรูเท (Metal Head Pressure at Sprue Base) ความดันของโลหะหลอมเหลว คือแรงของโลหะหลอมเหลวกระทำต่อพื้นที่ใดๆ ที่โลหะหลอมเหลวนั้นสัมผัส ดังนั้นจึงต้องคำนวณความดันของโลหะหลอมเหลว เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ของรูเทต่อไป ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1 (Rashid, 2550)

$$h_p = H - \frac{0.5h_1^2}{h_2} \qquad (2.1)$$

h_p = ความดันของโลหะหลอมเหลวบริเวณฐานรูเท (มิลลิเมตร)
H = ความสูงของรูเท (มิลลิเมตร)
h_1 = ความสูงของหีบบน (มิลลิเมตร)
h_2 = ความสูงของชิ้นงานหล่อ (มิลลิเมตร)

2.4.2.2 พื้นที่ของรูเท (Choke Area) รูเทมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม และรูปทรงจะมีขนาดด้านบนที่ใหญ่กว่าด้านล่าง ทำหน้าที่รับโลหะหลอมเหลวจากอ่างเท เข้าสู่ทางเดินน้ำโลหะเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ จึงต้องคำนวณหาพื้นที่รูเทที่ใช้ในงานหล่อทรายขึ้น เพื่อนำไปหาเส้นผ่านศูนย์กลางรูเทต่อไป ซึ่งหาได้จากสมการดังที่ 2.2 (Rashid, 2550)

$$A = \frac{W}{\rho t C \sqrt{2gh_p}} \qquad (2.2)$$

A = พื้นที่ของรูเท (ตารางเมตร)
W = น้ำหนักของโลหะที่จะใช้ในการหล่อ (กิโลกรัม)
ρ = ความหนาแน่นของโลหะหลอมเหลว (2368 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์-เมตร)
t = เวลาในการเท (วินาที)
C = ค่าคงที่ (0.8)
g = 9.81 เมตรต่อวินาที^{2}
h_p = ความดันของโลหะหลอมเหลวบริเวณฐานรูเท

2.4.2.3 การใช้ตารางในการหาเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท เป็นการหาเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท โดยใช้ตารางที่มีน้ำหนักที่ใช้ในการเท เป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท จะมีน้ำหนักเทตั้งแต่ 10 กิโลกรัม – 2000 กิโลกรัม ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดรูเทสำหรับชิ้นงานหล่อที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่ (Non Ferrous)

น้ำหนักเท (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลางรูเท (mm)	น้ำหนักเท (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลางรูเท (mm)
≤ 10	13	300 - 350	39
10 - 20	19	350 - 400	39
20 - 30	22	400 - 450	40
30 -40	24	450 - 500	42
40 - 50	25	500 - 600	43
50 - 75	27	600 - 700	45
75 - 100	30	700 - 800	47
100 - 125	31	800 - 900	48
125 - 150	33	900 - 1000	49
150 - 175	34	1000 - 1250	52
175 - 200	36	1250 - 1500	55
200 - 250	39	1500 - 2000	60
250 - 300	39		

ที่มา : เทพนารินทร์ (2545)

2.5 ทรายหล่อ

2.5.1 สมบัติของทรายหล่อ

2.5.1.1 ขึ้นรูปได้ง่าย (Formability) และทำแบบหล่อได้สะดวก โดยที่มีความแข็งแรงพอ แบบหล่อที่ทำเสร็จแล้วจะต้องแข็งแรงพอที่จะยกไปได้ และเทโลหะหลอมเหลวเข้าไปได้ โดยไม่เกิดความเสียหาย ดังนั้นจะต้องมีความแข็งแรงที่อุณหภูมิห้อง และสามารถทนอุณหภูมิได้สูง

2.5.1.2 จะต้องให้แก๊สซึมออกได้ (Permeability) สะดวกเพราะถ้าอากาศ หรือแก๊สที่เกิดขึ้นไม่สามารถซึมผ่านเม็ดทรายออกไปจากแบบหล่อเร็วพอ ในขณะเทโลหะหลอมเหลวแล้วอาจเกิดจุดเสียประเภทโพรงที่เกิดจากการหดตัว และรูพรุนที่ผิว

2.5.1.3 ขนาดของเม็ดทราย และปริมาณของเม็ดทรายแต่ละขนาดต้องเหมาะสม ถ้าใช้ทรายละเอียดเกินไป แก๊สจะออกไม่ได้จะเกิดรูพรุน ดังนั้นจะต้องจัดให้ขนาดของเม็ดทราย และปริมาณของเม็ดทรายแต่ละขนาดเหมาะสม ทั้งนี้โดยคำนึงถึงทั้งสองประเด็นข้างต้น

2.5.1.4 ต้องมีความทนไฟ (Refractoriness) สูงพอ คือไม่ละลายที่อุณหภูมิเท ต้องทนไฟได้เมื่อเทโลหะหลอมเหลวอุณหภูมิสูงลงในแบบหล่อ

2.5.1.5 มีส่วนผสมที่เหมาะสม เมื่อเม็ดทรายสัมผัสกับโลหะหลอมเหลวอุณหภูมิสูงจะเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพ (Physical) และทางเคมี ดังนั้นไม่ควรมีส่วนผสมใดที่ทำให้เกิดแก๊ส หรือที่จะละลายไปกับโลหะหลอมเหลว

2.5.1.6 สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ทรายที่ดีจะต้องใช้ได้หลายครั้งเพื่อความประหยัด

2.5.1.7 ทรายที่ใช้จะต้องมีราคาถูก (เทพนารินทร์, 2545)

2.5.2 ทรายหล่อชนิดต่างๆ

ทรายหล่อที่ใช้กันมากที่สุดมี ทรายภูเขา ทรายทะเล ทรายแม่น้ำ และทรายซิลิกา ทั้งหมดนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ในการใช้ทำแบบหล่อนั้นจะใช้ทรายบางชนิดในสภาพที่เกิดอยู่ตามธรรมชาติ และบางชนิดก็จะบดให้เม็ดได้ขนาดเสียก่อน ถ้าทรายมีดินเหนียวผสมอยู่ และเกาะติดกันได้ดี ก็จะใช้ได้เลย แต่ถ้าเกาะติดกันไม่ดีพอจะต้องเติมดินเหนียวลงไป บางครั้งก็จะต้องเติมทั้งตัวประสาน (Binders) และดินเหนียวลงไปด้วย

องค์ประกอบของทรายหล่อ

- ทรายซิลิกา (Silica Sand 230- 350 µm) 100 ส่วน
- เบนโทไนท์ (Bentonite) ร้อยละ 4-6
- กาก หรือขี้เลื่อย (Cereal Binder) ร้อยละ 0.375 – 0.5
- ความชื้นร้อยละ 2.8 - 3.2

2.5.2.1 ทรายธรรมชาติ (Natural Molding Sand) ทรายประเภทนี้ได้จากบริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา แถวจังหวัดอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี เป็นต้น ซึ่งทรายประเภทนี้จะมีดิน (Clay) ผสมอยู่ประมาณร้อยละ 15 – 20 โดยน้ำหนัก เวลานำมาใช้ต้องผสมน้ำประมาณร้อยละ 8 – 9 โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากันดีก็ใช้ได้ แต่ทรายประเภทนี้ทนความร้อนไม่ดี เพราะเป็นพวกทรายก่อสร้าง (Ferrous Sand) ทนได้ประมาณ 1400-1500 องศาเซลเซียส เหมาะกับงานหล่อเหล็กหล่อ โลหะนอกกลุ่มเหล็ก เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง และบรอนซ์ เป็นต้น ทรายนี้มีความแข็งแรงน้อย ทนแรงอัดได้ประมาณ 0.6-1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราลมผ่านประมาณ 30-70 หน่วยเท่านั้น

2.5.2.2 ทรายสังเคราะห์ หรือทรายวิทยาศาสตร์ (Synthetic Green Molding Sand) ทรายประเภทนี้เป็นทรายหล่อที่เรานำเอาทรายแก้ว (ทรายขาว Silica Sand or SiO_2 Sand) ซึ่งมีซิลิกา SiO_2 มากถึงร้อยละ 95 โดยน้ำหนักขึ้นไป มาผสมกับตัวประสาน คือเบนโทไนท์ (Bentonite) ในอัตราส่วนที่พอเหมาะประมาณร้อยละ 4-7 โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งตัวเติมช่วยเพิ่มคุณภาพอีกเล็กน้อยไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก และน้ำร้อยละ 4-5 โดยน้ำหนัก จะได้ความแข็งแรงสูงทนแรงอัด

ได้ 4-10 ปอนด์ต่อตารางนิ้วหรือ 0.4-1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราลมผ่านดีถึง 70-150 เหมาะกับงานหล่อเหล็กหล่อ เหล็กกล้า และโลหะนอกกลุ่มเหล็กทั่วไป

2.5.2.3 การตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของทรายชื้น จุดมุ่งหมายของการตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพทรายชื้นส่วนใหญ่ทำขึ้นเพื่อ

ก. ลดความสูญเสียงานที่ผลิต

ข. เพิ่มคุณภาพของงานหล่อ

ค. เพิ่มความพอใจให้ลูกค้า

ง. เพิ่มปริมาณขายให้มากขึ้น

จ. เพื่อแข่งขันตลาดทั้งภายใน และภายนอกประเทศ (เทพนารินทร์, 2545)

2.5.3 การวัดปริมาณความชื้นในทรายหล่อ (Moisture Content)

ความชื้น หรือน้ำที่มีอยู่ในทรายหล่อโดยปกติจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 2-8 เป็นตัวที่ทำให้ตัวประสาน (ดิน หรือเบนโทไนท์) เกิดความเหนียวขึ้น ตัวประสานจะดูดซับน้ำไว้ในปริมาณจำกัดจำนวนหนึ่ง และถ้ามีความชื้นมากกว่าจำนวนจำกัดนี้ ความชื้นจะอยู่อย่างอิสระ (Free Moisture Content) ไม่ถูกตัวประสานดูด ทำให้ความแข็งแรงของทรายหล่อลดลง ฉะนั้นความชื้นจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของทรายเป็นอย่างมาก ถ้าความชื้นมากไปงานหล่อที่ได้จะเกิดรูพรุน [3]

วิธีทดสอบความชื้นวิธีที่ง่ายที่สุด คือใช้วิธีอบไล่ความชื้น มีวิธีปฏิบัติดังนี้

2.5.3.1 นำทรายที่ผสมเสร็จแล้วมาชั่ง 50 กรัม เป็นทรายตัวอย่าง

2.5.3.2 นำทรายตัวอย่าง 50 กรัมมาอบในเตาอบที่ให้ความร้อนสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็น

2.5.3.3 นำทรายที่อบแล้วมาชั่ง

2.5.3.4 นำผลที่ได้จากการชั่งครั้งแรกก่อนอบ และหลังอบแล้วนำมาคำนวณหาร้อยละความชื้น แสดงดังสมการ 2.3 (เทพนารินทร์, 2545)

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \qquad (2.3)$$

2.6 เทคนิคการหลอมอะลูมิเนียม

เพื่อให้ได้งานหล่อที่มีคุณภาพดีตามมาตรฐานสากล เทคนิคการหล่อหลอมอะลูมิเนียมต้องนำมาใช้เป็นอย่างมาก ซึ่งการหลอมอะลูมิเนียมมีเทคนิคสำคัญดังต่อไปนี้

การเลือกเตาหลอม (Melting Furnace)

เตาที่ใช้หลอมอะลูมิเนียมมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับคุณภาพ และปริมาณของอะลูมิเนียมที่จะหลอม แบ่งเป็นพวกๆ ดังนี้

2.6.1 เตาเบ้า โดยใช้เบ้ากราไฟท์ หรือเซรามิก ชนิดยกออกเท

2.6.2 เตากระทะ โดยมีเหล็กหล่อ หรือเหล็กกล้าพิเศษเป็นกระทะ (เบ้า) มีทั้งชนิดตั้งอยู่กับที่ และเอียงเทได้ ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

2.6.3 เตาสะท้อนความร้อน (Reverboratory) มีทั้งตั้งอยู่กับที่ และใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

2.6.4 เตาถังบาร์เรล ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง

2.6.5 เตาไฟฟ้า แบ่งเป็น

2.6.5.1 เตาช่อง (Channel) แบบเหนี่ยวนำ

2.6.5.2 แบบเหนี่ยวนำชนิดความถี่ต่ำ (Low Frequency)

2.6.5.3 แบบเหนี่ยวนำชนิดความถี่สูง (High Frequency)]

2.6.5.4 แบบความต้านทาน (Resistance Furnace)

ถ้าเป็นเตาแบบใช้ถ่าน น้ำมัน หรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิง ควรจะเป็นลักษณะที่เปลวไฟ หรือเปลวความร้อนต้องไม่ผสมกับโลหะหลอมเหลว เพราะเปลวไฟจะมีไอน้ำปนอยู่ด้วยจะทำให้ไอน้ำแยกตัวเมื่อสัมผัสกับอะลูมิเนียม ได้แก๊สไฮโดรเจน และออกซิเจน เราทราบว่าอะลูมิเนียมละลายแก๊สไฮโดรเจนได้ดี และกลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ในขั้นการหลอมนี้จำเป็นจะต้องป้องกันแก๊สทั้งสองให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ในการหลอมอะลูมิเนียมผสมจะหลีกเลี่ยงเรื่องไม่ให้แก๊สไฮโดรเจนเข้าละลายในโลหะหลอมเหลวได้ยากมาก เพราะแก๊สไฮโดรเจนมีที่มาได้หลายทาง เช่น ติดมากับโลหะที่จะหลอม พวกอะลูมิเนียมแท่ง (Ingot) หรือพวกรูล้น รูเท ที่นำมาหลอมใหม่ในรูปของความชื้น มากับแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ และสุดท้ายมาจากความชื้นในอากาศ เมื่อความชื้น หรือไอน้ำสัมผัสกับอะลูมิเนียมเหลวก็จะเกิดแก๊สไฮโดรเจน และเศษโลหะดังปฏิกิริยา

$$3H_2O + 2Al \longrightarrow 6H + Al_2O_3$$

ในตอนที่แก๊สไฮโดรเจนละลายอยู่ในอะลูมิเนียมจะอยู่ในสภาพที่เป็นอะตอม ต่อเมื่ออะลูมิเนียมเย็นตัวลง ปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนที่ละลายได้จะลดน้อยลงตามลำดับ ทำให้อะตอมของไฮโดรเจนที่ถูกขับออกมารวมตัวกันเข้าเป็นโมเลกุล และในที่สุดก็กลายเป็นฟองเล็กๆ แยกตัวลอยขึ้นเหนือโลหะหลอมเหลวถ้าแยกตัวออกจากโลหะหลอมเหลวไม่ทัน เนื่องจากอะลูมิเนียมแข็งตัวเสียก่อน ก็จะตกค้างอยู่ในอะลูมิเนียมในลักษณะเป็นฟองเล็กๆ กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้คุณภาพของงานหล่อที่ได้ต่ำ จะเห็นได้ชัดเจนภายหลังที่ได้นำเอาชิ้นงานไปกลึง หรือไส

สำหรับเตาไฟฟ้า ถ้าเป็นแบบเหนี่ยวนำไม่ว่าจะเป็นความถี่สูง หรือต่ำจะทำให้มีผลทำให้เกิดการกวนขึ้น (Stirring Effect) ในโลหะซึ่งกำลังหลอมเหลว ทำให้โลหะหลอมเหลวละลายแก๊สในอากาศได้มาก เตาไฟฟ้าที่ดีที่สุดควรจะเป็นแบบความต้านทาน (Resistance) เพราะสามารถควบคุม

ได้ง่ายทั้งการละลายแก๊ส และการเกิดอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือเศษโลหะ (Dross) เพราะเตาไฟฟ้าแบบนี้ไม่เกิดการกวนโลหะหลอมเหลวเวลาหลอม

การยกเบ้าเทออกจากเตาเมื่อเทโลหะหลอมเหลวนั้น ส่วนมากจะใช้คีม (Tong) คีบยกออกมา ถ้าใช้คีมคีบเบ้านับว่าสำคัญมากในการปฏิบัติ เพราะถ้าใช้คีมไม่ถูกต้องมักจะทำให้เบ้าแตกได้ คีมยกจะต้องไม่เล็ก หรือใหญ่เกินไป และการคีบก็จะต้องคีบให้ตรงจุด ไม่เช่นนั้นอายุการใช้งานเบ้าจะสั้น

อะลูมิเนียมออกไซด์มีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกับอะลูมิเนียมหลอมเหลวมาก คือประมาณ 2.40-3.99 ซึ่งอะลูมิเนียมประมาณ 2.70 จึงทำให้อะลูมิเนียมออกไซด์สามารถลอยปะปนไปกับโลหะหลอมเหลวได้ง่ายในขณะที่เทโลหะหลอมเหลวลงแบบหล่อ จะทำให้งานหล่อที่ได้มีคุณภาพต่ำ การแก้ไขจุดเสียข้อนี้จะต้องกระทำทั้งการป้องกันไม่ให้เกิดอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือถ้าจะเกิดก็ให้เกิดได้น้อยที่สุด และการกำจัดอะลูมิเนียมออกไซด์ออกไปด้วย

ตามปกติอะลูมิเนียมสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ง่ายมาก แต่ออกไซด์ของอะลูมิเนียมจะมีความแน่นทึบมาก ไม่ยอมให้ออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมใต้ผิวของออกไซด์ได้ ดังนั้นอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดบริเวณผิวหน้าโลหะหลอมเหลวจะทำหน้าที่เป็นเยื่อบางๆ (Film) ป้องกันการเกิดออกไซด์ต่อได้เป็นอย่างดี ถ้าเราทำการหลอมอะลูมิเนียมด้วยวิธีธรรมดา การป้องกันการเกิดออกไซด์จะทำได้โดยไม่แตะต้อง หรือกวนโลหะหลอมเหลวเลย ทำให้เยื่อบางๆ ของอะลูมิเนียมออกไซด์ถูกทำลาย การเกิดออกไซด์ต่อก็จะมีน้อย แต่เพื่อให้การป้องกันมีประสิทธิภาพ เรามักจะใช้ฟลักซ์เข้าช่วย ซึ่งฟลักซ์ที่ใช้มี 4 ประเภทคือ

- ฟลักซ์คลุมผิวหน้า (Covering Fluxes) ฟลักซ์ตัวนี้ทำหน้าที่คลุมผิวหน้าโลหะหลอมเหลวไว้ เป็นการป้องกันทั้งไม่ให้เกิดออกไซด์ และการละลายของแก๊สไฮโดรเจน
- ฟลักซ์ทำให้สะอาด (Cleaning Fluses) ฟลักซ์พวกนี้ทำหน้าที่ทั้งป้องกันการเกิดออกไซด์ และช่วยทำให้ออกไซด์ และสิ่งเจือปนอื่นๆ (Suspended Particles) ลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิว
- ฟลักซ์กำจัดตะกรัน (Drossing – off Fluxes) เป็นฟลักซ์ที่ใช้กำจัดตะกรันโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่จะใช้ฟลักซ์ชนิดนี้ในตอนที่จะเทโลหะหลอมเหลวลงแบบหล่อ
- ฟลักซ์ลดแก๊ส (Degassing Fluxes) ฟลักซ์ลดแก๊สพวกนี้ปกติมักใช้แก๊สคลอรีน และไนโตรเจน โดยเป่าผ่านเข้าไปในโลหะหลอมเหลว เกิดฟองพาเอาแก๊สไฮโดรเจน และพวกออกไซด์ต่างๆ ออกมาด้วย (เทพนารินทร์, 2545)

2.7 การวัดการกระจายตัวของเม็ดทราย (Sand Distribution)

วิธีนี้เป็นวิธีการวัดการกระจายตัวของเม็ดทรายโดยผ่านตระแกรงร่อน (Test Sieve) ตามมาตรฐาน ASTM สำหรับการกระจายตัวของเม็ดทราย ที่มีขนาดต่างๆ กันจำนวน 13 ชั้น โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวเขย่า ตะแกรงแต่ละชั้นนี้เราจะเรียกว่า นัมเบอร์เมช (Mesh Size) ตะแกรงที่มีเมชน้อยรูตะแกรงจะใหญ่กว่าตะแกรงที่มี เมชมาก โดยการทดสอบจะนำทรายที่แห้ง และผ่านการอบนำมาใส่ตะแกรงร่อน (Test Sieve) ในชั้นบนสุด แล้วใช้เครื่องเขย่าทำการเขย่าเป็นเวลาประมาณ 15 นาที แล้วหาร้อยละของทรายแต่ละชั้น (ธำรงค์, 2549)

ตารางที่ 2.4 ตารางการคำนวณ A.F.S. Fineness No.

เบอร์ตะแกรง (Mesh Number)	ปริมาณทรายที่ค้างตะแกรง (Percent retained)	ค่าคงที่ (Multiplier)	ผลคูณ (Product)
6	X_1	3	$3 \times X_1$
12	X_2	5	$5 \times X_2$
20	X_3	10	$10 \times X_3$
30	X_4	20	$20 \times X_4$
40	X_5	30	$30 \times X_5$
50	X_6	40	$40 \times X_6$
70	X_7	50	$50 \times X_7$
100	X_8	70	$70 \times X_8$
140	X_9	100	$100 \times X_9$
200	X_{10}	140	$140 \times X_{10}$
270	X_{11}	200	$200 \times X_{11}$
ถาดรองรับ (Pan)	X_{12}	300	$300 \times X_{12}$
ผลรวม	ผลรวมของน้ำหนักทรายที่ค้างตะแกรง		ผลรวมของผลคูณ

ที่มา : ธำรงค์ (2549)

$$\text{A.F.S.Fineness No.} = \frac{\text{ผลรวมของผลคูณ}}{\text{ผลรวมของน้ำหนักทรายที่ค้างตะแกรง}} \qquad (2.4)$$

2.8 การทดสอบหาค่าความแข็งของแบบทรายหล่อ (Hardness)

แบบหล่อทรายที่มีความแข็งของผิวไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดจุดบกพร่องบนชิ้นงาน เช่นแบบหล่อที่มีความแข็งของผิวมากเกินไป เนื่องจากตำทรายแน่นเกินไป จะทำให้การระบายอากาศไม่ดีทำให้เกิดรูพรุนที่ชิ้นงาน นอกจากนี้เมื่อทรายหล่อได้รับความร้อนจะขยายตัวดันกันเข้าไปแทรกในเนื้อของชิ้นงาน หรือแบบหล่อที่มีความแข็งน้อยเกินไป โลหะหลอมเหลวก็สามารถที่จะแทรกเข้าไปในทรายหล่อได้เช่นกัน การทดสอบความแข็งทดสอบด้วยเครื่อง Sand Mold Hardness Tester ความแข็งที่เหมาะสมสำหรับทำแบบทรายด้วยมือคือ 70-80

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนาภรณ์ และคณะ (2531) ได้ทำการวิจัยผลกระทบของสมบัติทราย และอุณหภูมิเท การเกิดรอยตำหนิประเภทรูเข็ม เป็นหนึ่งในรอยตำหนิที่เกิดจากแก๊ส ซึ่งถูกพบปริมาณสูงที่สุดในบรรดารอยตำหนิทั้งหลาย ซึ่งมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการผลิตหลายจุดด้วยกัน จากกรณีศึกษาในโรงงานแห่งหนึ่ง ซึ่งผลิตชิ้นส่วนจากเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ เพื่อหาสาเหตุหลักของรอยตำหนินี้จากการแปรค่าปัจจัยในการผลิต ได้ทำการทดลองขนาดเม็ดทราย (มาตรฐาน AFS) เบอร์ 46 และ 49 ปริมาณดินเหนียว (Clay) ร้อยละ 4.5 และร้อยละ 6.5 แป้งมัน ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ความชื้นทรายร้อยละ 2.5 และร้อยละ 4 และอุณหภูมิเท 1550 และ 1620 องศาเซลเซียส เมื่อทำการทดสอบสมบัติทรายพร้อมกับประเมินการทดลอง เพื่อหาปริมาณรอยตำหนิที่เกิดขึ้นอ้างอิงกับทฤษฎีร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์เชิงสถิติ ผลการวิเคราะห์สรุปว่า สภาวะที่เกิดรอยตำหนิน้อยที่สุดคือ ขนาดเม็ดทรายเบอร์ 46 ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 4.5 ปริมาณแป้งมันร้อยละ 0.5 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.5 และอุณหภูมิเท 1620 องศาเซลเซียส นอกจากนี้หากเป็นการผลิตที่จำนวนน้อย สามารถใช้อุณหภูมิ 1550 องศาเซลเซียส เพื่อการประหยัดพลังงานได้ ผลการทดลองทรายสามารถอ้างอิงได้ตามทฤษฎีคือ ความโปร่งอากาศแปรค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดทรายหยาบ และประมาณการผสมต่ำ ความแข็งแรงจะแปรค่าเพิ่มตามปริมาณดินเหนียว การเกิดแก๊สจากการเผาไหม้ในทรายแปรค่าเพิ่มตามขนาดเม็ดทรายหยาบซึ่งทำให้การระบายแก๊สง่าย ปริมาณแป้งมัน และน้ำซึ่งสามารถย่อยสลายได้จากการเผาไหม้ ส่วนดินเหนียวมีหน้าที่เพียงซึมซับน้ำเพื่อการเกาะเม็ดทรายแต่สามารถทนต่อความร้อน และไม่ถูกเผาไหม้

สมศักดิ์ (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อรวบรวมจุดบกพร่อง และการแก้ไขของชิ้นงานหล่อประเภทเหล็ก ได้แก่ เหล็กหล่อเทา เหล็กหล่อเหนียว และชิ้นงานหล่อประเภทไม่ใช่เหล็ก ได้แก่ อะลูมิเนียม ทองเหลือง แล้วทำการแก้ไขโดยเน้นที่การทำแบบหล่อทราย และอุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลว ผลการวิจัยปรากฏว่า จุดเสียของเหล็กหล่อเทา และเหล็กหล่อเหนียว ก่อนทำการทดลองแก้ไขเกิดลักษณะรูพรุน และโพรงหดตัวมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 8.00 หลังจากทำการทดลองแก้ไขโดยควบคุมความชื้นของทรายหล่อทำให้ชิ้นงานเหล็กหล่อเทาเกิดจุดเสียลดลงเฉลี่ยร้อยละ 4.21 ชิ้นงาน

เหล็กหล่อเหนียวเกิดจุดเสียเฉลี่ยลดลงร้อยละ 3.29 สำหรับจุดเสียของชิ้นงานอะลูมิเนียมก่อนทำการทดลองแก้ไขนั้น เกิดลักษณะการเทไม่เต็มแบบมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 5.40 หลังจากทำการทดลองแก้ไขโดยการควบคุมอุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลวทำให้ชิ้นงานอะลูมิเนียมเกิดจุดเสียเฉลี่ยร้อยละ 1.73 และจุดเสียของชิ้นงานทองเหลือง ก่อนทำการแก้ไขนั้นเกิดลักษณะการเทไม่เต็มแบบมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 4.80 หลังจากทดลองแก้ไขโดยการควบคุมอุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลวทำให้ชิ้นงานทองเหลืองเกิดจุดเสียเฉลี่ยร้อยละ 1.60

สุรธวัช (2549) ได้ทำโครงงานวิจัย มีวัตถุประสงค์ เพื่อลดสัดส่วนงานซ่อมชิ้นงานในกระบวนการผลิตเหล็กกล้าหล่อโดยมุ่งเน้นไปที่งานชิ้นส่วนช่วงล่างรถบรรทุก (U-Bolt Plate UT005A40A) ด้วยการวิเคราะห์หาระดับปัจจัยที่เหมาะสม ที่มีผลต่อลักษณะข้อบกพร่องประเภทโพรงหดตัวซึ่งส่งผลต่อปริมาณงานซ่อมโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม และวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโพรงหดตัวมี 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลว ขนาดของรูล้น ความชื้นทรายทำแบบ และเวลาในการเทโลหะหลอมเหลว โดยที่อุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลวเป็นปัจจัยที่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการหล่อโลหะส่วนอีก 3 ปัจจัยนำไปทดลองโดยการวิเคราะห์ทีละปัจจัย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโพรงหดตัวภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้ คือ ขนาดรูล้นกับอุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลว ผลจากการทำการออกแบบการทดลองพบว่า อุณหภูมิเทโลหะหลอมเหลวที่ 1600 องศาเซลเซียส และขนาดรูล้นที่มีปริมาตร 271.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ผลการเกิดโพรงหดตัวน้อยที่สุด และจากการติดตามผลโดยผลิตงานจริง พบว่าข้อบกพร่องโพรงหดตัวของงานชิ้นส่วนช่วงล่างรถบรรทุก ลดลงจากร้อยละ 13 เหลือ ร้อยละ 2.28 ส่งผลให้สัดส่วนงานซ่อมรวมของบริษัทลดลงจากร้อยละ 15 ของงานที่ผลิตทั้งหมดเหลือร้อยละ 10 ของงานที่ผลิตทั้งหมด

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1.1 อะลูมิเนียมบริสุทธิ์

3.1.1.2 ทรายหล่อ

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแบบหล่อทราย

3.1.2.1 ตะแกรงร่อน

3.1.2.2 เครื่องวัดความแข็ง

3.1.2.3 เตาอบ

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ชิ้นงาน

3.1.3.1 กล้องถ่ายรูป

3.1.3.2 กล้องถ่ายภาพโครงสร้างมหภาค (Optical Macroscope)

3.1.3.3 โปรแกรม MSQ plus version 6.51

3.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบหล่อทรายชื้น

3.1.4.1 หีบหล่อ

3.1.4.2 กระดานรองแบบ (Molding Board)

3.1.4.3 ไส้แบบ (Core)

3.1.4.4 เครื่องชั่ง

3.1.4.5 กระสวน (Pattern)

3.1.4.6 ที่เป่าลม (Bellow)

3.1.4.7 แปรงขนอ่อน (Brush)

3.1.4.8 ถุงฝุ่นผง (Dust Bag)

3.1.4.9 ช้อนใบไม้ (Heart and Square)

3.1.4.10 ตะแกรง (Hand Riddles)

3.1.4.11 ที่กระทุ้งทรายด้วยมือ (Hand Rammer)

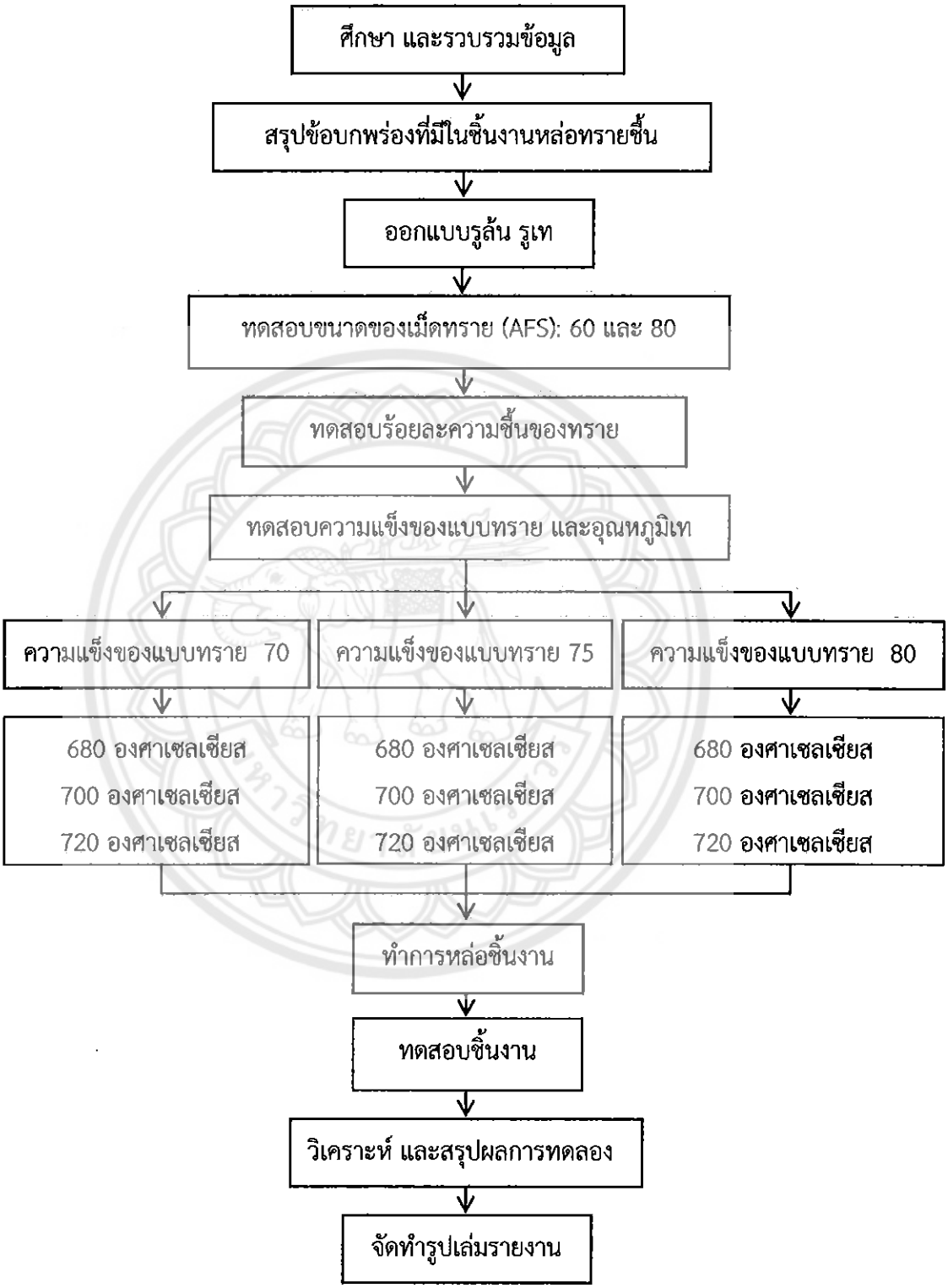
3.1.4.12 ที่ตัดรูเท (Sprue Pin)

3.1.4.13 เหล็กแทงรูไอ (Vent Wire)

3.1.4.14 แท่งถอดแบบ (Draw Spike)

1644 5513
ป.ร.
W617 1
2553

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

3.2.1.1 ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในงานหล่อทรายชื้น หาลักษณะ สาเหตุ และวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น

3.2.1.2 รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.2 สรุปข้อบกพร่องที่มีในชิ้นงานหล่อทรายชื้น

3.2.2.1 สรุปข้อบกพร่องที่มีในชิ้นงานหล่อทรายชื้นพร้อมทั้งหาสาเหตุ ลักษณะ และวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น

3.2.2.2 ความเรียบผิว และครีบมีสาเหตุมาจากขนาดของเม็ดทราย และความแข็งของแบบทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ

3.2.2.3 โพรงที่เกิดจากการหดตัว และรอยหางหนู มีสาเหตุมาจากความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเทของโลหะหลอมเหลว

3.2.2.4 รูพรุนมีสาเหตุมาจากขนาดของเม็ดทราย ความแข็งของแบบทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ และอุณหภูมิเทของโลหะหลอมเหลว

3.2.3 ออกแบบรูล้น รูเท

ออกแบบขนาดรูเท รูล้นใหม่สำหรับชิ้นงานหล่อนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous) รวมไปถึงการเลือกที่ตั้งของรูล้น รูเท

3.2.4 ทดสอบขนาดของเม็ดทราย

จากทฤษฎีงานหล่อทราย ขนาดของเม็ดทรายที่เหมาะสมกับงานหล่ออะลูมิเนียมอยู่ระหว่าง 60 -100 AFS ทดสอบการกระจายตัวของทราย โดยนำทรายไปร่อนผ่านตระแกรงร่อนของ ASTM ที่มีขนาดเบอร์ 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200 และ 270 เมช ดังนั้นจึงทำการปรับเปลี่ยนขนาดของเม็ดทรายดังนี้

3.2.4.1 ขนาดของเม็ดทรายที่ 60 AFS

3.2.4.2 ขนาดของเม็ดทรายที่ 80 AFS

3.2.5 ทดสอบร้อยละความชื้นของทราย

3.2.5.1 นำทรายขนาด 60 AFS ไปชั่งให้ได้น้ำหนัก 50 กรัม แล้วไปผสมน้ำร้อยละ 3, 4, และ 5 ตามลำดับ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวลงถึงอุณหภูมิห้อง แล้วคิดน้ำหนักที่ลดลงเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิม

3.2.5.2 นำทรายขนาด 80 AFS ไปชั่งให้ได้น้ำหนัก 50 กรัม แล้วไปผสมน้ำร้อยละ 3, 4, และ 5 ตามลำดับ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวลงถึงอุณหภูมิห้อง แล้วคิดน้ำหนักที่ลดลงเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิม

3.2.6 ทดสอบความแข็งของแบบทราย อุณหภูมิเทของโลหะหลอมเหลว และทดสอบขนาดของเม็ดทราย

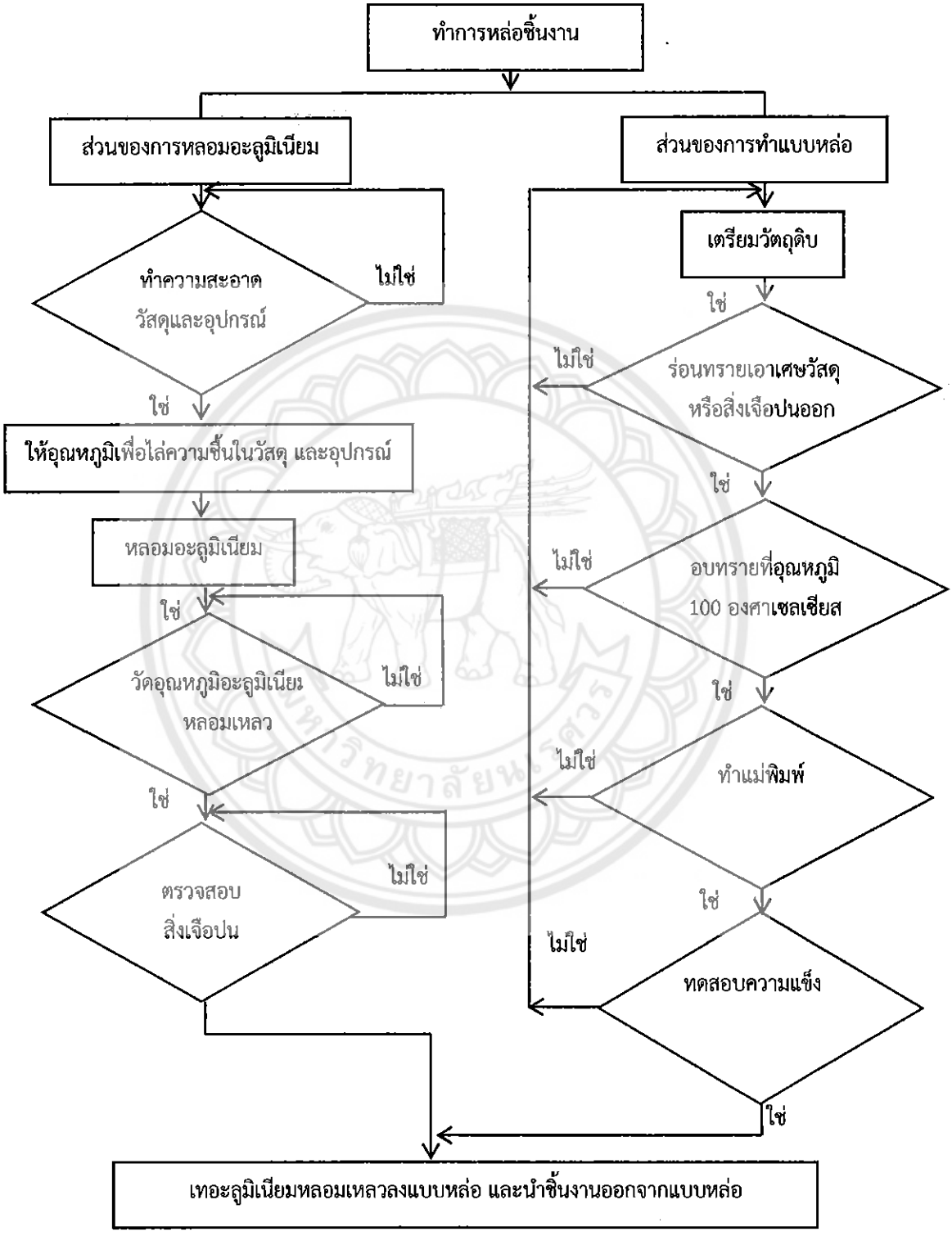
3.2.6.1 ทดสอบค่าความแข็งของแบบทรายที่ 70: 680 องศาเซลเซียส, 700 องศาเซลเซียส, 720 องศาเซลเซียส

3.2.6.2 ทดสอบค่าความแข็งของแบบทรายที่ 75: 680 องศาเซลเซียส, 700 องศาเซลเซียส, 720 องศาเซลเซียส

3.2.5.3 ทดสอบค่าความแข็งของแบบทรายที่ 80: 680 องศาเซลเซียส, 700 องศาเซลเซียส, 720 องศาเซลเซียส

3.2.7 ทำการหล่อชิ้นงาน

เมื่อได้ค่าความแข็งของแบบทราย อุณหภูมิ และขนาดเม็ดทรายที่เหมาะสม นำมาทำการหล่อชิ้นงาน



รูปที่ 3.2 แผนภาพขั้นตอนการหล่อชิ้นงาน

3.2.7.1 นำทรายไปร่อนผ่านตระแกรงลวดเพื่อนำสิ่งเจือปนออก

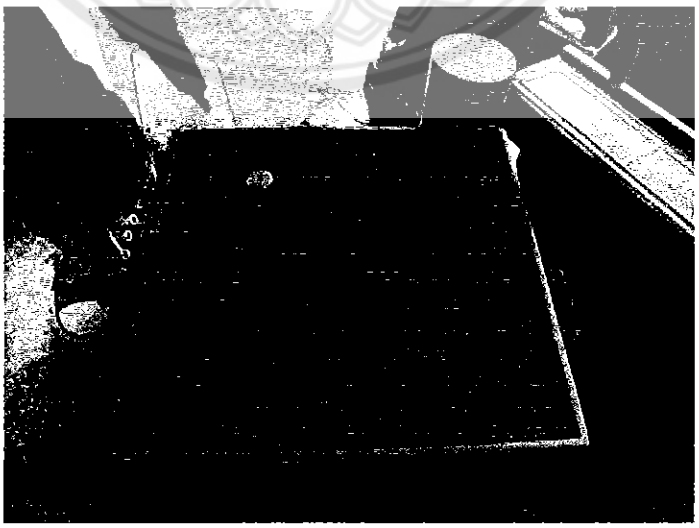
3.2.7.2 นำทรายไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออกจากทราย แล้วนำทรายไปผสมน้ำร้อยละ 3 โดยน้ำหนักของทราย

3.2.7.3 ทำแบบหล่อ

ก. ทำความสะอาดกระดานรองแบบแล้วนำหีบหล่อมาวางบนกระดานรองแบบ จากนั้นนำกระสวนใส่เข้าไปในหีบ แสดงดังรูปที่ 3.3

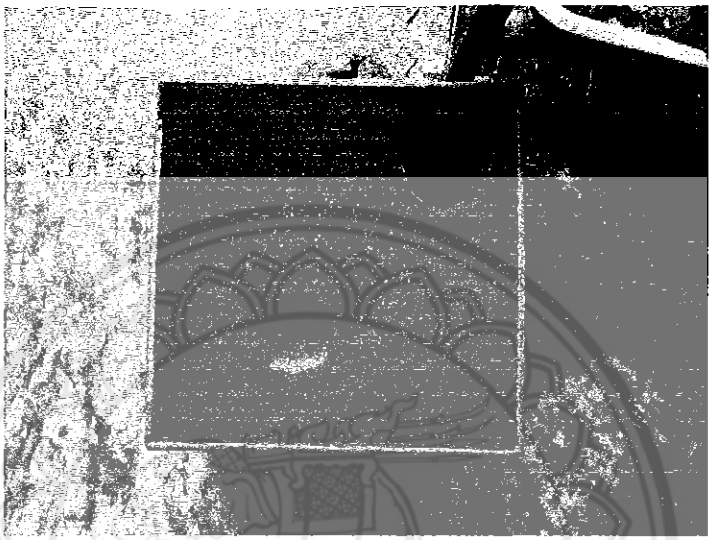
รูปที่ 3.3 การวางกระสวนในหีบหล่อ

ข. สร้างรูล้น รูเทแล้วถมทรายเพิ่มเข้าไปจนเต็มหลังหีบจากนั้นกระทุ้งทรายให้แน่น และใช้ไม้ปาดทรายปาดทรายบนหีบหล่อให้เรียบ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การสร้างรูล้น รูเทบนแบบทราย

ค. เมื่ออัดทรายเต็มหลังหีบแล้ว โดยเผื่อให้สูงเกินมาเล็กน้อย จากนั้นปาดทรายที่เกินมาด้วยไม้ปาดให้เรียบเสมอขอบหีบหล่อ ก่อนที่จะแทงรูไอ แสดงดังรูปที่ 3.5 เพื่อระบายแก๊ส โดยกะระยะความลึกพอดีอย่าให้ปลายเหล็กแทงกระแทกโดนผิวของกระสวน ควรมีระยะห่างระหว่างรู ประมาณ 2-3 เซนติเมตร เมื่อได้แบบหล่อที่เสร็จแล้ว ก็จะนำไปทดสอบความแข็งของแบบต่อไป



รูปที่ 3.5 แบบหล่อรอเทโลหะหลอมเลว

3.2.7.5 ทดสอบความแข็งของแบบหล่อ

ก. ค่าความแข็งของแบบทรายที่ 70

ข. ค่าความแข็งของแบบทรายที่ 75

ค. ค่าความแข็งของแบบทรายที่ 80

3.2.7.6 หล่ออะลูมิเนียมบริสุทธิ์

ก. ทำความสะอาดวัสดุ และอุปกรณ์ในการหล่อ

ข. ให้อุณหภูมิเพื่อไล่ความชื้นในวัสดุ และอุปกรณ์ที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 นาที

ค. หลอมอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส, 700 องศาเซลเซียส และ 720 องศาเซลเซียส

ง. วัดอุณหภูมิอะลูมิเนียมบริสุทธิ์หลอมเหลวเพื่อพร้อมเท

จ. ตรวจสอบ และกำจัดสิ่งเจือปนออกจากอะลูมิเนียมบริสุทธิ์หลอมเหลวเพื่อไม่ให้สิ่งเจือปนเข้าไปในแบบหล่อ

3.2.7.7 เทอะลูมิเนียมหลอมเหลวลงแบบหล่อ และนำชิ้นงานออกจากแบบหล่อ

3.2.8 ทดสอบชิ้นงาน

3.2.8.1 ถ่ายรูปผิวชิ้นงานด้วยกล้องถ่ายรูป แล้วนำภาพถ่ายไปวิเคราะห์เปรียบเทียบดูความเรียบผิว, รอยหางหนู และครีบ

3.2.8.2 ตัดชิ้นงานถ่ายรูปชิ้นงานด้วยกล้องถ่ายรูป และกล้องถ่ายภาพโครงสร้างมหภาคแล้วนำภาพถ่ายโครงสร้างมหภาคแล้ววิเคราะห์หาปริมาณรูพรุน ด้วยโปรแกรม MSQ plus version 6.51 แล้วนำผลที่เป็นตัวเลขจากโปรแกรม MSQ plus version 6.51 ไปสร้างกราฟเพื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการเกิดรูพรุน

3.2.8.3 นำชิ้นงานบริเวณที่หนาที่สุดของชิ้นงานไปตัด แล้วหาร้อยละการหดตัว โดยการนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่เกิดการหดตัวด้วยวิธีนับจำนวนช่องที่เกิดการหดตัวและคิดออกมาเป็นร้อยละการหดตัว

3.2.9 วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.2.9.1 วิเคราะห์ความเรียบผิว โดยการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวของขนาดเม็ดทราย และความแข็งของแบบทราย

3.2.9.2 วิเคราะห์โพรงที่เกิดจากการหดตัว โดยการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อโพรงที่เกิดจากการหดตัวของอุณหภูมิเท และความแข็งของแบบทราย

3.2.9.3 วิเคราะห์หาปริมาณรูพรุน โดยการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรูพรุนของอุณหภูมิเท ความแข็งของแบบทราย และขนาดของเม็ดทราย

3.2.9.4 วิเคราะห์รอยหางหนู โดยการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดหางหนูของความแข็งของแบบทราย

3.2.9.5 วิเคราะห์หาครีบ โดยการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดครีบของขนาดเม็ดทราย และความแข็งของแบบทราย

3.2.10 จัดทำรูปเล่มรายงาน

นำข้อมูลทั้งหมด และผลการทดลองมาจัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

4.1 การออกแบบรูเท รูล้น

4.1.1 การเลือกตำแหน่ง และการออกแบบระบบทางเข้า

4.1.1.1 เลือกใช้ระบบทางเข้าแบบแยกรูล้น รูเทเนื่องมาจาก

ก. เพื่อลดปัญหาการเกิดรูพรุนของชิ้นงานที่มีสาเหตุมาจากแก๊สตกค้างอยู่ในแบบหล่อ เนื่องจากขณะเทโลหะหลอมเหลวลงแบบหล่อจะระบายแก๊สออกทางรูล้นได้ดี ทำให้ทางเข้าแบบแยกรูล้น รูเทมีแก๊สตกค้างในแบบหล่อน้อยกว่าทางเข้าที่มีรูล้น รูเทที่มีตำแหน่งเดียวกัน

ข. เพื่อลดปัญหาการเทโลหะหลอมเหลวไม่เต็มแบบ เนื่องจากเวลาโลหะหลอมเหลวเต็มแบบจะไหลขึ้นมาทางรูล้นทำให้สามารถรู้ได้ว่าน้ำโลหะหลอมเหลวเต็มแบบ

ค. เพื่อลดปัญหาการหดตัวของชิ้นงาน เนื่องจากมีการป้อนเติมโลหะหลอมเหลวได้หลายทาง

ง. เพื่อลดปัญหาโลหะหลอมเหลวแข็งตัวก่อนเต็มแบบ เนื่องจากโลหะหลอมเหลวไหลเข้าแบบได้เร็วทำให้ไม่มีอากาศเป็นตัวต้านการไหลของโลหะหลอมเหลวซึ่งจะทำให้โลหะหลอมเหลวเกิดความหนืดน้อย

จ. เพื่อลดปัญหาไม่ให้ชิ้นงานเกิดสิ่งเจือปน เนื่องจากเวลาเทโลหะหลอมเหลวสิ่งเจือปนที่มากับโลหะหลอมเหลว และที่ค้างอยู่ในแบบจะไหลไปกับโลหะหลอมเหลวขึ้นไปอยู่ด้านบนของรูล้นโดยอาศัยหลักการความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างโลหะหลอมเหลวกับสิ่งเจือปน

4.1.2.1 ใช้ระบบทางเข้าแบบด้านข้างเนื่องจาก

ก. เพื่อลดปัญหาโลหะหลอมเหลวกระแทกแบบหล่อทรายซึ่งจะส่งผลทำให้โลหะหลอมเหลวกัดเซาะแบบทราย

ข. เพื่อลดปัญหาโลหะหลอมเหลวเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent low) ซึ่งจะส่งผลให้โลหะหลอมเหลวเกิดฟองแก๊ส

ค. เพื่อง่ายต่อการตกแต่งชิ้นงาน เนื่องจากชิ้นงานมีลักษณะกลม

ง. เพื่อลดปัญหาการกระจายตัวของโลหะหลอมเหลว เมื่อโลหะหลอมเหลวกระทบกับแบบหล่อ จะทำให้โลหะหลอมเหลวมีพื้นที่ในการสัมผัสกับออกซิเจนได้ง่าย ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนได้มากขึ้น

4.1.2 การออกแบบรูเท

4.1.2.1 การคำนวณความดันของโลหะหลอมเหลวที่บริเวณฐานรูเท (Metal Head Pressure at Sprue Base) เป็นการคำนวณแรงของโลหะหลอมเหลวกระทำต่อพื้นที่ใดๆ ที่โลหะหลอมเหลวนั้นสัมผัส ดังนั้นจึงต้องคำนวณความดันของโลหะหลอมเหลว เพื่อนำไปคำนวณหาพื้นที่ของรูเทต่อไป จากสมการที่ 2.1 ผลการคำนวณเป็นดังนี้

$h_p = H - 0.5\ h_1^2/h_2$

H = 85 มิลลิเมตร

h_1 = 70 มิลลิเมตร

h_2 = 16.5 มิลลิเมตร

h_p = 85 มิลลิเมตร – 0.5((70 มิลลิเมตร)^{2}ต่อ16.5 มิลลิเมตร)

= 63.4848 มิลลิเมตร

ดังนั้นความดันของโลหะหลอมเหลวที่บริเวณฐานรูเท เท่ากับ 63.4848 มิลลิเมตร

4.1.2.2 การคำนวณพื้นที่ของรูเท รูเทมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม และรูปทรงจะมีขนาดด้านบนที่ใหญ่กว่าด้านล่างทำหน้าที่รับโลหะหลอมเหลวจากอ่างเท เข้าสู่ทางเดินน้ำโลหะ ดังนั้นจึงคำนวณหาพื้นที่รูเทที่ใช้ในงานหล่อทรายขึ้น เพื่อนำไปหาเส้นผ่านศูนย์กลางรูเทต่อไป จากสมการที่ 2.2 ดังนี้

$$A = \frac{W}{\rho t C \sqrt{2gh_p}}$$

W = 0.7 กิโลกรัม

ρ = 2368 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

t = 5.7 วินาที

C = 0.8

g = 9.81 เมตรต่อวินาที^{2}

h_p = 63.4848 มิลลิเมตร

$$A = \frac{0.7\ (kg)}{2368\ (kg/m^3) \times 5.7(s) \times 0.8 \times \sqrt{2 \times 9.81\ (m/s^2) \times 63.4848 \times 10^{-3}(m)}}$$

$= 5.80 \times 10^{-5}$ ตารางเมตร

ดังนั้น การคำนวณพื้นที่ของรูเท เท่ากับ 5.80×10^{-5} ตารางเมตร

จากการคำนวณหา พื้นที่ของรูเท มีค่าเท่ากับ 5.80×10^{-5} ตารางเมตร พบว่าพื้นที่ของรูเท มีขนาดเล็กไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในการหล่อ เมื่อคำนวณหาขนาดรูเทจะทำให้ขนาดรูเทนั้นมีขนาดเล็กไปด้วย ดังนั้นจึงไม่หาขนาดรูเทจากการคำนวณ จึงใช้ทฤษฎีในตารางที่ 2.3

ในการออกแบบขนาดรูเท คือขนาดรูเทสำหรับชิ้นงานหล่อที่ไม่มีเหล็กผสมอยู่ น้ำหนักในการเทน้อยกว่า 10 กิโลกรัม จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเท 13 มิลลิเมตร

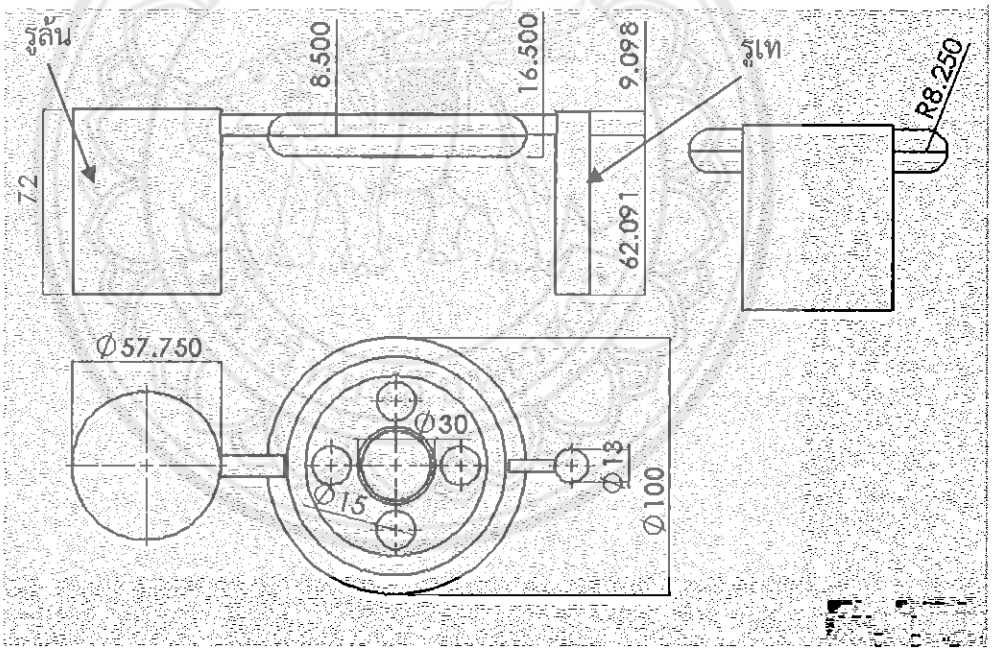
4.1.3 การออกแบบรูล้น

การหาขนาดรูล้นสำหรับชิ้นงานหล่อนอกกลุ่มเหล็กหาได้จากสมการในตารางที่ 2.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ t x 3.5 เมื่อ t คือความหนาของชิ้นงาน หนา 16.5 มิลลิเมตร

ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูล้นเท่ากับ 16.5 x 3.5 = 57.75 มิลลิเมตร

4.1.4 ส่วนประกอบของชิ้นงาน

จากการหาที่ตั้ง และขนาดรูเท รูล้น ในหัวข้อ 4.1.1, 4.1.2 และ 4.13 ตามลำดับ จะได้ขนาดรูเท และรูล้นตามทฤษฎี แสดงดังรูปที่ 4.1 ที่ใช้สำหรับการหล่อชิ้นงานทำให้ชิ้นงานดึงโลหะหลอมเหลวจากระบบจ่ายโลหะหลอมเหลวได้ดี ระบายแก๊สได้ดี และลดปัญหาการหดตัวของชิ้นงาน



รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของรูเท รูล้นของชิ้นงาน

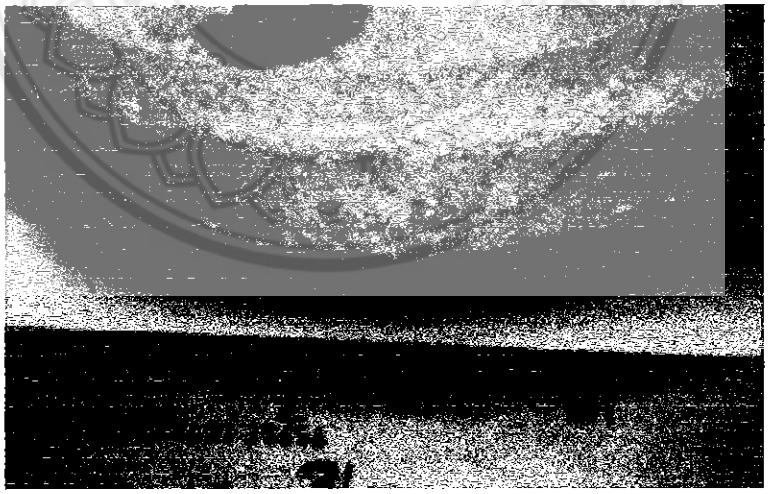
จากรูปจะเห็นได้ว่าขนาดรูล้นจะมีขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้แก๊สระบายออกทางรูล้นได้ดี ทำให้มีแก๊สตกค้างในแบบน้อย ส่งผลทำให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนได้น้อย และรูล้นมีขนาดใหญ่ทำให้โลหะหลอมเหลวแข็งตัวช้า ทำให้ชิ้นงานที่แข็งตัวก่อนดึงโลหะหลอมเหลวได้ดี ทำให้ชิ้นงานไม่เกิดการหดตัว และขนาดรูเทจะต้องมีขนาดตามทฤษฎี เพราะรูเทที่ขนาดเล็กจะทำให้ชิ้นงานแข็งตัวก่อนโลหะหลอมเหลวไหลเข้าเต็มแบบ และโลหะหลอมเหลวแข็งตัวที่รูเท ทำให้รูเทอุดตัน ซึ่งจะทำให้โลหะหลอมเหลวไหลตัวเข้าไปในแบบไม่ได้ ทำให้โลหะหลอมเหลวไหลเข้าไม่เต็มแบบ จึงทำให้ชิ้นงานเกิดโพรงจากการหดตัว

4.2 ร้อยละความชื้นของทราย

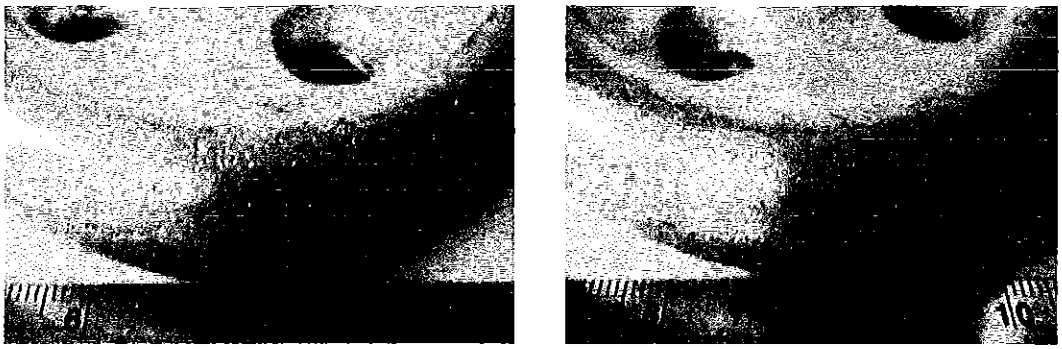
จากสมการ 2.3 การทดสอบหาค่าความชื้นเป็นการทดสอบหาปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมกับทรายหล่อ เนื่องจากทรายหล่อแต่ล่ะแหล่งมีสมบัติในการเก็บความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วงของค่าความชื้นที่เหมาะสมคือที่ความชื้นร้อยละ 2.8 – ร้อยละ 3.2 เพราะค่าความชื้นที่ใช้หล่ออะลูมิเนียมบริสุทธิ์หรืออะลูมิเนียมผสมมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 3.2 จะทำให้เกิดอะลูมิเนียมออกไซด์ได้มาก เนื่องจากความชื้นของทรายหล่อเป็นความชื้นที่ได้จากน้ำผสมกับทราย และในโครงสร้างของน้ำประกอบด้วยออกซิเจน เมื่อมีความชื้นมากออกซิเจนก็จะทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมเหลว กลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนได้ง่าย และถ้าทรายมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 2.8 จะทำให้ทรายยึดเกาะตัวกันไม่ดี ทำให้ทรายหลุดร่วงได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเกิดครีบได้ง่าย จากการทดสอบหาสมบัติในการเก็บความชื้น พบว่าค่าความชื้นที่เหมาะสมกับการทำการทดลองในครั้งนี้คือความชื้นร้อยละ 3 แสดงดังตารางที่ ฉ.1 และ ฉ.4

4.3 ผลของความเรียบผิวของชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.2 เป็นชิ้นงานดั้งเดิมผิวที่มีความเรียบผิวน้อย ชิ้นงานจะมีลักษณะหยาบ มีทั้งผิวเป็นลูกคลื่น และผิวเป็นหลุม สาเหตุจะมาจากการใช้ทรายหล่อที่ขนาดเม็ดหยาบ กระทุ่งทรายไม่แน่นและเมื่อเทโลหะหลอมเหลวลงไปในแบบ จะทำให้โลหะหลอมเหลวเกิดการซึมแทรกตัวเข้ากับช่องว่างระหว่างเม็ดทราย



รูปที่ 4.2 ชิ้นงานดั้งเดิมที่มีความเรียบผิวน้อย



ก) ข)

รูปที่ 4.3 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทรายต่างกัน, ความแข็งของแบบทราย 80 และอุณหภูมิเทที่ต่างกัน
ก) ขนาดเม็ดทราย 60 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 680 **องศาเซลเซียส**
ข) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 680 **องศาเซลเซียส**

เมื่อเปรียบเทียบความเรียบผิวที่ขนาดเม็ดทรายต่างกัน จะพบว่าผิวของชิ้นงา**นที่ขนาดเม็ดทราย** 60 AFS แสดงดังรูปที่ 4.3 ก) จะมีความเรียบผิวน้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 80 AFS **แสดงดังรูปที่** 4.3 **ข) และ ง)** เนื่องจากเมื่อเม็ดทรายมีขนาดใหญ่ก็จะทำให้ผิวของชิ้นงานลักษณะผิว**ขรุขระ โดยสาเหตุ** มาจากการที่ทรายถูกอัดตัว ซึ่งเม็ดทรายที่มีขนาดใหญ่จะยึดเกาะตัวกันไม่แน่นทำ**ให้มีช่องว่างระหว่าง** **เม็ดทราย**เกิดขึ้นมากกว่าขนาดเม็ดทรายที่ละเอียดทำให้โลหะหลอมเหลวมีการ**แทรกตัวเข้าไปใน** **ช่องว่าง**ระหว่างเม็ดทราย ส่งผลให้ชิ้นงานมีความเรียบผิวน้อย แต่เมื่อเทียบ**ชิ้นงานที่ได้มีการ** **ปรับเปลี่ยน**ขนาดเม็ดทราย กับชิ้นงานดั้งเดิม แสดงดังรูปที่ 4.2 แล้วจะเห็นได้ว่า**ทั้งชิ้นงานที่ได้มีการ** **ปรับเปลี่ย**นขนาดเม็ดทราย แสดงดังรูปที่ 4.3 ก) และ ข) ตามลำดับ จะมีความ**เรียบผิวที่สูงกว่า** **ชิ้นงานดั้งเดิม** เนื่องจากขนาดเม็ดทราย 60 และ 80 AFS เป็นขนาดที่เหมาะ**สมสำหรับงานหล่อ** **อะลูมิเนีย**ม คืออยู่ช่วง 60 – 80 AFS ส่งผลให้ชิ้นงานที่ปรับเปลี่ยนขนาดเม็ดทราย**มีความเรียบผิวสูง** **กว่าชิ้นงาน**ดั้งเดิม

ก) ข) ค)

รูปที่ 4.4 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80, ความแข็งของแบบทรายที่ต่างกัน และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส

ก) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 70 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

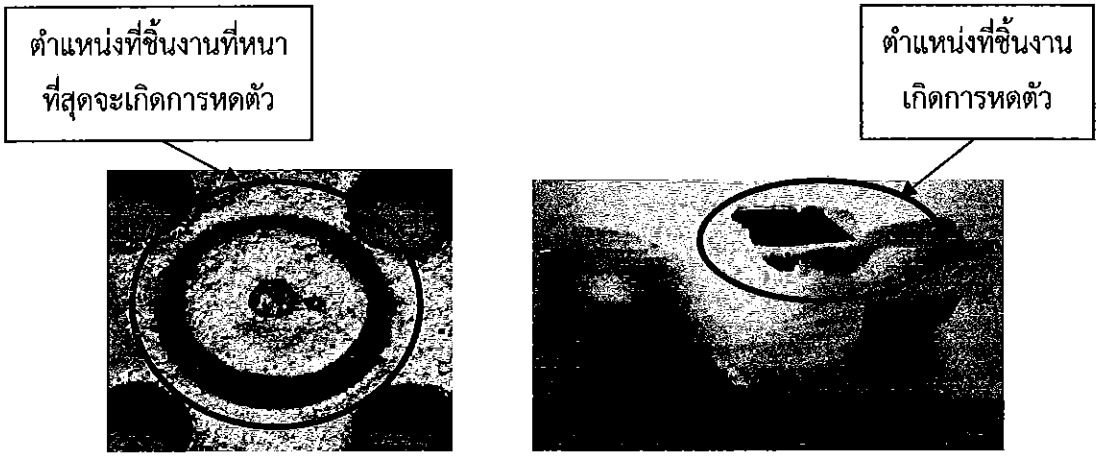
ข) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

ค) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

จากรูปพบว่าเมื่อมีความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้น จะทำให้ชิ้นงานมีความเรียบผิวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงดังรูปที่ 4.4 ก), ข) และ ค) ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อมีความแข็งของแบบทรายที่เพิ่มขึ้น เม็ดทรายก็จะยึดเกาะตัวกันได้ดี ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมีน้อยจึงทำให้โลหะหลอมเหลวไหลเข้าไปแทรกตัวในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายได้น้อย ดังนั้นชิ้นงานที่มีความแข็งของแบบ 80 จะมีความเรียบผิวที่สูงที่สุด รองลงมาคือ 75 และ 70 ตามลำดับ

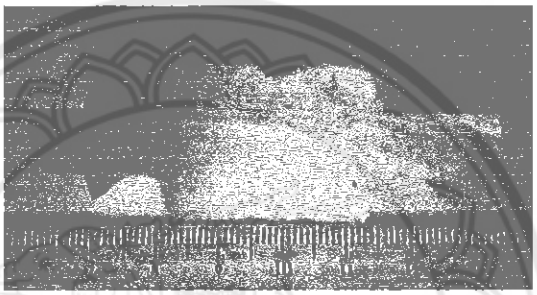
4.4 ผลของการเกิดโพรงจากการหดตัว

ร้อยละการหดตัวของชิ้นงาน สามารถหาได้จากบริเวณส่วนกลางของชิ้นงาน ซึ่งเป็นบริเวณที่หนาที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.5 ก) เพราะการแข็งตัวของโลหะหลอมเหลวจะเริ่มแข็งตัวจากบริเวณที่บางก่อน เมื่อส่วนที่บางเริ่มแข็งตัวก็จะดึงโลหะหลอมเหลวจากส่วนที่หนาเพื่อป้อนเติม จึงทำให้เกิดช่องว่างบริเวณส่วนที่หนาที่สุดในชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้เนื้อชิ้นงานบริเวณที่หนาหายไป แสดงดังรูปที่ 4.5 ข) และเมื่อมีการออกแบบรูล้น รูเท ที่ดีจะทำให้การเติมเต็มโลหะหลอมเหลวได้ดี ทำให้ชิ้นงานเกิดการหดตัวน้อยลง แสดงดังรูปที่ 4.5 ค) ตารางที่ ข.2, ข.3 และ ข.4



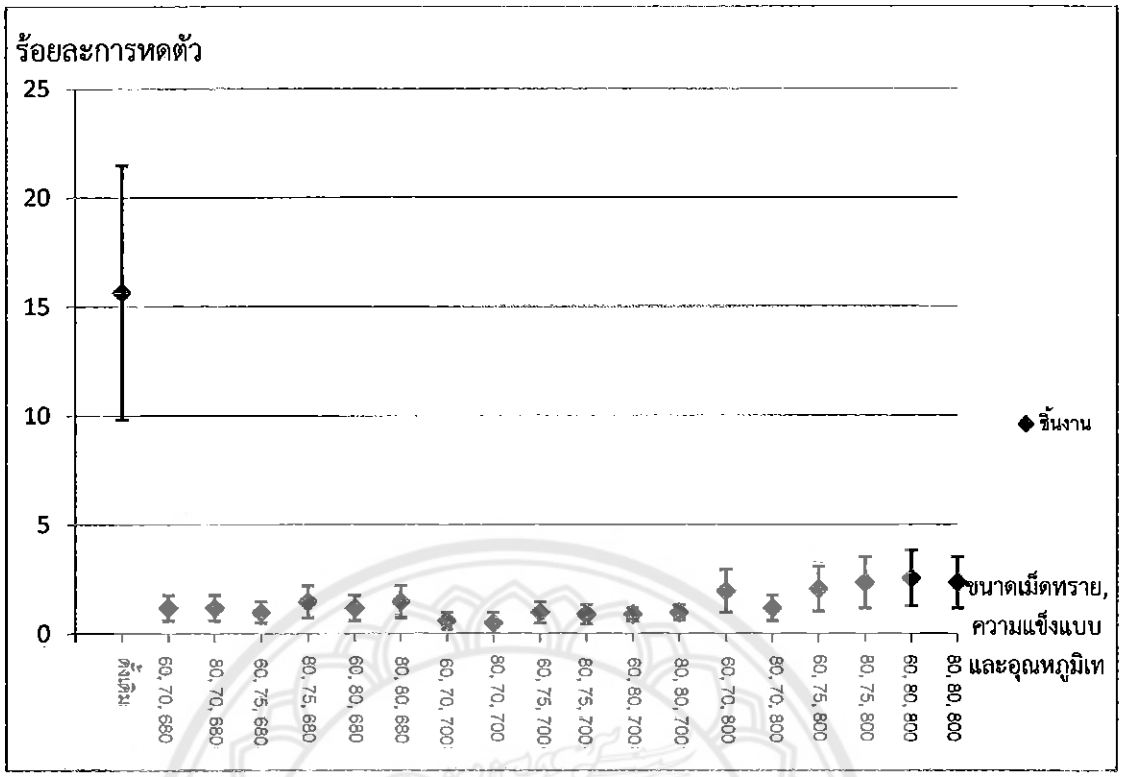
ก)

ข)



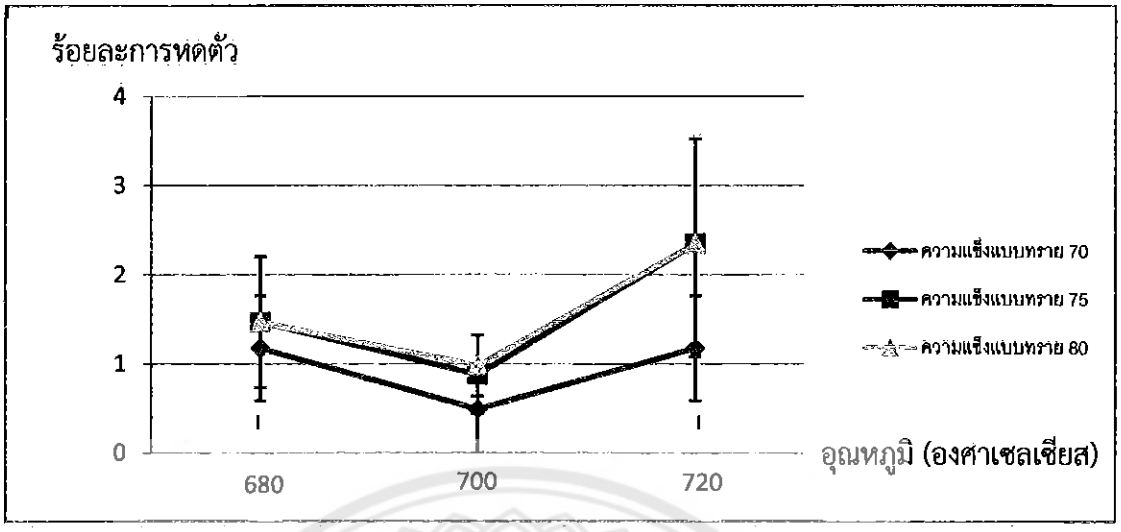
ค)

รูปที่ 4.5 ชิ้นงานที่เกิดการหดตัว
ก) ตำแหน่งที่หนาที่สุดของชิ้นงาน
ข) ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดการหดตัว
ค) ชิ้นงานที่ได้มีการปรับปรุงการหดตัว



รูปที่ 4.6 แผนภาพแสดงร้อยละของการหดตัว

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ชิ้นงานที่ได้ปรับปรุง มีร้อยละของการหดตัวน้อยกว่าชิ้นงานดั้งเดิม แสดงดังรูปที่ 4.6 เนื่องจากมีการปรับปรุงการออกแบบ รูล้น รูเท ขึ้นมาใหม่ เนื่องจากการออกแบบรูล้น รูเท จะทำให้การเติมเต็มโลหะหลอมเหลวที่ไหลเข้าโมลทำได้สะดวกมากขึ้น และการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม จะส่งผลให้โลหะหลอมเหลวไม่แข็งตัวบริเวณรูเท ถ้ามีอุณหภูมิเทต่ำเกินไป เมื่อโลหะหลอมเหลวไหลไม่เต็มแบบก็จะทำให้เกิดโพรง และโลหะหลอมเหลวมีอุณหภูมิสูงจึงมีการขยายตัวมาก เมื่อโลหะหลอมเหลวเย็นตัวลงจะทำให้ชิ้นงานเกิดการหดตัวสูง จึงส่งผลทำให้ชิ้นงานเกิดโพรงเนื่องจากการหดตัว

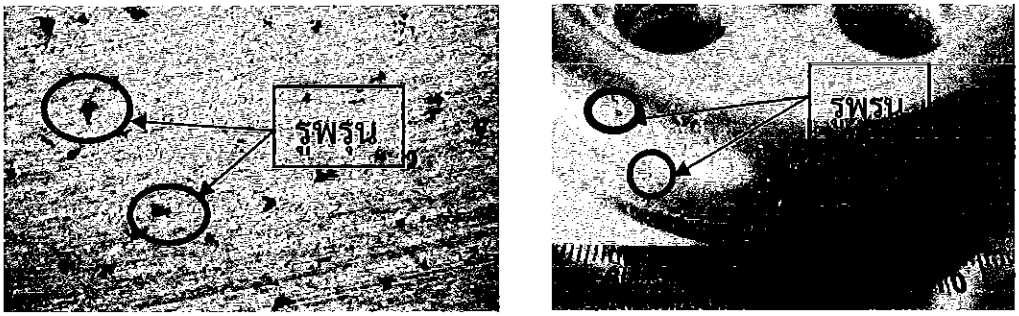


รูปที่ 4.7 ร้อยละการหดตัวที่ความแข็งแบบทรายต่ออุณหภูมิเทต่างกัน

จากรูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิเทที่มีผลต่อการหดตัวที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสมีร้อยละของการหดตัวน้อยที่สุด เนื่องจากที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส โลหะหลอมเหลวแข็งตัวเร็วกว่า เมื่อเทลงในแบบหล่อ ชิ้นงานเกิดการแข็งตัวก่อนเต็มแบบทำให้ชิ้นงานบริเวณที่หนา ถูกดึงโลหะหลอมเหลวไปป้อนเติมในส่วนที่ไม่เต็มแบบ ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการหดตัว และที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส โลหะหลอมเหลวมีอุณหภูมิสูงจึงมีการขยายตัวมากเมื่อเย็นตัวลงจะทำให้โลหะหลอมเหลวเกิดการหดตัวสูง

4.5 ผลของการเกิดรูพรุน

รูพรุนเป็นจุดเสียที่เกิดบ่อยที่สุดในชิ้นงาน รูพรุนมักมีรูปร่างต่างๆกัน รูพรุนเกิดขึ้นได้ทั้งภายในของชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.8 ก) และผิวชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.8 ข) ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมีแก๊สปะปนอยู่ในโลหะหลอมเหลวมาก และแบบระบายแก๊สออกไม่ทันซึ่งมีสาเหตุมาจากขนาดเม็ดทรายละเอียดมาก และแบบทรายมีความแข็งทำให้เม็ดทรายยึดเกาะกันแน่นจนแก๊สระบายออกจากแบบไม่ทันส่งผลทำให้เกิดรูพรุนบนชิ้นงาน และเมื่อใช้อุณหภูมิเทสูง โลหะหลอมเหลวที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมเหลวกลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์เกิดขึ้นกับโลหะหลอมเหลว การหาปริมาณรูพรุนหาได้จากการนำภาพถ่ายทางมหภาค แสดงดังตารางที่ ค.1, ค.2, ค.3 และ ค.4 ไปคำนวณด้วยโปรแกรม MSQ Plus 6.51 ได้ร้อยละการเกิดรูพรุน แสดงดังตารางที่ ค.5

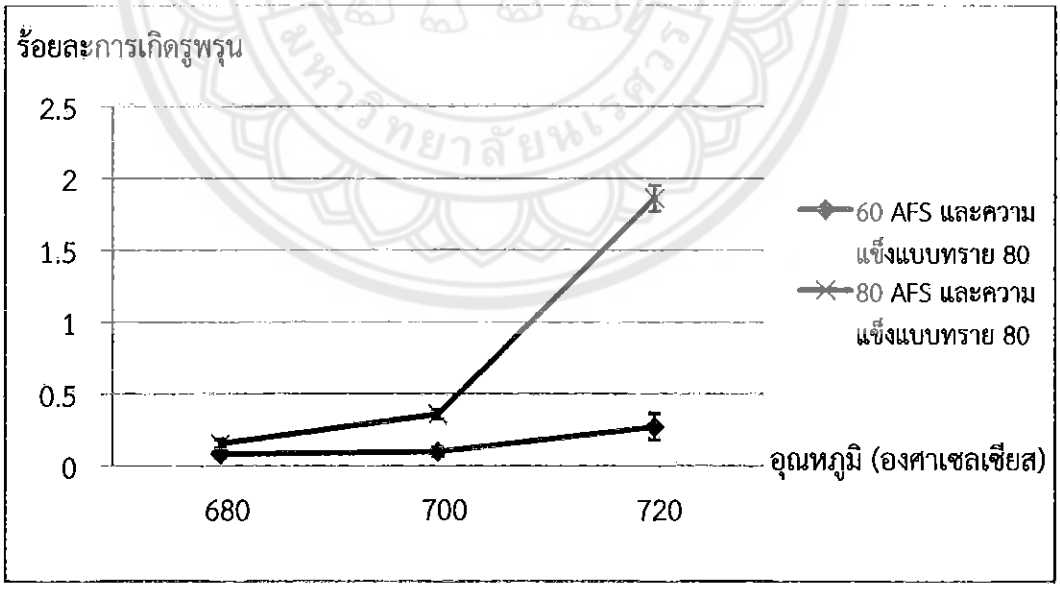


ก) ข)

รูปที่ 4.8 ลักษณะการเกิดรูพรุนของชิ้นงาน
ก) การเกิดรูพรุนภายในชิ้นงานทางภาพถ่ายมหภาค
ข) การเกิดรูพรุนบนผิวของชิ้นงาน

4.5.1 ผลของการเกิดรูพรุนที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS และ 80 AFS

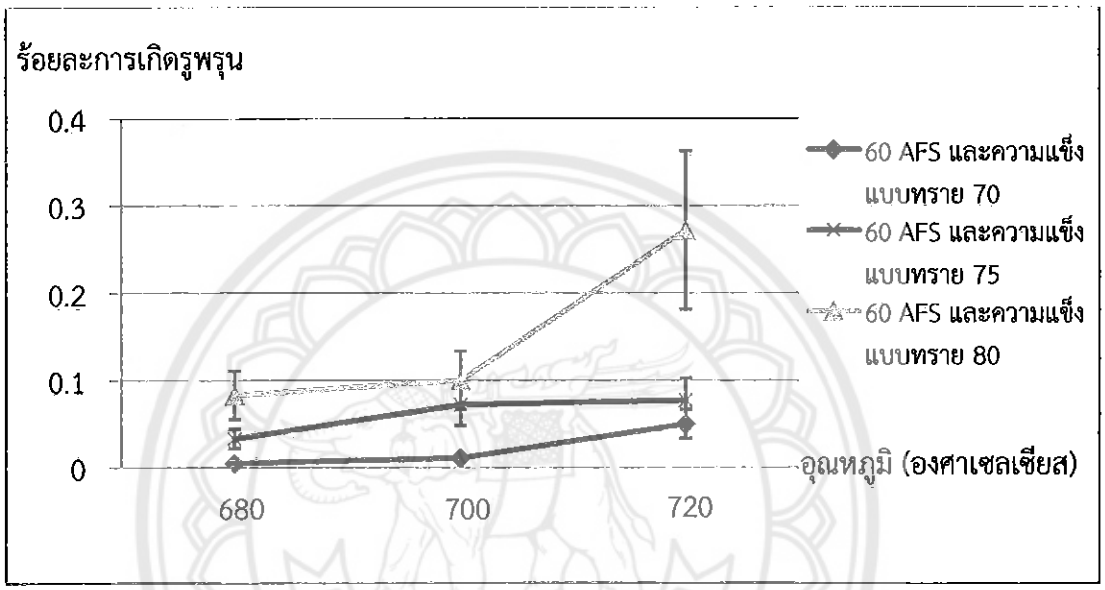
จากรูปที่ 4.9 จะพบว่าชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS เกิดรูพรุนมากกว่าชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS เนื่องจากขนาดเม็ดทราย 80 AFS มีความละเอียดมากกว่าขนาดเม็ดทราย 60 AFS เมื่อทรายถูกอัดเข้ากับแบบแล้ว จะทำให้เม็ดทรายขนาด 80 AFS อัดตัวกันได้แน่น ดังนั้นช่องว่างในการระบายแก๊สมีน้อย ทำให้แก๊สระบายออกจากแบบหล่อไม่ทันค้างอยู่ในชิ้นงาน ส่งผลให้ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 AFS เกิดรูพรุนมากกว่าชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS



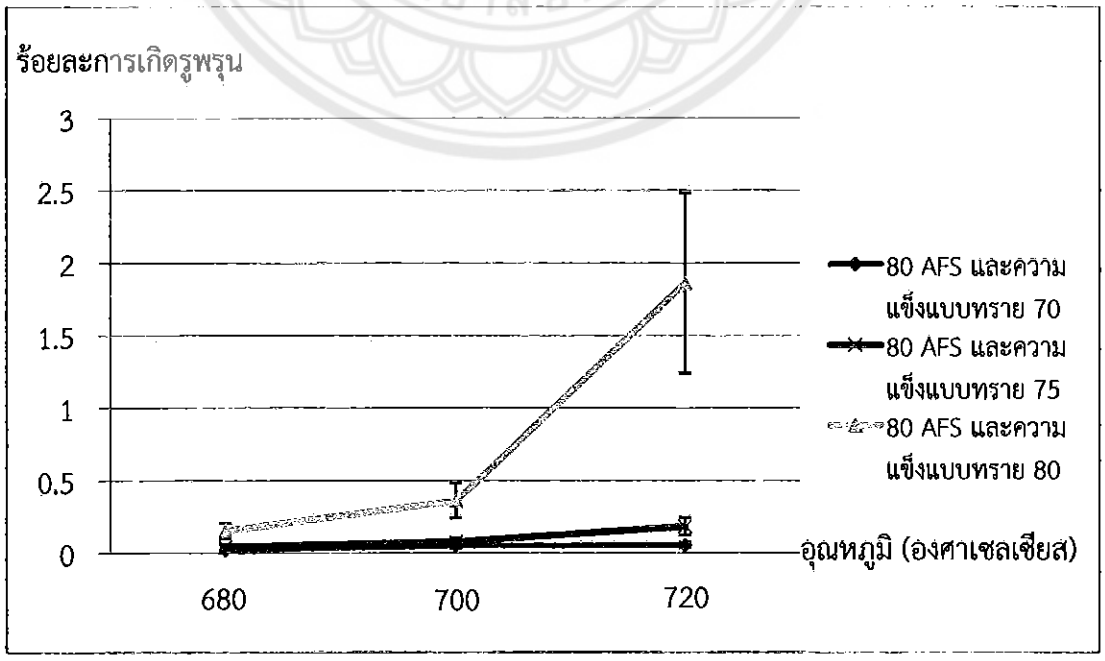
รูปที่ 4.9 ร้อยละการเกิดรูพรุนต่ออุณหภูมิเท และขนาดเม็ดทราย

4.5.2 ผลของการเกิดรูพรุนที่ความแข็งแบบทราย 70, 75 และ 80

จากรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 จะพบว่า เมื่อมีความแข็งแบบทราย 70, 75 และ 80 เพิ่มขึ้นตามลำดับ จะทำให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนมากเพิ่มขึ้นด้วย สาเหตุที่ชิ้นงานเกิดรูพรุนมากเมื่อความแข็งแบบทรายเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อทรายถูกอัดเข้ากับแบบที่ความแข็งของแบบสูงจะทำให้ทรายอัดตัวกันแน่น ทำให้แก๊สที่มากับโลหะหลอมเหลว และแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหล่อระบายออกจากแบบไม่ทันทำให้แก๊สเหลือค้างติดอยู่กับชิ้นงาน ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนขึ้น



รูปที่ 4.10 ร้อยละการเกิดรูพรุนที่ต่ออุณหภูมิเท และความแข็งแบบทราย ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS



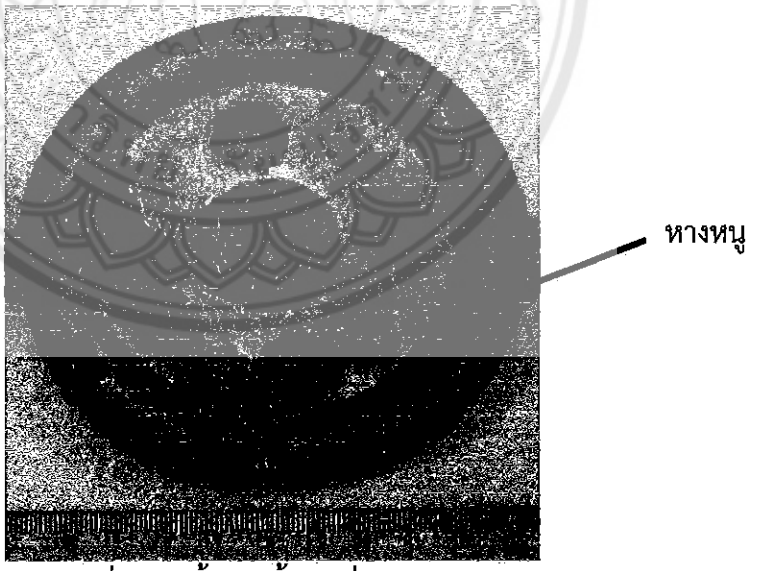
รูปที่ 4.11 ร้อยละการเกิดรูพรุนที่ต่ออุณหภูมิเท และความแข็งแบบทราย ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS

4.5.3 ผลของการเกิดรูพรุนที่ความอุณหภูมิ 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส

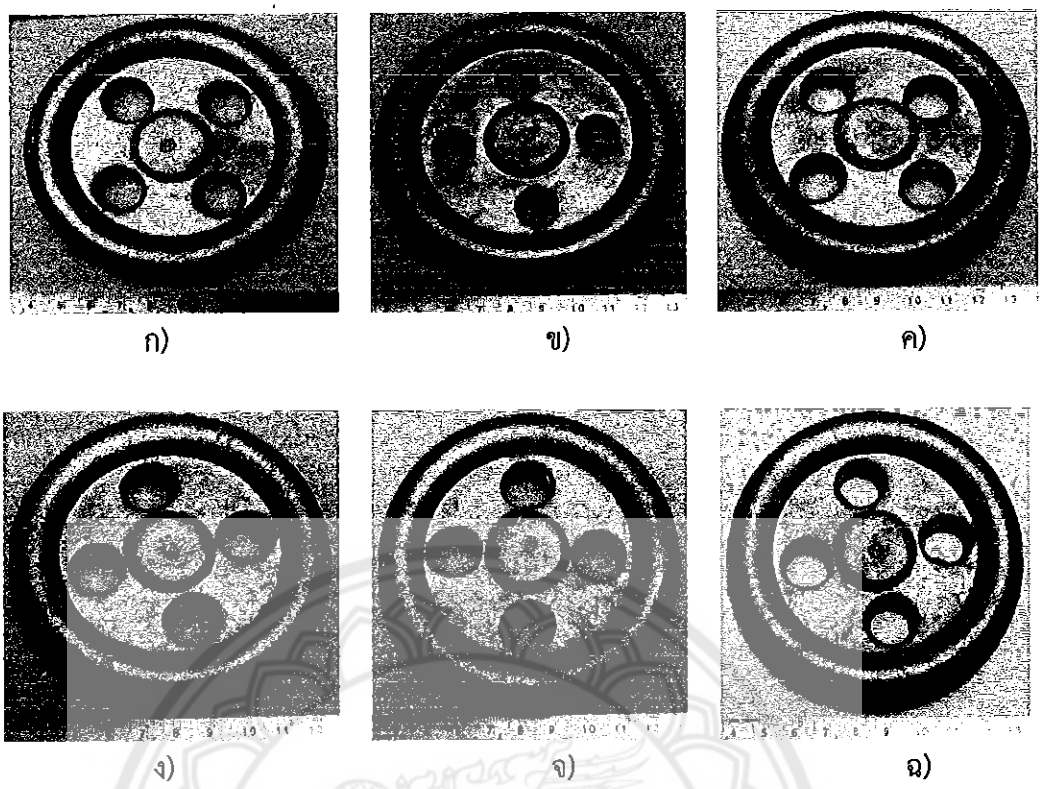
จากรูปที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 พบว่าชิ้นงานที่เกิดรูพรุนน้อยที่สุด คือที่อุณหภูมิ 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สาเหตุที่ชิ้นงานเกิดรูพรุนน้อยที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากการหลอมโลหะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมเหลวกลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ได้น้อย และจะเกิดขึ้นกับโลหะหลอมเหลว เมื่อทำการเทโลหะหลอมเหลวเข้าแบบหล่อ อะลูมิเนียมออกไซด์ก็จะไหลเข้ากับไปโลหะหลอมเหลว ซึ่งอะลูมิเนียมออกไซด์จะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดรูพรุน ยิ่งถ้าหลอมโลหะเหลวที่อุณหภูมิสูงก็ยิ่งจะทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมเหลวได้ง่าย จึงทำให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.6 ผลของการเกิดหางหนูของชิ้นงาน

การเกิดหางหนูของชิ้นงานจะเกิดจากทรายที่ผิวแบบทรายหล่อมีความแข็งไม่มากพอทำให้แบบทรายเกิดการรอยเคลื่อน เช่นยุบตัว หดตัว หรือขยายตัวเป็นต้น แล้วโลหะหลอมเหลวแทรกเข้าไปในส่วนที่แบบทรายเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้ชิ้นงานเกิดหางหนู แสดงดังรูปที่ 4.12 แต่ชิ้นงานที่ได้มีการปรับปรุงใช้ความแข็งของแบบทราย 70, 75 และ 80 ซึ่งเป็นความแข็งแบบทรายที่ใช้สำหรับการหล่อทำให้ทรายแบบไม่เกิดการเคลื่อนที่ ดังนั้นชิ้นงานที่ได้มีการปรับปรุงจึงไม่เกิดหางหนู แสดงดังตารางที่ ง.1



รูปที่ 4.12 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู

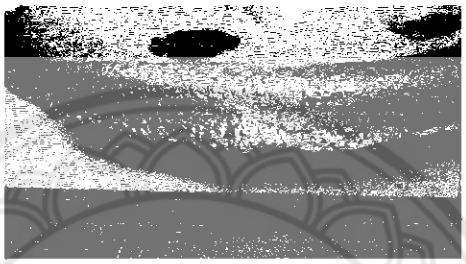


รูปที่ 4.13 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเทต่างกัน
ก) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 70 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส
ข) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส
ค) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส
ง) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 70 และอุณหภูมิ 720 องศาเซลเซียส
จ) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 720 องศาเซลเซียส
ฉ) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 720 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.13 ก), ข) และ ค) เมื่อได้เปรียบเทียบความแข็งของแบบทรายที่มีผลต่อการเกิดหางหนู พบว่าเมื่อความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้น 70, 75 และ 80 ตามลำดับ ชิ้นงานจะไม่เกิดหางหนู เนื่องจากทรายมีค่าความแข็งของแบบทรายที่สูง เมื่อมีการกระทุ้งทรายและเคลื่อนย้ายหีบหล่อแล้ว ทรายไม่เกิดการรอยเคลื่อน ยุบตัว และหดตัวเกิดเป็นช่องว่าง ทำให้ไม่มีช่องว่างที่โลหะหลอมเหลวจะเข้าแทรกไปตามช่องว่าง หรือรอยเคลื่อน และเมื่อมีอุณหภูมิเทที่สูงขึ้น ซึ่งเมื่อมีอุณหภูมิเทที่สูงจะทำให้โลหะหลอมเหลวมีความหนืดน้อยทำให้โลหะหลอมเหลวไหลเข้าไปแทรกตัวตามทรายที่เกิดรอยเคลื่อน หดตัว และขยายตัวได้ง่าย แต่ก็พบว่าชิ้นงานไม่เกิดหางหนู ที่ความแข็ง 70, 75 และ 80 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 ง), จ) และ ฉ) ซึ่งสาเหตุที่ชิ้นงานไม่เกิดหางหนูเนื่องมาจากทรายมีความแข็งที่สูง ทำให้ทรายไม่เกิดรอยเคลื่อน หดตัว และขยายตัว ส่งผลให้ชิ้นงานไม่เกิดหางหนู

4.7 ผลของการเกิดครีบบริเวณขอบของชิ้นงาน

การเกิดครีบของข้อบกพร่องในชิ้นงานจะเกิดขึ้นบริเวณขอบของชิ้นงานโดยจะมีเศษของอะลูมิเนียมส่วนเกินยื่นออกมาจากชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.14 ซึ่งสาเหตุจะมาจากแบบทรายปิดกันไม่สนิท และทรายหลุดร่วงออกจากแบบบริเวณรอยต่อของหีบบน และหีบล่าง ซึ่งทรายหลุดร่วงมีสาเหตุมาจากขนาดของเม็ดทราย โดยเม็ดทรายที่หยาบจะยึดเกาะกันไม่ดีจึงทำให้ทรายหลุดร่วงออกจากแบบ และความแข็งแรงของแบบทรายต่ำเมื่อความแข็งแรงของแบบทรายต่ำ ก็จะทำให้ทรายหลุดร่วงออกจากแบบทรายได้ง่ายทำให้ชิ้นงานเกิดครีบ



รูปที่ 4.14 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดครีบ

4.7.1 ผลของการเกิดครีบบริเวณขอบของชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทราย 60 และ 80 AFS

ก) ข)

รูปที่ 4.15 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทรายต่างกัน, ความแข็งของแบบทราย 75 และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส

ก) ขนาดเม็ดทราย 60 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

ข) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

จากรูปจะเห็นได้ว่าที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS จะเกิดครีบน้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 60 AFS แสดงดังรูปที่ 4.15 ก) และ ข) เนื่องจากขนาดเม็ดทราย 80 AFS มีขนาดเม็ดทรายที่ละเอียดกว่าเมื่อทรายถูกอัดเข้ากับแบบแล้ว จะทำให้เม็ดทรายขนาด 80 AFS มีการยึดเกาะตัวกันของเม็ดทรายที่ดีกว่า จึงทำให้เกิดปัญหาทรายหลุดร่วงออกจากแบบได้น้อย ส่งผลให้ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS เกิดครีบน้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 60 AFS และเมื่อเปรียบเทียบชิ้นงานดั้งเดิมกับชิ้นงานแล้ว พบว่าชิ้นงาน

ที่ได้มีการปรับเปลี่ยนขนาดเม็ดทรายเกิดครีบน้อยว่าชิ้นงานดั้งเดิม เนื่องจากมีขนาดเม็ดทรายที่เหมาะสมของทรายหล่ออะลูมิเนียมอยู่ในช่วง 60 - 100 AFS จึงทำให้ชิ้นงานเกิดครีบได้น้อย

4.7.2 ผลของการเกิดครีบบริเวณขอบชิ้นงานที่ความแข็งของแบบทราย 70,75 และ 80

ก) ข) ค)

รูปที่ 4.16 ชิ้นงานที่มีขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งของแบบทรายต่างกัน และอุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส

ก) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 70 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

ข) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 75 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

ค) ขนาดเม็ดทราย 80 AFS, ความแข็งแบบทราย 80 และอุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.16 จะพบว่าชิ้นงานที่เกิดครีบมากที่สุด คือที่ความแข็งของแบบทราย 70, 75 และ 80 ตามลำดับ เนื่องจากแบบทรายที่มีความแข็งของแบบทรายน้อย จะทำให้เม็ดทรายยึดเกาะตัวกันได้ไม่แน่น ทำให้เกิดปัญหาทรายหลุดร่วง กล่าวคือเมื่อมีความความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้นยิ่งทำให้เกิดครีบน้อยลง และเมื่อได้เปรียบชิ้นงานดั้งเดิมกับชิ้นงานที่ได้มีการปรับเปลี่ยนความแข็งของแบบทราย พบว่าชิ้นงานที่ได้มีการปรับปรุงที่ความแข็งของแบบทรายตั้งแต่ 70 ขึ้นไป ไม่เกิดครีบ แสดงดังตารางที่ จ.1 เนื่องจากทรายไม่หลุดร่วงออกจากแบบ ทำให้ชิ้นงานไม่เกิดครีบ

4.8 ขนาดเม็ดทราย, ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการลดข้อบกพร่องในชิ้นงาน

ตารางที่ 4.1 ค่าของขนาดเม็ดทราย, ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท ที่ส่งผลให้ลดข้อบกพร่องต่างๆ ในชิ้นงานได้ดีที่สุด

ข้อบกพร่อง	ขนาดของเม็ดทราย	ความแข็งของแบบทราย	อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)
ความเรียบผิว	80	80	-
โพรงที่เกิดจากการหดตัว	-	-	700
รูพรุน	60	60	680
หางหนู	-	-	-
ครีบ	80	80	-

จากตารางที่ 4.1 จะได้ว่าชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS, ความแข็งของแบบทราย 80 และอุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส เป็นชิ้นงานที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงข้อบกพร่อง เนื่องจากที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS เป็นขนาดที่ทำให้เกิดรูพรุนน้อยสุด แต่จะเกิดความเรียบผิวน้อย และเกิดครีบมาก ซึ่งความเรียบผิว และครีบสามารถแก้ไขได้ในขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงาน แต่รูพรุนไม่สามารถแก้ไขได้ในขั้นตอนการตกแต่งชิ้นงาน ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดเม็ดทราย 60 AFS เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเกิดรูพรุน เลือกความแข็งของแบบทราย 75 เนื่องจากค่าความแข็งแบบทรายของข้อบกพร่องความเรียบผิว และครีบ จะแปรผันกับค่าความแข็งของแบบทรายที่ทำให้เกิดรูพรุน ดังนั้นจึงเลือกใช้ความแข็งของแบบทราย 75 ซึ่งเป็นค่าความแข็งที่อยู่กึ่งกลาง จึงทำให้ชิ้นงานไม่เกิดข้อบกพร่องความเรียบผิว และครีบที่มากเกินไป และจะไม่ทำให้เกิดข้อบกพร่องรูพรุนที่มากเกินไปด้วย และเลือกอุณหภูมิเทที่ 700 องศาเซลเซียส เนื่องจากปัจจัยของอุณหภูมิที่ผลต่อข้อบกพร่องมีอยู่ 2 ข้อบกพร่อง คือโพรงที่เกิดจากการหดตัว และรูพรุน ซึ่งที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดรูพรุนน้อยที่สุด และที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ทำให้โพรงที่เกิดจากการหดตัวน้อยที่สุด แต่จะพบว่าที่อุณหภูมิ 680 จะมีผลต่อโพรงหดตัวมาก แสดงดังรูปที่ 4.7 และเมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเกิดรูพรุนน้อย แสดงดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เพื่อให้ชิ้นงานเกิดโพรงที่เกิดจากหดตัวน้อย และไม่ทำให้เกิดรูพรุนที่มากเกินไป

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การปรับปรุงกระบวนการหล่อเพื่อลดข้อบกพร่องที่มีในงานหล่อทรายชื้น ได้มีการปรับเปลี่ยน 3 ปัจจัยหลัก คือ ขนาดของเม็ดทราย, ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้ชิ้นงานเกิดข้อบกพร่องลดลง เมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนปัจจัยดังกล่าวแล้ว นำไปวิเคราะห์ความเรียบผิว โพรงที่เกิดจากการหดตัว รูพรุน รอยหางหนู และครีบ

5.1.1 ความเรียบผิว

การวิเคราะห์ความเรียบผิวได้ทำการเปรียบเทียบ 2 ปัจจัย คือ ขนาดของเม็ดทราย และความแข็งของแบบทราย โดยการปรับเปลี่ยนขนาดเม็ดทรายที่ขนาด 60 AFS และ 80 AFS พบว่าที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS มีความเรียบผิวมากกว่า เนื่องจากเมื่อทรายถูกอัดตัวแล้ว เม็ดทรายที่มีขนาดละเอียดจะยึดเกาะตัวกันได้แน่น ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดทรายเกิดขึ้นได้น้อยกว่าเม็ดทรายที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้โลหะหลอมเหลวแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายได้น้อย ดังนั้นชิ้นงานที่ขนาดเม็ดทรายละเอียดจึงมีความเรียบผิวมากกว่าชิ้นงานที่มีเม็ดทรายขนาดใหญ่ และได้ทำการปรับปรุงความแข็งของแบบทรายที่ 70, 75 และ 80 พบว่าความเรียบผิวแปรผันตามความแข็งของแบบทราย กล่าวคือเมื่อมีความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้นจะทำให้มีความเรียบผิวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อมีความแข็งของแบบทรายที่เพิ่มขึ้น เม็ดทรายก็จะยึดเกาะตัวกันได้ดี ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดทรายมีน้อย จึงทำให้โลหะหลอมเหลวไหลเข้าไปแทรกตัวในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายได้น้อย ซึ่งส่งผลทำให้ชิ้นงานมีความแข็งของแบบทรายสูงจะมีความเรียบผิวที่สูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานดั้งเดิม พบว่าชิ้นงานปัจจุบันที่ได้มีการปรับปรุงกระบวนการหล่อทรายชื้นมีความเรียบผิวเพิ่มขึ้น โดยชิ้นงานที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS และความแข็งของแบบทราย 80 มีความเรียบผิวที่มากที่สุด

5.1.2 โพรงที่เกิดจากการหดตัว

ปัจจัยที่มีผลต่อโพรงที่เกิดจากการหดตัว คือ อุณหภูมิเท โดยชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดโพรงจากการหดตัวมีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 15.655 เมื่อได้ทำการปรับปรุงอุณหภูมิเท พบว่าชิ้นงานปัจจุบันมีโพรงที่เกิดจากการหดตัวลดลง โดยที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณการหดตัวน้อยที่สุด รองลงมา คือที่อุณหภูมิ 680 และ 720 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส โลหะหลอมเหลวแข็งตัวเร็วกว่า เมื่อเทลงในแบบหล่อ ชิ้นงานเกิดการแข็งตัวก่อนเต็มแบบ ทำให้ชิ้นงานบริเวณที่หนา ถูกดึงโลหะหลอมเหลวไปป้อนเติมในส่วนที่ไม่เต็มแบบ ส่งผลให้ชิ้นงานเกิด

การหดตัว และที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส โลหะหลอมเหลวมีอุณหภูมิสูงจึงมีการขยายตัวมาก เมื่อเย็นตัวลงจะทำให้โลหะหลอมเหลวเกิดการหดตัวสูง

5.1.3 ปริมาณรูพรุน

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรูพรุนมี 3 ปัจจัย ได้แก่ ขนาดของเม็ดทราย, ความแข็งของแบบทราย และอุณหภูมิเท โดยชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดรูพรุนมีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 4.96 เมื่อได้ทำการปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้น พบว่าชิ้นงานปัจจุบันมีปริมาณรูพรุนลดลง เมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดเม็ดทรายพบว่า ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS ซึ่งมีขนาดของเม็ดทรายขนาดใหญ่ มีปริมาณรูพรุนที่น้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 80 AFS เพราะเมื่อทรายถูกอัดเข้ากับแบบแล้วจะทำให้เม็ดทรายขนาด 80 AFS อัดตัวกันได้แน่น ช่องว่างในการระบายแก๊สมีน้อย ทำให้แก๊สระบายออกจากแบบหล่อไม่ทันค้างอยู่ในชิ้นงาน ทำให้เกิดรูพรุน เมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนความแข็งของแบบทราย 70, 75 และ 80 จะมีปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดั้งนั้นเมื่อค่าความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อความแข็งแบบทรายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้แก๊สที่มากับโลหะหลอมเหลว และแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหล่อระบายออกจากแบบไม่ทันทำให้แก๊สเหลือติดค้างอยู่กับชิ้นงาน ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดรูพรุนขึ้น และเมื่อได้ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเทพบว่าที่อุณหภูมิเท 680, 700 และ 720 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเทเพิ่มขึ้นปริมาณรูพรุนก็จะเพิ่มขึ้นตาม เพราะเมื่ออุณหภูมิเทสูง จะทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมเหลวได้สูง กลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์จะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดรูพรุน

5.1.4 หางหนู

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดหางหนูคือ ความแข็งของแบบทราย เมื่อได้ทำการปรับเปลี่ยนความแข็งของแบบทราย 70, 75 และ 80 ตามลำดับ พบว่าชิ้นงานที่ได้มีการปรับเปลี่ยนความแข็งของแบบทรายไม่เกิดหางหนู เนื่องจากทรายมีค่าความแข็งของแบบทรายที่สูง เมื่อมีการกระทุ้งทรายและเคลื่อนย้ายหีบหล่อแล้วทรายไม่เกิดการรอยเคลื่อน ยุบตัว และหดตัวเกิดเป็นช่องว่าง ทำให้ไม่มีช่องว่างที่โลหะหลอมเหลวจะเข้าแทรกไปตามช่องว่าง หรือรอยเคลื่อน ดังนั้นความแข็งของแบบทรายที่อยู่ในช่วง 70 ถึง 80 จะทำให้ชิ้นงานไม่เกิดหางหนูเกิดขึ้น

5.1.5 ครีบ

จากการเปรียบเทียบการเกิดครีบด้วยรูปภาพ พบว่าเมื่อมีอุณหภูมิเทเท่ากัน ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS จะเกิดครีบน้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 60 AFS เนื่องจากขนาดเม็ดทราย 80 AFS มีขนาดเม็ดทรายที่ละเอียดกว่า เมื่อทรายถูกอัดเข้ากับแบบแล้ว จะทำให้เม็ดทรายขนาด 80 AFS มีการยึดเกาะตัวกันของเม็ดทรายที่ดีกว่า จึงทำให้เกิดปัญหาทรายหลุดร่วงออกจากแบบได้น้อย และที่พบว่าที่ ความแข็งของแบบทรายที่แบบทราย 80 จะเกิดครีบน้อย รองลงมาคือที่ความแข็งแบบทราย 75 และ 70 ตามลำดับ เนื่องจากแบบทรายที่มีความแข็งของแบบทรายมากจะทำให้เม็ดทรายยึดเกาะตัวกันได้แน่นทำให้เกิดปัญหาทรายหลุดร่วงน้อย ยิ่งความความแข็งของแบบทรายเพิ่มขึ้นยิ่งทำให้เกิดครีบน้อยลง

5.2 ข้อเสนอแนะ และการพัฒนา

5.2.1 ในการปรับปรุงกระบวนการหล่อแบบทรายชื้นนั้น สามารถนำชิ้นงานหล่อไปตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงาน และวิเคราะห์สมบัติทางกลได้

5.2.2 การลดข้อบกพร่องในชิ้นงานอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ นอกจาก ความเรียบผิว, โพรงที่เกิดจากการหดตัว, รูพรุน, รอยหางหนู และครีบ ยังสามารถปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดข้อบกพร่องอื่นๆ ได้ เช่น สะเก็ดที่เกิดจากผิวแบบหล่อหลุด และแบบหล่อปูดขึ้นที่หน้าผ่า

5.2.3 การปรับปรุงกระบวนการหล่อทรายชื้น เพื่อลดข้อพกพร่องในชิ้นงาน สามารถนำไปใช้กับการหล่อแบบโมลถาวรได้ เช่น การปรับปรุงขนาดรูล้น รูเท และอุณหภูมิเท

5.2.4 ในการปรับปรุงกระบวนการหล่อทรายชื้น ควรปรับปรุงกระบวนการโดยใช้ทรายหล่อขนาด. 60 AFS, ความแข็งของแบบทราย 80 และอุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส

5.3 ปัญหาที่พบ และแนวทางการแก้ไข

5.3.1 การหลอมอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงในการหลอม ควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันความร้อนเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย

5.3.2 เมื่อใช้งานกระสวนเป็นเวลานานจะทำให้ผิวของกระสวนไม่เรียบ ดังนั้นควรใช้กระดาษทรายขัดแล้วนำไปพ่นแล็กเกอร์ เพื่อให้ผิวของกระสวนเรียบ

5.3.3 การอัดทรายที่ความแข็งต่างๆ บางครั้งอาจทำให้มีความแข็งของแบบทรายไม่ได้ตามที่ต้องการ ต้องทำแบบหล่อใหม่ ดังนั้นควรอาศัยความชำนาญในการทำ

เอกสารอ้างอิง

หรัส สูตะบุตร และเคนย์ จิยิอิวา. (2543). **หล่อโลหะ.** (พิมพ์ครั้งที่5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกลมจำกัด.

เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์. (2545). กรรมวิธีหล่อโลหะ. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

ธำรงศักดิ์ วิชชานันทกุล. **วิธีทดสอบคุณสมบัติทรายแบบ. จาก** http://www.sut.ac.th/engineering/Metal /courses/foundry.html.

สมศักดิ์ ประเสริฐสุข. (2550). การวิจัยจุดเสียในงานหล่อโลหะ และการแก้ไข. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี.

สุรธัช จินาพันธ์. (2549). การลดข้อบกพร่องประเภทโพรงหดตัวในชิ้นส่วนงานหล่อของช่วงล่างรถบรรทุก. ใน **บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.** สาขาวิชาวิศวกรรมคุณภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุริยา โชคสวัสดิ์. **การทำแบบหล่อ**. จาก http://app.eng.ubu.ac.th/~edocs/f20060804 Suriya5.doc.

A.K.M.B. Rashid. (2005).**Design of Gating and Feeding Systems**, from http://teacher.buet. ac.bd/bazlurrashid/mme346/346_syllabus.pdf.

John T. H. PEARCE, และกลุ่มMETALS. (2544). **ข้อบกพร่องในงานหล่อโลหะสาเหตุ และวิธีการแก้ไข**. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.).

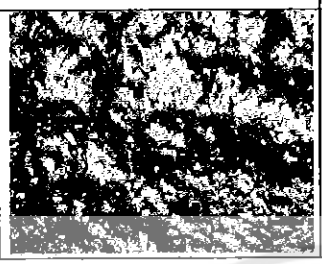
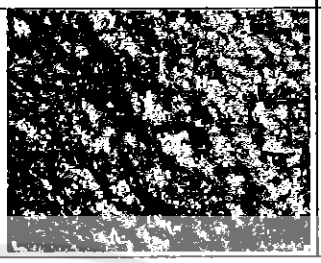
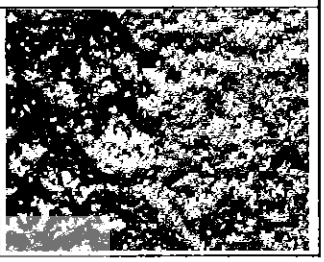
Thanaporn KORAT., Paritud BHANDHUBANYONG. and John T. H. PEARCE. (1988). Effect of Sand Properties and Pouring Temperature on Casting Defect. **Journal of Metals, Materials, Vol.8, No.1,** (pp56-64).

ภาคผนวก ก

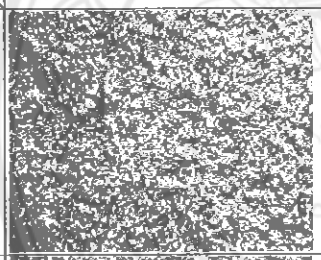
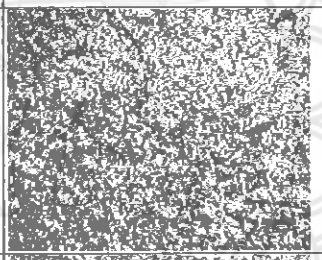
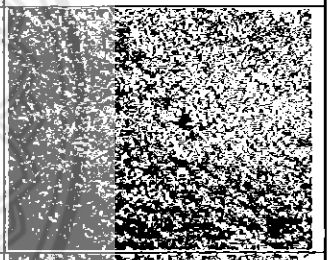
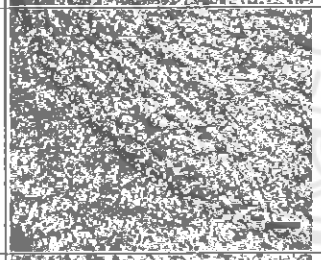
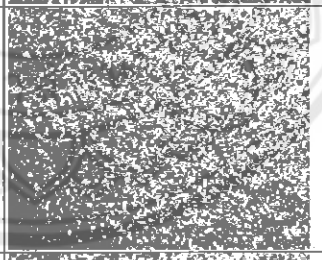
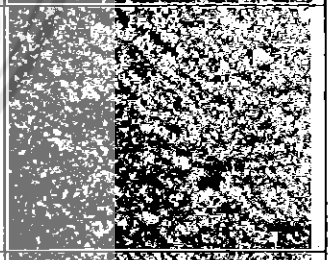
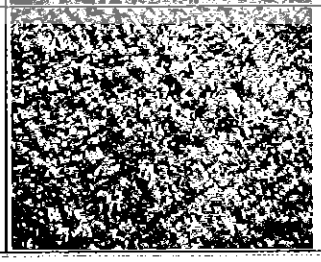
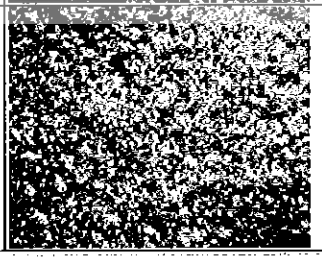
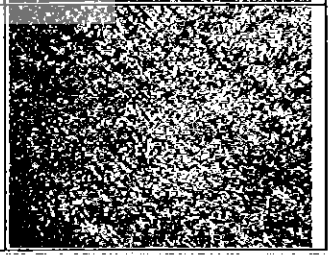
การวิเคราะห์ความเรียบผิว

พื้นผิวชิ้นงานที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพโครงสร้างมหภาค (Optical Macroscope)

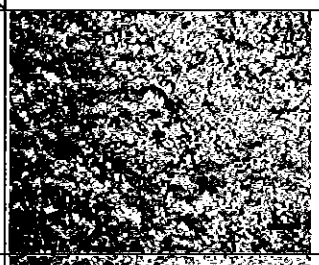
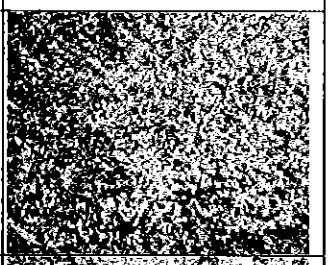
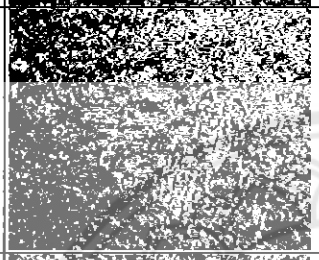
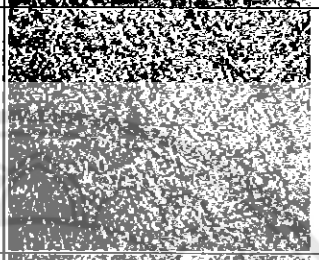
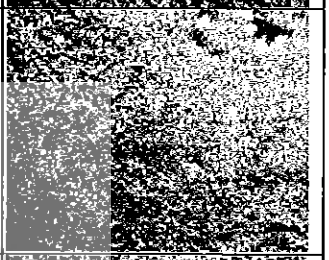
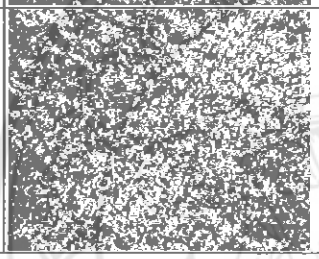
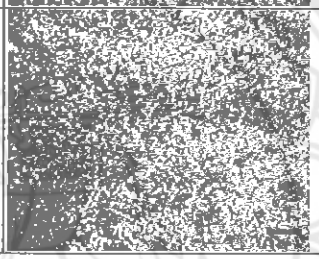
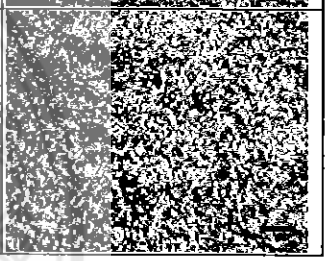
ตารางที่ ก.1 พื้นผิวชิ้นงานดั้งเดิม

ความแข็งแบบทราย / อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า
ไม่มีการวัดค่า			

ตารางที่ ก.2 พื้นผิวของชิ้นงานที่มีขนาดของเม็ดทราย 60 AFS

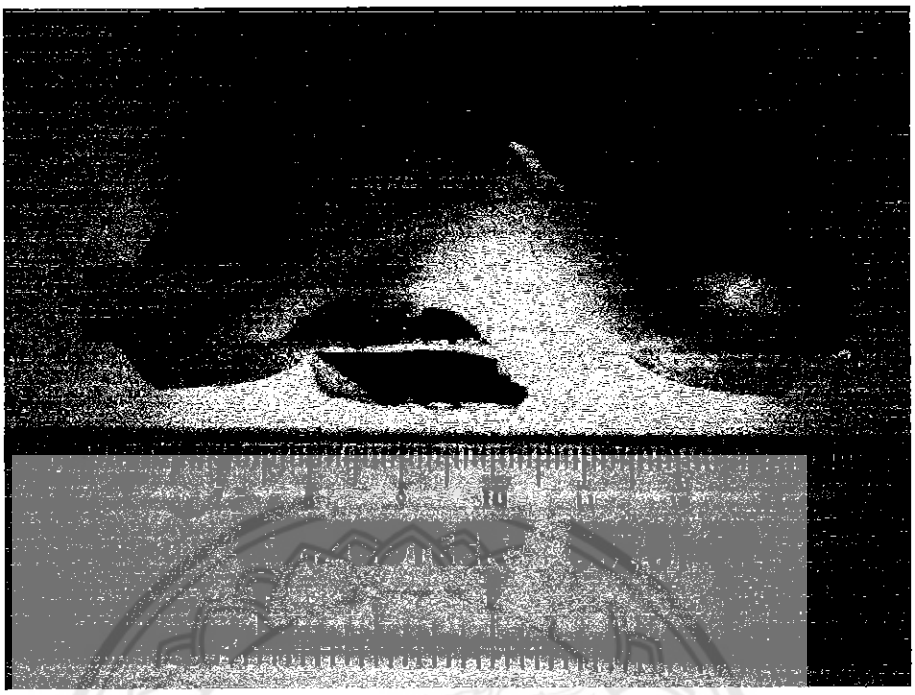
ความแข็งแบบทราย / อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	70	75	80
680			
700			
720			

ตางรางที่ ก.3 พื้นผิวของชิ้นงานที่มีขนาดของเม็ดทราย 80 AFS

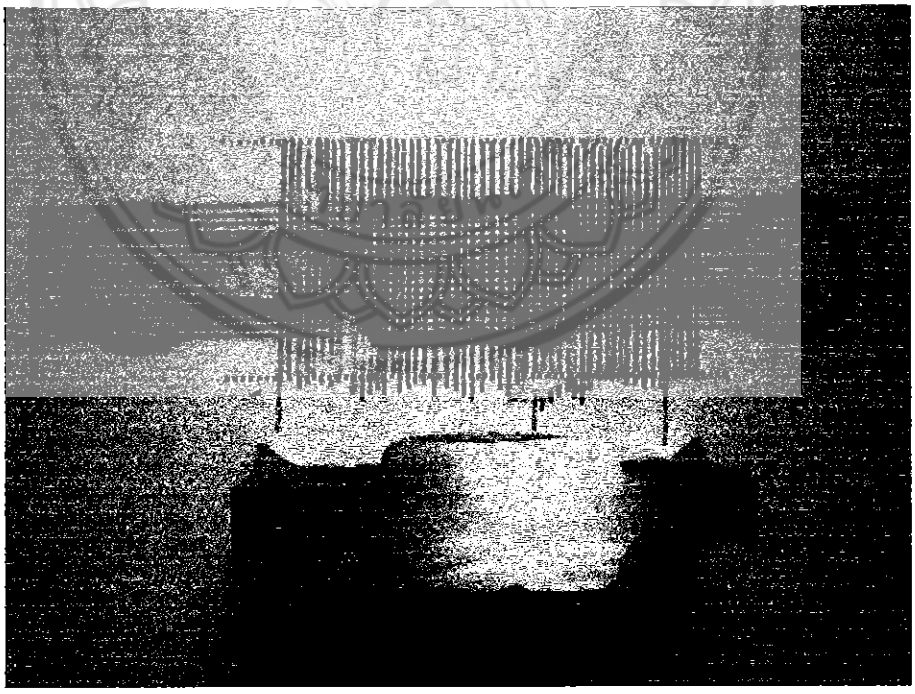
ความแข็งแบบทราย / อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	70	75	80
680			
700			
720			

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์โพรงที่เกิดจากการหดตัว

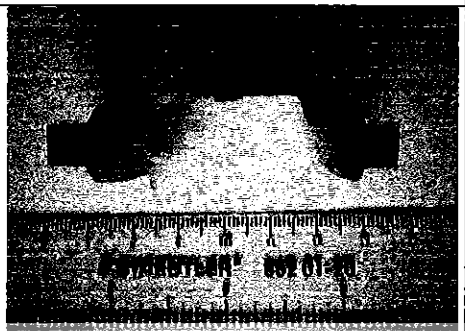
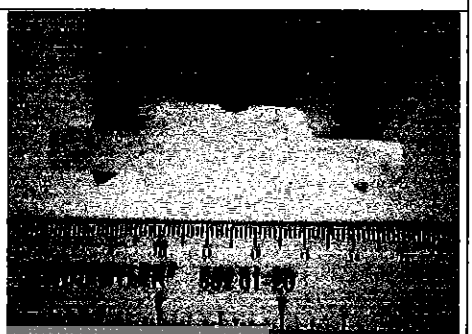
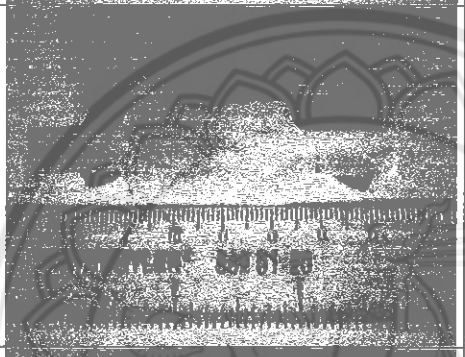
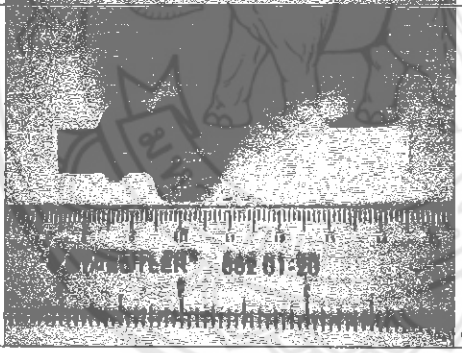
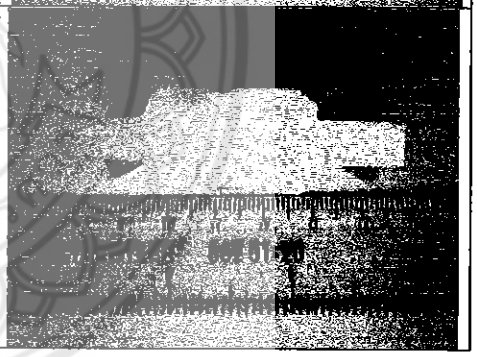


รูปที่ ข.1 ชิ้นงานดั้งเดิมที่ตัดกลางชิ้นงานเตรียมวัดโพรงที่เกิดจากการหดตัว

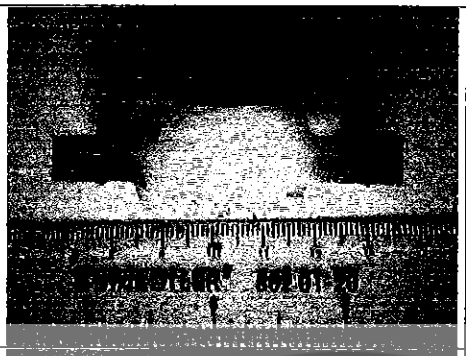
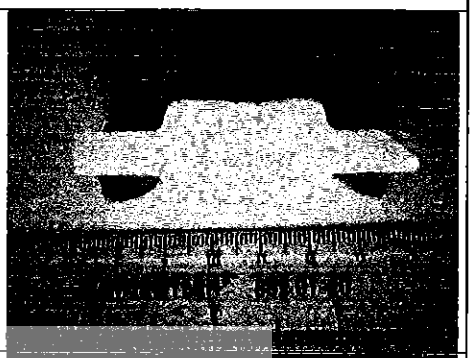
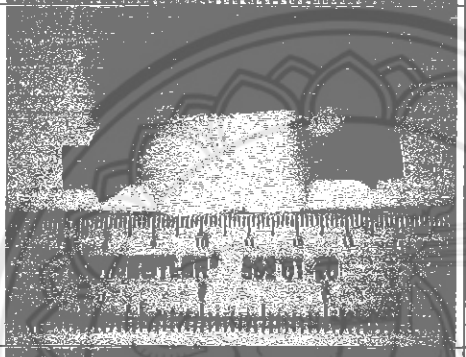
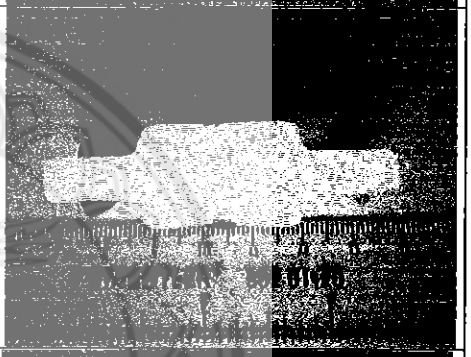
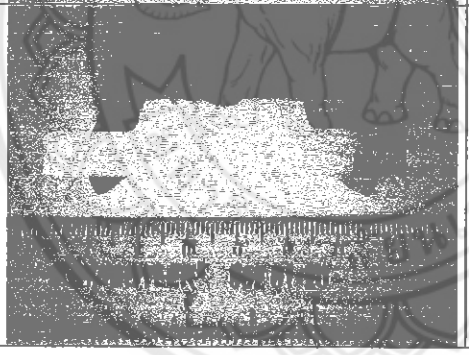
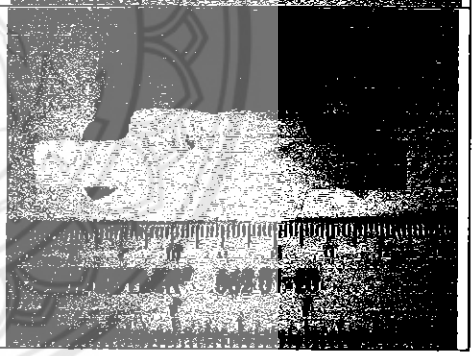


รูปที่ ข.2 ตารางที่ใช้วัดร้อยละการหดตัว

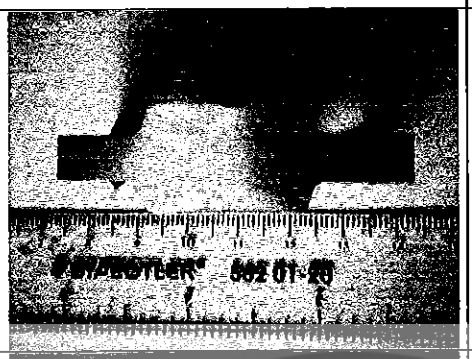
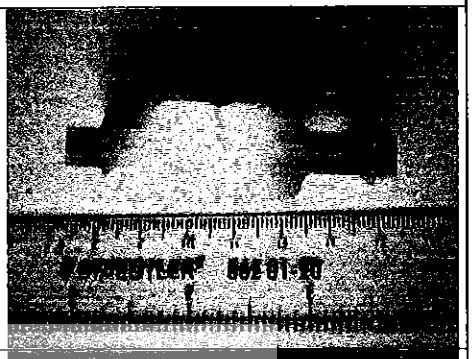
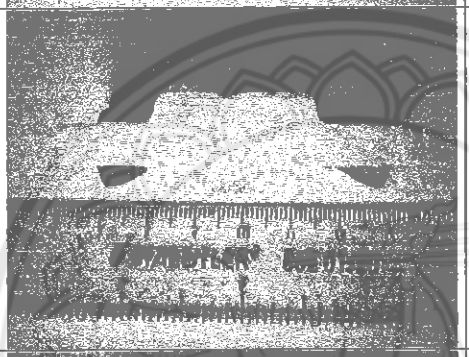
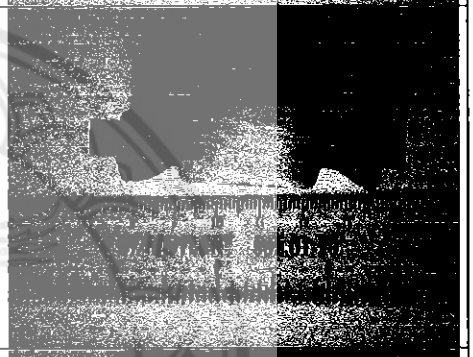
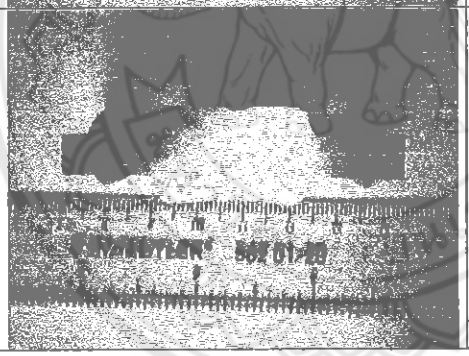
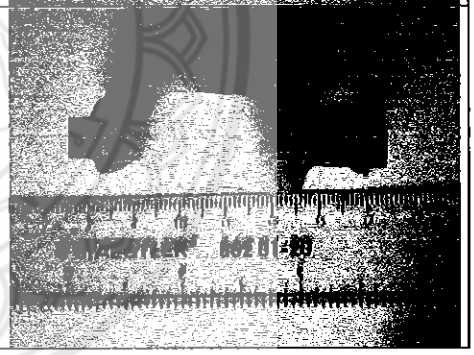
ตารางที่ ข.1 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

ตารางที่ ข.2 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

ตารางที่ ข.3 ชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

ตารางที่ ข.4 ค่าร้อยละของการหดตัว

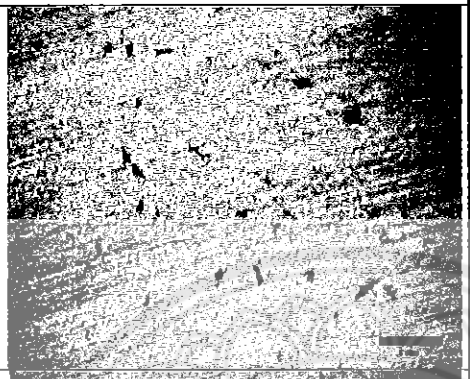
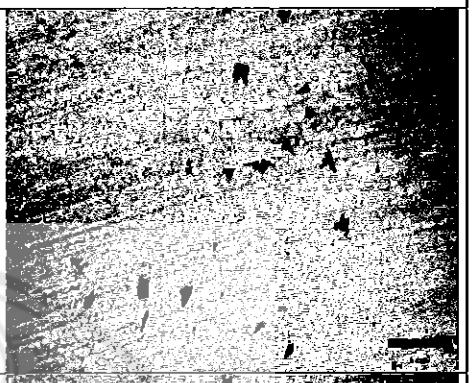
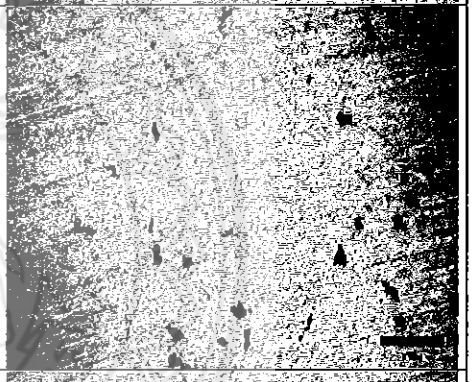
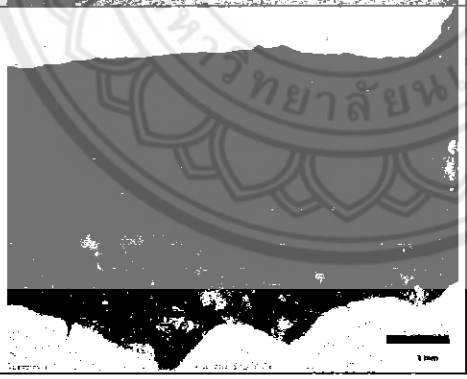
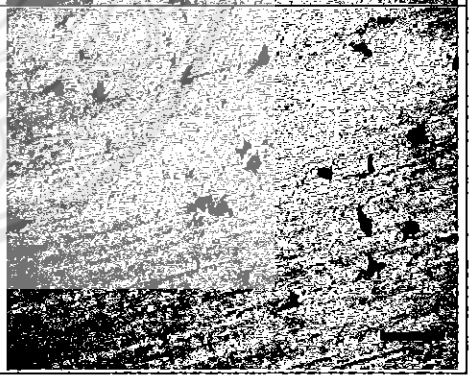
อุณหภูมิเท	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ร้อยละการหดตัว
ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	15.655
680	70	60	1.174
680	70	80	1.174
680	75	60	0.978
680	75	80	1.467
680	80	60	1.174
680	80	80	1.467
700	70	60	0.587
700	70	80	0.489
700	75	60	0.978
700	75	80	0.880
700	80	60	0.880
700	80	80	0.978
720	70	60	1.950
720	70	80	1.174
720	75	60	2.054
720	75	80	2.348
720	80	60	2.544
720	80	80	2.348

ภาคผนวก ค

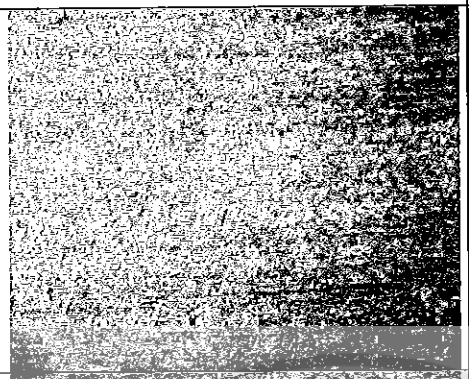
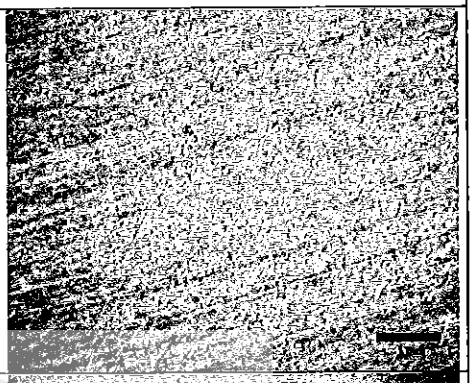
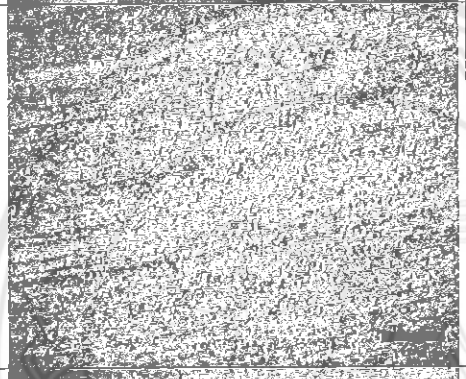
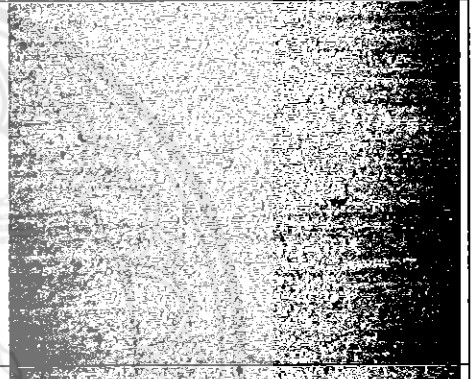
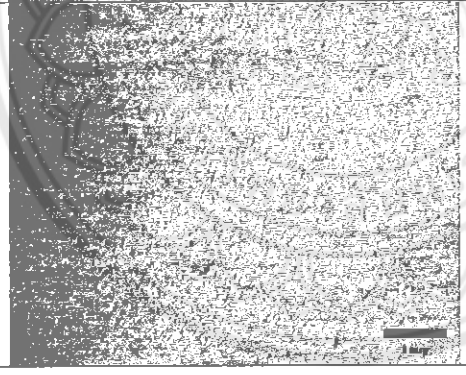
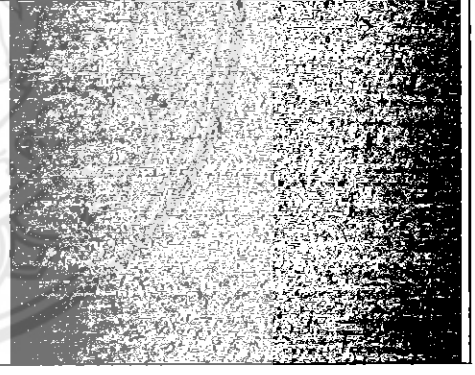
การวิเคราะห์รูพรุน

ชิ้นงานดั้งเดิม และชิ้นงานปัจจุบันที่เกิดรูพรุน ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพโครงสร้างมหภาค

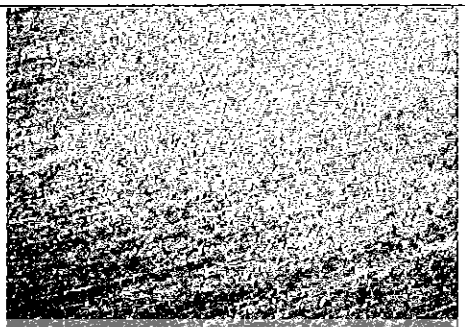
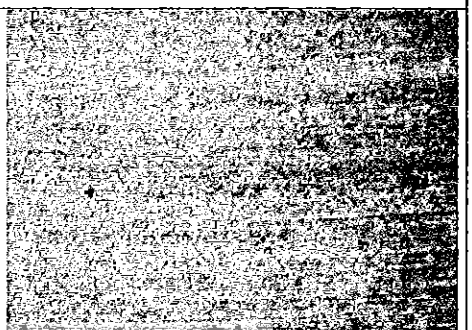
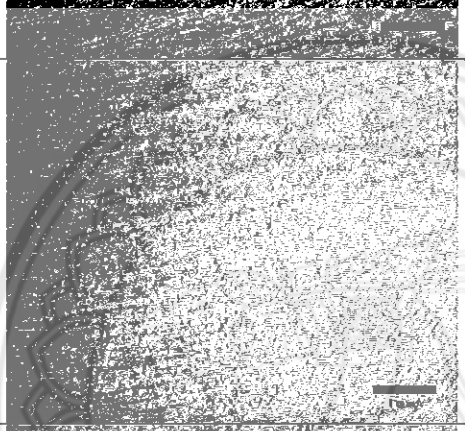
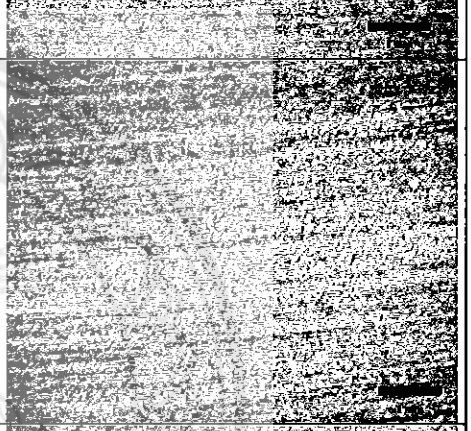
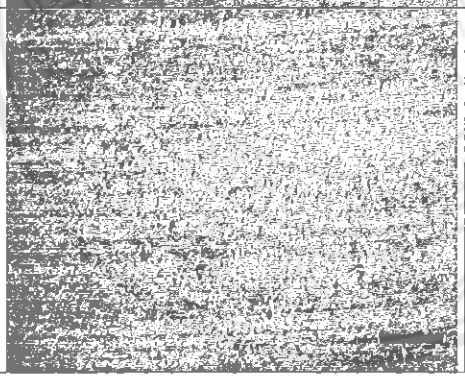
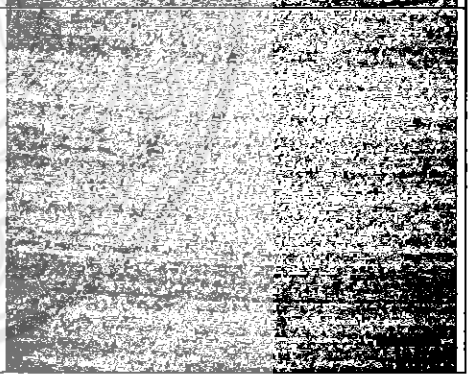
ตารางที่ ค.1 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานดั้งเดิม

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า
ไม่มีการวัดค่า		
ไม่มีการวัดค่า		
ไม่มีการวัดค่า		

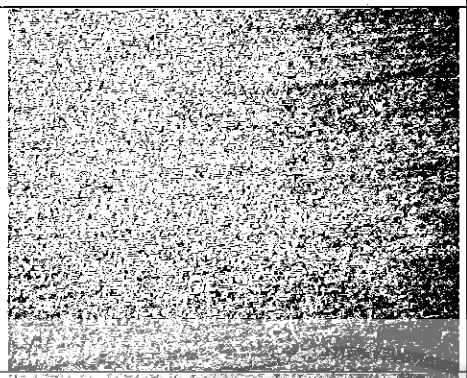
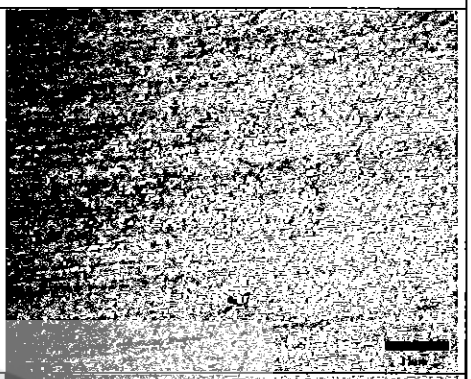
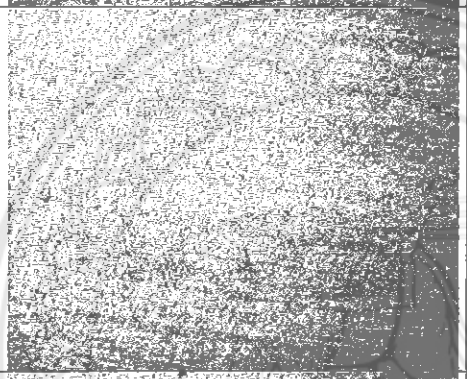
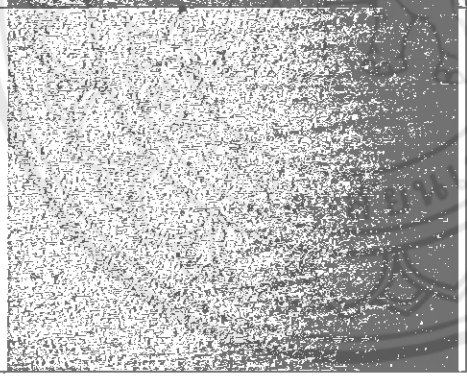
ตารางที่ ค.2 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

ตารางที่ ค.3 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 700 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

ตารางที่ ค.4 รูพรุนที่เกิดในชิ้นงานปัจจุบันที่อุณหภูมิเท 720 องศาเซลเซียส

ขนาดของเม็ดทราย / ความแข็งของแบบทราย	60 AFS	80 AFS
70		
75		
80		

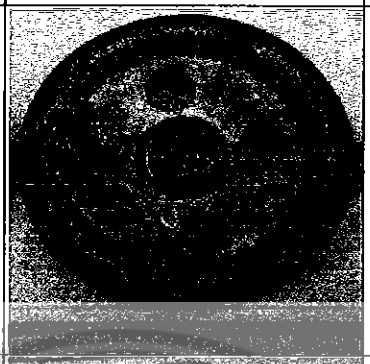
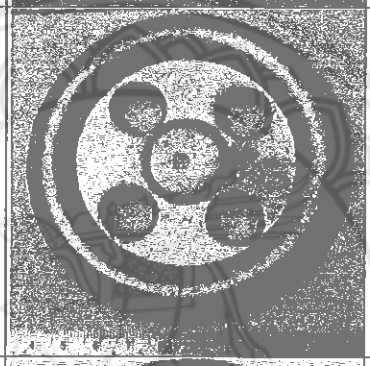
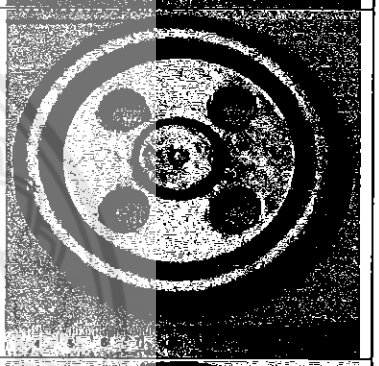
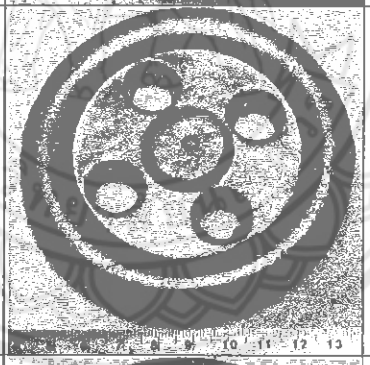
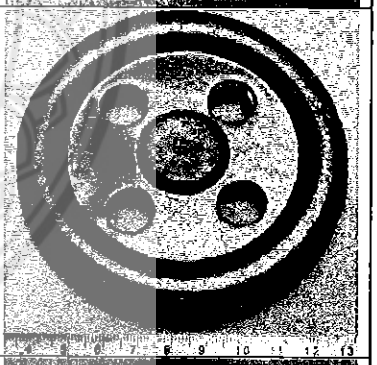
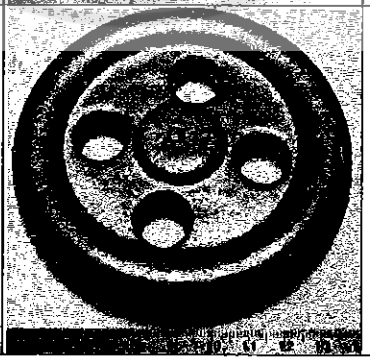
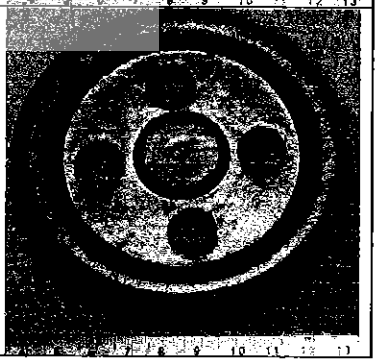
ตารางที่ ค.5 ร้อยละรูพรุนของชิ้นงาน

อุณหภูมิเท	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ร้อยละรูพรุนในชิ้นงาน
ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	4.966
680	70	60	0.005
680	70	80	0.022
680	75	60	0.033
680	75	80	0.044
680	80	60	0.083
680	80	80	0.155
700	70	60	0.011
700	70	80	0.05
700	75	60	0.072
700	75	80	0.077
700	80	60	0.1
700	80	80	0.361
720	70	60	0.05
720	70	80	0.055
720	75	60	0.077
720	75	80	0.183
720	80	60	0.272
720	80	80	1.861

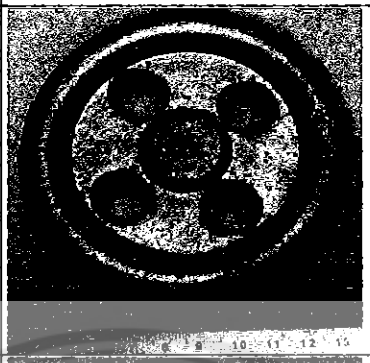
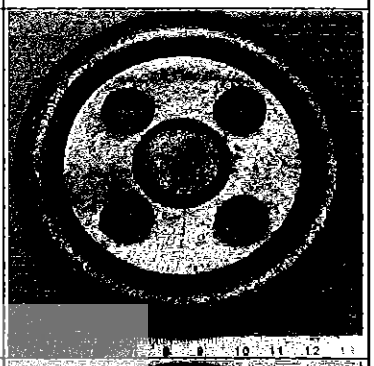
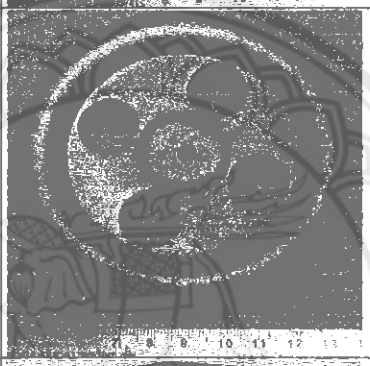
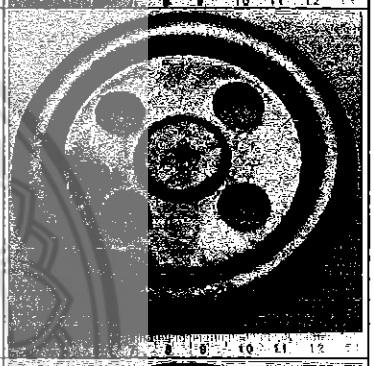
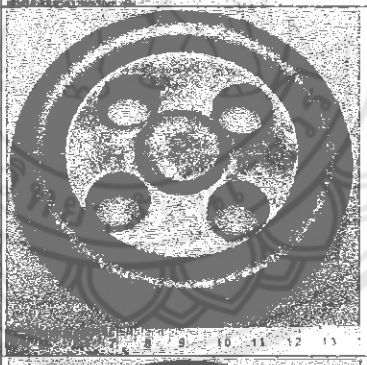
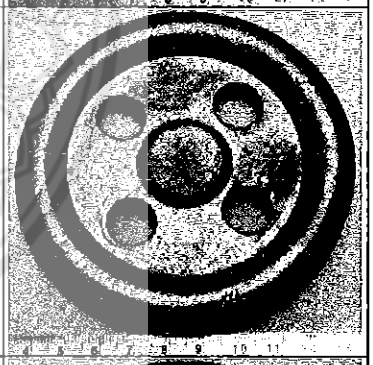
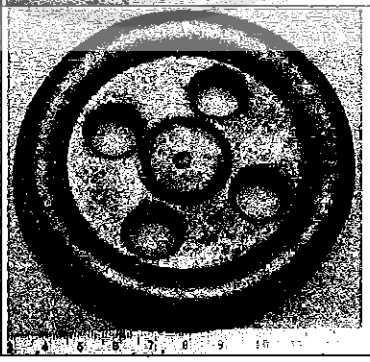
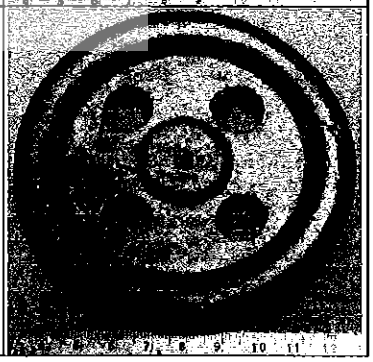
ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์รอยหางหนู

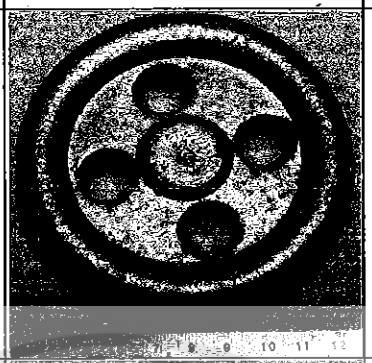
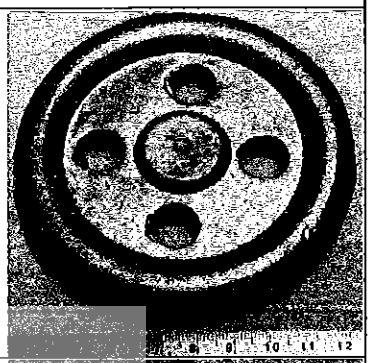
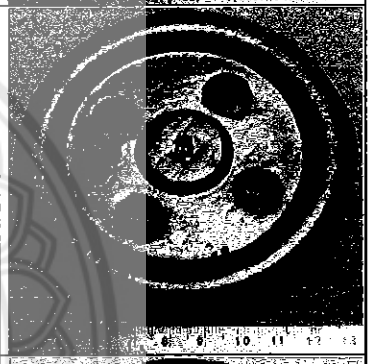
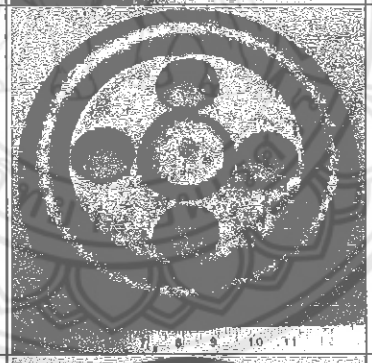
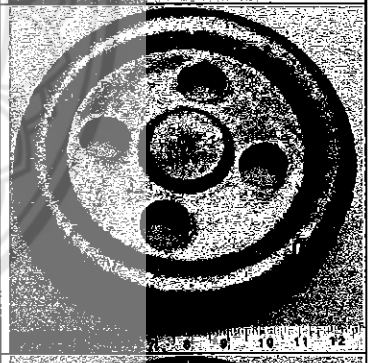
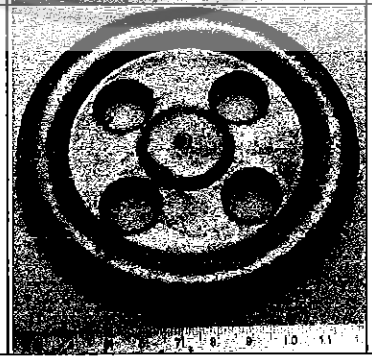
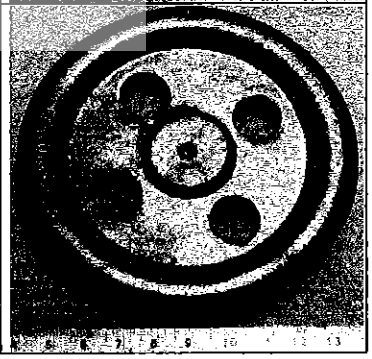
ตารางที่ ง.1 ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู

อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ด้านหน้า	ด้านหลัง
ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า		
680	70	60		
680	70	80		
680	75	60		

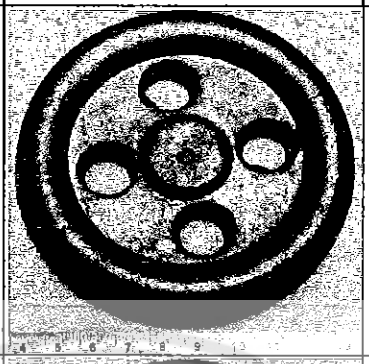
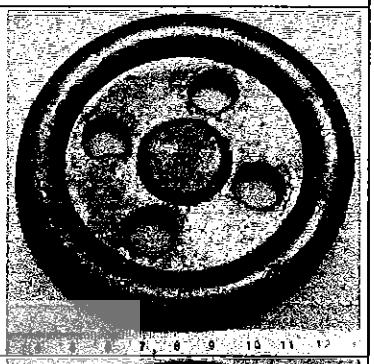
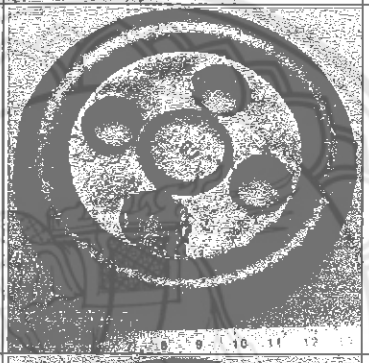
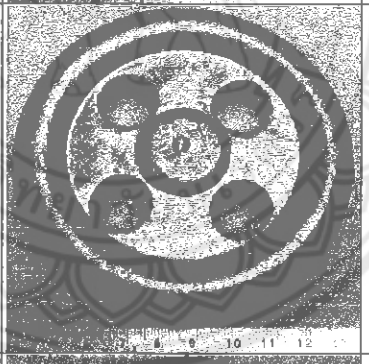
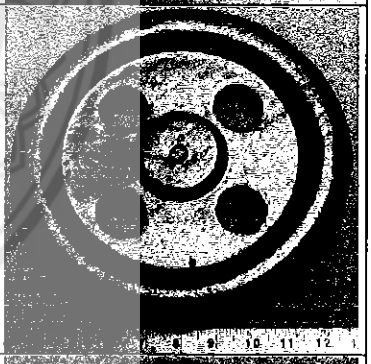
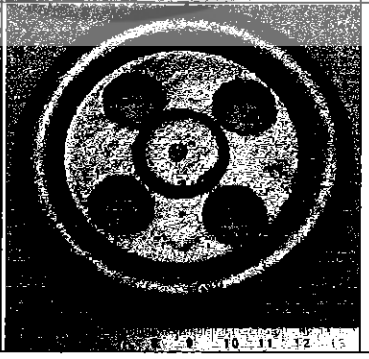
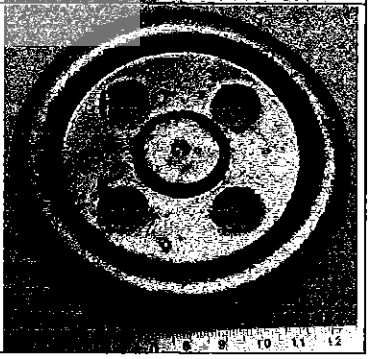
ตารางที่ ง.1 (ต่อ) ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู

อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ด้านหน้า	ด้านหลัง
680	75	80		
680	80	60		
680	80	80		
700	70	60		

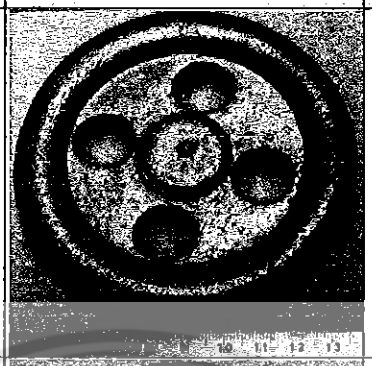
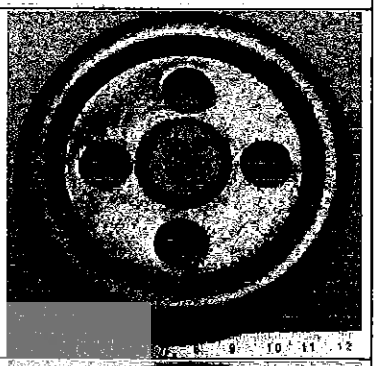
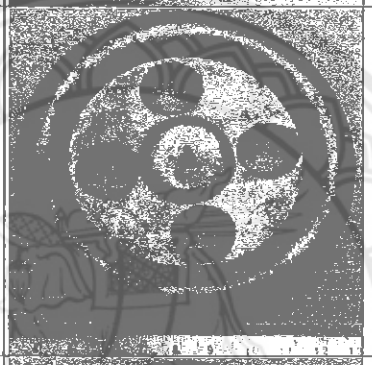
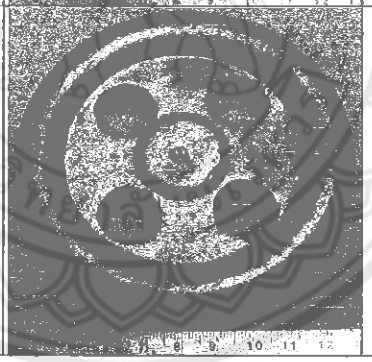
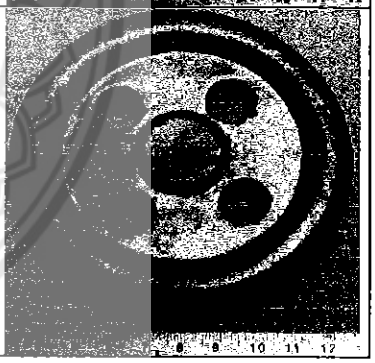
ตารางที่ ง.1 (ต่อ) ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู

อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ด้านหน้า	ด้านหลัง
700	70	80		
700	75	60		
700	75	80		
700	80	60		

ตารางที่ ง.1 (ต่อ) ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู

อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ด้านหน้า	ด้านหลัง
700	80	80		
720	70	60		
720	70	80		
720	75	60		

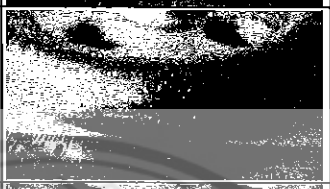
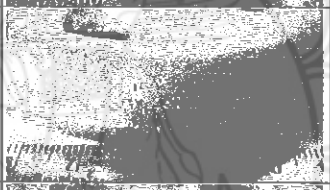
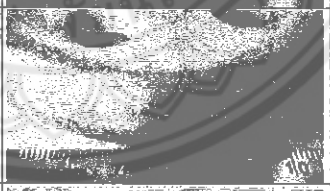
ตารางที่ ง.1 (ต่อ) ชิ้นงานดั้งเดิมที่เกิดหางหนู และชิ้นงานปัจจุบันที่ไม่เกิดหางหนู

อุณหภูมิเท (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ด้านหน้า	ด้านหลัง
720	75	80		
720	80	60		
720	80	80		

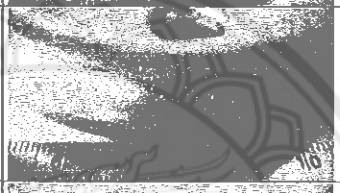
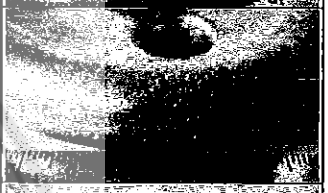
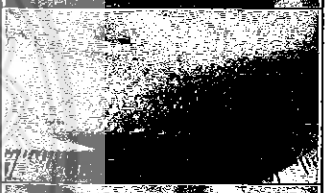
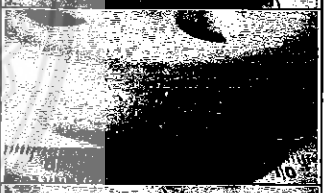
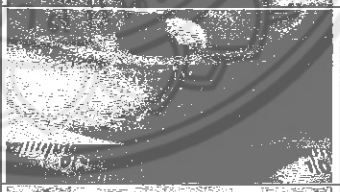
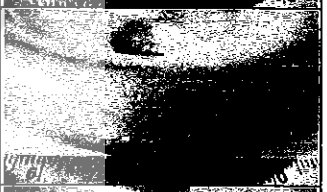
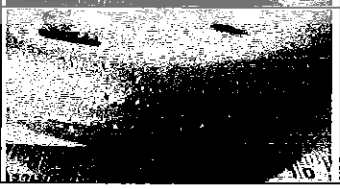
ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ครีบ

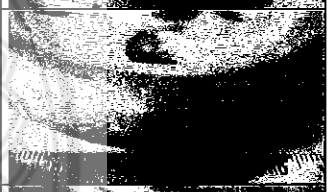
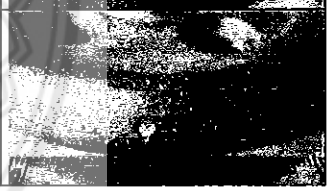
ตารางที่ จ.1 ภาพถ่ายการเกิดครีบของข้อบกพร่องบริเวณขอบของชิ้นงานที่อุณหภูมิเท ความแข็งของแบบทราย และขนาดเม็ดทรายที่สภาวะต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ขอบบน	ขอบล่าง
ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า	ไม่มีการวัดค่า		
680	70	60		
680	70	80		
680	75	60		
680	75	80		
680	80	60		
680	80	80		

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ภาพถ่ายการเกิดครีบของข้อบกพร่องบริเวณขอบของชิ้นงานที่อุณหภูมิเท ความแข็งของแบบทราย และขนาดเม็ดทรายที่สภาวะต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ขอบบน	ขอบล่าง
700	70	60		
700	70	80		
700	75	60		
700	75	80		
700	80	60		
700	80	80		
720	70	60		

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) ภาพถ่ายการเกิดครีบของข้อบกพร่องบริเวณขอบของชิ้นงานที่อุณหภูมิเท ความแข็งของแบบทราย และขนาดเม็ดทรายที่สภาวะต่างกัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความแข็งของแบบทราย	ขนาดเม็ดทราย	ขอบบน	ขอบล่าง
720	70	80		
720	75	60		
720	75	80		
720	80	60		
720	80	80		

ภาคผนวก ฉ

ร้อยละความชื้นของทราย

ตารางที่ ฉ.1 ค่าความชื้นร้อยละ 3 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 60 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 3			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	44.5991	43.2515	3.021585637
2	39.8914	38.562	3.332547867
3	43.3779	42.0906	2.967640204
4	43.685	42.27778	3.221288772
5	42.9236	41.5365	3.231555601
		เฉลี่ย	3.154923616

ตารางที่ ฉ.2 ค่าความชื้นร้อยละ 4 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 60 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 4			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	43.1898	41.58	3.727268938
2	44.8835	43.1079	3.956019473
3	38.0513	36.2822	4.649249829
4	44.2165	42.5476	3.774382866
5	42.5077	40.6196	4.441783489
		เฉลี่ย	4.109740919

ตารางที่ ฉ.3 ค่าความชื้นร้อยละ 5 ที่ขนาดเม็ดทราย 60 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 60 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 5			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	47.7896	45.5062	4.778027018
2	44.3287	41.9203	5.433049018
3	42.0028	39.6378	5.630577009
4	41.1175	38.7105	5.853955129
5	49.0495	46.3235	5.557650944
		เฉลี่ย	5.450651824

ตารางที่ ฉ.4 ค่าความชื้นร้อยละ 3 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 3			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	40.2205	38.9675	3.115326
2	43.1113	41.7783	3.091996
3	43.4423	41.9975	3.325790
4	45.1184	44.1835	3.145441
5	46.6478	45.2517	2.992852
		เฉลี่ย	3.133522

ตารางที่ ฉ.5 ค่าความชื้นร้อยละ 4 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 4			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	43.7053	41.956	4.002489
2	45.7898	43.6062	4.768748
3	44.4646	42.6098	4.171408
4	41.3653	39.539	4.415053
5	46.6656	44.6788	4.257526
		เฉลี่ย	4.323045

ตารางที่ ฉ.6 ค่าความชื้นร้อยละ 5 ที่ขนาดเม็ดทราย 80 AFS

ขนาดของเม็ดทราย 80 AFS ที่มีความชื้นร้อยละ 5			
จำนวนครั้ง	ก่อนอบ	หลังอบ	ร้อยละความชื้น
1	48.0821	45.7795	4.788892
2	44.7354	42.3594	5.31123
3	47.7543	45.3542	5.025935
4	44.6159	42.2077	5.397627
5	43.8832	41.591	5.223411
		เฉลี่ย	5.149419

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายวงษ์ศักดิ์ ศรีสวัสดิ์

ภูมิลำเนา 1 หมู่ 8 ต.ทุ่งนาเลา อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนคอน-สารวิทยาคม จ.ชัยภูมิ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมวัสดุ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: sreesawat_@hotmail.com

ชื่อ นางสาวพัชรา น้อยนคร

ภูมิลำเนา 197/2 หมู่ 6 ต.วังแดง อ.ตรอน จ.อุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี จ.อุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมวัสดุ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: padchara_n@hotmail.com