

อภิธาน์ทนาการ



สำนักหอสมุด



การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียมผสมเกรด A356 ที่ได้จากการหล่อ
แบบแรงโน้มถ่วงเทียบกับการหล่อแบบเทผ่านรางเทหล่อเย็น

A STUDY NO MICROSTURE OF THE GRAVITY DIE CASTING
COMPARED WITH THE COOLING PLATE TECHNIQUE

นายปิยะพงษ์ ม้าวิ่ง รหัส 49380998

นายสุเมธ มั่นต่าย รหัส 49380233

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วันลงทะเบียน..... 14 ส.ย. 2553

เลขทะเบียน..... 15040267

เลขเรียกหนังสือ..... TN

135

ป.จ.26ก

2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2552



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียม เกรด A 356 ที่ได้จากการ
หล่อแบบแรงโน้มถ่วงเทียบกับการหล่อแบบเทผ่านรางเทหล่อเย็น

ผู้ดำเนินโครงการ นายปิยะพงษ์ ม้าวิ่ง รหัส 49380998
นายสุเมธ มั่นคำย รหัส 49380233

ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์

ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประเทือง โมรราย

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ทองกลิ่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์วัฒน์ชัย เขียวรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียม เกรด A 356 ที่ได้จากการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงเทียบกับการหล่อแบบเทผ่านรางเทหล่อเย็น		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายปิยะพงษ์ ม้าวัง	รหัส	49380998
	นายสุเมธ มั่นต่าย	รหัส	49380233
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์		
ที่ปรึกษาร่วม	ครูช่างประเทือง โมรราราย		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2552		

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอลูมิเนียมมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม อลูมิเนียมสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ในปัจจุบันสามารถปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียมโดยวิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีเทน้ำโลหะผ่านรางเทเป็นวิธีที่จะสามารถปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคได้ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิเทที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียม เกรด A 356 ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงกับการหล่อโดยวิธีเทผ่านรางเท ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าความกลมของเกรนของชิ้นงานที่หล่อโดยผ่านวิธีเทผ่านรางเทและชิ้นงานที่หล่อด้วยแรงโน้มถ่วง ที่อุณหภูมิ 620 640 660 และ 680 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความกลมของเกรนนั้นหาได้จากโปรแกรม เมื่อได้ค่าความกลมของเกรนมาแล้ว ใช้การเปรียบเทียบค่าในเชิงสถิติ เพื่อดูว่า ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการทั้งสองมีค่าความกลมของเกรนต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงขอแสดงความขอบพระคุณบุคคลผู้มีพระคุณดังนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์กฤษณา พูลสวัสดิ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิจัยและคณะกรรมการอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณครูช่างประเทือง โมรราย ที่ให้คำแนะนำในการออกแบบทำเครื่องมือทดลองและการทำงานกับเครื่องมือต่างๆ

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและผู้มีอุปการะทุกคนที่มอบ โอกาสและสิ่งดีๆ มาโดยตลอดอีกทั้งคำปรึกษา แนะนำตักเตือน ทำให้ข้าพเจ้ามีความมานะอดทน จนปริญญาานิพนธ์สำเร็จได้

คณะผู้ดำเนินโครงการนิพนธ์

นายปิยะพงษ์ ม้าวิ่ง

นายสุเมธ มั่นต่าย

สารบัญ

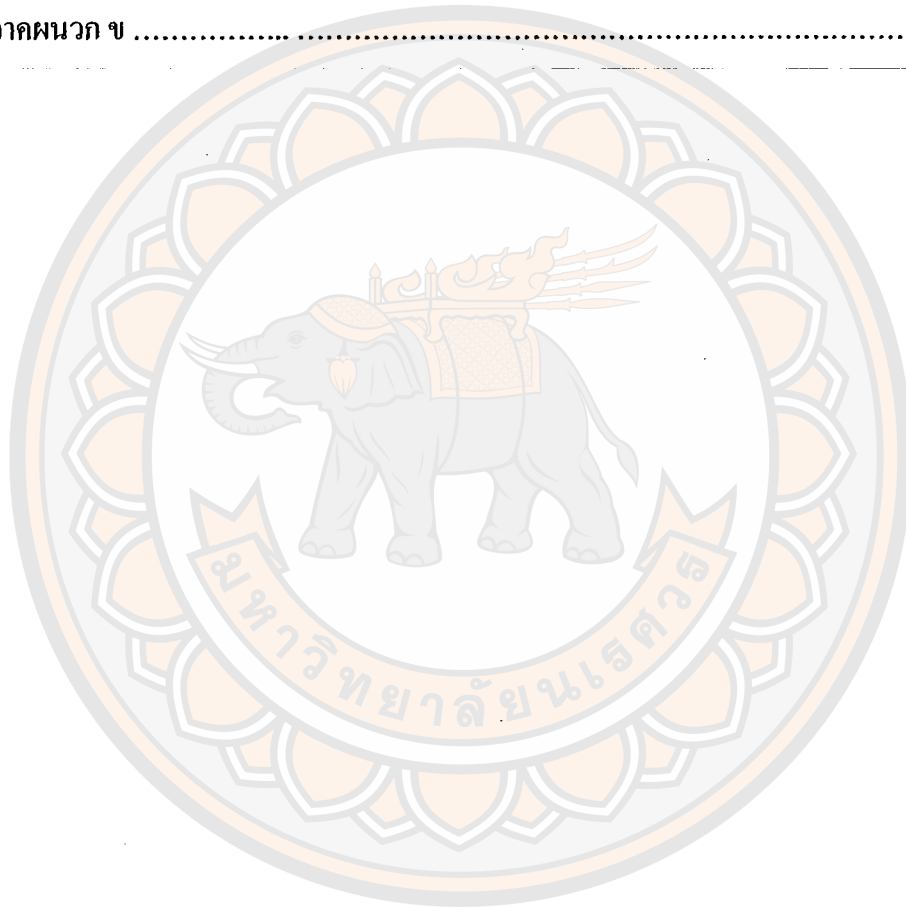
	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการ และเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....	1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย.....	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....	2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอลูมิเนียม.....	4
2.2 โลหะผสมอลูมิเนียมซิลิกอน.....	4
2.3 อลูมิเนียม ชนิด A 356 ที่ใช้ในการทดลอง.....	5
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานหล่อโลหะ.....	8
2.5 การหล่อโลหะ (Casting).....	12
2.6 การแข็งตัวของโลหะผสม.....	15
2.7 โครงสร้างจากการแข็งตัวของชิ้นงานหล่อ.....	16
2.8 การเกิดผลึกใหม่.....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 การโตของผลึก.....	18
2.10 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค.....	19
2.11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง.....	20
2.12 เทคนิคการปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาค โดยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งของโลหะผสมอลูมิเนียม.....	21
2.13 ปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะผสมอลูมิเนียม-ซิลิกอนที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเทผ่านรางเท.....	22
2.14 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing).....	24
2.15 ปัจจัยรูปร่าง (Shape factor).....	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	26
3.1 การหาข้อมูลเกี่ยวกับอลูมิเนียมเกรดA356.....	27
3.2 การออกแบบรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์.....	27
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	28
3.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค.....	29
3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	31
3.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติและสรุปผลการทดลอง.....	31
3.7 จัดทำรูปเล่มรายงาน.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	32
4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	32
4.2 การออกแบบรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์.....	32
4.3 จัดทำรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์.....	33
4.4 ทำการทดลองเทน้ำโลหะ.....	34
4.5 ผลการทดลอง.....	39
4.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติและสรุปผลการทดลอง.....	49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	53
5.1 สรุปผล.....	53
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	54
เอกสารอ้างอิง.....	55
ภาคผนวก ก	56
ภาคผนวก ข	65

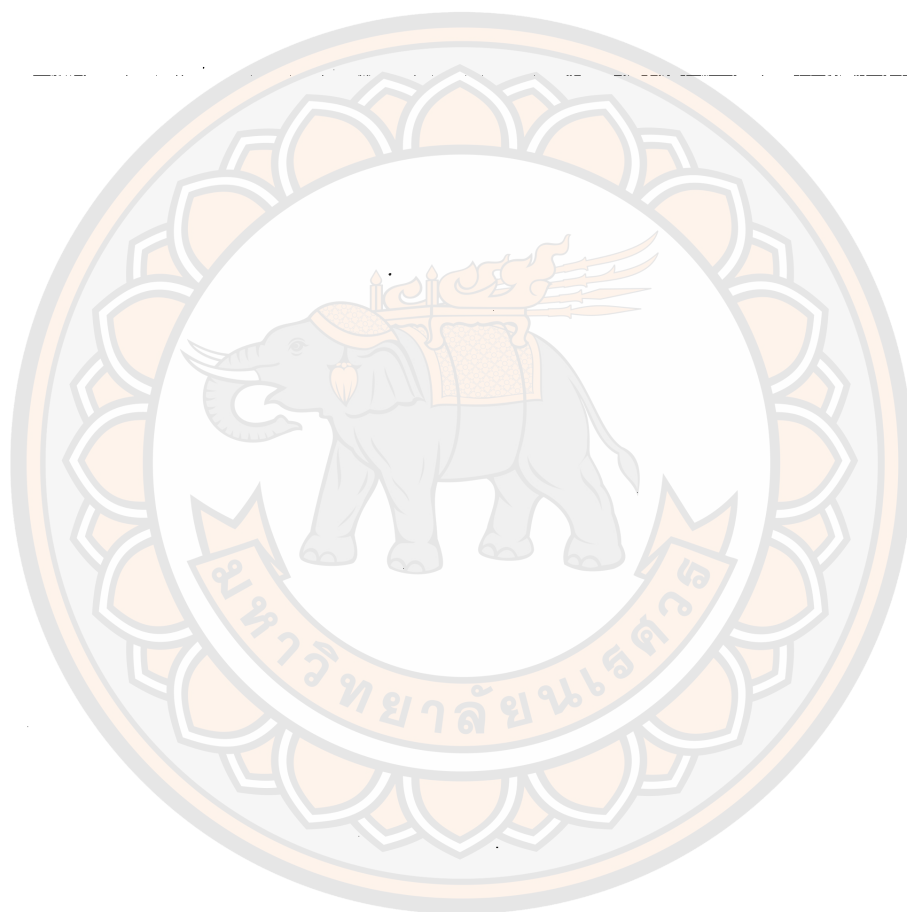


สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	3
4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิต่ำ 620 องศาเซลเซียส.....	40
4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่ำ 620 องศาเซลเซียส.....	41
4.3 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิต่ำ 640 องศาเซลเซียส.....	42
4.4 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่ำ 640 องศาเซลเซียส.....	43
4.5 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศาเซลเซียส.....	44
4.6 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศาเซลเซียส.....	45
4.7 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิต่ำ 680 องศาเซลเซียส.....	46
4.8 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศาเซลเซียส.....	47
4.9 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของความกลมของเกรน.....	48
ข.1 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 620 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง.....	66
ข.2 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 620 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท.....	73
ข.3 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง.....	83
ข.4 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท.....	89
ข.5 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง.....	101
ข.6 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท.....	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.7 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส โดยวิธีการ หล่อด้วยแรงโน้มถ่วง.....	113
ข.8 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส โดยวิธีการ เทแบบรางเท.....	119



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Phase diagram ของ Al-Si.....	6
2.2 อลูมิเนียมผสม เกรด A356 ปรับปรุง โครงสร้างโดยการเติม โซเดียม 0.025% หล่อโดยใช้แบบ ทรายหล่อทำให้ซิลิกอนในยูเทคติกมีขนาดเล็กและเกือบโค้งมน.....	6
2.3 อลูมิเนียมผสม เกรด A356 หล่อโดยใช้แบบหล่อทรายเทียมทำให้ ซิลิกอนมีสี่เหลี่ยมและมุม แหลม.....	7
2.4 อลูมิเนียมผสม เกรด A356 ปรับปรุง โครงสร้างโดยการเติม โซเดียมเป็นการหล่อโดยใช้แบบ หล่อทราย.....	7
2.5 กราฟของกระบวนการ Homogeneous Nucleation	10
2.6 การเกิด Homogeneous Nucleation บนผนังของแบบหล่อ.....	11
2.7 ลักษณะการแข็งตัวของน้ำโลหะเมื่อเทผ่านราง	17
2.8 แสดงการโตของเกรน.....	19
2.9 ลักษณะแนวทางการขัดผิวชิ้นงาน	21
2.10 แสดงเขตวิกฤตสำหรับสมมติฐานสองทาง.....	24
3.1 ขั้นตอนการทำงาน.....	26
3.2 แบบร่างเทน้ำโลหะ.....	27
3.3 แม่พิมพ์.....	28
3.4 ขั้นตอนการตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาค.....	29
4.1 ออกแบบร่างเทน้ำโลหะ.....	32
4.2 การออกแบบแม่พิมพ์ตามมาตรฐานของ ASTM B 108-01.....	33
4.3 ร่างเทน้ำโลหะ.....	34
4.4 แบบแม่พิมพ์มาตรฐานของASTM B108-01.....	34
4.5 การจัดเตรียมรางเท.....	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 การหลอมอลูมิเนียมA346.....	35
4.7 วัตถุประสงค์.....	36
4.8 เหน้้าโลหะลงแม่พิมพ์โดยกระบวนการหล่อแบบปกติ.....	36
4.9 เหน้้าโลหะลงแม่พิมพ์โดยกระบวนการหล่อแบบผ่านรางเท.....	36
4.10 รอยแบบหล่อเย็นตัวแล้วแกะแบบออก.....	37
4.11 ตัดชิ้นงานเพื่อนำไปปรับผิวหน้า.....	37
4.12 ตัดชิ้นงานก่อนนำไปขัด.....	38
4.13 จุดที่ใช้ในการดูโครงสร้างทางจุลภาค.....	38
ก.1 รางเหน้้าโลหะ.....	57
ก.2 ตัวจับเบ้าหลอม.....	58
ก.3 ฐานรางเท.....	59
ก.4 เสารองรับรางเท.....	60
ก.5 ตัวยึดเสาดังรางเท.....	61
ก.6 เสาฐานรองรับรางเท.....	62
ก.7 ตัวรางเท.....	63
ก.8 เสารองรับในส่วนองเบ้าหลอม.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

อลูมิเนียมมีบทบาทและความสำคัญมากในอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศ ถูกนำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่างๆทั้งนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องบิน รถยนต์ บรรจุก๊าซ และเครื่องใช้ไฟฟ้า มีสมบัติเด่นคือ มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา เมื่อเทียบกับโลหะอื่น เช่น เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง นำไฟฟ้าได้และนำความร้อนได้ดี ขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์แต่ปัญหาที่พบมากในการนำเอาอลูมิเนียมมาใช้งานก็คือการสะสมของแรงกระทำในตัววัสดุ จนถึงจุดที่มันล้าเกินจะรับไหว มันก็จะเกิดอาการร้าว ทำให้ในปัจจุบันมีการคิดค้นปรับปรุงสมบัติทางกล และ โครงสร้างทางจุลภาคเพื่อให้ดีกว่าเดิมและสามารถนำมาใช้งานตามความต้องการได้ การเทน้ำโลหะผ่านรางเท (Cooling Plate Technique) เป็นวิธีที่ปรับปรุงสมบัติทางโครงสร้างจุลภาคให้ดีกว่าเดิมและ เป็นวิธีหนึ่งในกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง (Semi-Solid Metal Processing) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับผลิตชิ้นส่วนทางวิศวกรรมเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงกับโครงร่างสุดท้าย โดยในการผลิตโลหะผสมนั้นจะผลิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่างเฟสของเหลวและเฟสของแข็ง เพื่อยับยั้งการเกิด โครงสร้างเดนไดรต์ โดยใช้พฤติกรรมการไหลเป็นตัวกำหนดโครงสร้างทางจุลภาค เพื่อให้สมบัติทางกลดีขึ้น เนื่องจากโครงสร้างทางจุลภาคที่ได้มีความกลม

ดังนั้นงานวิจัยจึงทำการศึกษาอลูมิเนียมผสม เกรด A356 โดยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง ด้วยวิธีการเทผ่านรางกับการขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปวิธีการเทผ่านรางและชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปโลหะโดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง ซึ่งโครงสร้างทางจุลภาคที่ได้นี้ มีผลต่อสมบัติทางกลของชิ้นงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อ โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงกับการหล่อวิธีเทน้ำโลหะผ่านรางเท โดยทำการเปรียบเทียบความกลมของเกรนของทั้งสองวิธี

1.2.2 เปรียบเทียบกระบวนการเทน้ำโลหะผ่านรางเท ที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลต่อ โครงสร้างทางจุลภาคของโลหะ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.3.1 โครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วง ที่อุณหภูมิเทเท่ากับ 620 640 660 และ 680 องศาเซลเซียส

1.3.2 โครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบเทน้ำโลหะผ่านรางเทหล่อเย็น ที่อุณหภูมิเทเท่ากับ 620 640 660 และ 680 องศาเซลเซียส

1.3.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงและกระบวนการหล่อแบบเทน้ำโลหะผ่านรางเทหล่อเย็น

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการทั้งสองมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ตัวแปรที่ควบคุม

-วัสดุที่ใช้ทำรางคือ เหล็ก

-ความชันของรางเท่ากับ 60 องศา

-ความยาวของรางเท 250 มิลลิเมตร

-แม่พิมพ์แบบถาวรทำจากเหล็ก

-โลหะที่ใช้ในการหล่อคือ อลูมิเนียมผสม เกรด A356

1.5.2 ตัวแปรที่ใช้ทำการทดลองคือ อุณหภูมิเท

1.5.3 ศึกษาโครงสร้างจุลภาค โดยวิเคราะห์ความกลมของเกรน และทางสถิติ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1	หาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอบุญนิยม เกรด A356							
2	ศึกษากระบวนการหล่อ โดยใช้วิธีการหล่อ ด้วยแรงโน้มถ่วง และการหล่อโดยเทน้ำ โลหะผ่านรางเท							
3	ทำการออกแบบรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์							
4	ทำการทดลอง เทน้ำโลหะทั้งสองวิธีที่ศึกษามา และทำการเปลี่ยนอุณหภูมิเท							
5	ตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของ ชิ้นงานและความกลมของเกรน							
6	นำชิ้นงานที่ได้จากสองวิธีมาเปรียบเทียบ โครงสร้างทางจุลภาค							
7	สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ผลทางสถิติ							
8	จัดทำรายงาน							

1.7 แผนการดำเนินงาน

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. เครื่องมือ อุปกรณ์	1,000	บาท
2. เอกสาร	200	บาท
3. รูปเล่ม	800	บาท
รวมเป็นเงิน	2,000	บาท

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอลูมิเนียม

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีสีเงิน น้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรง นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นทำให้สามารถนำไปรีดเป็นแผ่นต่างๆ ได้ อลูมิเนียมเป็นธาตุที่มีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 3 ที่อยู่ในเปลือกโลก โดยมีประมาณร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ส่วน 2 อันดับแรกคือ ซิลิกอน และ ออกซิเจน อลูมิเนียมถูกนำไปใช้ได้มากมาย ทั้งในครัวเรือนและในอุตสาหกรรม และเป็นโลหะที่ใกล้ชิดกับผู้คนทั่วไป

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นได้ดี ดังนั้นเราจึงไม่พบอลูมิเนียมในรูปของโลหะบริสุทธิ์ในธรรมชาติ การนำอลูมิเนียมไปใช้งานประมาณร้อยละ 85 ของบอกลูกเหล็กที่ขุดมาทั้งโลกจะถูกนำไปผลิตอะลูมินาสำหรับการสกัดเป็นโลหะอลูมิเนียม อีกร้อยละ 10 จะนำไปผลิตอะลูมินาสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเคมี การขัด และอิฐทนไฟ ที่เหลืออีกร้อยละ 5 จะนำไปทำวัสดุที่ใช้ในการขัด วัสดุทนไฟ และสารประกอบอลูมิเนียม สำหรับโลหะอลูมิเนียมจะถูกนำไปใช้ในวงการขนส่ง บรรจุก๊าซ เช่น กระจังเครื่องยนต์ การก่อสร้างอาคาร เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น สมบัติที่เป็นข้อดีของโลหะอลูมิเนียมก็คือ มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง มีความต้านทานการกัดกร่อนได้ดี และไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์

2.2 โลหะผสมอลูมิเนียม ซิลิกอน

การผสมซิลิกอนในอะลูมิเนียมจะช่วยให้อะลูมิเนียมมีความสามารถในการไหลที่ดีขึ้นซึ่งส่งผลให้สามารถหล่อชิ้นงานที่มีลักษณะซับซ้อนหรือชิ้นงานที่มีขนาดค่อนข้างบางได้ การที่ความสามารถในการไหลดีขึ้นนั้นเป็นเพราะเมื่อซิลิกอนที่ละลายในอะลูมิเนียมมีปริมาณสูงขึ้นจุดเริ่มต้นการแข็งตัว (Liquidus) ของอะลูมิเนียมจะมีค่าต่ำลง ส่วนการผสมธาตุอื่นๆลงในอะลูมิเนียมนั้นสามารถปรับปรุงสมบัติของอะลูมิเนียมให้ดีขึ้นได้แต่ในทางกลับกันก็จะส่งผลให้เกิดผลเสียด้วยเช่นกัน เช่นการเติมทองแดงลงไปปริมาณที่กำหนดก็สามารถทำให้อะลูมิเนียมสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ด้วยกระบวนการทางความร้อน แต่ผลเสียที่เกิดขึ้นคือเพิ่มโอกาสการเกิดการแตกร่อน (Hot Tear) และความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนลดลง

โครงสร้างจุลภาคของ อลูมิเนียมผสม ในการหล่อหลายๆแบบ และ หลากๆสภาพ การปฏิบัติทางความร้อน รูปที่ 2.2-2.4 ถ้าอลูมิเนียมผสม มีการเปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มโซเดียมร้อยละ 0.025 จะทำให้เกิดการละลายโครงสร้างยูเทคติกจากทรายหล่อ และ อนุภาคของซิลิกอนในยูเทคติก จะมี

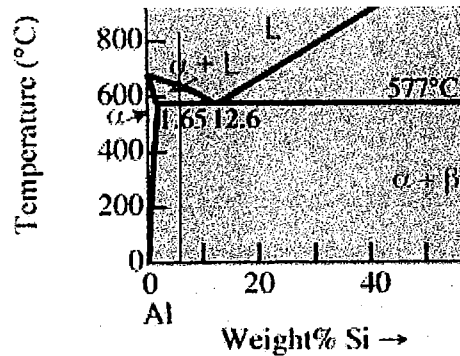
ขนาดเล็กกว่าและมีมูนน้อยลง วิธีการแก้ไขดังกล่าวบางครั้งจะเป็นการปรับปรุง สมบัติทางกลของ การหล่อทราย ที่มีการแข็งตัวอย่างช้าๆ การปรับปรุงในลักษณะพิเศษของทรายทั้งสอง และการหล่อ แบบหล่อถาวร (Permanent Mold) จะเกิดการผลิตอนุภาคซิลิกอนเล็กลง การรบกวนน้อยลง กับการ ไหลของน้ำโลหะ ในระหว่างการแข็งตัว ดังนั้นผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยใส่ โซเดียมในการผลิต ทำให้ได้ผลผลิตที่ดีกว่า และ ช่องว่างเล็กๆ (Micro Shinkage) ระหว่างเค- ไครท์ น้อยลงมากกว่า อลูมิเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุง

2.3 อลูมิเนียมผสม เกรด A356

A356 เป็นมาตรฐานที่เรียกตาม AA (Aluminum Association) ซึ่งทางอเมริกาใช้เรียก ส่วนหาก เรียกเทียบเคียงกับญี่ปุ่น (JIS: Japanese Industrial Standard) คือ AC4C มีส่วนผสมเป็น ร้อยละโดย น้ำหนักดังนี้ Si ร้อยละ 6.5-7.5, Cu ร้อยละ 0.02, Mg ร้อยละ 0.30-0.45, Fe ร้อยละ 0.15, Zn ร้อยละ 0.07, Mn ร้อยละ 0.10

ส่วนผสมที่สำคัญของอลูมิเนียมเกรด A 356 คือซิลิกอน ซึ่งมีลักษณะ โครงสร้างแบบผลึก มีสี เทา สมบัติถึง โลหะ และเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี มีสัญลักษณ์ทางเคมี คือ Si โดยทั่วไปจะไม่พบ ซิลิกอนบริสุทธิ์ในธรรมชาติ แต่จะพบเป็นสารประกอบออกไซด์ หรือซิลิเกต (มีโลหะผสมอยู่ เช่น แกรไฟต์ แร่ใยหิน เฟลด์สปาร์ และ ไมกา เป็นต้น) ในรูปของผลึก ซึ่งมีซิลิกอน 1 อะตอม และ ออกซิเจน 2 อะตอม ที่เรารู้จักกันดี คือซิลิกา หรือ ควอทซ์ (SiO_2) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 1,710 องศาเซลเซียส

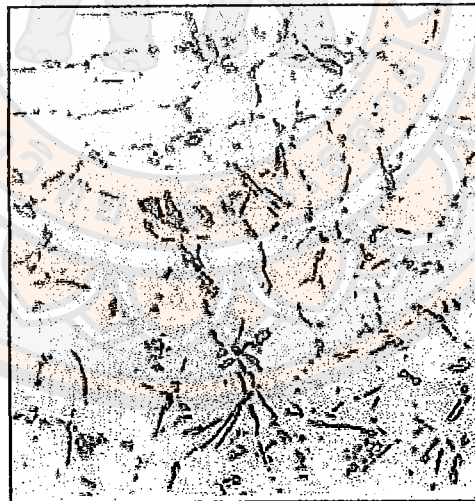
อะลูมิเนียมเกรด A356 มีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อน เพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยกรรมวิธีทางความร้อนแบบการบ่มแข็ง (Precipitation Hardening หรือ Age Hardening) นอกจากนั้นแล้วยังมีโอกาสเกิดการแตกร้าวในขณะร้อนหลังจากการหล่อที่ต่ำ ดังนั้นอะลูมิเนียมเกรดนี้จึงสามารถนำไปผลิต โดยใช้ทั้งแบบหล่อทราย และแบบหล่อถาวรได้ เมื่อ จำเป็นต้องผลิตในปริมาณมากในเชิงพาณิชย์ ส่วนผสมของอะลูมิเนียม เกรด A356 ที่สำคัญก็คือ ซิลิกอน



รูปที่ 2.1 Phase diagram ของ Al-Si

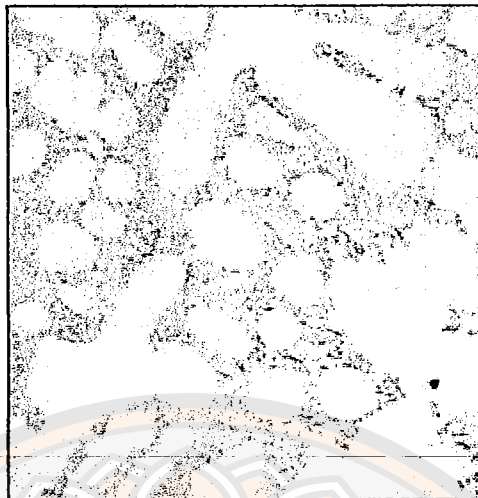
ที่มา <http://www.msm.cam.ac.uk/phasetrans/images/AlSi.jpg>

จากกราฟเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ กับปริมาณของอลูมิเนียมผสม ชนิด A 356 ซึ่งมี ส่วนผสมหลักคือ ซิลิกอน ร้อยละ 6.5-7.5 โดยอลูมิเนียมเกรด A 356 นี้ จะมีจุดหลอมเหลวที่ 615 องศาเซลเซียส อุณหภูมิยูเทคติกที่ 577 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นช่วงอุณหภูมิที่แข็งกึ่งเหลวอยู่ในช่วง 577 – 615 องศาเซลเซียส

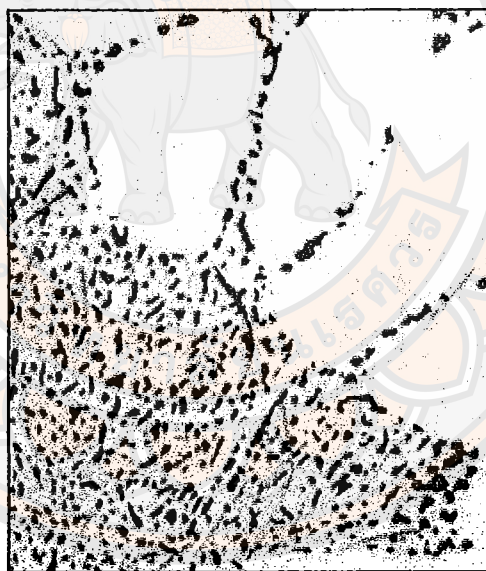


รูปที่ 2.2 อลูมิเนียมผสม เกรด A356 ปรับปรุง โครงสร้าง โดยการเติม โซเดียม 0.025% ขณะหลอม เป็นการหล่อ โดยใช้แบบทรายหล่อ ทำให้ซิลิกอนในยูเทคติกมีขนาดเล็กและเกือบโค้งมน

ที่มา www.aluminiumlearning.com/html/c_3xx_x.html



รูปที่ 2.3 อลูมิเนียมผสมเกรด A356 หล่อโดยบดหล่อทรายทำให้ซิลิกอนมีสีเทาเข้มและมุมแหลม
ที่มา www.aluminiumlearning.com/html/c_3xx_x.html



รูปที่ 2.4 อลูมิเนียมผสม เกรด A356 เดิมโซเดียมเป็นการหล่อโดยใช้แบบทรายหล่อ
ที่มา www.aluminiumlearning.com/html/c_3xx_x.html

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานหล่อโลหะ

2.4.1 สมบัติของน้ำโลหะความแตกต่างระหว่างโลหะและน้ำ

น้ำโลหะเป็นของเหลวเช่นเดียวกับน้ำ แต่แตกต่างจากน้ำในประเด็นต่างๆดังนี้

2.4.1.1 ความเหลว (Fluidity) ของโลหะขึ้นกับอุณหภูมิเป็นอย่างมาก น้ำโลหะจะเป็นของเหลวเต็มพื้นที่ที่อุณหภูมิสูง แต่จะไกลจากการเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดมีจุดเริ่มต้นการตกผลึก (Crystal Nuclei)

2.4.1.2 ความหนาแน่น (Density) น้ำโลหะมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำ ดังนั้นลักษณะของการไหลของน้ำและของโลหะจะต่างกันมาก การไหลของโลหะจะมีความเฉื่อย (Inertia) มากกว่าและทำให้เกิดแรงกระแทกสูงกว่า

2.4.1.3 การเปียกผิว (Wetability) น้ำทำให้ผิวของภาชนะเปียก แต่โลหะไม่ทำให้เปียก ดังนั้นเมื่อน้ำโลหะผ่านผิวแบบทราย มันจะไม่ซึมเข้าไปในทรายถ้าระยะระหว่างเม็ดทรายน้อยพอ

2.4.2 ความตึงผิว (Surface Tension) ของน้ำโลหะ

เมื่อผิวของเหลวอยู่ตามลำพังจะเกิดปรากฏการณ์ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับมีเชือกบางๆ มาหุ้มของเหลว นั่นปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ความตึงผิว ความตึงผิวของน้ำโลหะมีค่าสูงกว่าความตึงผิวของน้ำ นอกจากนั้นน้ำจะเกาะติดกำแพงได้ง่าย แต่โลหะจะไม่เกาะติดกำแพงและจะกลายเป็นเม็ดกลม (เช่น ปรอท) ดังนั้นเมื่อน้ำโลหะสัมผัสทรายจะมีแรงต้านทานไม่ให้น้ำโลหะซึมผ่าน

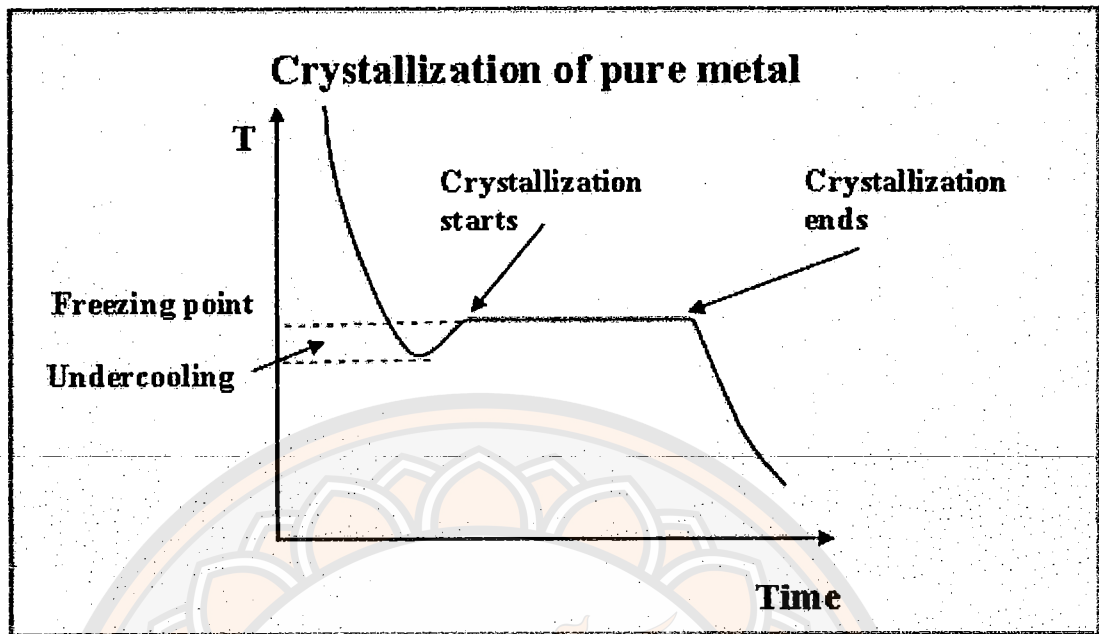
2.4.3 กลไกการแข็งตัวของน้ำโลหะ (Solidification Mechanism of Metal)

การแข็งตัวของน้ำโลหะ จะมีโครงสร้างอะตอมใกล้ชิดกันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ โดยอะตอมจะยึดเกาะกันด้วยพันธะไอออนิก (Ionic Bond) โดยมีระดับพลังงานอิสระ (Gibb's Free Energy) ต่ำ และเมื่อได้รับความร้อนหรือมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ระดับพลังงานอิสระมีค่าที่สูงขึ้นด้วย อะตอมจะมีการสั่นเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้แรงดึงดูดระหว่างอะตอมของโลหะลดลงจากนั้นอะตอมจะกระจายตัวห่างออกจากกันมากขึ้นทำให้เกิดการขยายของก้อนโลหะ จนเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงเกินจุดหลอมเหลวของโลหะนั้นๆพลังงานอิสระของโลหะที่สถานะของแข็งที่มีค่าสูงกว่าค่าพลังงานอิสระที่สถานะของเหลว โลหะจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว โดยการหลอมเหลวเพื่อรักษาพลังงานอิสระให้ต่ำลง อะตอมของโลหะจะเกาะกันอย่างหลวมๆและมีอุณหภูมิของโลหะหลอมเหลวลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวของโลหะนั้น แล้วพลังงานอิสระของโลหะที่สถานะของแข็งจะมีค่าต่ำกว่าพลังงานอิสระที่สถานะของเหลว โลหะหลอมเหลวจะทำการลดพลังงานอิสระของระบบ โดยการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง ด้วยแรงขับสำหรับการแข็งตัว โดยอะตอมของโลหะ จะเกิดการสั่นน้อยลงและขับเข้าใกล้ชิดกันมากขึ้นตามการลดลงของอุณหภูมิจนเข้ารวมกันเป็นจุดเล็กๆที่เรียกว่า นิวเคลียส (Nuclei) เพื่อเป็นจุดเริ่มต้น

ของการแข็งตัว จากนั้นอะตอมของโลหะรวมตัวกันมากขึ้นกลายเป็นนิวเคลียส (Nucleus) เมื่ออุณหภูมิลดลงเรื่อยๆจะเกิดการขยายตัวของนิวเคลียสออกไปเรื่อยๆจนมีขนาดใหญ่ขึ้นกลายเป็นผลึก (Crystal) และเมื่อผลึกขยายตัวจนชนกันจะเรียกว่า เกรน (Grain) ขนาดของเกรนจะมีขนาดใหญ่หรือมีขนาดเล็กนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของนิวเคลียสเริ่มต้น ถ้าหากว่าปริมาณของนิวเคลียสเริ่มต้นมีจำนวนมาก จำนวนเกรนที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนมา ขนาดของเกรนมีขนาดเล็กและโครงสร้างเกรนละเอียด ในทางตรงกันข้าม หากปริมาณนิวเคลียสเริ่มต้นมีจำนวนน้อย จำนวนเกรนที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนน้อย การขยายตัวของเกรนนั้นจะขยายได้มากกว่า และส่งผลให้เกิดเกรนที่มีขนาดใหญ่ จะได้โครงสร้างที่หยาบ ซึ่งการเกิดนิวเคลียสใหม่ในโลหะหลอมเหลวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ Homogeneous Nucleation, Heterogeneous Nucleation และ Dynamic Nucleation ดังกล่าวดังนี้

2.4.3.1 Homogeneous Nucleation

กระบวนการแข็งตัวของโลหะหลอมเหลวเกิดจากอะตอมของโลหะชนิดเดียวกับโลหะหลอมเหลวที่มีหลายกลุ่มเกิดภาวะ Undercooling เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิจุดวิกฤต (Critical Temperature) กลุ่มอะตอมเหล่านี้จะแยกตัวออกจากโลหะหลอมเหลว แล้วเคลื่อนที่เข้ารวมกันพร้อมกับมีพันธะยึดอะตอมเหล่านี้ให้กลายเป็นก้อนโลหะขนาดเล็ก โดยอะตอมที่เกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มเล็กที่เรียกว่าเอมบริโอ (Embryo) ถ้าขนาดของเอมบริโอมีขนาดใหญ่กว่าขนาดวิกฤต ก็จะถูกละลายกลับสู่สภาพโลหะหลอมเหลวเช่นเดิม และการแข็งตัวจะไม่เกิดขึ้นได้เลยเพราะระบบดังกล่าวอยู่ในสภาพสมดุลของโลหะหลอมเหลวและของแข็ง พันธะโลหะที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะมีค่ามากกว่าแรงตึงผิวของโลหะหลอมเหลวจะขัดขวางการแยกตัวของอะตอมออกจากโลหะหลอมเหลว เป็นผลทำให้กระบวนการแข็งตัวแยกออกมาจากเนื้อโลหะมีลักษณะเป็นทรงกลมที่มีรัศมี r หน่วย ลอยในโลหะหลอมเหลว จะได้พลังงานทั้งหมดในนิวเคลียส พลังงานที่อะตอมใช้แยกตัวออกจากโลหะหลอมเหลวมาเกาะนิวเคลียสให้โตขึ้นจะมีความสัมพันธ์ต่อแรงตึงผิวของโลหะหลอมเหลว พลังงานทั้งหมดที่พื้นที่ผิวของโลหะแข็งที่แขวนลอยปะปนกับโลหะหลอมเหลวจะมีค่าเป็นบวกในขณะที่ พลังงานทั้งหมดในโลหะหลอมเหลวจะมีค่าเป็นลบ

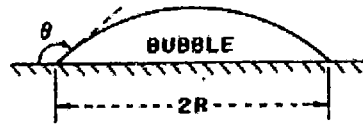
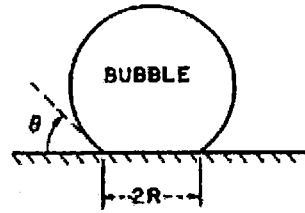


รูปที่ 2.5 กราฟของกระบวนการ Homogeneous Nucleation

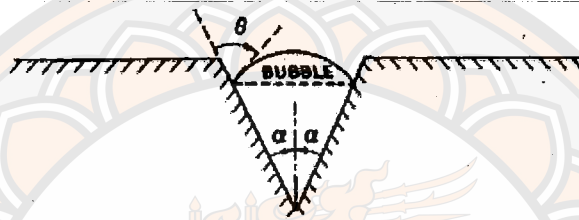
ที่มา <http://www.substech.com>

2.4.3.2 Heterogeneous Nucleation

เป็นกลไกการแข็งตัวของโลหะหลอมเหลวที่ไม่ได้เกิดจากนิวเคลียสของวัสดุเดียวกัน แต่เป็นกระบวนการเกิดการปนเปื้อนของโลหะหลอมเหลว ซึ่งการปนเปื้อนดังกล่าวเกิดจากการมีอนุภาคขนาดเล็กของวัสดุแปลกปลอมที่มีจุดหลอมละลายสูงกว่าโลหะหลอมเหลวทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสแทนนิวเคลียสเทียมเหล่านี้ อาจมาจากผนังของแบบหล่อวัสดุทนไฟที่ใช้ทำผนังเตา และเบ้ารองรับโลหะหลอมเหลวที่กระแทกหลุดร่วง หรือการเติมธาตุอื่นลงไปก็ได้ อนุภาคของวัสดุเหล่านี้มักจะอยู่ในลักษณะสารแขวนลอย มีขนาดโตกว่ารัศมีวิกฤตทั้งเกิดผลึกและเป็นผลทำให้อะตอมของโลหะหลอมเหลวแพร่เข้ามารวมตัวและโตเป็นผลึกต่อไป โดยทั่วไปแล้วการอธิบายการเกิดกลไกของ Heterogeneous Nucleation สามารถอธิบายด้วยรูปของนิวเคลียสที่อยู่บนผนังแบบหล่อโดยการเกิดเฟสใหม่ ไม่ได้เกิดขึ้นภายในเนื้อโลหะของเฟสเดิม แต่จะเกิดบริเวณผิวสัมผัส

CASE (A) FLAT HYDROPHOBIC SURFACE ($\theta > \pi/2$)CASE (B) FLAT HYDROPHILIC SURFACE ($\theta < \pi/2$)

CASE (C) CONICAL CAVITY



รูปที่ 2.6 การเกิด Heterogeneous Nucleation บนผนังของแบบหล่อ
ที่มา <http://caltechbook.library.caltech.edu/1/4/figs/fig106.gif>

2.4.3.3 Dynamic Nucleation

นอกจากการเกิดนิวเคลียสแบบ Heterogeneous Nucleation และ Homogeneous Nucleation แล้วยังพบว่าในสถานะที่เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำโลหะในระหว่างกระบวนการแข็งตัว ซึ่งจะสามารถเกิดเดนไดรต์ แบบ Equiaxed ขึ้นได้ โดยเรียกการเกิดนิวเคลียสแบบนี้ว่า Dynamic Nucleation ซึ่งเกิดจากกลไกของ Crystal Fragmentation เมื่อน้ำโลหะถูกเทลงแบบหล่อจะเกิดการไหลวนเนื่องจากการเท ร่วมกับ Thermal Solutal Convection ซึ่งเป็นการไหลที่เกิดจากความต่างของอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อความหนาแน่นของน้ำโลหะบริเวณต่างๆ กล่าวคือ น้ำโลหะในบริเวณที่อยู่ติดกับผนังแบบหล่อเป็นส่วนที่เย็นจะมีความหนาแน่นที่มากกว่าน้ำโลหะส่วนที่อยู่ตรงกลางของงานหล่อ ทำให้เกิดการไหลในทิศทางเดียวกับแรงโน้มถ่วง ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Thermal Convection ในขณะเดียวกันบริเวณผิวสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลว จะเกิดการไหลขนานกับผิวสัมผัส เนื่องจากความหนาแน่นที่ต่างกัน ซึ่งเกิดความแตกต่างกันของปริมาณตัวถูกละลายเช่นกัน โดยทิศทางการไหลจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างตัวถูกละลาย และตัวทำละลาย เช่นกัน โดยทิศทางการไหลจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างตัวถูกละลาย และตัวทำละลาย เมื่อนำเอาผลมารวมกันจะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำ โลหะบนผิวสัมผัสระหว่างของแข็ง

และของเหลว ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการหลอมเหลวเฉพาะจุดของเดนไดรต์แบบแท่ง และการเกิดการแตกหักของเดนไดรต์ ซึ่งจะเกิดมากขึ้นเมื่อเพิ่มแรงของการเกิด Convection เช่น การให้แรงสั่นสะเทือนด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก เป็นต้น การเกิด Dynamic Nucleation เกิดขึ้นเมื่อมีนิวเคลียสของเดนไดรต์ขนาดเล็ก เกิดขึ้นขณะเทน้ำโลหะโดยเดนไดรต์ขนาดเล็กดังกล่าวเกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วบริเวณผนังแบบหล่อและถูกพัดเข้าสู่ น้ำโลหะ บริเวณกลางแบบหล่อจากการไหลที่รุนแรงในช่วงแรกของการเทน้ำโลหะเมื่อถูกพาเข้าสู่ น้ำโลหะ เดนไดรต์ขนาดเล็กบางส่วนจะถูกละลายกลับไปเป็นน้ำโลหะ เมื่อน้ำโลหะบริเวณกลางแบบหล่ออยู่ในสภาวะ Undercooling เดนไดรต์ขนาดเล็กส่วนที่ยังเหลืออยู่จะทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสและเกิดการเติบโตแบบ Equixed สามารถคงอยู่ได้โดยไม่ถูกละลายกลับ

ในการศึกษาอุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 โดยวิธีผ่านรางเท เราจะใช้กลไกแบบ Dynamic Nucleation

2.5 การหล่อโลหะ (Casting)

การหล่อโลหะ หมายถึง การขึ้นรูปโลหะโดยการนำเอาโลหะมาหลอมเหลวแล้วเท หรือฉีดเข้าสู่แบบหล่อ (Mould) หรือแม่พิมพ์ (Die) เมื่อโลหะแข็งตัวก็จะได้ชิ้นงานที่มีรูปร่าง ตามต้องการ ประกอบด้วยการเทน้ำโลหะลงในแบบที่ทำไว้เป็นรูปร่างต่างๆแล้วปล่อยให้ น้ำโลหะแข็งตัว จากนั้นจึงเอาชิ้นงานมาตกแต่ง หรือนำไปผ่านขบวนการทางความร้อนจึงจะได้ชิ้นงานสำเร็จที่จะนำไปใช้งานต่อไป ขนาดของชิ้นงานจะมีขนาดคั้งแต่น้ำหนักน้อยๆ ไปจนถึงขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักเป็นหลายตัน สมบัติของชิ้นงานหล่อจะเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของโลหะที่จะนำมาหล่อ ชนิดแบบหล่อ ขนาดรูปร่างของชิ้นงานหล่อ และอัตราการเย็นตัวเป็นอย่างมาก กระบวนการของการหล่อโลหะจะมีขั้นตอนการทำงานมากกว่าการเพิ่มความร้อนจนโลหะหลอมละลายแล้วนำโลหะไปเทลงแบบ โดยทั่วไปจะมีการเติมโลหะชนิดอื่นลงไปผสม และยังมีวิธีการขจัดสารมลทิน แปรกลปลอมเข้ามาเกี่ยวข้องอีกด้วย

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการหล่อโลหะคือ การอบชุบโลหะ (Heat Treatment) การชุบเคลือบผิว (Surface Treatment) และการเชื่อม (Welding & Joining) การทำงานหล่อมมีขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกันไปตามชนิดของแบบหล่อ แบบที่ใช้ในงานหล่อมมีหลายชนิด แยกได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบหล่อทรายและแบบหล่อถาวรซึ่งแบบหล่อทรายก็จะแยกได้อีกหลายชนิด เช่น ใช้ทรายขึ้นทราย CO₂ แบบหล่อเปลือกหรือที่เรียกกันว่า Shell Molds ส่วนแบบหล่อถาวร เช่น แบบหล่อที่ใช้กันกรรมวิธีการหล่อ โดยใช้ความดัน (Die Casting, High Pressure Die Casting) ทรายที่นำมาใช้ในการทำแบบหล่อทรายมีหลายชนิด ชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายก็คือ ทรายขึ้น (Green Sand) เพราะ

ราคาถูก ใช้งานได้หลากหลาย แต่ต้องมีกาควบคุมสมบัติของทรายให้เหมาะสมกับชนิดของโลหะ ขนาด และลักษณะของชิ้นงานเพราะว่าการใช้ทรายทำแบบหล่อมีโอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่อง (Defects) ง่ายมาก ซึ่งจะมีข้อพิจารณาในการหล่อดังนี้ ขนาดและความหนา รูปร่างและความซับซ้อนของงาน ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต ความเรียบผิว และชนิดของโลหะ การหล่อโลหะทำได้หลายวิธี เช่น การหล่อในแบบหล่อทราย การหล่อในแบบหล่อเซรามิกส์ การหล่อแบบฉีดหรือไดคาสท์ การหล่อเหวี่ยง การหล่อต่อเนื่อง

2.5.1 การทำแบบหล่อทรายขึ้น (Green sand molding)

การทำแบบหล่อทรายขึ้น เป็นวิธีที่ทำสืบต่อกันมานานแล้ว กรรมวิธีทำแบบโดยอาศัยความชื้นเป็นตัวช่วยให้แบบแข็งแรง “green” ในที่นี้หมายถึง ความชื้นที่มีอยู่ในทรายหล่อ รวมไปถึงความหมายถึง แบบหล่อที่ยังไม่แข็ง หรือ ไม่แห้ง วัสดุทำแบบ ประกอบด้วย ทราย ซิลิกา ผสมกับดินเหนียว ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน และ ความชื้น การทำแบบจะอาศัยหีบหล่อช่วยเป็นกรอบเพื่อให้แบบทรายสามารถคงรูปอยู่ได้ ซึ่ง หีบหล่ออาจทำมาจาก โลหะ หรือ ไม้ หีบจะประกอบด้วย หีบบนและหีบล่าง สำหรับงานทำแบบหล่อหนึ่งชุด การทำแบบโดยวิธีนี้ มีทั้งการทำโดยใช้เครื่องจักร และการทำแบบโดยใช้มือ วิธีการใช้เครื่อง อาศัยการออกแบบให้เครื่องจักรมีแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนเพื่อช่วยให้ทรายอัดแน่น โดยกระสวน และ ไล่แบบ จะสร้างให้ติดกับแผ่นกระดาน ทรายที่ผสมแล้วจะเทลงมาโดยใช้ชุดอุปกรณ์ลำเลียงช่วย หรือใช้มือตักใส่ขึ้นกับการออกแบบวิธีการทำงาน

2.5.2 แบบหล่อชนิดถาวร (Permanent Mould Casting)

การผลิตชิ้นงานด้วยกรรมวิธีการหล่อในแบบหล่อชนิดถาวร (Permanent Mould Casting) เป็นกรรมวิธีที่มีความสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน โดยถ้าหากรวมกรรมวิธีการหล่อโดยใช้แรงดัน (Die Casting) ด้วยแล้ว จะพบว่าชิ้นส่วนคุณภาพสูงซึ่งเป็นที่ต้องการสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์นั้น จะมาจากกรรมวิธีการหล่อที่ต้องใช้แบบหล่อชนิดถาวร (Permanent Mould) ซึ่งทำมาจากโลหะทั้งสิ้น ปัจจัยที่ควบคุมการถ่ายเทความร้อนจากโลหะหลอมเหลวไปสู่แบบหล่อและจะส่งผลต่อสมบัติของงานหล่อที่ได้ คือ การถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นผิวรอยต่อระหว่างชิ้นงานหล่อทั้งในสภาพที่เป็นของเหลว และสภาพที่กลายเป็นของแข็งแล้วกับแบบหล่อโลหะ ซึ่งจะสามารถวัดออกมาในรูปของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผ่านผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับแบบหล่อ (Coefficient of Heat Transfer at Metal/Mould Interface) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสัมผัสดังกล่าวนี้มีปรากฏอยู่ในเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ น้อยมาก ทั้ง ๆ ที่เป็นข้อมูลที่สำคัญ งานวิจัยเท่าที่สำรวจพบ หากจะต้องคำนวณเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางความร้อนที่เกิดขึ้นในงานหล่อด้วยแม่พิมพ์แบบถาวร (ไม่ว่าแบบธรรมดา หรือแบบใช้แรงดันช่วยในการป้อน

โลหะเหลวเข้าแบบก็ตาม) จะต้องทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสัมผัสนี้เองทั้งสิ้น ไม่ว่าจะด้วยวิธีการคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ หรือ การคำนวณจากแบบจำลองทางกายภาพก็ตาม เหล่านี้เป็นอุปสรรคในการพัฒนากระบวนการและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนผ่านผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานกับแบบหล่อชนิดถาวร โดยเลือกศึกษาชิ้นงานที่ทำจากโลหะอะลูมิเนียมผสมสำหรับงานหล่อด้วยแบบหล่อชนิดถาวร ที่เป็นที่ยอมรับกันมากใช้ในประเทศไทย ได้แก่ เกรด A356, A380 และ A390 แบบหล่อถาวรจะทำมาจากเหล็กกล้า

ในงานหล่อ คำว่า permanent mold หมายถึง แบบหล่อที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหลายๆ ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากแบบหล่อที่ทำจากทราย ซึ่งจะต้องทำลายถึงจะสามารถเอาชิ้นงานหล่อออกมาได้ สำหรับแบบหล่อถาวร จะต้องออกแบบให้แยกออกจากกันได้เพื่อที่จะนำชิ้นงานหล่อออกมาหลังจากที่ปล่อยให้งานแข็งตัวสมบูรณ์แล้ว วัสดุที่ทำแบบหล่อ ส่วนมากจะใช้ เหล็กหล่อ หรือ เหล็กกล้า บางครั้งก็ใช้ แกร์ไฟท์ (Graphite) ทองแดง และอะลูมิเนียม งานหล่อที่ผลิตได้โดยวิธีนี้ใช้ได้กับโลหะเกือบทุกชนิด ประกอบด้วย เหล็ก และ ทองแดงผสม แต่ส่วนมากจะนิยมใช้กับโลหะเบา เช่น Zinc-base, Magnesium, and Aluminum แบบหล่อถาวร แบ่งออกเป็นชนิดต่างๆตามลักษณะการนำพาโลหะเหลวเข้าไปในโพรงแบบได้ดังนี้

2.5.2.1 แบบหล่อแบบแรงดึงดูดของโลก (Gravity Permanent Mold)

การเทโลหะเหลวเข้าไปในแบบหล่อ โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก มีเทคนิคการเท 2 แบบ คือ Static Pouring วิธีนี้เทน้ำโลหะเข้าด้านบนลงไปโดยตรง ทำคล้ายกับแบบหล่อทราย และอีกวิธี คือ Tilt Pouring วิธีนี้เทน้ำโลหะลงไปข้างๆ ที่วางในตำแหน่งแนวอน และไหลเข้าไปในแบบหล่อโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก แบบจะอยู่ในลักษณะเอียงและหมุน ในตำแหน่งแนวตั้ง ปรกติแล้ว แบบหล่อชนิดนี้จะให้ความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบชนิดเปลือก ดังนั้น สำหรับงานหล่อชิ้นส่วนที่ทำจากโลหะเบา จะนิยมใช้วิธีนี้มากกว่าทำแบบ หล่อเปลือก

2.5.2.2 แบบหล่อถาวรที่ใช้แรงดันต่ำ (Low-Pressure Permanent Mold)

แบบหล่อถาวรที่ใช้แรงดันต่ำ เป็นวิธีการผลิตงานหล่อโดยอาศัยความดันในปริมาณน้อยๆ (ใช้ประมาณ 5 ถึง 15 ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว) ในการช่วยเติมน้ำโลหะเข้าไปในแบบ วิธีนี้ช่วยในการลดช่องว่าง ระหว่างการหล่อแบบทรายและ การหล่อที่ใช้แรงดันสูงเข้าแบบพิมพ์

2.5.2.3 แบบหล่อถาวรที่ใช้แรงดันสูง (High-Pressure Die Casting)

แบบหล่อชนิดนี้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง โลหะที่ใช้กันมาก คือ สังกะสี อะลูมิเนียม และ แมกนีเซียม และแรงดันที่ใช้ปรกติประมาณ 5,000 psi หรือ มากกว่า อัตราของการ

ผลิต ขึ้นกับ ขนาดของชิ้นงาน ลักษณะของการออกแบบที่ซับซ้อน ความหนา และสมบัติของ โลหะ
หล่อ

2.6 การแข็งตัวของน้ำโลหะ

เมื่อเทน้ำโลหะที่บริสุทธิ์ลงสู่แบบแล้ว น้ำโลหะจะถ่ายเทความร้อนจนเกิดนิวเคลียส ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการตกผลึก และจุดเริ่มต้นนั้นก็จะขยายตัวโตขึ้น ในขณะที่จุดเริ่มต้นใหม่ๆ ก็จะเกิดขึ้นด้วย ปฏิกริยาต่างๆ ดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นทุกส่วนของน้ำโลหะ โดยจะเกิดบริเวณที่น้ำโลหะถ่ายเทความร้อนได้ก่อน ซึ่งได้แก่บริเวณที่น้ำโลหะสัมผัสกับแบบหล่อ และในที่สุดน้ำโลหะทั้งหมดก็จะกลายเป็นผลึก (Grains) หลายๆ ผลึก โดยมีขอบผลึก (Grain Boundary) แบ่งแยกผลึกทั้งหลายออกจากกันออกจากกัน ขนาดของผลึกและผลึกจะขึ้นอยู่กับ การเติบโตของผลึกและอัตราการเพิ่มของนิวเคลียสที่จุดเริ่มต้น คือถ้าอัตราการเติบโตของผลึกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าอัตราการเพิ่มของนิวเคลียส ผลึกจะมีขนาดใหญ่ แต่ในทางตรงกันข้ามกัน ถ้าอัตราการเติบโตของผลึกช้ากว่าการเพิ่มของนิวเคลียสที่จุดเริ่มต้น ก็จะทำให้ผลึกนั้นมีขนาดเล็ก

การแข็งตัวของโลหะบริสุทธิ์ที่กล่าวมานั้น จะเห็นว่าสามารถทำความเข้าใจได้โดยง่าย แต่สำหรับโลหะผสมนั้นจะมีการแข็งตัวที่ซับซ้อนและแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ก็เพราะว่ามีการรวมตัวกันของโลหะ 2 ชนิด ซึ่งการรวมตัวกันนี้จะทำให้เกิดผลึกต่างๆ มากมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

หลังจากที่โลหะผสมที่เกิดจากการรวมกันของธาตุมากกว่า 1 ชนิดถูกเทลงสู่แบบหล่อโลหะ ผลึกของโลหะผสมที่เกิดขึ้นจะแตกต่างจากผลึกของโลหะบริสุทธิ์ ตัวอย่างเช่น โลหะผสมที่ประกอบด้วยธาตุ A และธาตุ B เกิดการแข็งตัว ผลึกที่เกิดขึ้นจะไม่เป็นผลึกของธาตุ A และธาตุ B แยกกันอยู่แต่จะเป็นผลึกที่ประกอบไปด้วยธาตุ A และธาตุ B รวมกันอยู่ในลักษณะที่ธาตุ A ถูกละลายเข้าไปในธาตุ B หรือธาตุ B ถูกละลายเข้าไปในธาตุ A และการรวมตัวกันทั้งสองลักษณะนั้น เรียกว่า สารละลายของแข็ง (Solid Solution) แต่ในบางครั้งอาจเกิดการรวมกันของธาตุ A และธาตุ B ซึ่งธาตุทั้งสองมีปริมาณใกล้เคียงกัน การรวมกันในลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า สารประกอบของโลหะ (Intermetallic Compound) นอกจากนั้นสารละลายของแข็งและสารประกอบโลหะทั้ง 2 แล้ว ยังมีบางกรณีที่จะพบได้ไม่บ่อยนัก คือกรณีที่ธาตุ A หรือธาตุ B จะปรากฏในสภาพผลึกบริสุทธิ์ โดยไม่รวมตัวกัน

ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า โครงสร้างของโลหะผสมนั้นเกิดจากปฏิกริยา 3 ลักษณะดังนี้ สารละลายของแข็ง สารประกอบโลหะ และโลหะบริสุทธิ์

2.7 โครงสร้างจากการแข็งตัวของชิ้นงานหล่อ

น้ำโลหะจากเตาหลอมเมื่อถูกเทลงสู่แบบหล่อ การแข็งตัวของน้ำโลหะก็จะเกิดขึ้น โดยชิ้นงานหล่อนั้นจะเริ่มเย็นตัวจากบริเวณที่สัมผัสกับแบบหล่อ และเมื่อความร้อนจากน้ำโลหะถูกส่งถ่ายไปยังแบบหล่อน้ำโลหะที่ส่วนนั้นจะเย็นตัวลงจนถึงจุดแข็งตัวและเกิดผลึก (Chill Crystals) ซึ่งผลึกเหล่านั้นจะมีจำนวนมาก และในขณะเดียวกันบริเวณภายในของชิ้นงานหล่อจะเย็นตัวลงด้วยแต่การเย็นตัวจะเกิดขึ้นช้ากว่าภายนอก ดังนั้นผลึกจะขยายตัวจากจุดเริ่มต้นการเย็นตัวบริเวณภายนอกเข้าสู่ภายในของแบบหล่อ จึงทำให้ผลึกมีลักษณะเรียวยาว (Columnar) อีกประการหนึ่งก็คือ ในขณะหลอมละลายโลหะในเตาหลอมนั้น ย่อมมีสารมลทินเกิดขึ้นและสารมลทินเหล่านั้นจะรวมอยู่กับน้ำโลหะในขณะที่เทน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อ และเมื่อน้ำโลหะเกิดการเย็นตัว สารมลทินก็จะแยกตัวออกมา โดยสารมลทินเหล่านั้นอาจจะรวมตัวกันอยู่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงานหล่อ (Major Segregation) แต่ถ้าสารมลทินบางส่วนถูกผลักดัน โดยเกรนที่กำลังเติบโตให้ออกไปอยู่บริเวณขอบเกรน ทั้งนี้ก็เพราะว่าเกรนทุกเกรนต่างก็เติบโตและผลักดันสารมลทินออกไปสู่ขอบเกรนทั้งสิ้น เราเรียกรวมที่บริเวณนี้ว่า Minor Segregation แต่ยังมีสารมลทินบางชนิดสามารถแทรกตัวกระจายอยู่ภายในเกรนของโลหะ โดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบแมงกานีสซัลไฟด์ (MnS) ซิลิโคนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3) ซึ่งสารประกอบทั้งสามชนิดนี้จะพบในโครงสร้างของเหล็กกล้า

จากสิ่งที่ได้กล่าวมาแล้ว อาจสรุปลักษณะสำคัญบางอย่างในการแข็งตัวของชิ้นงานหล่อดังนี้

1. ผลึกลักษณะเรียวยาว (Columnar) จะปรากฏอย่างชัดเจน ในชิ้นงานหล่อก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในชิ้นงานหล่อ ลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับงานหล่อที่ผ่านการหล่อโดยใช้แบบหล่อที่ทำจากโลหะ หรืองานหล่อที่หลอมละลายโลหะที่อุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิเทมากเกิน ไป

2. ผลึกลักษณะเรียวยาว (Columnar) จะปรากฏไม่ชัดเจน คือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในชิ้นงานไม่มากนัก ลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับงานหล่อที่ผ่านการหล่อ โดยใช้แบบหล่อทราย

อนึ่ง บริเวณตรงกลางของชิ้นงานหล่อจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่มาก และจะเกิดเป็นผลึกเล็กๆ รูปหลายเหลี่ยม (Fine – Axed Grain) ที่เติบโต ได้หลายทิศทางจนทำให้ผลึกมีลักษณะเรียวยาวที่เกิดขึ้นภายนอกไม่สามารถขยายตัวออกไปได้

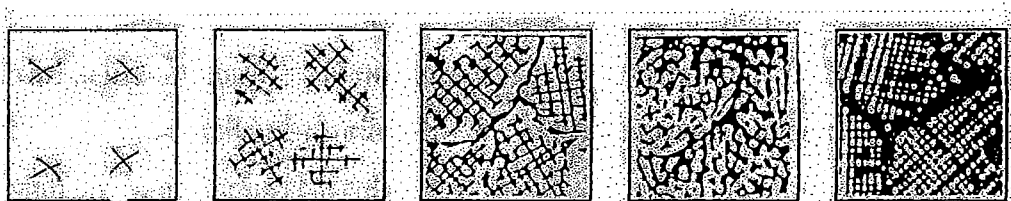
2.8 การเกิดผลึกใหม่

โลหะเมื่ออยู่ในสภาพที่หลอมละลาย อนุภาคของโลหะจะเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา และเมื่ออุณหภูมิลดลงการเคลื่อนที่ของอนุภาคนั้นจะลดความเร็วลงด้วย จนอนุภาคนั้นเข้าใกล้กันและดึงดูดกันจนกลายเป็นนิวเคลียส อนุภาสดังกล่าวอาจจะจับตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบเช่น ในโครงสร้างอสัณฐาน หรืออาจจับตัวกันอย่างมีระบบระเบียบสม่ำเสมอในโครงสร้างของแข็งโดยทั่วไป และภายหลังการเย็นตัว นิวเคลียสจะขยายตัว กลายเป็นผลึก (Crystal) เล็ก ๆ และโตขึ้นจนกลายเป็นผลึกใหญ่ซึ่งเรียกว่า เกรน (Grains) การขยายตัวจะสิ้นสุดลงเมื่อปริมาณของโลหะหลอมเหลวหมดไป หรือไม่มีเกรนที่ขยายตัวนั้นไปชนกับเกรนข้างเคียงจนเกิดขอบเกรน (Grain Boundary) ขึ้น

ขนาดของผลึก หรือเกรนที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเย็นตัวของโลหะหลอมเหลว โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดการแข็งตัวจะพบว่าถ้าอัตราการเย็นตัวมีอัตราสูงจะปรากฏนิวเคลียสเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และการขยายตัวของแต่ละเกรนจะมีอัตราต่ำ เพราะแต่ละเกรนจะแย่งอะตอมของโลหะให้มาจับรวมตัวกับนิวเคลียสซึ่งมีจำนวนมากทำให้ได้โลหะที่มีเกรนขนาดเล็กละเอียด ในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราเย็นตัวช้า ปริมาณนิวเคลียสที่เกิดขึ้นจะมีน้อย การขยายตัวของนิวเคลียสจะมีมาก ทำให้ได้โลหะที่มีขนาดใหญ่

2.9 การโตของผลึก

เมื่อเกรนใหม่เกิดขึ้นทั่วทั้งโลหะแล้ว ถ้าเราให้ความร้อนเพิ่มมากขึ้นอีก เกรนที่เกิดใหม่ก็จะเริ่มโตขึ้นเรื่อยๆ การโตของเกรนในการคืนสภาพนี้ไม่เหมือนการโตของเกรนเนื่องจากการแข็งตัวจากโลหะเหลว (การโตของเกรนในการแข็งตัวของโลหะ นั้นเกรนจะโตในลักษณะเดนไดรต์หรือ Dendrite) กล่าวคือ การโตของเกรนในการคืนสภาพจะเหมือนการที่เกรนเล็กๆ ที่เกิดใหม่มารวมตัวกัน เนื่องจากขอบของแต่ละเกรนเล็กๆ มารวมกันเป็นขอบเกรนใหม่ (ขอบเกรนเป็น การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งอย่างหนึ่งที่สามารถเคลื่อนตัวไปรวมกันได้) หรือบางครั้งขอบเกรนเล็กๆ นั้นหายไปรวมกัน นั่นคือเกรน ที่ติดกันเกิดการรวมตัวกัน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการ โตของเกรน

ที่มา <http://www.rmutphysics.com/charud/OLDNEWS/48/crystal/23.jpg>

เนื่องจากในเกรนใหญ่จะมีพลังงานอิสระน้อยกว่าเกรนเล็ก ทำให้พลังงานอิสระดังกล่าวทำให้เกิดแรงขับ ผลักดันให้ขอบเกรนลดจำนวนลง แรงขับจะมีตรงข้ามกับความแข็ง หรือคงรูปของแลตทิซ (Rigidity of the Lattice) ดังนั้นการให้พลังงานความร้อนหรือเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นแก่โลหะในช่วงนี้ ความแข็งหรือคงรูปของแลตทิซในเกรนเล็กจะลดลงในขณะที่อัตราการโตของเกรนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกรนที่ได้มีขนาดโตขึ้น เกรนจะโตไปเรื่อยเมื่อเรายังให้ความร้อนไปเรื่อย

จนเกรนอาจจะใหญ่กว่าเกรนเดิมก่อนเกิดงานเย็น ดังนั้นในเรื่องการโตของเกรน เราอาจสรุปผลบางประการได้ดังนี้

1) เกรนมีขนาดใหญ่มากน้อยจะขึ้นอุณหภูมิจัดให้ในขณะทำการคืนสภาพ คือ การเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น มีผลให้มีเกรนมีขนาดใหญ่ขึ้นตามมา

2) เกรนจะโตขึ้นมากน้อยขึ้นกับการที่โลหะมีการต่อต้านการเคลื่อนของขอบเกรน หรือการเปลี่ยนตำแหน่ง เช่น มีธาตุผสมแทรกตัวในแลตทิซ หรือเกิด Second Phase Particles

3) ถ้าต้องการให้เกรนมีขนาดที่พอเหมาะจะต้องให้อุณหภูมิไม่สูงเกินกว่าอุณหภูมิ การเกิดผลึกใหม่ มากนัก และต้องใช้เวลาในการให้ความร้อนแช่ไว้พอเหมาะเพื่อไม่ให้เกรนโตเกินไป

4) เกรนที่โตขึ้นจะไม่มี ความเครียด และสมบัติทางกลของโลหะเช่น ความแข็ง ความเหนียว และความแข็งแรง จะเหมือนเดิมก่อนที่โลหะนั้นจะเกิดงานเย็น

สรุปขนาดเกรน (Grain Size) มีผลขึ้นกับ

1) ปริมาณการเปลี่ยนรูป (Degree of Deformation)

2) เวลาที่ใช้ในการคืนสภาพ ณ อุณหภูมิหนึ่ง หรือ เวลาที่แช่ไว้ในขณะเกิดการ โตของเกรน (Time at Annealing Temperature)

3) อุณหภูมิของการคืนสภาพ (Temperature of Annealing)

4) ปริมาณธาตุผสมที่ไม่ละลายในโลหะ (Insoluble Impurity)

5) เวลาให้ความร้อนแก่โลหะ (Heating Time)

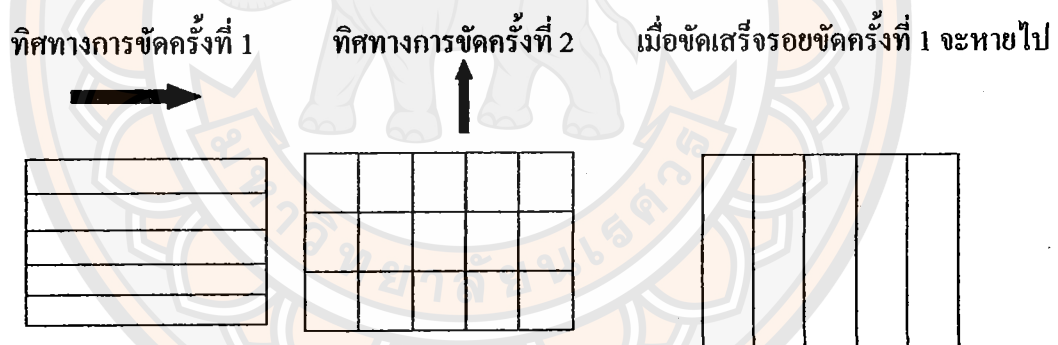
2.10 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

โครงสร้างทางจุลภาค (Microstructure) คือ โครงสร้างของ โลหะที่มีกำลังขยาย 100 เท่า การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะเป็นการศึกษาถึงรูปร่าง ขนาด การจัดเรียงตัวของผลึกและลักษณะเกรน ในการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะนั้นเพื่อนำไปใช้ในการเลือกวัสดุมาใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการเพราะวัสดุแต่ละชนิดจะมีสมบัติที่แตกต่างกันการที่จะทำให้วัสดุต่างๆสามารถนำกลับมาใช้งานได้ตรงตามความต้องการได้นั้นเราต้องมาดูที่กระบวนการผลิตวัสดุ

ชนิดนั้นและทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุเนื่องจากโครงสร้างที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้คือโครงสร้างจุลภาคเท่านั้น

เนื่องจากโลหะเป็นวัสดุที่บอบ การศึกษารูปร่าง ขนาด การจัดเรียงตัวของผลึกและลักษณะเกรน นั้นจึงต้องตัดชิ้นงานตามแนวที่การแล่นนำไปขัด กัดกรด โดยกรดจะกัดตามขอบเกรนรุนแรงกว่า ส่วนอื่นของผลึกเพราะขอบเกรนมีเป็นส่วนที่มีข้อบกพร่องมากที่สุด หลังจากการกัดกรดแล้วขอบเกรนจะถูกกัดเป็นร่อง เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ การสะท้อนของลำแสงที่ตกกระทบเกรน และขอบเกรนหันเหออกนอกทิศทางเดิม

การจัดผิวของชิ้นงานที่ตรวจสอบ ควรขัดด้วยกระดาษทรายที่ทำจากผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ตั้งแต่เบอร์ 220 320 400 และขัดจนถึงเบอร์ 1200 ตามลำดับ ในการขัดควรวางกระดาษทรายลงบนพื้นหนาเรียบแล้วขัดผิวของชิ้นงานที่ที่ตรวจสอบลงบนกระดาษทรายนั้น ในขณะที่ขัดนั้นจะต้องเปิดน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อนำขี้ระสสิ่งสกปรกออกให้หมด และเมื่อต้องการเปลี่ยนกระดาษทรายแผ่นต่อไปควรขัดผิวของชิ้นงานที่ตรวจสอบไปอีกแนวทางหนึ่งสลับกันเป็นตารางกับแนวเดิม ทำเช่นนี้ จนถึงกระดาษทรายแผ่นสุดท้าย



รูปที่ 2.8 ลักษณะแนวทางการขัดผิวของชิ้นงานที่ตรวจสอบสลับเป็นตาราง

2.11 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง (Semi-Solid Metal Processing)

กระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง เป็นเทคโนโลยีสำหรับผลิตชิ้นส่วนทางวิศวกรรมเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงกับโครงร่างสุดท้าย (Near Net Shape) โดยในการผลิตโลหะผสมนั้นจะผลิตอยู่ในช่วงของอุณหภูมิระหว่างเฟสของของเหลว และเฟสของของแข็ง เพื่อยับยั้งการเกิดโครงสร้างเดนไดรต์ โดยสมบัติทางด้านกลของกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งนี้ ให้รูปร่างชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงกับโครงร่างสุดท้าย และสมบัติทางกลที่ดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างทางจุลภาคที่ได้มีความกลม

โดยโครงสร้างทางจุลภาคที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งนั้น เมื่อน้ำโลหะเริ่มแข็งตัว จะเกิดโครงสร้างที่เป็นเดนไดรต์ขนาดเล็ก และเดนไดรต์ก็จะโตขึ้นเรื่อยๆ แต่เมื่อทำการกวนระบบในช่วงอุณหภูมิกึ่งแข็งกึ่งเหลว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากโครงสร้างที่เป็นเดนไดรต์ไปสู่โครงสร้างที่มีลักษณะที่มีความกลมสูงขึ้น โดยลำดับการเปลี่ยนแปลง โครงสร้าง

ข้อดีของการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง

- 1) ชิ้นงานมีขนาดใกล้เคียงกับโครงร่างสุดท้าย (Near Net Shape)
- 2) โครงสร้างทางจุลภาคมีความกลม และละเอียด
- 3) ปรับปรุงสมบัติทางกล ด้านความแข็ง ความแข็งแรง และยึดตัว
- 4) ลดความเสียหายของแม่พิมพ์อันเนื่องมาจากความร้อน
- 5) เพิ่มอายุการใช้งานด้านค่าเผื่อ (Tolerance) ของแม่พิมพ์ และชิ้นส่วน
- 6) ลดพลังงานในการขึ้นรูปชิ้นงาน

ข้อเสียของการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง

- 1) ยากที่จะกำจัดรูพรุน เนื่องจากน้ำโลหะมีความหนืดสูง
- 2) โครงสร้างไม่เท่ากัน (Inhomogeneity) ทั่วทั้งชิ้นงาน

2.12 เทคนิคการปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคโดยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งของโลหะผสมอลูมิเนียม

2.12.1 การขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยเทคนิคการกวนด้วยแรงทางกล (Mechanical Stirring Process)

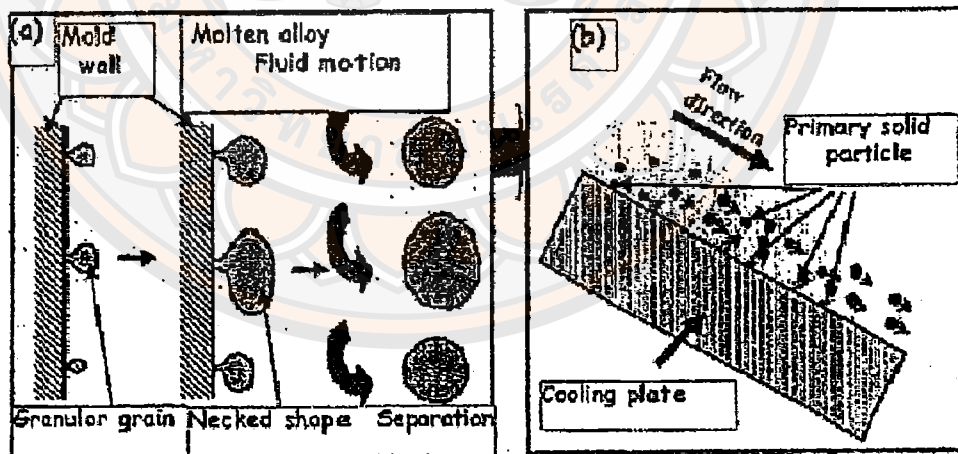
โดยการกวนด้วยแรงทางกล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับเหล็ก และโลหะนอกกลุ่มเหล็ก โดยการให้แรงเฉือนนั้นจะใช้กับโลหะที่อยู่ในช่วงกึ่งแข็งกึ่งเหลวหรือระหว่างการแข็งตัวของน้ำโลหะเพื่อเป็นลดขนาดของเกรนและจำกัดการโตของเดนไดรต์ ปัจจัยที่สำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องคือ การสีกกร่อนของใบกวน ซึ่งอาจจะทำให้โลหะที่ทำการหลอมปนเปื้อนไปด้วยสิ่งเจือปน และออกไซด์ ที่ทำให้เกิดโพรงของก๊าซในชิ้นงานทำให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพต่ำ

2.12.2 การขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยการเทผ่านรางเท (Cooling Plate Technique)

การขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยการเทผ่านรางเท เป็นกระบวนการที่ได้รับการพัฒนาจากโรงงาน UBE ในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ในการผลิตโลหะผสมอลูมิเนียม-แมกนีเซียม โดยช่วงของอุณหภูมิของการเทผ่านรางเท โดยเทผ่านรางเทที่อุณหภูมิเหนือจุดหลอมเหลวเพียงเล็กน้อย จากนั้นจึงเทผ่านรางเท

วิธีการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยการเทผ่านรางเทมีลำดับขั้นตอนในการฟอร์มตัวเป็นโลหะกึ่งแข็งกึ่งเหลว

โลหะหลอมเหลวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวเพียงเล็กน้อย จากนั้นจึงเทผ่านรางเท เมื่อโลหะหลอมเหลวถูกเทลงบนรางเท ระหว่างผิวสัมผัสของรางเท กับน้ำโลหะหลอมเหลว ความร้อนจะถูกดึงให้กับผนังของรางเท ทำให้เกิดนิวเคลียสขนาดเล็กในน้ำโลหะหลอมเหลวจำนวนมาก ส่วนของโลหะหลอมเหลวที่ไม่ติดกับผนังของรางเทจะไม่มีอุณหภูมิสูง จึงเกิดการโตของเดนไดรต์ในทิศทางไปสู่อุณหภูมิสูง แต่ด้วยการไหลของโลหะหลอมเหลว ทำให้เกิดความเย็นไปกระทำกับเดนไดรต์ ทำให้เดนไดรต์เกิดการแตกหัก และการไหลของโลหะหลอมเหลวก็ยังคงทำให้เกิดการกลับไปหลอมเหลวอีกครั้ง มีการเกิดนิวเคลียสใหม่ควบคู่กันไป และเกิดซ้ำไปซ้ำมา จึงทำให้เกิดการกระจายความร้อนและการกระจายของนิวเคลียส ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างที่ได้มีการกระจายตัวที่ดี และมีการเกิดเดนไดรต์ที่น้อยลงจากนั้นนำน้ำโลหะที่ผ่านรางเท เทลงสู่โมล อย่างไรก็ตามการเทในขณะที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้มีสัดส่วนของเฟสของแข็งสูง ทำให้การแข็งตัวของเฟสของแข็งรวดเร็วตามไปด้วย ทำให้อาจเกิดโพรงอันเนื่องมาจากการที่ของแข็งแข็งตัวก่อนที่โลหะหลอมเหลวเข้าไปเต็มในช่องว่าง และอาจเกิดจาก Gas Entrapment อันเนื่องมาจากการไหลคลั่งบน (Slurry Flow) บนรางเท



รูปที่ 2.9 ลักษณะการแข็งตัวของน้ำโลหะเมื่อเทผ่านราง

ที่มา New Semi-Solid Casting of Copper Alloys Using an Inclined Cooling Plate

2.13 ปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคของโลหะผสมอลูมิเนียม-ซิลิกอนที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการเทผ่านรางเท

ปัจจัยที่ส่งผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคประกอบด้วย อุณหภูมิในการเทน้ำโลหะ หรือ อัตราส่วนของแข็ง ความยาวของรางเท และความชันของรางเท ปัจจัยต่างๆแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.13.1 อุณหภูมิเท (Pouring Temperature) หรืออัตราส่วนของแข็ง (Solid Fraction)

อุณหภูมิเท หรืออัตราส่วนของแข็ง คือ ปริมาณของของแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างที่โลหะนั้นยังอยู่ในสภาพหลอมเหลว

จากการศึกษาของ Alex Muumbo M. เกี่ยวกับการขึ้นรูปกึ่งแข็งของเหล็กหล่อได้ ทำการศึกษากระบวนการหล่อโลหะกึ่งแข็งของวัสดุเหล็กหล่อ โดยได้ทำการศึกษาทั้งในส่วนของการหล่อโลหะ โดยใช้วิธีการกวนน้ำโลหะ การเทน้ำโลหะลงบนรางเท และการใช้แรงดันในการอัดน้ำโลหะเพื่อขจัดรูพรุนที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงาน

พบว่า การกวนน้ำโลหะและการไหลของน้ำโลหะบนรางเท เป็นเหตุทำให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างเดนไดรต์และเกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคภายในน้ำโลหะ โดยการทดลองพบว่า มุมเอียงของรางเท และอุณหภูมิเท มีอิทธิพลต่อการรวมตัวของส่วนผสม โดยที่มุมเอียงของรางเท 10 องศา จะได้ชิ้นงานที่มีโครงสร้างดีกว่ามุมเอียงอื่นๆ และอุณหภูมิเทที่ต่ำจำเป็นสำหรับการเกิด Nucleation จากนั้นจึงทำการอัดชิ้นงานโดยใช้แรงดัน เพื่อทำการกำจัดรูพรุนที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงาน อันเนื่องมาจากการเทน้ำโลหะลงในแบบหล่อ

1. การไหลของน้ำโลหะบนรางเทเป็นเหตุให้เกิดการแตกหักของเดนไดรต์ และการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคภายในน้ำโลหะ
2. ปริมาณของอัตราส่วนของแข็ง (Solid Fraction) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในขณะที่มีการเทน้ำโลหะบนรางเท ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะมีอัตราส่วนของน้ำโลหะสูง
3. การเทน้ำโลหะที่อัตราส่วนของแข็ง (Solid Fraction) ที่ต่ำจะได้โครงสร้างทางจุลภาคที่มีขนาดใหญ่และหยาบแต่ความสามารถเติมเต็มแม่พิมพ์ (Mold Filling) ที่สูง ในทางตรงกันข้าม ถ้าเทน้ำโลหะที่สัดส่วนของแข็งที่สูงจะได้โครงสร้างเกรนขนาดเล็กและละเอียด แต่ความสามารถในการเติมเต็มแม่พิมพ์ต่ำลง
4. การเพิ่มของอัตราส่วนของแข็งของน้ำโลหะก่อนการเทจะส่งผลให้ปริมาณรูพรุนของเหล็กหล่อสูงขึ้น

2.13.2 ความยาวของรางเท (Coolant Plate Length) และความชันของรางเท (Cooling Slope)

จากการศึกษาของ Haga และ Kapranos ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งของอลูมิเนียม วิธีการหล่อโลหะแบบรีโอ (Rheocasting Processes) วัสดุที่ใช้ในการวิจัยคือ อลูมิเนียมผสมเกรด A 356 วิธีที่ใช้ในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีเทน้ำโลหะผ่านรางเท และเทน้ำโลหะ โดยตรงลงแบบหล่อ โดยเทที่อุณหภูมิซูเปอร์ฮีตต่ำ (Low Superheat Casting) การทดลองนี้ คือเทที่อุณหภูมิ 620 และ 650 องศาเซลเซียส มุมเอียงของรางเทที่ 60 องศา กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร ระยะทางที่ใช้ในการเท 250 มิลลิเมตร และเคลือบรางเทด้วยโบรอนไนไตรด์ (Boron Nitride) อุณหภูมิของแบบหล่อตัวล่าง 350, 400, 450 และ 500 องศาเซลเซียส

นำชิ้นงานที่ได้ไปผ่านกระบวนการอบชุบความร้อน T6 ผลการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค พบว่าโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานมีลักษณะเป็นเกรนกลม มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และสามารถปรับปรุงสมบัติทางกลของวัสดุได้เป็นอย่างดี ผลการศึกษาด้านสมบัติทางกลพบว่า ชิ้นส่วนที่ทำการหล่อโดยวิธีหล่อลงบนรางเทมีสมบัติทางกลดีกว่าการเทที่อุณหภูมิซูเปอร์ฮีตต่ำ (Low Superheat Casting)

2.14 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

2.14.1 สมมติฐาน

สมมติฐาน หมายถึง เถลหรือข้อตกลงที่ตั้งขึ้นเพื่อการพิสูจน์ให้เกิดการยอมรับหรือการปฏิเสธ ซึ่งการยอมรับหรือการปฏิเสธจะเกิดจากผลของการสุ่มตัวอย่างและการทดสอบสมมติฐานตามเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นนั้น การตั้งสมมติฐานจะประกอบด้วย 2 ส่วน

2.14.1.1 สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_0) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ทราบค่าแน่นอน มักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อเป็นการปฏิเสธ

2.14.1.2 สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis; H_1) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อขัดแย้งกับสมมติฐานหลัก มักเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการการยอมรับ สมมติฐานรอง มี 2 ลักษณะ คือ

ก. สมมติฐานรองแบบทางเดียว เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยกำหนดทิศทาง เช่น

$$H_0 : \mu_1 < 20,000 \text{ หรือ } H_1 : \mu_1 > 20,000$$

ข. สมมติฐานรองแบบสองทาง เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยไม่กำหนดทิศทาง เช่น $H_0 : \mu_1 \neq 20,000$

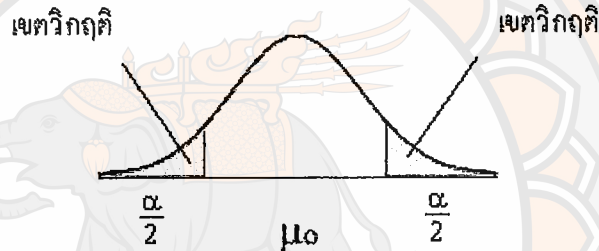
2.14.2 ช่วงของการยอมรับ (accept region) และเขตวิกฤติ (critical region)

ในการทดสอบสมมติฐานจะต้องมีการกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) หรือระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) เพื่อเป็นขอบเขตให้เกิดการยอมรับและการปฏิเสธ นั้นหมายความว่า

2.15.1.1 จะยอมรับ H_0 เมื่อค่าตัวอย่าง (x) อยู่ในช่วงของการยอมรับ

2.15.1.2 จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าตัวอย่าง (x) อยู่ในเขตวิกฤติ

ในการกำหนดช่วงของการยอมรับและเขตวิกฤติ จะเริ่มจากการกำหนดค่าระดับนัยสำคัญ (α) จากนั้นก็เปิดตารางเพื่อหาค่า z สร้างเป็นเขตวิกฤติขึ้นมา ในการทดลองนี้ใช้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งเป็นสมมติฐานสองทาง $H_1: \mu \neq \mu_0$ ให้เปิดตารางหาค่า $z_{\alpha/2}$ นั่นคือ $z_{0.025}$ จะได้ $z \pm 1.96$ จะได้เขตวิกฤติดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.10 แสดงเขตวิกฤติสำหรับสมมติฐานรองสองทาง $H_1: \mu \neq \mu_0$

ที่มา http://www.science.cmru.ac.th/statistics/stat2105/index_5_3.html

2.14.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ในการทดสอบสมมติฐานมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

2.14.3.1 ตั้งสมมติฐานหลัก $H_0: \mu = \mu_0$ (ค่าที่ต้องการให้เป็นมาตรฐาน)

2.14.3.2 ตั้งสมมติฐานรอง (ตั้งเพื่อปฏิเสธ) ในกรณีนี้เป็นการทดสอบสองทางจะตั้งสมมติฐานรองได้ว่า $H_1: \mu \neq \mu_0$

2.14.3.3 กำหนดระดับนัยสำคัญ α ในกรณีนี้ $\alpha = 0.05$

2.14.3.4 ทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ ในกรณีนี้ใช้สูตร

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (2.1)$$



2.14.3.5 กำหนดเขตวิกฤติตามค่าสถิติที่ใช้และค่าระดับนัยสำคัญ ในการทดสอบ
เป็นแบบสองทางจะใช้ $z_{\alpha/2}$

2.14.3.6 เขียนเขตวิกฤติ ดังรูป 2.12

2.14.3.7 คำนวณค่าทางสถิติ (หาค่า z) จากสูตร

2.14.3.8 ทดสอบสมมติฐาน นำค่า z มาเปรียบเทียบกับค่า z ตาราง

ก. ถ้าค่า z จากการคำนวณ ตกอยู่ในเขตวิกฤติให้ปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1

ข. ถ้าค่า z จากการคำนวณ ตกอยู่นอกเขตวิกฤติให้ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

2.15 ปัจจัยรูปร่าง (Shape Factor)

ปัจจัยรูปร่างเป็นจำนวนมิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ที่อธิบายรูปร่างของอนุภาคที่ไม่สมมาตร ปัจจัยรูปร่างจะคำนวณจากการวัดขนาด ได้แก่ การวัดอนุภาคแบบ 2 มิติที่มาจากภาพถ่าย โครงสร้างทางจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์ ปัจจัยที่มีรูปร่างปกติที่ช่วงค่าจากศูนย์ถึงหนึ่งเท่ากับหนึ่งมักจะเป็นกรณีที่เหมาะสมหรือสมมาตรสูงสุดเช่นวงกลม ทรงกลม สี่เหลี่ยมหรือก้อน ปัจจัยรูปร่างส่วนใหญ่เป็นอัตราส่วนของฟังก์ชันของขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ดังสมการที่ 2.2

$$A_r = \frac{d_{\min}}{d_{\max}} \quad (2.2)$$

การหารูปร่างความกลมนั้นเป็นอัตราส่วนของฟังก์ชันเส้นรอบรูป P และพื้นที่ A ดังสมการที่

2.3

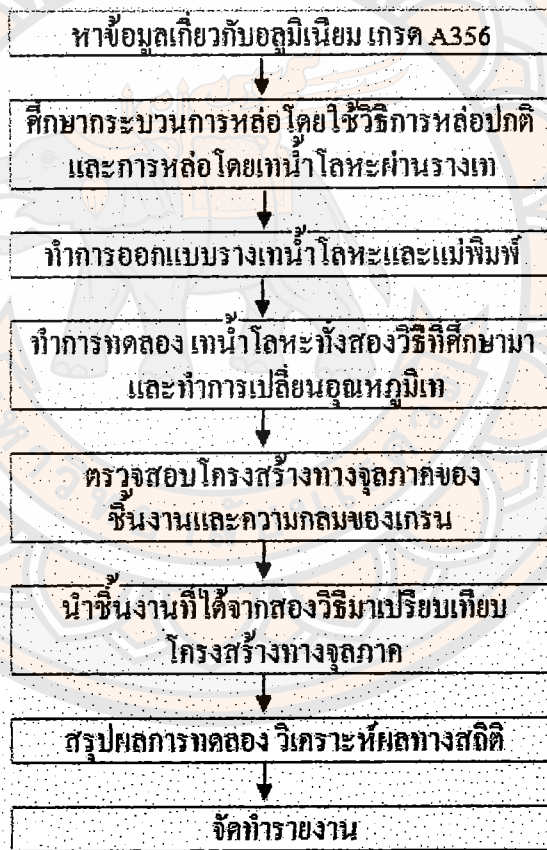
$$F_{\text{circ}} = \frac{4\pi A_R}{p^2} \quad (2.3)$$

ผลจากการคำนวณการหารูปร่างความกลมค่าที่คำนวณได้เท่ากับ 1 แสดงว่าขนาดของรูปร่างมีความกลมและถ้าผลจากการคำนวณได้ค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่ามีความกลมที่ต่ำลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

การศึกษาวิธีการปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียมผสม เกรด A 356 โดยกระบวนการหล่อโดยวิธีหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงและการหล่อโดยเหน้าโลหะผ่านรางเทในครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้ทำการศึกษาหลายขั้นตอน ตั้งแต่การจัดเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง จนถึงขั้นการวิเคราะห์ผลของข้อมูลที่ได้ โดยขั้นตอนและวิธีการในการศึกษาสามารถแบ่งได้ออกเป็นขั้นตอนต่างๆดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงาน

โดยในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 หาข้อมูลเกี่ยวกับอลูมิเนียมผสมเกรด A 356

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ นั้น ก็เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยของโครงการศึกษาโดยข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมนั้นจะเป็นเรื่องของ

3.1.1 อลูมิเนียมผสม เกรด A356

3.1.2 งานหล่อโลหะ

3.1.3 ทฤษฎีการแข็งตัวของโลหะ

3.1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง (Semi-Solid Metal Processing)

3.1.5 เทคนิคการปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาค โดยกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งของ โลหะผสมอลูมิเนียมผสม

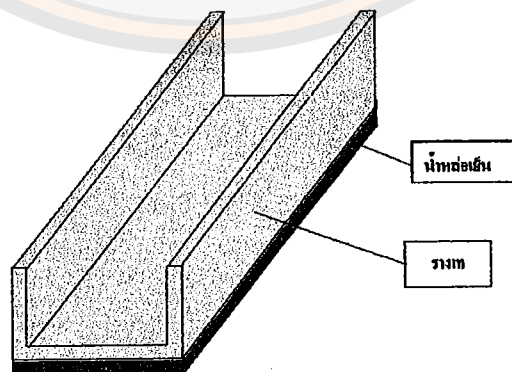
3.1.6 การขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยการเทผ่านรางเท

ซึ่งข้อมูลพื้นฐานต่างๆเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.2 ทำการออกแบบรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์

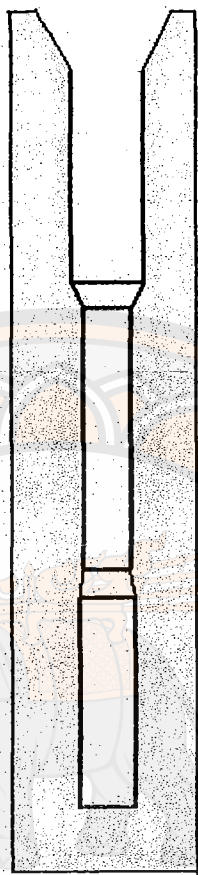
3.2.1 ออกแบบรางเทน้ำโลหะและการออกแบบแม่พิมพ์

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นแล้วการออกแบบรางเทน้ำโลหะนั้นต้องคำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนได้ดี และสามารถหาได้ง่ายในท้องตลาดจึงได้เลือกใช้เหล็กในการทำเป็นรางเทน้ำโลหะ การออกแบบนั้นต้องกำหนดความชันของรางเท่ากับ 60 องศา ความยาวของรางเท 250 มิลลิเมตร ความกว้างของรางเท 100 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.2 แบบรางเทน้ำโลหะ

การออกแบบแม่พิมพ์เทน้ำอลูมิเนียมผสม



รูปที่ 3.3 แม่พิมพ์

3.2.2 จัดทำรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์

จากการออกแบบรางเทน้ำโลหะและการออกแบบแม่พิมพ์แล้วเราก็ลงมือทำการสร้างรางเทและแม่พิมพ์ตามแบบที่ออกแบบไว้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

- 3.3.1 จัดเตรียมรางเทกับแม่พิมพ์ให้พร้อมใช้งาน
- 3.3.2 ทำการปรับปรุงเตาเผา ทำความสะอาด
- 3.3.3 ทำการหลอมอลูมิเนียมผสม เกรด A 356

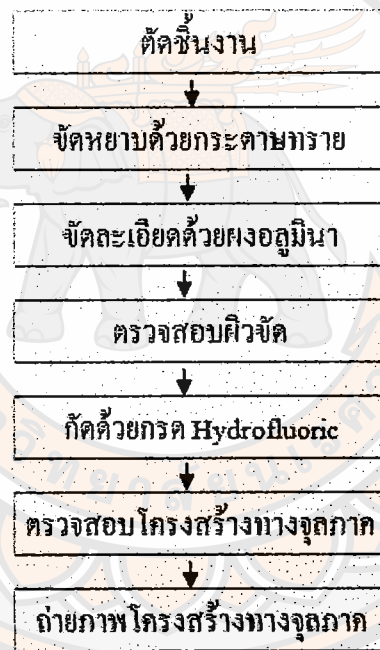
3.3.4 วัดอุณหภูมิเท

3.3.5 เหน้าโลหะลงแบบหล่อ โดยหล่อแบบแรงโน้มถ่วงและโดยกระบวนการเทผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่างๆในตารางบันทึกผล

3.3.6 รอแบบหล่อเย็นตัวแล้วแกะแบบออก จะได้ชิ้นงานออกมา แล้วทำการทดลองจนครบทุกอุณหภูมิ

3.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

เป็นการศึกษาโครงสร้างของโลหะโดยส่องดูโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง Optical Microscope ขั้นตอนการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3.4.1 ขัดหยาบ

เริ่มต้นจากการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 320 500 600 800 1,000 และ 1,200 ตามลำดับ

3.4.2 ขัดละเอียด

จากนั้นขัดละเอียดด้วยกำมะหยี่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 โดยใช้ผงอะลูมินาขนาด 0.1 ไมครอน ครั้งที่ 2 ใช้ผงอะลูมินาขนาด 0.04 ไมครอน

3.4.3 ตรวจสอบชิ้นงาน

หลังจากขัดละเอียดแล้ว นำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำ เป่าให้แห้ง ตรวจสอบผิวงานด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า ถ้ายังเห็นรอยขีดอยู่ให้นำไปขัดละเอียดอีก ล้างและเป่าให้แห้งแล้ว ตรวจสอบผิวงานด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า จนกระทั่งไม่พบรอยขีด จึงนำไปกัดด้วยกรดต่อไป

3.4.4 กัดด้วยกรด Hydrofluoric

จึงทำการกัดด้วยกรด โดยจุ่มผิวงานในสารละลาย(Hydrofluoric Acid) ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร นาน 6 วินาที แล้วจึงตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์และถ่ายภาพไว้ แล้วบันทึกผลการทดลองแสดงในบทที่ 4

3.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

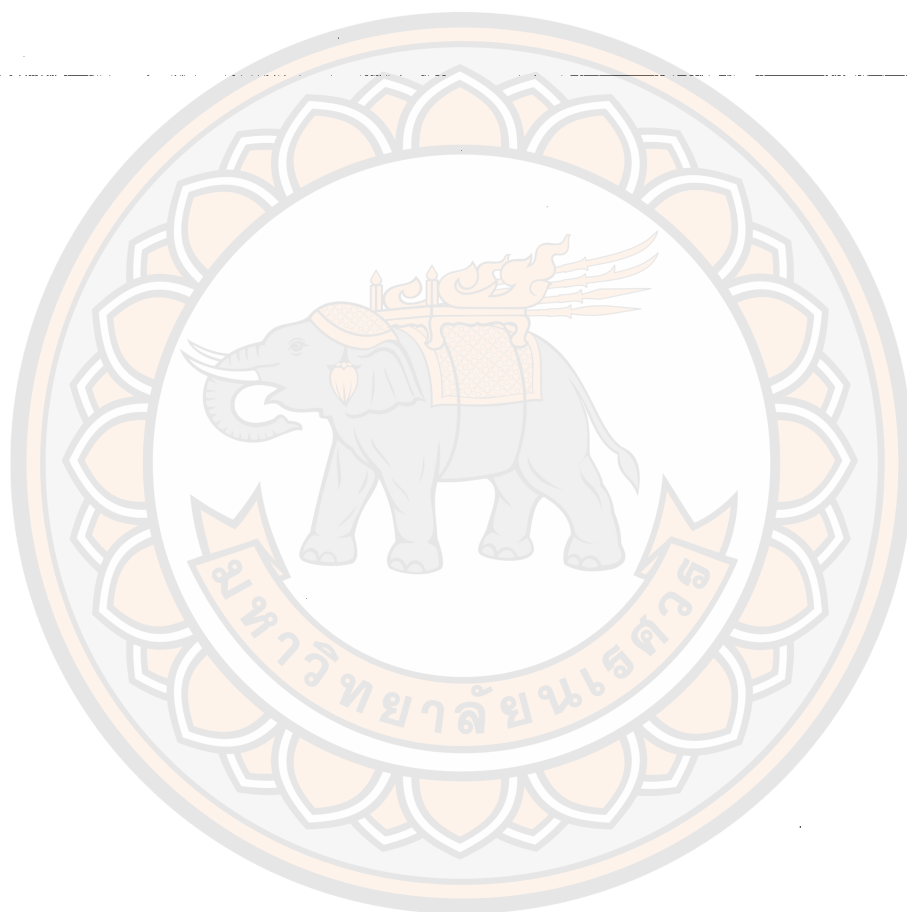
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ที่เกี่ยวข้องกับงานหล่อโลหะกึ่งแข็งโดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงและการหล่อเทผ่านราง ในการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองจะดูโครงสร้างทางจุลภาคเพื่อสามารถนำมาใช้งานตามความต้องการได้การเทน้ำโลหะผ่านรางเท (Cooling Plate Technique) เป็นวิธีที่ปรับปรุงสมบัติทางโครงสร้างจุลภาคและ เป็นวิธีหนึ่งในกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง (Semi-Solid Metal Processing) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับผลิตชิ้นส่วนทางวิศวกรรมเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงโครงร่างสุดท้าย(near net shape) โดยในการผลิตโลหะผสมนั้นจะผลิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่างเฟสของเหลวและเฟสของแข็ง เพื่อยับยั้งการเกิดโครงสร้างเดนไดรต์ โดยการใช้การไหลเป็นตัวกำหนดโครงสร้างทางจุลภาค ทำให้สมบัติทางกลดีขึ้น เนื่องจากโครงสร้างทางจุลภาคที่ได้มีความกลม และโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงและการหล่อแบบเทผ่านรางเทที่อุณหภูมิที่ต่างกันทำการบันทึกค่า

3.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติและสรุปผลการทดลอง

ทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อดูความกลมของเกรนที่ต่างกันของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงและการหล่อแบบเทผ่านรางเทที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และสรุปผลของข้อมูลที่ทำกรทดลอง

3.7 จัดทำรูปเล่มรายงาน

จากการศึกษาข้อมูลต่างๆและการทำการทดลองก็สามารถนำข้อมูลต่างๆ มาจัดทำเป็นรูปเล่ม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นำไปศึกษาต่อไป



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

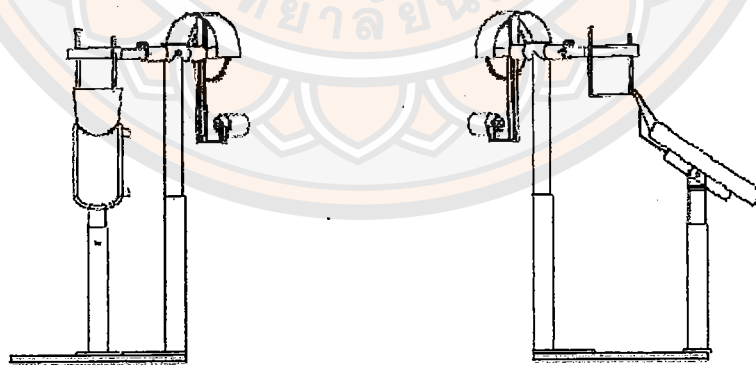
4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในส่วนของการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ ได้ทำการเก็บและศึกษาข้อมูลเป็นส่วนๆ เช่น งานหล่อโลหะ อลูมิเนียมผสมเกรด A356 ทฤษฎีการแข็งตัวของโลหะ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็ง การขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งด้วยการเทผ่านรางเท และการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

4.2 ทำการออกแบบรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์

4.2.1 ออกแบบรางเทน้ำโลหะ

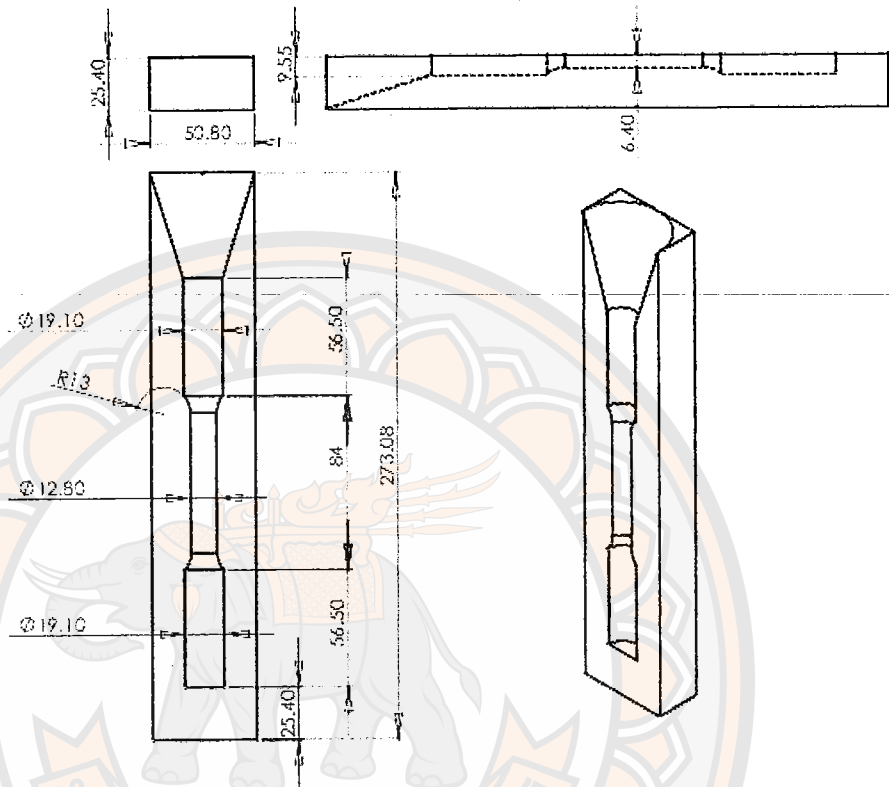
การออกแบบรางเทน้ำโลหะนั้น ได้คำนึงถึงการถ่ายเทความร้อนของน้ำอลูมิเนียมผสมเกรด A356 ที่ใช้ในการหล่อให้ถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้นเนื่องจากในการหล่ออลูมิเนียมผสมเกรด A356 อุณหภูมิในการเทลดลงเร็วจะทำให้ขนาดของเกรนเล็กและกลมมากเท่านั้น จึงได้ออกแบบให้มีน้ำหล่อเย็นไหลเวียนเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น และออกแบบให้มีมอเตอร์เพื่อช่วยในการเทน้ำโลหะจากเบ้าหลอมลงสู่แม่พิมพ์ด้วยความเร็วที่คงที่ ขนาดของรางเทมีความกว้าง 100 มิลลิเมตรยาว 250 มิลลิเมตรและมีความชัน 60 องศา รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.1 ออกแบบรางเทน้ำโลหะ

4.2.2 การออกแบบแม่พิมพ์

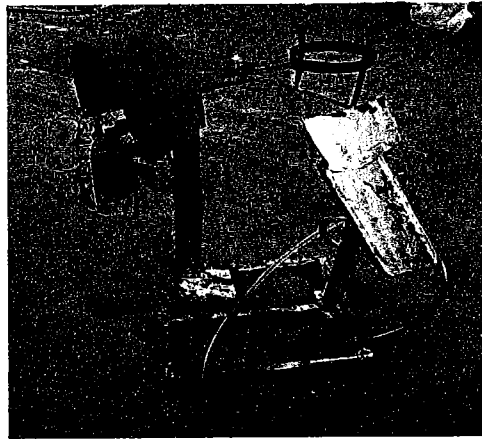
การออกแบบแม่พิมพ์นั้นมีความยาว 273 มิลลิเมตร มีความกว้าง 50.80 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.2



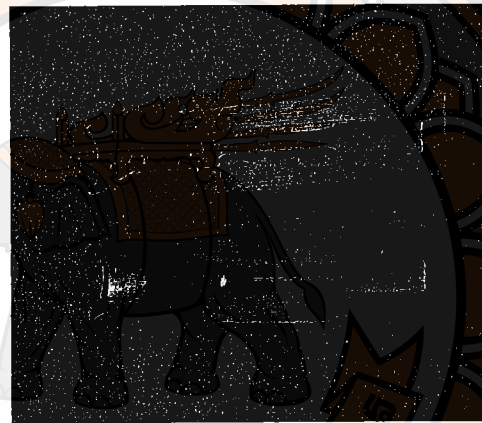
รูปที่ 4.2 การออกแบบขนาดแม่พิมพ์

4.3 จัดทำรางเทน้ำโลหะและแม่พิมพ์

หลังจากที่ได้ออกแบบรางเทน้ำโลหะเสร็จแล้ว ก็ทำการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยขั้นแรกนำเหล็กมาตัดให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ แล้วทำการเชื่อมฐานและเสาเข้าด้วยกันจากนั้นทำตัวรางเท ขั้นตอนนี้ต้องเชื่อมอย่างระมัดระวังเพราะว่าถ้าตัวรางเป็นรูแม้แต่นิดเดียวน้ำก็จะรั่วทำให้ใช้งานไม่ได้ หลังจากทำตัวรางเสร็จแล้วก็มาทำตัวหมุนที่ติดกับมอเตอร์ แล้วทำการเชื่อมเข้าด้วยกัน ดังรูป 4.3



รูปที่ 4.3 รางเหน้าโลหะ



รูปที่ 4.4 แม่พิมพ์

4.4 ทำการทดลองเหน้าโลหะ

4.4.1 ขั้นตอนการทดลอง

4.4.1.1 จัดเตรียมรางเทกับแม่พิมพ์ให้พร้อมใช้งาน

ในการจัดเตรียมรางเทและแม่พิมพ์นั้นควรจะต้องเลือกสถานที่ที่จะทำการทดลองก่อน ในการทดลองนี้จะใช้สถานที่ในคหกรรมศาสตร์หรือในคหกรรมอุตสาหกรรมที่มีความพร้อมในการทดลอง การจัดเตรียมรางเทและแม่พิมพ์ควรวางตำแหน่งให้พอดีกัน คือ เมื่อเทแล้วน้ำโลหะไม่ไหลกระเด็นออก หรือไหลไม่ตรงรูปของแม่พิมพ์ จึงได้ทำการเอียงแม่พิมพ์ให้อยู่ในแนวเดียวกับรางเท จะทำให้น้ำโลหะไหลเข้าแม่พิมพ์พอดี



รูปที่ 4.5 การจัดเตรียมรางเท

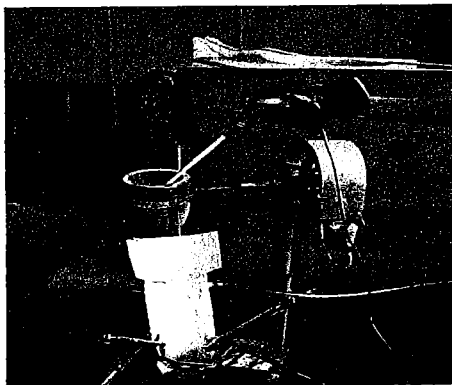
4.4.1.2 ทำการปรับปรุง ทำความสะอาดเตาเบ้าหลอมโลหะ ทำความสะอาดเตาหลอม ให้สะอาดก่อนที่จะทำการหลอมโลหะจริง ซึ่งอาจมีฝุ่นเกาะในเตาหลอมและเบ้าหลอม

4.4.1.3 ทำการหลอมอลูมิเนียมผสมเกรด A356 หลังจากจัดเตรียมรางเทโลหะ แม่พิมพ์ และทำความสะอาดเบ้าหลอมเสร็จแล้วก็ทำการหลอมอลูมิเนียมผสมเกรด A356 ให้ได้อุณหภูมิตามที่จะใช้ในการทดลองคือ 620 640 660 และ 680 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 การหลอมอลูมิเนียมผสมเกรด A356

4.4.1.4 วัดอุณหภูมิเท วัดอุณหภูมิเทก่อนการเท ก่อนทำการเทผ่านรางเทต้องเคลือบรางเทด้วยปูนขาวเพื่อไม่ให้อลูมิเนียมที่เทนั้นติดกับรางเทแล้วทำการบันทึกผล



รูปที่ 4.7 วัคซีนภูมิเท

4.4.1.5 เมื่อวัคซีนภูมิได้วัคซีนภูมิตามที่ต้องการแล้วจึงเทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์ โดยกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วง ดังรูปที่ 4.8 และโดยกระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางเท ดังรูปที่ 4.9

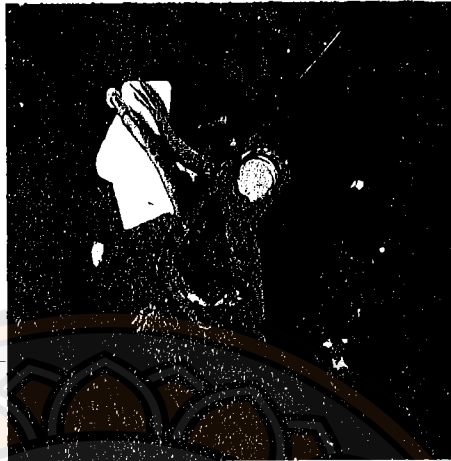


รูปที่ 4.8 เทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์โดยกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วง



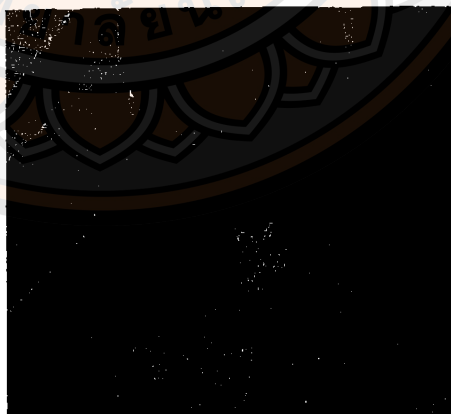
รูปที่ 4.9 เทน้ำโลหะลงแม่พิมพ์โดยกระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางเท

4.4.1.6 หลังจากที่ทดสอบนิยามเกรด A356 ลงแม่พิมพ์แล้วให้รอจนแม่พิมพ์เย็นตัวลงแล้วนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ จะได้ชิ้นงานออกมา และทำการทดลองแบบนี้จนครบทุกอุณหภูมิ

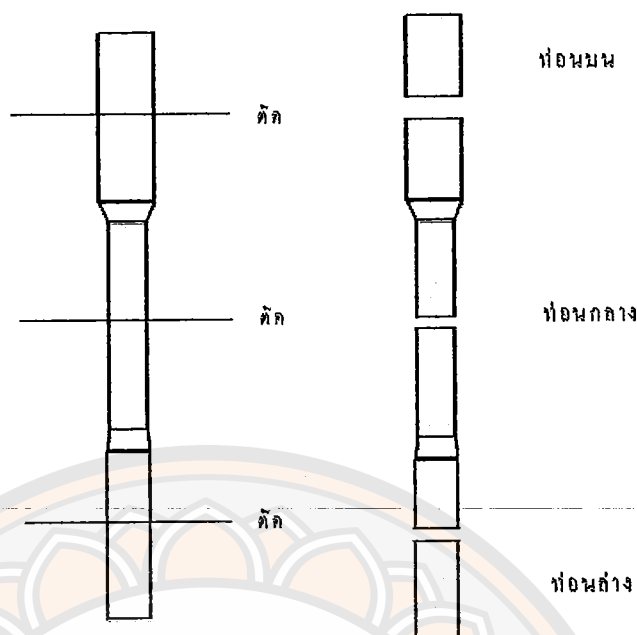


รูปที่ 4.10 รอแบบหล่อเย็นตัวแล้วแกะแบบ

4.4.1.7 ได้ชิ้นงานออกมาแล้วจากนั้นทำการตัดส่วนเกินออก ดังรูปที่ 4.11 แล้วก็ทำการตัดชิ้นงานเป็น 3 จุด คือ ตรงท่อนบนห่างจากด้านบนประมาณ 2.5 เซนติเมตร ท่อนกลางห่างจากด้านบนสุดประมาณ 9.5 เซนติเมตร ท่อนล่างห่างจากด้านล่างสุดประมาณ 2.5 เซนติเมตร เหตุที่ต้องตัดชิ้นงานออกเป็น 3 จุดเพราะว่าต้องการดูโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานให้ทั่วทั้งชิ้น ดังรูปที่ 4.12 แล้วก็นำไปขัดต่อไป



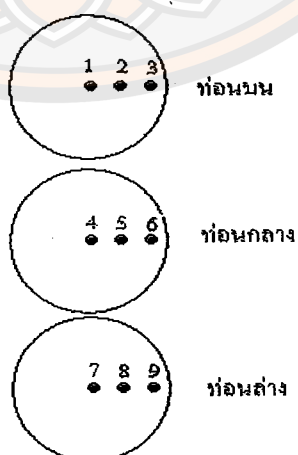
รูปที่ 4.11 ปรับผิวหน้าชิ้นงาน



รูปที่ 4.12 ตัดชิ้นงานก่อนที่จะนำไปจัด

4.4.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

หลังจากที่ตัดชิ้นงานแล้ว นำชิ้นงานมาจัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ต่างๆ เมื่อขัดกระดาษทรายเสร็จแล้ว ทำการจัดชิ้นงานด้วยกัมมะยี่ โดยใช้ผงอะลูมินาช่วยขัดจนชิ้นงานจนมันวาว ก็นำชิ้นงานไปล้างน้ำก่อนจากนั้นก็นำชิ้นงานไปกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก แล้วเป่าให้แห้งหลังจากนั้นก็นำชิ้นงานไปตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค ซึ่งในการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคนั้นทำการส่องที่ผิวชิ้นงานทั้งหมด 9 ตำแหน่ง ใน 1 ชิ้นงานดังรูปที่ 4.15



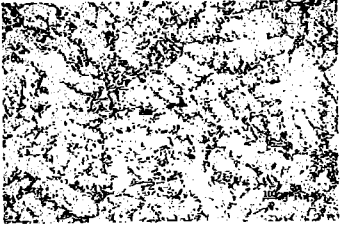


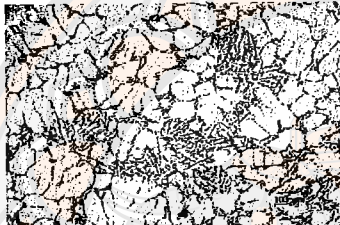

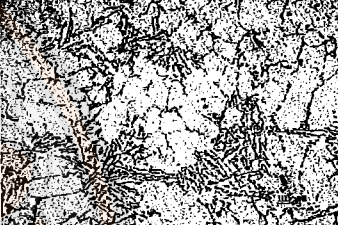
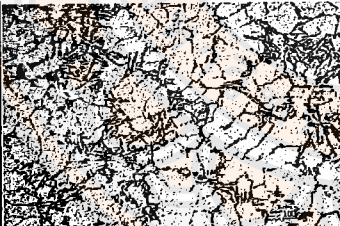
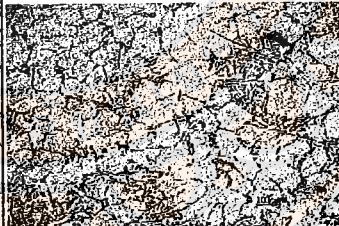

รูปที่ 4.13 จุดที่ใช้ในการส่องดูโครงสร้างทางจุลภาค

4.5 ผลการทดลอง

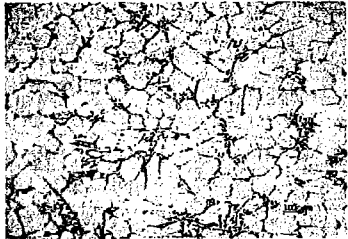

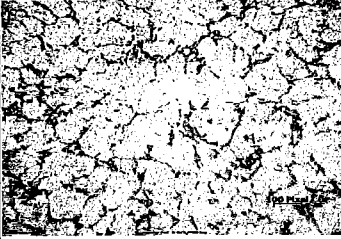
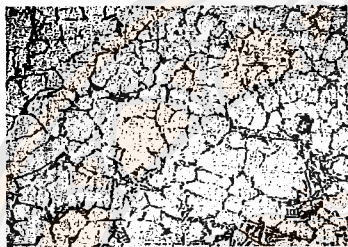
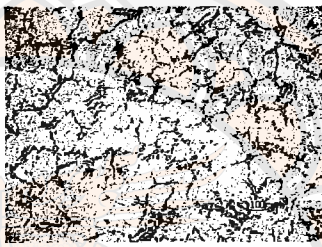

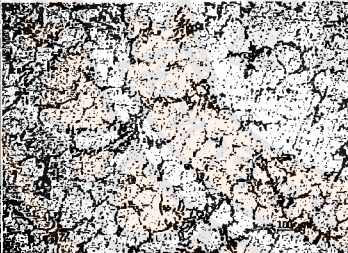
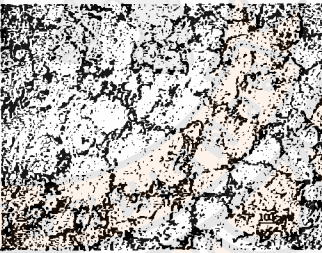

หลังจากที่ได้นำชิ้นงานไปกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก แล้วนำไปส่องกล้องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 200 เท่า ได้ส่องทั้งหมด 9 ตำแหน่งต่อ 1 ชิ้นงาน สาเหตุที่ส่องทั้งหมด 9 ตำแหน่ง เพราะว่าการดูโครงสร้างของชิ้นงานให้ทั่วถึงทั้งหมด ถ้าส่องแค่จุดเดียวแล้วมาเป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งหมดอาจมีความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากถ้าเราส่องไปเจอโครงสร้างเด่นใคร่ที่เราอาจจะสรุปไปว่าโครงสร้างของชิ้นงานมีรูปร่างไม่กลมแต่ที่แท้จริงในส่วนอื่นอาจจะไม่ใช่ก็ได้ ด้วยเหตุนี้เราจะเลือกที่จะส่องดูโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานทั้งหมด 9 ตำแหน่ง ดังตารางที่ 4.1-4.8




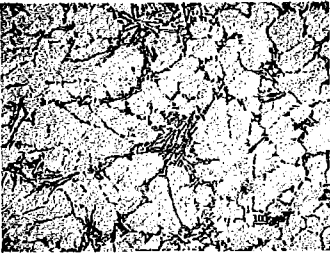



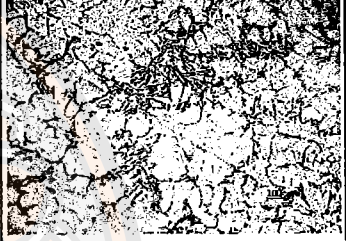
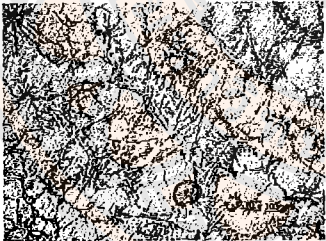

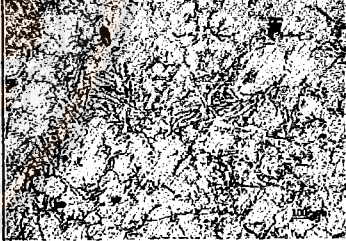
ตารางที่ 4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิเท 620 องศาเซลเซียส

ชั้นบน	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
			
ชั้นกลาง	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
			
ชั้นล่าง	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.47198
		SD	0.25038


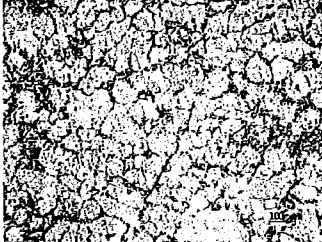




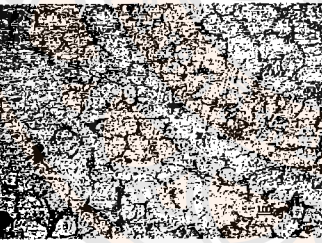
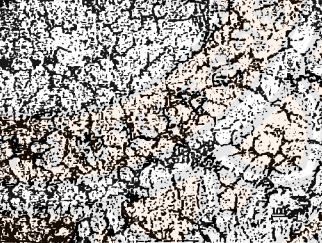

ตารางที่ 4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิ 620 องศาเซลเซียส

ชั้นบน	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
			
	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
ชั้นกลาง			
	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
			
ชั้นล่าง		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.50705
		SD	0.19174

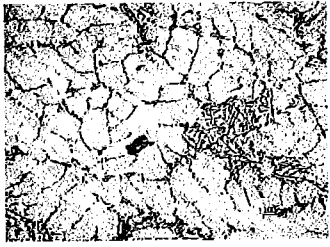


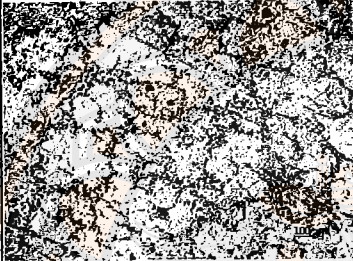
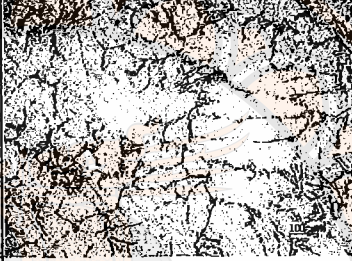

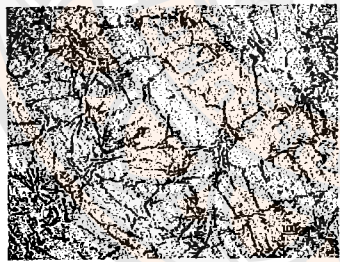


ตารางที่ 4.3 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิเท 640 องศาเซลเซียส

ชั้นบน	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
			
ชั้นกลาง	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
			
ชั้นล่าง	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.47047
		SD	0.20204

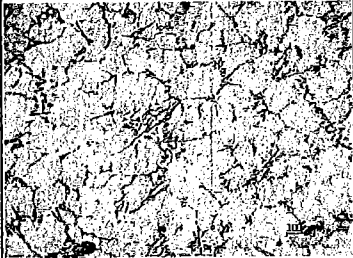
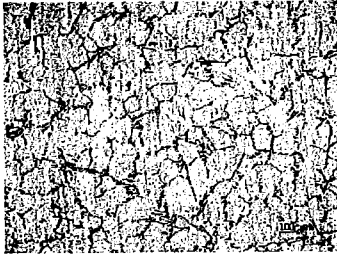
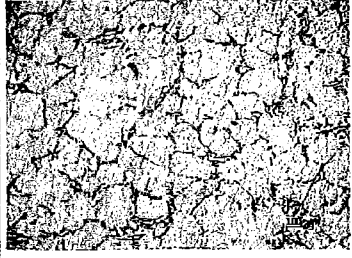
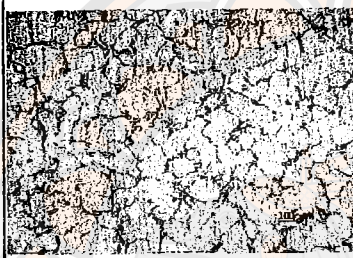

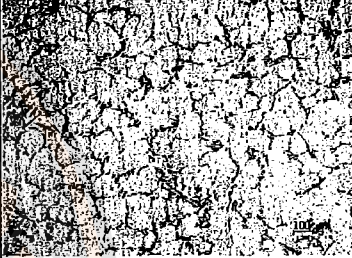
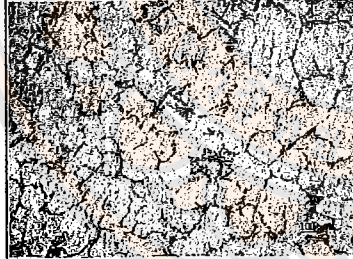

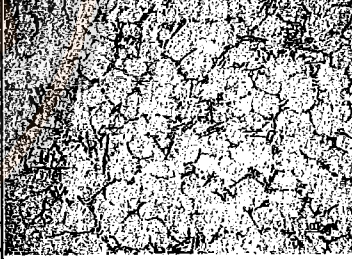
ตารางที่ 4.4 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่ำ 640 องศาเซลเซียส

	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
ชั้นบน			
	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
ชั้นกลาง			
	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
ชั้นล่าง			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.56587
		SD	0.17127

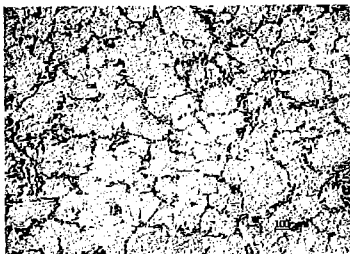





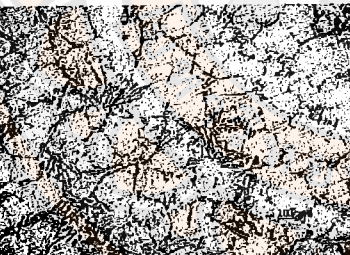


ตารางที่ 4.5 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิเท 660 องศาเซลเซียส

ชั้นบน	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
			
ชั้นกลาง	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
			
ชั้นล่าง	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.48194
		SD	0.21363

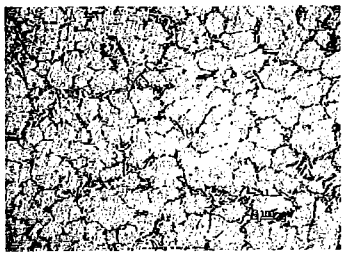
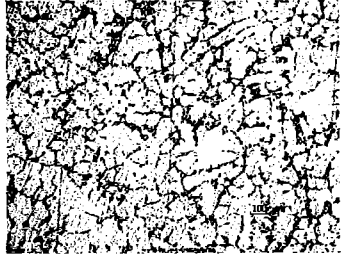
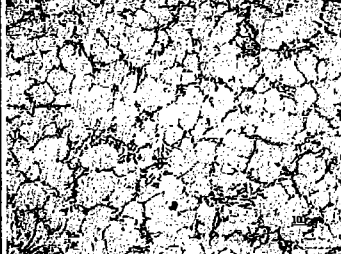



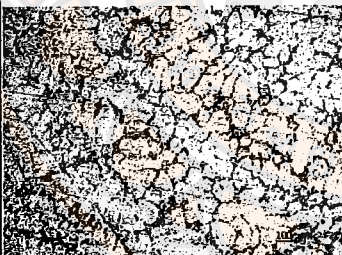
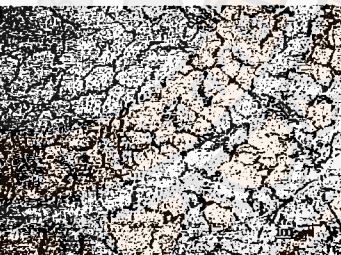
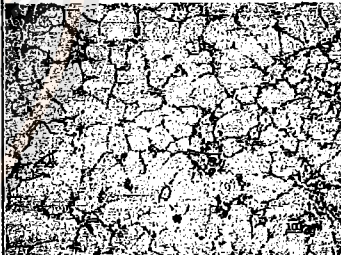
ตารางที่ 4.6 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่านรางเทที่อุณหภูมิ 660 องศาเซลเซียส

	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
ชั้นบน			
	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
ชั้นกลาง			
	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
ชั้นล่าง			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.53868
		SD	0.19161

ตารางที่ 4.7 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

ชั้นบน	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
			
ชั้นกลาง	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
			
ชั้นล่าง	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.512829
		SD	0.21326

ตารางที่ 4.8 โครงสร้างทางจุลภาคของการหล่อแบบผ่ารางเทที่อุณหภูมิต่ำ 680 องศาเซลเซียส

	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
ชั้นบน			
	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6
ชั้นกลาง			
	ตำแหน่งที่ 7	ตำแหน่งที่ 8	ตำแหน่งที่ 9
ชั้นล่าง			
		ค่าเฉลี่ยความกลมของเกรน	0.55946
		SD	0.21386

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ของความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 640 660 680 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบผ่านรางเทและวิธีการเทแบบแรงโน้มถ่วง

อุณหภูมิเท (องศา เซลเซียส)	วิธีการเทแบบแรงโน้มถ่วง			วิธีการเทแบบเทผ่านรางเท		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวน ค่า	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวน ค่า
	(\bar{x})	(S)	(n)	(\bar{x})	(S)	(n)
620	0.47198	0.25038	934	0.50705	0.19174	1124
640	0.47047	0.20204	755	0.56587	0.17127	1600
660	0.48194	0.21363	749	0.53868	0.19161	716
680	0.51283	0.21326	746	0.55946	0.21386	1463

4.6 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

เนื่องจากเราไม่สามารถแยกความกลมของเกรนออกได้ด้วยสายตาจึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบความกลมของเกรน จากข้อมูลในตารางซึ่งจะนำค่าความกลมของเกรนในแต่ละ อุณหภูมิมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

กำหนดให้ H_0 = สมมติฐานที่ให้ค่าความกลมของเกรนทั้งสองกระบวนการมีขนาดเท่ากัน

H_1 = สมมติฐานที่ให้ค่าความกลมของเกรนทั้งสองกระบวนการมีขนาดต่างกัน

เปรียบเทียบค่าความกลมของเกรนที่อุณหภูมิ 620 องศาเซลเซียส

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 620 โดยวิธีเทด้วยแรงโน้มถ่วง (กำหนดให้ $= \mu_2$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_2 = 0.47 \quad S_2 = 0.25 \quad n_2 = 934$$

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 620 โดยวิธีเทแบบผ่านรางเท (กำหนดให้ $= \mu_1$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_1 = 0.50 \quad S_1 = 0.19 \quad n_1 = 1124$$

วิธีทำ ให้

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

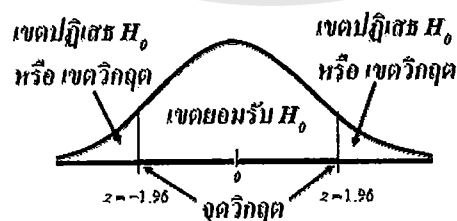
จาก

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

แทนค่า

$$Z = \frac{(0.50 - 0.47) - (0)}{\sqrt{\frac{0.19^2}{1124} + \frac{0.25^2}{934}}} \quad Z = 3.61$$

จากการเปิดตารางค่า $Z = \pm 1.96$



จากการเปรียบเทียบค่า Z จากการคำนวณ และค่า Z จากการเปิดตารางค่า Z คำนวณตกอยู่ใน เขตวิกฤต ดังนั้น ขอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 พบว่าชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการเทผ่านรางเทและเทด้วย แรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิ 620 องศาเซลเซียสมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เปรียบเทียบค่าความกลมของเกรนที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียส

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 640 โดยวิธีเทด้วยแรงโน้มถ่วง (กำหนดให้ $= \mu_2$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_2 = 0.47 \quad S_2 = 0.2 \quad n_2 = 755$$

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 640 โดยวิธีเทแบบผ่านรางเท (กำหนดให้ $= \mu_1$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_1 = 0.57 \quad S_1 = 0.17 \quad n_1 = 1,600$$

วิธีทำ ให้

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

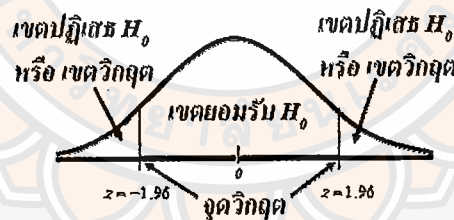
จาก

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

แทนค่า

$$Z = \frac{(0.57 - 0.47) - (0)}{\sqrt{\frac{0.17^2}{1600} + \frac{0.2^2}{755}}} \quad Z = 11.21$$

จากการเปิดตารางค่า $Z = \pm 1.96$



จากการเปรียบเทียบค่า Z จากการคำนวณ และค่า Z จากการเปิดตารางค่า Z จำนวนตกอยู่ในเขตวิกฤต ดังนั้น ขอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 พบว่าชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการเทผ่านรางเทและเทด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียสมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เปรียบเทียบค่าความกลมของเกรนที่อุณหภูมิ 660 องศาเซลเซียส

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 660 โดยวิธีเทด้วยแรงโน้มถ่วง (กำหนดให้ $= \mu_2$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_2 = 0.48 \quad S_2 = 0.21 \quad n_2 = 749$$

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 660 โดยวิธีเทแบบผ่านรางเท (กำหนดให้ $= \mu_1$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_1 = 0.54 \quad S_1 = 0.19 \quad n_1 = 716$$

วิธีทำ ให้

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

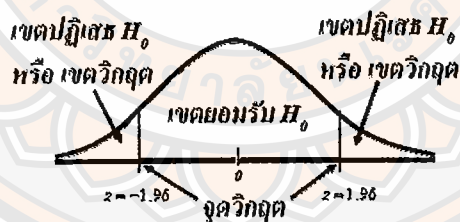
จาก

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

แทนค่า

$$Z = \frac{(0.54 - 0.48) - (0)}{\sqrt{\frac{0.19^2}{716} + \frac{0.21^2}{749}}} \quad Z = 7.92$$

จากการเปิดตารางค่า $Z = \pm 1.96$



จากการเปรียบเทียบค่า Z จากการคำนวณ และค่า Z จากการเปิดตารางค่า Z จำนวนตกอยู่ในเขตวิกฤต ดังนั้น ขอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 พบว่าชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการเทผ่านรางเทและเทด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิ 660 องศาเซลเซียสมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เปรียบเทียบค่าความกลมของเกรนที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 680 โดยวิธีเทด้วยแรงโน้มถ่วง (กำหนดให้ $= \mu_2$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_2 = 0.51 \quad S_2 = 0.21 \quad n_2 = 746$$

- จากข้อมูลใน ตารางที่ 4.9 ที่อุณหภูมิ 680 โดยวิธีเทแบบผ่านรางเท (กำหนดให้ $= \mu_1$)

$$\text{ค่า } \bar{x}_1 = 0.55 \quad S_1 = 0.21 \quad n_1 = 1463$$

วิธีทำ ให้

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

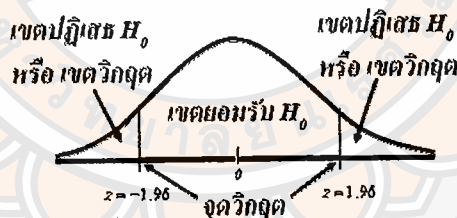
จาก

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

แทนค่า

$$Z = \frac{(0.55 - 0.51) - (0)}{\sqrt{\frac{0.21^2}{1463} + \frac{0.21^2}{746}}} \quad Z = 4.86$$

จากการเปิดตารางค่า $Z = \pm 1.96$



จากการเปรียบเทียบค่า Z จากการคำนวณ และค่า Z จากการเปิดตารางค่า Z คำนวณตกอยู่ในเขตวิกฤต ดังนั้น ขอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 พบว่าชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการเทผ่านรางเทและเทด้วยแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียสมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุป

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าความกลมของเกรน ของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเทด้วยแรงโน้มถ่วงและกระบวนการเทผ่านรางเทพบว่า ที่อุณหภูมิ 620 640 660 680 องศาเซลเซียส ค่าความกลมของเกรนของทั้งสองกระบวนการมีค่าความกลมที่ต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเทผ่านรางเทมีความกลมมากกว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเทด้วยแรงโน้มถ่วง

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการดำเนินการศึกษา เก็บข้อมูลและทำการทดลอง ในการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของ โลหะนั้นเพื่อนำไปใช้ในการเลือกวัสดุมาใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการ กระบวนการขึ้นรูป โลหะกึ่งแข็ง เป็นเทคโนโลยีสำหรับผลิตชิ้นส่วนเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงกับโครงร่าง สุดท้ายและในการทำงานวิจัยนี้ก็ได้นำเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะกึ่งแข็งมาทำการศึกษานำชิ้นงาน ที่ได้มาเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ผ่านการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง โดยใช้อลูมิเนียมเกรด A356 ในการทดลอง โดย ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเทของทั้งสองกระบวนการคือ 620 640 660 และ 680 องศาเซลเซียส ชิ้นงานที่ผ่านการเทแบบวางเทจะเกิดการแตกหักของโครงสร้างเดนไดรต์ และเกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของอนุภาคภายในน้ำโลหะเพราะจากการทำการทดลองจะได้โครงสร้างที่มีขนาดที่กลมกว่าโดยการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. กระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางเทมีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียม เกรด A356 ซึ่งกระบวนการนี้สามารถปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคของอลูมิเนียมให้มีเกรนที่กลมขึ้น เมื่อเทียบกับกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงที่อุณหภูมิเดียวกัน

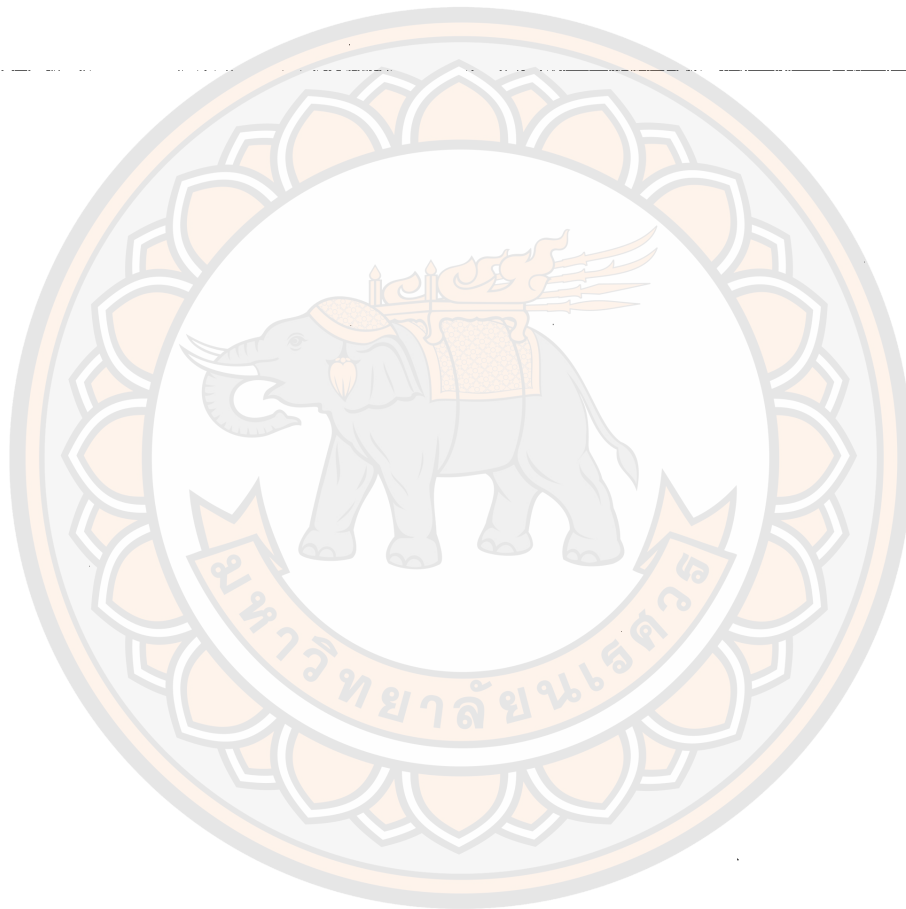
2. โครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วงและแบบเทผ่านรางเท เมื่อนำค่าเฉลี่ยความกลมของเกรนของทั้งสองกระบวนการมาเปรียบเทียบทางสถิติทำให้ทราบว่าโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางเทมีค่าความกลมของเกรนที่กลมกว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบแรงโน้มถ่วง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. กระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางเทที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงาน โดยอุณหภูมิเทที่ทำให้ความกลมของเกรนกลมมากที่สุดคือ 640 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าความกลมเฉลี่ยเท่ากับ 0.56587

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษางานวิจัยนี้ เพื่อให้ได้ผลที่ดีกว่าเดิมอาจจากเหล็ก ไปเป็นทองแดง ใช้ทำการสร้างรางเท ซึ่งทองแดงนั้นสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าเหล็ก

2. กระบวนการหล่อแบบเทผ่านรางจะสามารถปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานให้ดีขึ้นได้ หากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโลหะนำกระบวนการนี้ไปใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานจะเกิดประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพ



เอกสารอ้างอิง

บัญญัติ ใจชื่น. 2527 . โลหะวิทยากายภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประกอบเมโทร.
มนัส สติรจินดา , 2541 . โลหะนอกกลุ่มเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

(ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปี เผยแพร่). อลูมิเนียม. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2552.

จาก : [http:// www.siamaluminum.org/forum/index.php?topic=35.0](http://www.siamaluminum.org/forum/index.php?topic=35.0)

(ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปี เผยแพร่).คุณสมบัติของอลูมิเนียม. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม

พ.ศ. 2552.จาก : [http:// www.aluminiumlearning.com/html/properties.html](http://www.aluminiumlearning.com/html/properties.html)

(ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปี เผยแพร่).อลูมิเนียม. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม

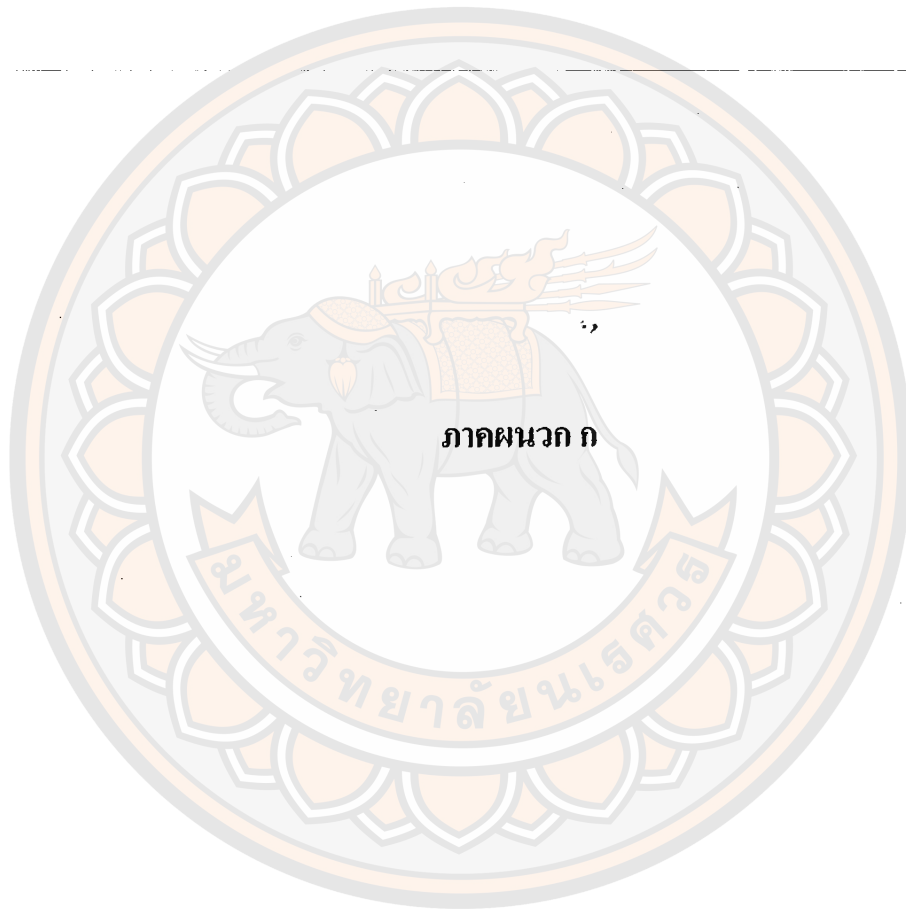
พ.ศ. 2552.จาก : [http:// tcmetal2549.igetweb.com/index.php?mo=5&qid=](http://tcmetal2549.igetweb.com/index.php?mo=5&qid=)

(ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปี เผยแพร่). อลูมิเนียม ซิลิกอน. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม

พ.ศ. 2552.จาก : [http:// www.aluminiumlearning.com/html/c_3xx_x.html](http://www.aluminiumlearning.com/html/c_3xx_x.html)

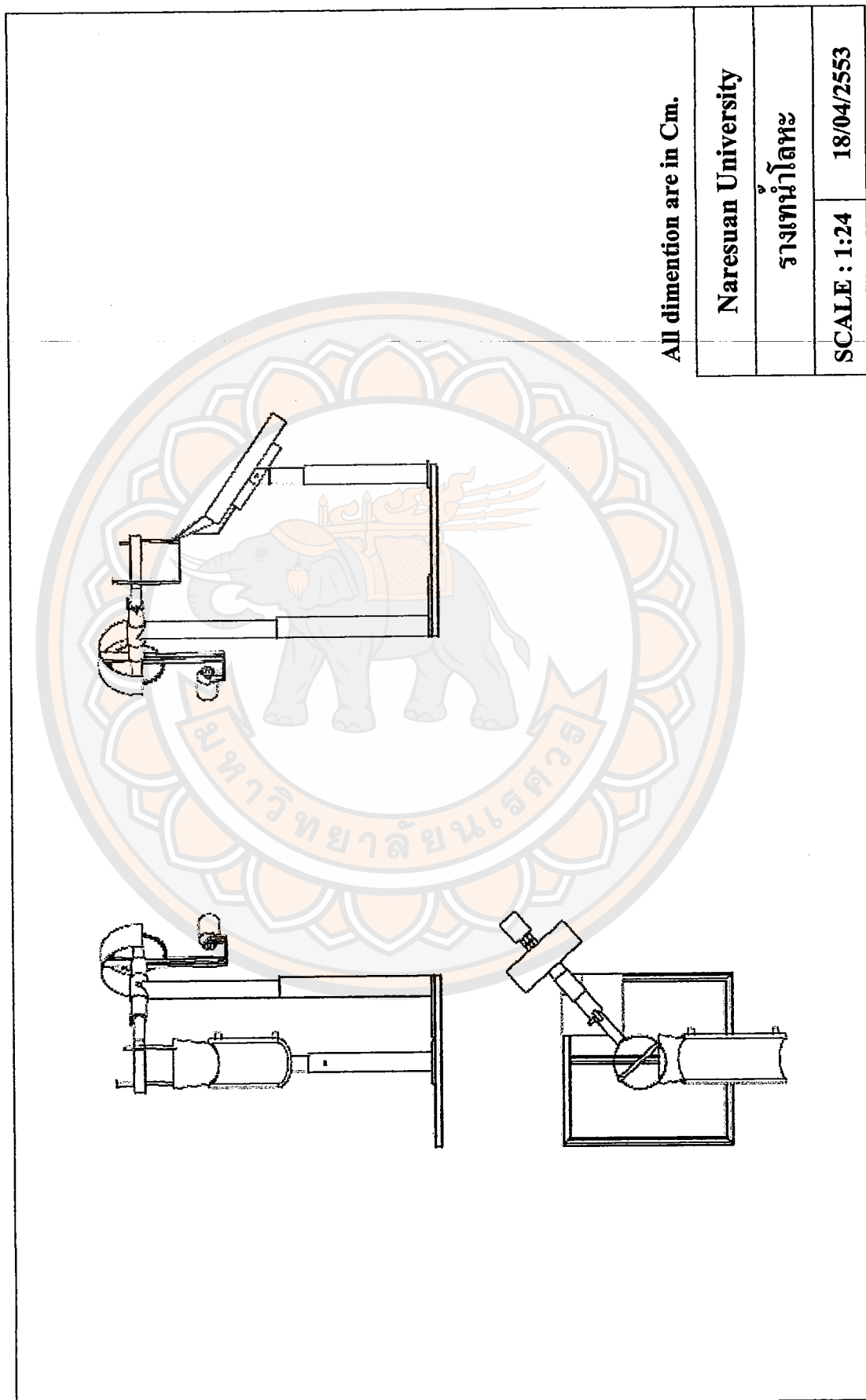
JIS HAND BOOK, 1998. **Non-Ferrous Metals & Metallurgy** : Japanese Standards associate
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าธนบุรี. (2000).Aluminium.[www.aluminiumlearning.com].12 พฤศจิกายน
2549.

Motegi, T. and Tanabe, F. 2004. **New Semi-Solid Casting of Copper Alloys Using an Inclined
Cooling Plate**. Proceeding of the Eighth S2P International Conference on Semi-Solid
Processing of Alloys and Composite, Limasol, Cyprus, Sep. 21-23, 2004: session 16-04



ภาคผนวก ก

มหาวิทยาลัยรัตนนคร



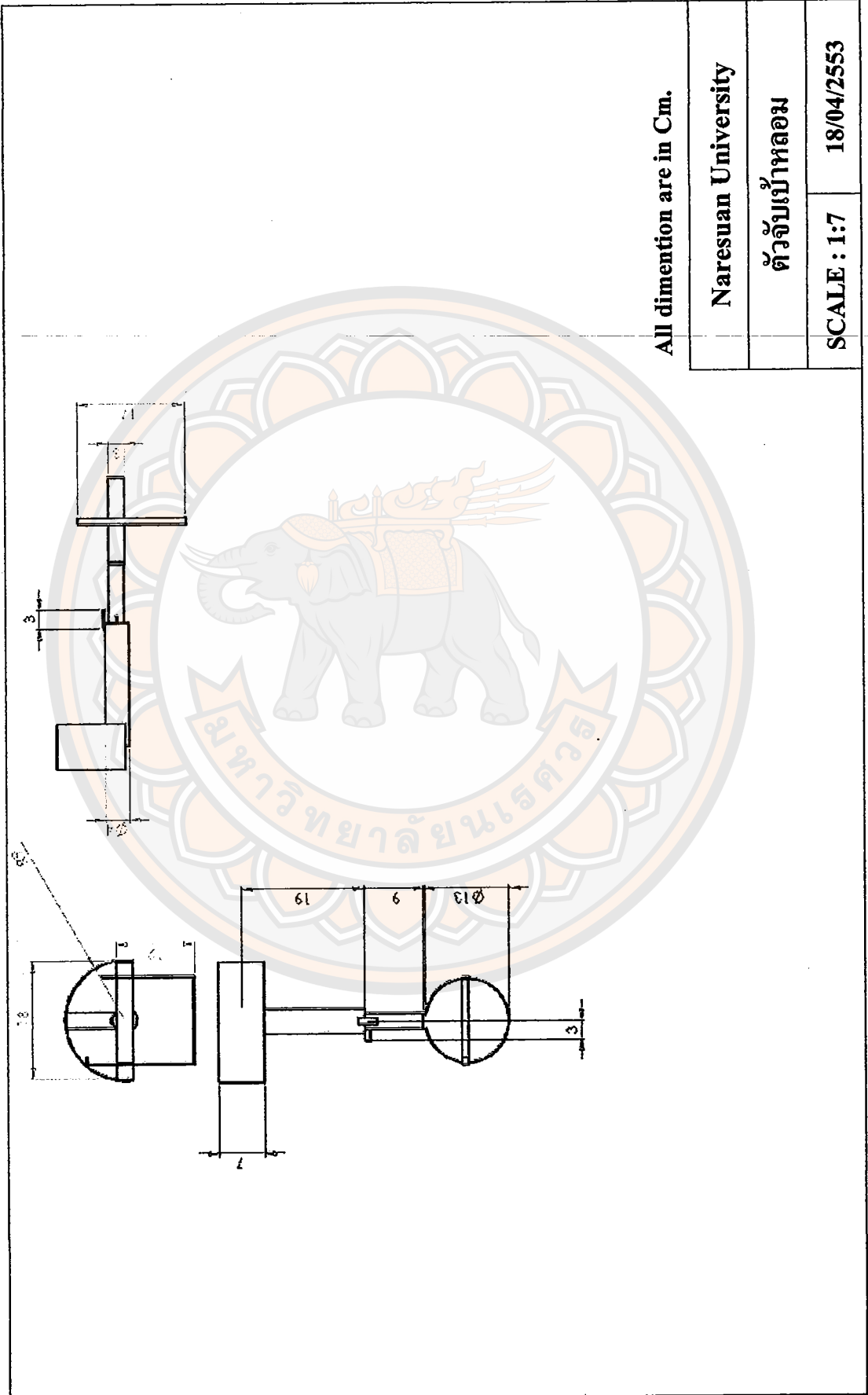
All dimension are in Cm.

Naresuan University

รายนามโต๊ะ

SCALE : 1:24 18/04/2553

รูปที่ ก.1 รายนามโต๊ะ



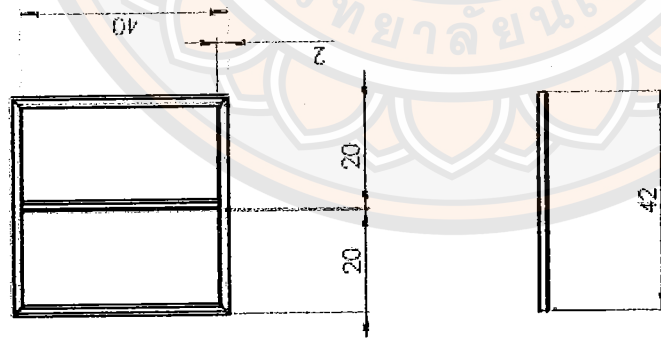
All dimension are in Cm.

Naresuan University

ตัวจับงาช้าง

SCALE : 1:7 18/04/2553

รูปที่ ก.2 ตัวจับงาช้าง



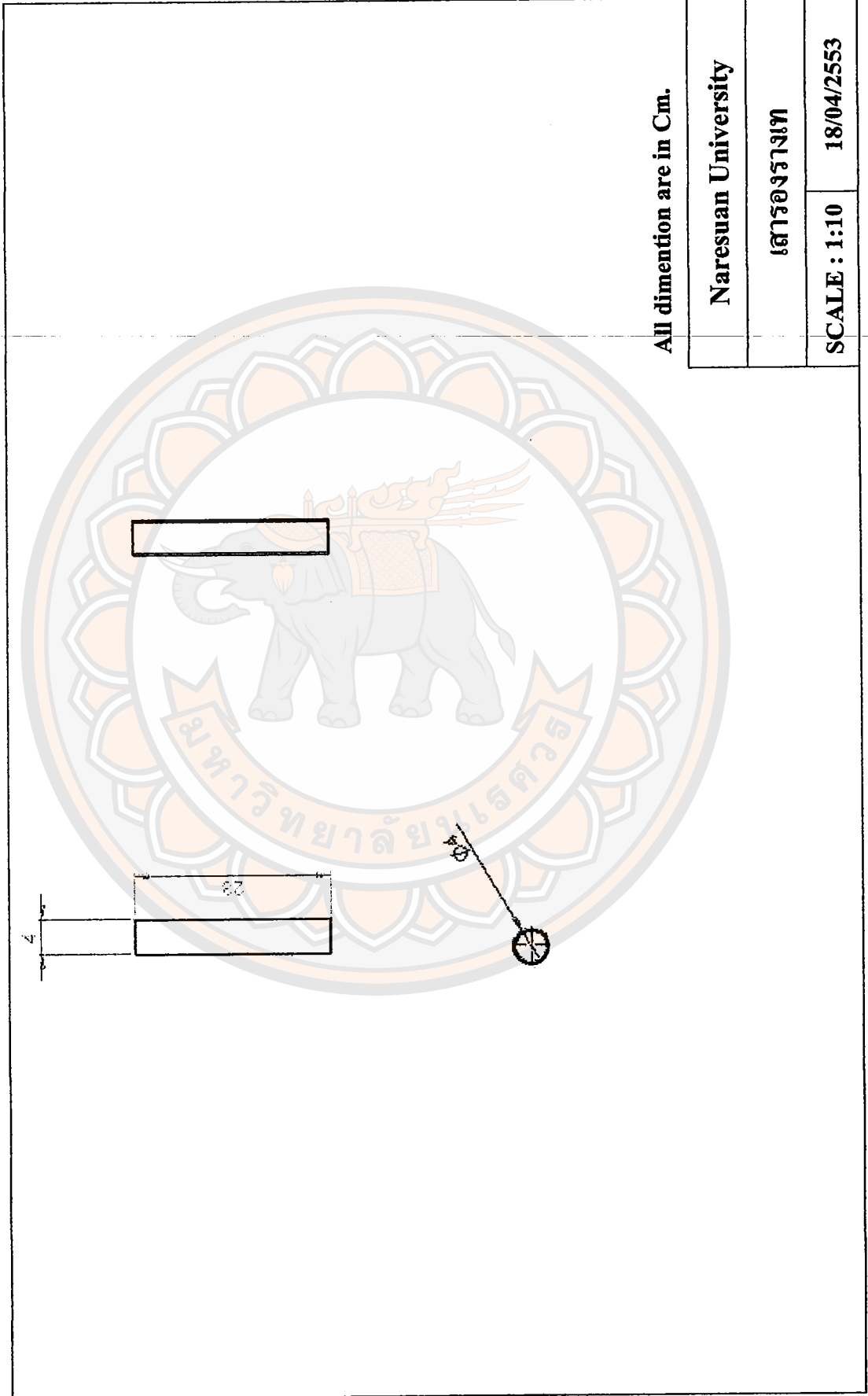
All dimension are in Cm.

Naresuan University

ฐานรางเท

SCALE : 1:17 18/04/2553

รูปที่ ก.3 ฐานรางเท



All dimension are in Cm.

Naresuan University	
เสารองรางเท	
SCALE : 1:10	18/04/2553

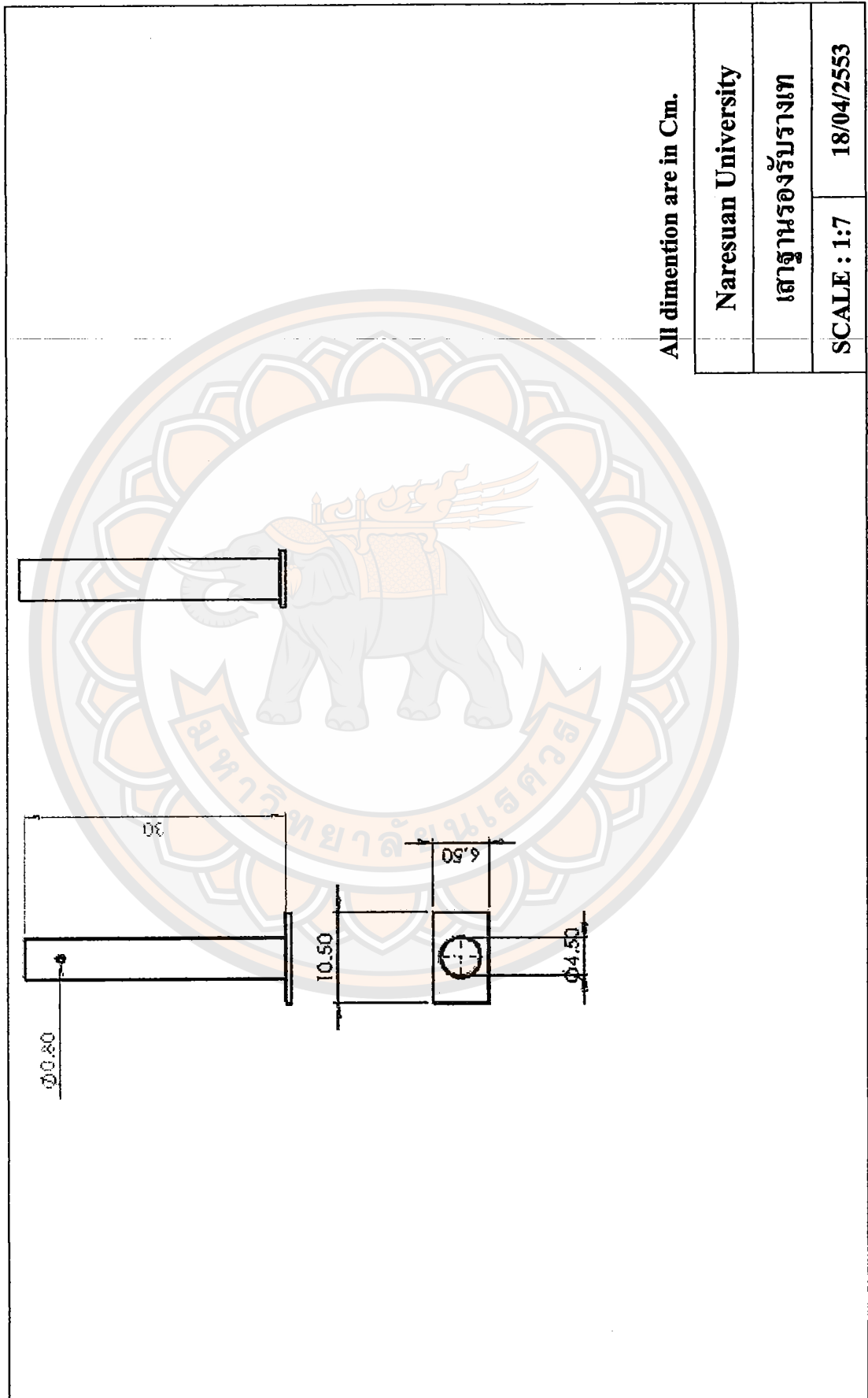
รูปที่ ก.4 เสารองรางเท

The image shows a technical drawing of a key. On the left, there is a cross-sectional view of the key with dimensions: a semi-circular top with a radius of 2, a total width of 4, and a height of 3. A dashed line labeled 'Key' points to this view. In the center, there is a perspective view of the key with a dimension of 0.20 for its thickness. On the right, there is a side view of the key. The background features a large watermark of Naresuan University, which includes an elephant and the Thai text 'มหาวิทยาลัยนเรศวร'.

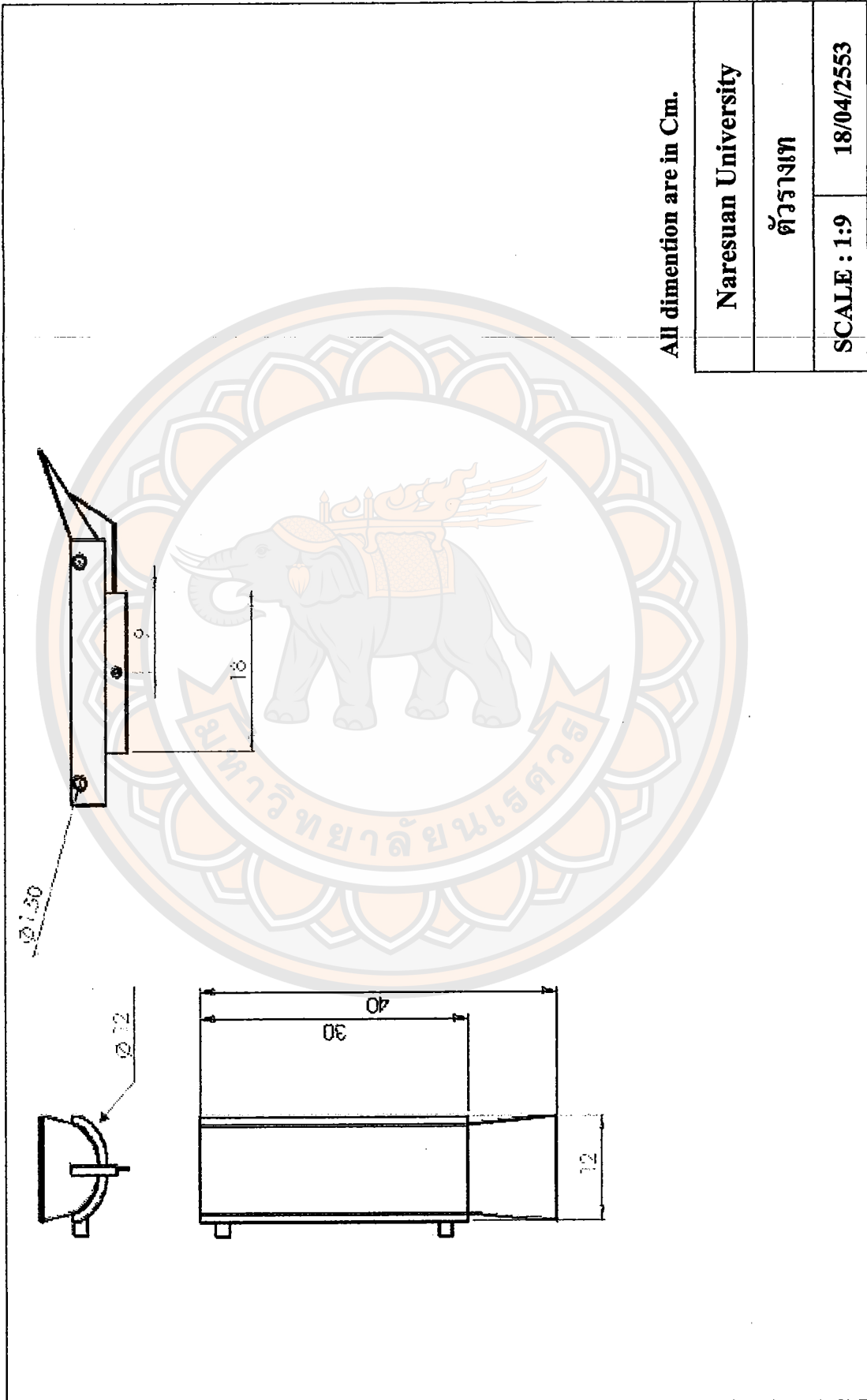
All dimension are in Cm.

Naresuan University	
ด้วยดีเสด็จทรงเท	
SCALE : 1:2	18/04/2553

รูปที่ ก.5 ด้วยดีเสด็จทรงเท



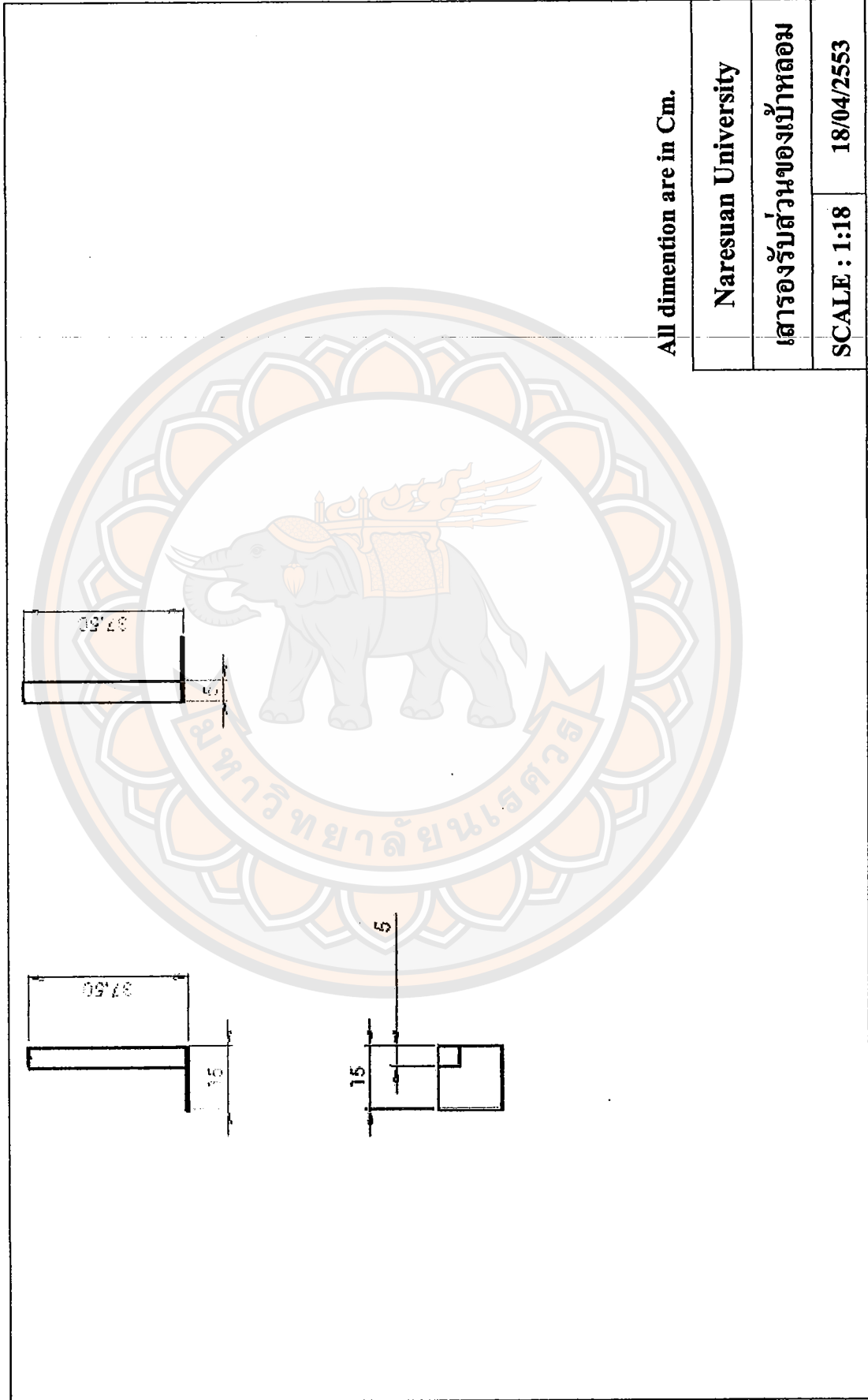
รูปที่ ก.6 เสาฐานรองรับรางเท



All dimension are in Cm.

Naresuan University	
ตัวรางเท	
SCALE : 1:9	18/04/2553

รูปที่ ก.7 ตัวรางเท



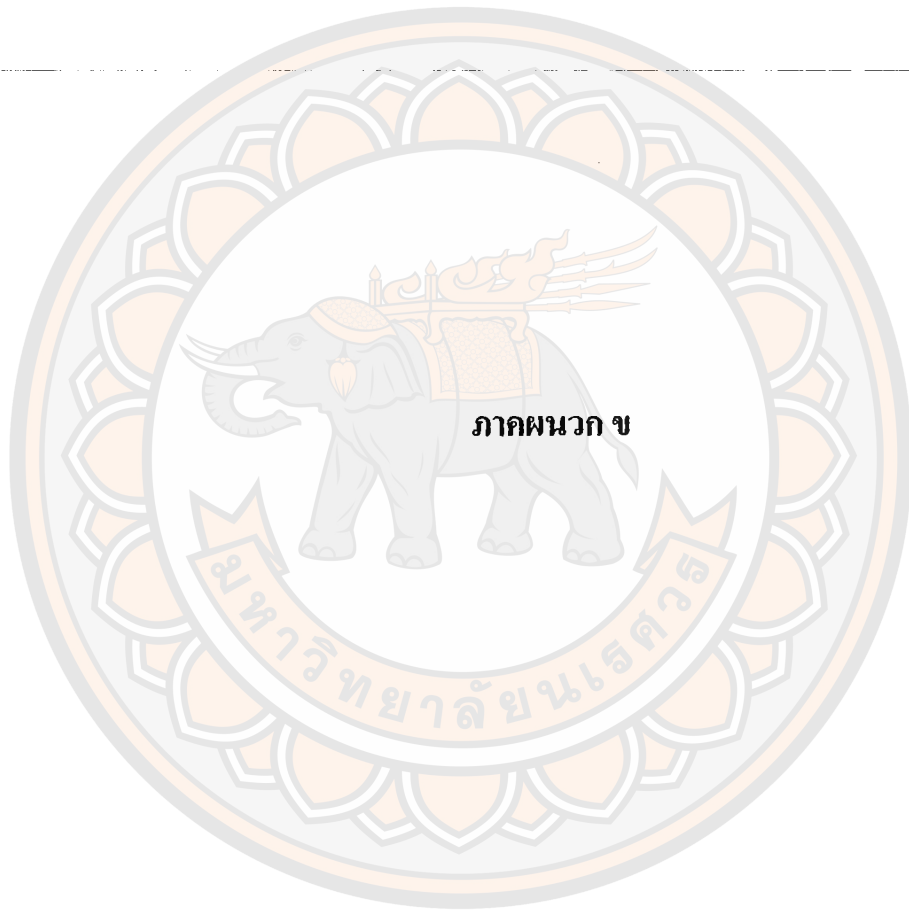
All dimension are in Cm.

Naresuan University

เสารองรับส่วนของบัวกลม

SCALE : 1:18 18/04/2553

รูปที่ ก.8 เสารองรับในส่วนของบัวกลม



ภาคผนวก ข

มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ราชบัณฑิตยสถาน

1.หาค่าความกลมของเกรนจากโปรแกรมวิเคราะห์ความกลม

การหาค่าความกลมของเกรนของอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 จากโปรแกรมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ตารางที่ ข.1 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศาเซลเซียส

โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.19206	14	0.46315	27	0.77455	40	0.60858	53	0.72988	66	0.23076
2	0.05900	15	0.64492	28	0.43121	41	0.41746	54	0.35416	67	0.25659
3	0.17738	16	0.41175	29	0.37033	42	0.55788	55	0.73984	68	0.52675
4	0.45816	17	0.31640	30	0.72038	43	0.36977	56	0.80852	69	0.10104
5	0.19962	18	0.27995	31	0.44358	44	0.43928	57	0.54728	70	0.28658
6	0.18764	19	0.42306	32	0.80852	45	0.40405	58	0.15571	71	0.33984
7	0.80852	20	0.64492	33	0.37169	46	0.42789	59	0.36909	72	0.78540
8	0.41767	21	0.23823	34	0.73733	47	0.27439	60	0.74108	73	0.34907
9	0.20413	22	0.55832	35	0.34386	48	0.61088	61	0.46142	74	0.72799
10	0.33964	23	0.92273	36	0.80852	49	0.30675	62	0.53586	75	0.12636
11	0.70130	24	0.30548	37	0.12959	50	0.28600	63	0.47021	76	0.27430
12	0.80852	25	0.49559	38	0.29619	51	0.80852	64	0.48916	77	0.54718
13	0.16617	26	0.29061	39	0.64303	52	0.64492	65	0.45824		
ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03859	26	0.64492	51	0.87590	76	0.52544	101	0.64736	126	0.78540
2	0.12848	27	0.12150	52	0.80852	77	0.73984	102	0.73984	127	0.06371
3	0.47860	28	0.64492	53	0.50906	78	0.50030	103	0.80852	128	0.64492
4	0.43364	29	0.24854	54	0.96737	79	0.80852	104	0.53901	129	0.34253
5	0.37569	30	0.08713	55	0.29934	80	0.55001	105	0.49710	130	0.96737
6	0.35594	31	0.51606	56	0.64492	81	0.38765	106	0.50305	131	0.80852

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 2 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
7	0.16097	32	0.50532	57	0.13851	82	0.13325	107	0.21493	132	1.57080
8	0.21203	33	0.38771	58	0.73984	83	0.34436	108	0.70257	133	0.80852
9	0.08666	34	0.33141	59	0.73984	84	0.73984	109	0.73984	134	0.37771
10	0.73984	35	0.78094	60	0.45523	85	0.50436	110	0.33156	135	0.42455
11	0.53000	36	0.33725	61	0.39800	86	0.15411	111	0.94449	136	0.80852
12	0.66218	37	0.34680	62	0.37722	87	0.32393	112	0.11047	137	0.73551
13	0.77455	38	0.25289	63	0.08873	88	0.32172	113	0.80852	138	0.61881
14	0.80852	39	0.51666	64	0.25085	89	0.26897	114	0.64492	139	0.17339
15	0.41801	40	0.43364	65	0.67459	90	0.26492	115	0.35098	140	0.87590
16	0.96737	41	0.80852	66	0.27612	91	0.65210	116	0.45127	141	0.90571
17	0.53586	42	0.80852	67	0.46555	92	0.36003	117	0.28929	142	0.18951
18	0.14167	43	0.48123	68	0.02858	93	0.65879	118	0.80852	143	0.33984
19	0.74114	44	0.62277	69	0.51745	94	0.10555	119	0.56708	144	0.39396
20	0.96737	45	0.42709	70	0.40075	95	0.65499	120	0.80852	145	0.26561
21	0.92480	46	0.95616	71	0.64492	96	0.60858	121	0.73984	146	0.55898
22	0.48848	47	0.08144	72	0.26786	97	0.80852	122	0.58609	147	0.81746
23	0.80852	48	0.80852	73	0.16153	98	0.72557	123	0.51486	148	0.34023
24	0.92480	49	0.19540	74	0.56430	99	0.47216	124	0.61627		
25	0.37620	50	0.12974	75	0.94866	100	0.08843	125	0.30258		

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.12826	18	0.14666	35	0.45816	52	0.31399	69	0.26684	86	0.64492
2	0.80852	19	0.30063	36	0.07070	53	0.80852	70	0.50305	87	0.53520
3	0.15009	20	0.45719	37	0.73984	54	0.13209	71	0.86992	88	0.33964
4	0.60626	21	0.96737	38	0.80852	55	0.96737	72	0.40947	89	0.64492
5	0.09989	22	0.02585	39	0.45285	56	0.21996	73	0.22981	90	0.23552
6	0.47383	23	0.57784	40	0.45816	57	0.46534	74	0.71923	91	0.73984
7	0.02143	24	0.77455	41	0.43364	58	0.09389	75	0.52217	92	0.38006
8	0.64736	25	0.79467	42	0.30676	59	0.13483	76	0.92273	93	0.31979
9	0.45974	26	0.50988	43	0.61515	60	0.20301	77	0.73984	94	0.59401
10	0.35499	27	0.15478	44	0.64492	61	0.15723	78	0.96737	95	0.51745
11	0.25769	28	0.33481	45	0.96737	62	0.67377	79	0.12274	96	0.94327
12	0.80852	29	0.87590	46	0.63865	63	0.13296	80	0.73984	97	0.46240
13	0.61515	30	0.46465	47	0.36893	64	0.19343	81	0.41618	98	0.80852
14	0.84507	31	0.96737	48	0.29993	65	0.64492	82	0.19895	99	0.55163
15	0.34603	32	0.38559	49	0.43364	66	0.52030	83	0.39132	100	0.80852
16	0.24818	33	0.73306	50	0.59890	67	0.56430	84	0.05983		
17	0.30667	34	0.10727	51	0.13607	68	0.74114	85	0.47470		
ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03859	18	0.65835	35	0.45816	52	0.31399	69	0.19526	86	0.44780
2	0.12848	19	0.46348	36	0.07070	53	0.80852	70	0.09546	87	0.60070
3	0.47860	20	0.58442	37	0.73984	54	0.13209	71	0.16567	88	0.42876
4	0.43364	21	0.44340	38	0.80852	55	0.96737	72	0.23721	89	0.59890
5	0.37569	22	0.51957	39	0.45285	56	0.21996	73	0.43364	90	0.52688
6	0.35594	23	0.42531	40	0.45816	57	0.46534	74	0.20363	91	0.66114

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 4 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
7	0.16097	24	0.33889	41	0.43364	58	0.09389	75	0.06229	92	0.67335
8	0.21203	25	0.51392	42	0.30676	59	0.13483	76	0.41845	93	0.14128
9	0.08666	26	0.50988	43	0.34448	60	0.20301	77	0.15165	94	0.64492
10	0.73984	27	0.15478	44	0.55881	61	0.15723	78	0.28407	95	0.53586
11	0.53000	28	0.33481	45	0.48468	62	0.67377	79	0.16748	96	0.80852
12	0.66218	29	0.87590	46	0.55531	63	0.13296	80	0.53469	97	0.64008
13	0.77455	30	0.46465	47	0.32594	64	0.19343	81	0.07434	98	0.00035
14	0.80852	31	0.96737	48	0.60739	65	0.64492	82	0.80852	99	0.23451
15	0.41801	32	0.38559	49	0.64073	66	0.52030	83	0.36416	100	0.34056
16	0.96737	33	0.73306	50	0.43316	67	0.56430	84	0.56531	101	0.64444
17	0.53586	34	0.10727	51	0.13607	68	0.58097	85	0.04179	102	0.12346
ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.040579	7	0.628614	13	0.672521	19	0.643029	25	0.523755	31	0.643029
2	0.055369	8	0.111674	14	0.50956	20	0.512855	26	0.397679	32	0.538258
3	0.14271	9	0.337848	15	0.610876	21	0.809059	26	0.444162	33	0.327085
4	0.5318	10	0.625022	16	0.355321	22	0.292124	27	0.924799	34	0.291121
5	0.123903	11	0.611225	17	0.345326	23	0.150906	29	0.557969	35	0.808518
6	0.535857	12	0.497925	18	0.23904	24	0.441305	30	0.666415	35	0.462399

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.11644	26	0.80852	51	0.36737	76	0.03241	101	0.80852	126	0.41900
2	0.06835	27	0.64736	52	0.94327	77	0.29743	102	0.20959	127	0.80852
3	0.04609	28	0.80852	53	0.61881	78	0.19119	103	0.80852	128	0.17326
4	0.22943	29	0.06849	54	0.40453	79	0.43189	104	0.02432	129	0.49901
5	0.09587	30	0.28751	55	0.53164	80	0.64492	105	0.80852	130	0.78540
6	0.32201	31	0.16802	56	0.29040	81	0.80852	106	0.41010	131	0.80852
7	0.80852	32	0.11263	57	0.38539	82	0.06127	107	0.28367	132	0.58811
8	0.77554	33	0.11921	58	0.13737	83	0.77618	108	0.02328	133	0.64492
9	0.28744	34	0.64623	59	0.80852	84	0.53901	109	0.66677	134	0.18085
10	0.73589	35	0.59890	60	0.21937	85	0.47793	110	0.44593	135	0.82020
11	0.96737	36	0.68202	61	0.34111	86	0.33558	111	0.80852	136	0.19462
12	0.51826	37	0.08241	62	0.05375	87	0.60785	112	0.71868	137	0.33195
13	0.39412	38	0.65045	63	0.05434	88	0.64492	113	0.53901	138	0.53586
14	0.05954	39	0.41281	64	0.80852	89	0.59890	114	0.30468	139	0.57777
15	0.47632	40	0.70391	65	0.80852	90	0.67377	115	0.64303	140	0.06940
16	0.59890	41	0.10051	66	0.80852	91	0.15202	116	0.09979	141	0.73984
17	0.94327	42	0.92480	67	0.83232	92	0.64492	117	0.53415	142	0.80852
18	0.56593	43	0.38874	68	0.36271	93	0.80852	118	0.21787	143	0.64623
19	0.53236	44	0.80852	69	0.64492	94	0.94327	119	0.50581	144	0.59890
20	0.25902	45	0.64492	70	0.33247	95	0.05541	120	0.34266	145	0.75714
21	0.62881	46	0.06577	71	0.52147	96	0.59642	121	0.71768	146	0.33326
22	0.27851	47	0.52399	72	0.12937	97	0.64303	122	0.80852	147	0.49198
23	0.52647	48	0.65360	73	0.30758	98	0.71853	123	0.48013	148	0.46136
24	0.66196	49	0.73984	74	0.68994	99	0.73984	124	0.53586	149	0.83232
25	0.41924	50	0.53901	75	0.92480	100	0.82020	125	0.82020	150	0.71768

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.66724	20	0.80852	39	0.44017	58	0.40155	77	0.29370	96	0.59890
2	0.30760	21	0.12159	40	0.08656	59	0.76162	78	0.73984	97	0.59117
3	0.22490	22	0.64736	41	0.25271	60	0.55282	79	0.73984	98	0.80852
4	0.06669	23	0.10058	42	0.35269	61	0.53586	80	0.05076	99	0.80852
5	0.52168	24	0.80852	43	0.15135	62	0.15969	81	0.80852	100	0.59890
6	0.22997	25	0.80906	44	0.36225	63	0.57487	82	0.04987	101	0.51486
7	0.64736	26	0.58338	45	0.73984	64	0.80852	83	0.58737	102	0.64492
8	0.19889	27	0.19294	46	0.68994	65	0.08611	84	0.58841	103	0.12834
9	0.31625	28	0.22397	47	0.55276	66	0.07395	85	0.80852	104	0.64736
10	0.64492	29	0.95616	48	0.67377	67	0.73984	86	0.13881	105	0.30667
11	0.44338	30	0.50902	49	0.04111	68	0.56430	87	0.50775	106	0.30340
12	0.36203	31	0.92480	50	0.60112	69	0.80852	88	0.40426	107	0.62700
13	0.32778	32	0.60639	51	0.18626	70	0.44961	89	0.60639	108	0.04522
14	0.16211	33	0.96737	52	0.37877	71	0.50305	90	0.53901	109	0.51755
15	0.33765	34	0.80852	53	0.31055	72	0.96737	91	0.29928	110	0.56389
16	0.96737	35	0.80852	54	0.59890	73	0.96737	92	0.40426	111	0.73984
17	0.76360	36	0.96737	55	0.51263	74	0.06116	93	0.96737	112	0.53586
18	0.18255	37	0.96737	56	0.30263	75	0.41183	94	0.94327	113	0.59890
19	0.64492	38	0.51756	57	0.57034	76	0.38006	95	0.18238	114	0.40909

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.07802	21	0.80852	41	0.73984	61	0.04358	81	0.27654	101	0.60639
2	0.06928	22	0.15264	42	0.94327	62	0.59890	82	0.67377	102	0.31215
3	0.40189	23	0.73984	43	0.48654	63	0.80852	83	0.43121	103	0.38514
4	0.15813	24	0.73984	44	0.09460	64	0.64492	84	0.09951	104	0.87590
5	0.64492	25	0.22049	45	0.64736	65	0.23331	85	0.28165	105	0.80852
6	0.06790	26	0.37091	46	0.60639	66	0.13964	86	0.85737	106	0.40486
7	0.43364	27	0.45816	47	0.29533	67	0.39959	87	0.54681	107	0.54550
8	0.30785	28	0.45710	48	0.48708	68	0.30584	88	0.80852	108	0.44336
9	0.11314	29	0.09915	49	0.49433	69	0.57429	89	0.60295	109	0.73984
10	0.21881	30	0.16420	50	0.24304	70	0.38918	90	0.30933	110	0.57408
11	0.29123	31	0.50438	51	0.49452	71	0.59255	91	0.29391	111	0.57080
12	0.60639	32	0.16969	52	0.19616	72	0.25336	92	0.27825	112	0.24627
13	0.80852	33	0.80852	53	0.80852	73	0.80852	93	0.96737	113	0.12837
14	0.23883	34	0.09855	54	0.64303	74	0.80852	94	0.20986	114	0.41603
15	0.82020	35	0.53586	55	0.80852	75	0.96737	95	0.17395	115	0.31493
16	0.53586	36	0.37332	56	0.19633	76	0.25588	96	0.30996	116	0.22604
17	0.53901	37	0.43364	57	0.16068	77	0.40460	97	0.42151	117	0.12417
18	0.80852	38	0.80852	58	0.51745	78	0.55779	98	0.64303	118	0.50578
19	0.37283	39	0.22995	59	0.48442	79	0.19887	99	0.50305	119	0.33573
20	0.64492	40	0.67377	60	0.25440	80	0.18161	100	0.96737	120	0.80852

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.16118	16	0.06149	31	0.53776	46	0.14198	61	0.27287	76	0.45538
2	0.11338	17	0.43688	32	0.09552	47	0.58540	62	0.77618	77	0.23297
3	0.47218	18	0.39501	33	0.51263	48	0.40812	63	0.26514	78	0.03996
4	0.14698	19	0.64492	34	0.50305	49	0.61601	64	0.12625	79	0.99178
5	0.07471	20	0.37371	35	0.33321	50	0.22763	65	0.96737	80	0.18490
6	0.38411	21	0.29944	36	0.43494	51	0.65879	66	0.40566	81	0.31482
7	0.60858	22	0.38898	37	0.40005	52	0.73984	67	0.20879	82	0.14181
8	0.45041	23	0.48923	38	0.33952	53	0.50047	68	0.14307	83	0.30500
9	0.29742	24	0.40658	39	0.80852	54	0.28821	69	0.82020	84	0.19701
10	0.56607	25	0.68939	40	0.12497	55	0.33274	70	0.96737	85	0.80852
11	0.41210	26	0.05628	41	0.27155	56	0.14462	71	0.96737	86	0.39345
12	0.57194	27	0.53586	42	0.46637	57	0.69815	72	0.54681	87	0.80852
13	0.41123	28	0.46396	43	0.55259	58	0.10797	73	0.19277		
14	0.48369	29	0.16176	44	0.16102	59	0.48976	74	0.64984		
15	0.23286	30	0.69360	45	0.90130	60	0.10119	75	0.88261		

ตารางที่ ข.2 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ค่าที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03994	20	0.20104	39	0.72553	58	0.78792	77	0.70381	96	0.83353
2	0.45327	21	0.69010	40	0.59835	59	0.75369	78	0.73504	97	0.10500
3	0.39948	22	0.68581	41	0.78600	60	0.61107	79	0.76763	98	0.59890
4	0.64807	23	0.74303	42	0.42582	61	0.65583	80	0.63259	99	0.69963
5	0.65278	24	0.77474	43	0.77185	62	0.38105	81	0.67435	100	0.47557

ตารางที่ ข.2(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 1 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
6	0.25889	25	0.63839	44	0.46341	63	0.75244	82	0.56846	101	0.64350
7	0.24328	26	0.65022	45	0.72585	64	0.41923	83	0.38929	102	0.80852
8	0.58935	27	0.79218	46	0.55332	65	0.55467	84	0.53586	103	0.27559
9	0.68075	28	0.58975	47	0.55872	66	0.51633	85	0.66517	104	0.47561
10	0.44857	29	0.75455	48	0.66249	67	0.40005	86	0.57519	105	0.56757
11	0.32751	30	0.52623	49	0.18276	68	0.72408	87	0.34366	106	0.75209
12	0.96737	31	0.61665	50	0.37510	69	0.96737	88	0.58260	107	0.58622
13	0.72984	32	0.51034	51	0.48405	70	0.76848	89	0.64303	108	0.44260
14	0.68994	33	0.19742	52	0.16228	71	0.71160	90	0.37837	109	0.47847
15	0.67864	34	0.59890	53	0.57446	72	0.62503	91	0.63931	110	0.64940
16	0.42544	35	0.78540	54	0.49573	73	0.42772	92	0.73984	111	0.59648
17	0.42222	36	0.30094	55	0.47847	74	0.25718	93	0.08110	112	0.78792
18	0.80852	37	0.78540	56	0.64940	75	0.17837	94	0.60472	113	0.75369
19	0.62811	38	0.78211	57	0.59648	76	0.49232	95	0.20273	114	0.61107
ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.30082	26	0.72629	51	0.52963	76	0.53899	101	0.60118	126	0.69257
2	0.72815	27	0.52108	52	0.75372	77	0.56750	102	0.81777	127	0.76975
3	0.52005	28	0.28966	53	0.79312	78	0.73459	103	0.62586	128	0.79792
4	0.71861	29	0.71674	54	0.74508	79	0.96737	104	0.18954	129	0.73984
5	0.74635	30	0.78140	55	0.84549	80	0.74630	105	0.38995	130	0.78540
6	0.38676	31	0.40907	56	0.75001	81	0.50010	106	0.60740	131	0.23407
7	0.78079	32	0.74897	57	0.43851	82	0.63891	107	0.34071	132	0.75381

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 2 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
8	0.82201	33	0.49285	58	0.69926	83	0.73567	108	0.62384	133	0.62581
9	0.82752	34	0.79169	59	0.78239	84	0.63522	109	0.76595	134	0.50265
10	0.28062	35	0.52816	60	0.61551	85	0.74483	110	0.39972	135	0.77877
11	0.26510	36	0.61713	61	0.60680	86	0.67369	111	0.96737	136	0.78237
12	0.58456	37	0.75978	62	0.78811	87	0.74178	112	0.39434	137	0.46136
13	0.59686	38	0.74991	63	0.55838	88	0.35267	113	0.96737	138	0.78286
14	0.43428	39	0.64905	64	0.77904	89	0.51446	114	0.42142	139	0.27425
15	0.96737	40	0.69398	65	0.81263	90	0.56555	115	0.78540	140	0.54059
16	0.51263	41	0.66968	66	0.54173	91	0.76297	116	0.33804	141	0.59890
17	0.35243	42	0.75620	67	0.70603	92	0.58274	117	0.76446	142	0.85555
18	0.80852	43	0.57347	68	0.70727	93	0.77539	118	0.61934	143	0.85737
19	0.71524	44	0.78540	69	0.73159	94	0.54138	119	0.69417	144	0.08735
20	0.96737	45	0.75088	70	0.83089	95	0.77344	120	0.72239		
21	0.61003	46	0.69774	71	0.35228	96	0.80316	121	0.77254		
22	0.67188	47	0.68301	72	0.64303	97	0.73819	122	0.77677		
23	0.60823	48	0.45675	73	0.68812	98	0.72202	123	0.61178		
24	0.49518	49	0.63067	74	0.54844	99	0.55779	124	0.45971		
25	0.78381	50	0.52742	75	0.64808	100	0.55035	125	0.42773		

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบวางเท

ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.29148	26	0.96737	51	0.96737	76	0.71791	101	0.64492	126	0.77455
2	0.60540	27	0.64492	52	0.78608	77	0.03713	102	0.04952	127	0.73984
3	0.65654	28	0.43689	53	0.35352	78	0.50305	103	0.60369	128	0.05876
4	0.12701	29	0.55488	54	0.37616	79	0.40460	104	0.70745	129	0.48339
5	0.51429	30	0.73984	55	0.61387	80	0.76991	105	0.32788	130	0.80852
6	0.27760	31	0.05568	56	0.34037	81	0.92480	106	0.95616	131	0.09244
7	0.60829	32	0.89835	57	0.68361	82	0.73984	107	0.80852	132	0.18411
8	0.68933	33	0.11391	58	0.50305	83	0.06274	108	0.34379	133	0.29826
9	0.69630	34	0.46480	59	0.45816	84	0.80852	109	0.34953	134	0.77721
10	0.52991	35	0.78100	60	0.69420	85	0.80852	110	0.21149	135	0.40579
11	0.56525	36	0.04237	61	0.39369	86	0.47224	111	0.64303	136	0.73813
12	0.31095	37	0.58423	62	0.82988	87	0.38172	112	0.47433	137	0.70895
13	0.58306	38	0.80852	63	0.26467	88	0.80852	113	0.19878	138	0.50458
14	0.64306	39	0.11885	64	0.58737	89	0.39180	114	0.36019	139	0.50363
15	0.11283	40	0.72223	65	0.43364	90	0.80852	115	0.35829	140	0.50684
16	0.73984	41	0.96737	66	0.78540	91	0.50305	116	0.25668	141	0.61149
17	0.57634	42	0.13680	67	0.64442	92	0.50424	117	0.67374	142	0.57296
18	0.48979	43	0.55087	68	0.20121	93	0.64303	118	0.39222	143	0.80852
19	0.73051	44	0.70133	69	0.30208	94	0.23962	119	0.62613	144	0.80852
20	0.43863	45	0.56387	70	0.74980	95	0.23911	120	0.27051		
21	0.76049	46	0.06018	71	0.83846	96	0.96737	121	0.15182		
22	0.16316	47	0.18451	72	0.13617	97	0.83565	122	0.06582		
23	0.33069	48	0.62192	73	0.55001	98	0.20842	123	0.50305		
24	0.51599	49	0.56430	74	0.64303	99	0.80852	124	0.27725		
25	0.19053	50	0.36870	75	0.09936	100	0.45530	125	0.96737		
24	0.49518	49	0.63067	74	0.54844	99	0.55779	124	0.45971		
25	0.78381	50	0.52742	75	0.64808	100	0.55035	125	0.42773		

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.43444	23	0.70916	45	0.35884	67	0.34809	89	0.44598	111	0.42446
2	0.26525	24	0.56796	46	0.62755	68	0.28516	90	0.71768	112	0.80852
3	0.64492	25	0.12894	47	0.51668	69	0.60112	91	0.64736	113	0.36491
4	0.61981	26	0.48024	48	0.46240	70	0.64019	92	0.09202	114	0.30667
5	0.10799	27	0.47953	49	0.78540	71	0.42795	93	0.50864	115	0.66855
6	0.40764	28	0.24605	50	0.66677	72	0.45984	94	0.52890	116	0.33677
7	0.34756	29	0.53901	51	0.47214	73	0.64492	95	0.64303	117	0.28005
8	0.69100	30	0.34295	52	0.54736	74	0.53901	96	0.80906	118	0.78540
9	0.31916	31	0.43577	53	0.80852	75	0.38802	97	0.68820	119	0.75899
10	0.96737	32	0.82248	54	0.42195	76	0.56610	98	0.43082	120	0.96737
11	0.06650	33	0.18829	55	0.53845	77	0.37353	99	0.23513	121	0.56057
12	0.39341	34	0.67282	56	0.40266	78	0.51490	100	0.46869	122	0.21046
13	0.64303	35	0.53521	57	0.73880	79	0.36277	101	0.64492	123	0.49697
14	0.39152	36	0.70958	58	0.66178	80	0.57231	102	0.36318	124	0.96737
15	0.16005	37	0.52442	59	0.58167	81	0.64008	103	0.46106	125	0.77619
16	0.18779	38	0.67264	60	0.94327	82	0.64303	104	0.80852	126	0.78540
17	0.54232	39	0.51424	61	0.72060	83	0.38386	105	0.50906	127	0.78540
18	0.48856	40	0.34679	62	0.41879	84	0.53586	106	0.49539	128	0.73984
19	0.79429	41	0.74343	63	0.34994	85	0.77746	107	0.58841	129	0.92273
20	0.19857	42	0.69763	64	0.67614	86	0.56519	108	0.80852	130	0.23135
21	0.68069	43	0.41885	65	0.70109	87	0.58560	109	0.80852	131	0.17016
22	0.64492	44	0.64303	66	0.80852	88	0.45549	110	0.41883	132	0.67377

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบรางเท

ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.20768	16	0.53255	31	0.83141	46	0.41558	61	0.72396	76	0.44457
2	0.03589	17	0.47486	32	0.78627	47	0.39088	62	0.26308	77	0.67249
3	0.51998	18	0.41491	33	0.23808	48	0.40893	63	0.05909	78	0.27865
4	0.31433	19	0.82013	34	0.73553	49	0.84166	64	0.77455	79	0.59248
5	0.28109	20	0.33065	35	0.72942	50	0.53300	65	0.80852	80	0.70211
6	0.21169	21	0.65861	36	0.85268	51	0.69625	66	0.75836	81	0.60446
7	0.33525	22	0.12171	37	0.67941	52	0.58570	67	0.21517	82	0.76277
8	0.64606	23	0.20382	38	0.36449	53	0.82924	68	0.31393	83	0.64022
9	0.40841	24	0.22591	39	0.51725	54	0.73984	69	0.22394	84	0.78726
10	0.73984	25	0.85188	40	0.70491	55	0.20516	70	0.80344	85	0.76670
11	0.46713	26	0.65881	41	0.78430	56	0.69594	71	0.10249	86	0.56013
12	0.59890	27	0.83426	42	0.25985	57	0.67019	72	0.96737	87	0.80241
13	0.13254	28	0.20418	43	0.79690	58	0.79195	73	0.53459	88	0.48861
14	0.73984	29	0.29686	44	0.83241	59	0.12459	74	0.10595	89	0.17952
15	0.94327	30	0.79929	45	0.80026	60	0.78432	75	0.80554	90	0.49750
ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.49411	20	0.46240	39	0.61103	58	0.47164	77	0.64492	96	0.45513
2	0.40694	21	0.80852	40	0.05782	59	0.61915	78	0.46528	97	0.76490
3	0.58761	22	0.21825	41	0.49667	60	0.44956	79	0.34974	98	0.96737
4	0.56566	23	0.49746	42	0.65905	61	0.62392	80	0.70186	99	0.56831
5	0.23981	24	0.27121	43	1.57080	62	0.68825	81	0.53671	100	0.37099
6	0.19029	25	1.57080	44	0.38867	63	0.21222	82	0.69630	101	0.78540
7	0.20493	26	0.29250	45	0.53586	64	0.78540	83	0.57629	102	0.45595
8	0.22697	27	0.08359	46	0.68479	65	0.70419	84	0.41010	103	0.60879

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 6 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
9	0.38105	28	0.59766	47	0.55915	66	0.43252	85	0.64303	104	0.63491
10	0.56389	29	0.61009	48	0.24129	67	0.47039	86	0.80852	105	0.62552
11	0.73439	30	0.70958	49	0.21242	68	0.78540	87	0.57932	106	0.71284
12	0.25260	31	0.64492	50	0.35499	69	0.67940	88	0.78540	107	0.45552
13	0.53901	32	0.22301	51	0.48675	70	0.34908	89	0.69758	108	0.60460
14	0.85737	33	0.13344	52	0.40426	71	0.38105	90	0.55991	109	0.49573
15	0.80852	34	0.60828	53	0.72036	72	0.70688	91	0.81650	110	0.11929
16	0.51120	35	0.42142	54	0.39659	73	0.71791	92	0.74654	111	0.53908
17	0.80852	36	0.70236	55	0.64737	74	0.80852	93	0.32144		
18	0.61088	37	0.64303	56	0.53901	75	0.16437	94	0.78540		
19	0.32330	38	0.32685	57	0.67115	76	0.40426	95	0.64788		
ตำแหน่งที่ 7											
	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.02084	31	0.51562	61	0.55641	91	0.47643	121	0.08647	151	0.22601
2	0.07933	32	0.60151	62	0.60639	92	0.46774	122	0.62458	152	0.28226
3	0.80852	33	0.65323	63	0.58164	93	0.38222	123	0.20234	153	0.47258
4	0.14128	34	0.59150	64	0.83232	94	0.47411	124	0.46113	154	0.68138
5	0.66592	35	0.59672	65	0.96737	95	0.62997	125	0.63655	155	0.39761
6	0.71876	36	0.19657	66	0.42023	96	0.80852	126	0.32570	156	0.41169
7	0.50305	37	0.73021	67	0.40075	97	0.67073	127	0.61088	157	0.46425
8	0.43363	38	0.28092	68	0.47127	98	0.67399	128	0.77970	158	0.32369
9	0.96737	39	0.26502	69	0.63138	99	0.72070	129	0.46228	159	0.91441
10	0.40515	40	0.41019	70	0.77927	100	0.55894	130	1.01065	160	0.61088

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 7 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
11	0.50784	41	0.48157	71	0.55753	101	0.72243	131	0.74114	161	0.78540
12	0.13800	42	0.40872	72	0.60475	102	0.75808	132	0.53265	162	0.45042
13	0.12853	43	0.69177	73	0.66110	103	0.70495	133	0.38589	163	0.78048
14	0.59900	44	0.59405	74	0.69643	104	0.64009	134	0.30319	164	0.40545
15	0.44546	45	0.53249	75	0.81969	105	0.58547	135	0.29858	165	0.17578
16	0.62525	46	0.59734	76	0.78168	106	0.62386	136	0.78688	166	0.73897
17	0.48831	47	0.64783	77	0.69874	107	0.58770	137	0.24557	167	0.25631
18	0.63409	48	0.35156	78	0.64495	108	0.49776	138	0.43226	168	0.11742
19	0.55890	49	0.71840	79	0.26775	109	0.47793	139	0.74329	169	0.68928
20	0.75675	50	0.47347	80	0.42964	110	0.21434	140	0.71267	170	0.45514
21	0.57077	51	0.51410	81	0.70592	111	0.79475	141	0.32345	171	0.66196
22	0.28315	52	0.60443	82	0.78540	112	0.57664	142	0.30521	172	0.67502
23	0.64303	53	0.64671	83	0.13967	113	0.48120	143	0.70665	173	0.80852
24	0.53520	54	0.54468	84	0.74863	114	0.74114	144	0.73627	174	0.69236
25	0.67080	55	0.72266	85	0.41399	115	0.29470	145	0.43114	175	0.53917
26	0.66512	56	0.44364	86	0.33967	116	0.25567	146	0.64592		
27	0.40196	57	0.61149	87	0.15257	117	0.80852	147	0.37653		
28	0.42901	58	0.40260	88	0.94327	118	0.42455	148	0.40633		
29	0.36965	59	0.11557	89	0.17575	119	0.32698	149	0.16006		
30	0.78310	60	0.64492	90	0.71549	120	0.18962	150	0.68912		

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.13406	20	0.43532	39	0.68581	58	0.68532	77	0.53901	96	0.24448
2	0.28534	21	0.06835	40	0.44096	59	0.46466	78	0.65262	97	0.43734
3	0.39025	22	0.78540	41	0.39423	60	0.46836	79	0.37232	98	0.57080
4	0.40537	23	0.50305	42	0.54365	61	0.44260	80	0.22968	99	0.71768
5	0.18479	24	0.53586	43	0.33453	62	0.39133	81	0.71750	100	0.39547
6	0.14735	25	0.70489	44	0.46240	63	0.40387	82	0.25122	101	0.35421
7	0.43605	26	0.33806	45	0.78540	64	0.64303	83	0.41902	102	0.38063
8	0.61808	27	0.26043	46	0.43432	65	0.59659	84	0.80852	103	0.36135
9	0.51795	28	0.67377	47	0.49925	66	0.50193	85	0.20927	104	0.80852
10	0.50651	29	0.22515	48	0.43438	67	0.66438	86	0.47862	105	0.25007
11	0.55488	30	0.46180	49	0.34420	68	0.45816	87	0.52524	106	0.05469
12	0.38817	31	0.45079	50	0.49610	69	0.44556	88	0.63479	107	0.34484
13	0.63283	32	0.39886	51	0.96737	70	0.60392	89	0.24301	108	0.70301
14	0.60196	33	0.96737	52	0.55488	71	0.34082	90	0.24855	109	0.67634
15	0.53901	34	0.53901	53	0.73984	72	0.38694	91	0.71572	110	0.53679
16	0.31465	35	0.56295	54	0.06890	73	0.85737	92	0.27961	111	0.47449
17	0.40077	36	0.30319	55	0.63414	74	0.96737	93	0.65020	112	0.58069
18	0.40962	37	0.37499	56	0.47050	75	0.57824	94	0.48184		
19	0.50137	38	0.36791	57	0.61555	76	0.43071	95	0.49008		

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 620 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.24788	18	0.80852	35	0.50305	52	0.43842	69	0.28076	86	0.56354
2	0.06157	19	0.20283	36	0.53901	53	0.64303	70	0.12949	87	0.38726
3	0.02364	20	0.26895	37	0.05755	54	0.68049	71	0.78540	88	0.73984
4	0.73984	21	0.80852	38	0.56070	55	0.58841	72	0.78540	89	0.73984
5	0.55488	22	0.17901	39	0.21844	56	0.35066	73	0.63427	90	0.29345
6	0.96737	23	0.06724	40	0.73984	57	0.03202	74	0.15570	91	0.49261
7	0.15475	24	0.55305	41	0.24689	58	0.25646	75	0.96737	92	0.11136
8	0.80852	25	0.25177	42	0.73984	59	0.80852	76	0.53586	93	0.76086
9	0.58811	26	0.14204	43	0.96737	60	0.60639	77	0.64034	94	0.64303
10	0.26026	27	0.44982	44	0.04120	61	0.59890	78	0.68581	95	0.47166
11	0.13820	28	0.58841	45	0.39518	62	0.22269	79	0.64336	96	0.33635
12	0.46787	29	0.48933	46	0.05701	63	0.78540	80	0.30634	97	0.25205
13	0.53901	30	0.46240	47	0.59652	64	0.96737	81	0.14353	98	0.73984
14	0.40307	31	0.32017	48	0.40066	65	0.29424	82	0.23084	99	0.45104
15	0.51691	32	0.59890	49	0.44946	66	0.85737	83	0.73867	100	0.40740
16	0.08600	33	0.24795	50	0.67377	67	0.17611	84	0.66685	101	0.61088
17	0.78540	34	0.80852	51	0.34730	68	0.56829	85	0.80852	102	0.69095

ตารางที่ ข.3 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศาเซลเซียส
โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.07699	20	0.49328	39	0.55035	58	0.39808	77	0.04915	96	0.60639
2	0.57495	21	0.51040	40	0.55204	59	0.41987	78	0.64492	97	0.50579
3	0.36355	22	0.36992	41	0.36613	60	0.69991	79	0.28195	98	0.37298
4	0.17881	23	0.18761	42	0.32702	61	0.74659	80	0.45300	99	0.51860
5	0.19698	24	0.35998	43	0.45816	62	0.37301	81	0.73984	100	0.63985
6	0.25193	25	0.22781	44	0.36065	63	0.78540	82	0.31636	101	0.43366
7	0.23904	26	0.44204	45	0.35812	64	0.14699	83	0.26726	102	0.62161
8	0.05901	27	0.59413	46	0.42008	65	0.38288	84	0.75897	103	0.52292
9	0.40411	28	0.57696	47	0.73984	66	0.40716	85	0.59419	104	0.45582
10	0.26649	29	0.42510	48	0.37836	67	0.03830	86	0.44131	105	0.44170
11	0.30902	30	0.63886	49	0.39406	68	0.60563	87	0.24280	106	0.50739
12	0.19760	31	0.66082	50	0.24873	69	0.50270	88	0.64492	107	0.61088
13	0.96737	32	0.56077	51	0.39361	70	0.42312	89	0.96737	108	0.29982
14	0.64492	33	0.49596	52	0.39877	71	0.38512	90	0.96737	109	0.56859
15	0.80852	34	0.32094	53	0.59645	72	0.64303	91	0.22568	110	0.58132
16	0.57773	35	0.53354	54	0.52189	73	0.64492	92	0.45816	111	0.78540
17	0.51263	36	0.54913	55	0.53321	74	0.63886	93	0.59255	112	0.96737
18	0.25042	37	0.30375	56	0.76359	75	0.65396	94	0.51087	113	0.78540
19	0.61088	38	0.80852	57	0.08606	76	0.35104	95	0.35338		

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.56430	11	0.47004	21	0.39170	31	0.16423	41	0.33553	51	0.50003
2	0.42674	12	0.42627	22	0.80852	32	0.24082	42	0.64492	52	0.29128
3	0.47060	13	0.11847	23	0.45486	33	0.37277	43	0.68611	53	0.18820
4	0.22833	14	0.23731	24	0.29678	34	0.31895	44	0.18388	54	0.45451
5	0.45619	15	0.22932	25	0.66627	35	0.44734	45	0.13506	55	0.94327
6	0.22941	16	0.29258	26	0.96737	36	0.31497	46	0.61713	56	0.19820
7	0.16773	17	0.34829	27	0.50250	37	0.72553	47	0.12541	57	0.61410
8	0.22194	18	0.66555	28	0.32964	38	0.38094	48	0.38700	58	0.46986
9	0.48319	19	0.38929	29	0.96737	39	0.60091	49	0.80852		
10	0.38546	20	0.65778	30	0.10377	40	0.24733	50	0.40854		
ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.11283	21	0.78540	41	0.61975	61	0.53839	81	0.57456	101	0.52451
2	0.46223	22	0.26549	42	0.35934	62	0.14575	82	0.72828	102	0.73984
3	0.05006	23	0.50305	43	0.64492	63	0.78540	83	0.16985	103	0.39628
4	0.04632	24	0.59302	44	0.63034	64	0.30572	84	0.23549	104	0.96737
5	0.78540	25	0.12231	45	0.26525	65	0.77730	85	0.58786	105	0.45720
6	0.55108	26	0.07301	46	0.04320	66	0.21744	86	0.68515	106	0.96737
7	0.80852	27	0.64303	47	0.56898	67	0.48764	87	0.06852	107	0.26180
8	0.78540	28	0.59528	48	0.56484	68	0.32427	88	0.51651	108	0.55488
9	0.56022	29	0.64492	49	0.49444	69	0.47164	89	0.52360	109	0.42018
10	0.23097	30	0.33463	50	0.40251	70	0.21804	90	0.64303	110	0.43718

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 3 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
11	0.37745	31	0.49769	51	0.66196	71	0.14345	91	0.41795	111	0.41413
12	0.24463	32	0.44260	52	0.63996	72	0.96737	92	0.65032	112	0.52540
13	0.73007	33	0.22628	53	0.32917	73	0.38577	93	0.58781	113	0.52861
14	0.68581	34	0.46461	54	0.65604	74	0.44761	94	0.65415	114	0.38092
15	0.78540	35	0.46240	55	0.07747	75	0.22908	95	0.31867	115	0.57532
16	0.52360	36	0.96737	56	0.89835	76	0.80852	96	0.52551		
17	0.40426	37	0.25322	57	0.30447	77	0.48471	97	0.64303		
18	0.65577	38	0.54911	58	0.45505	78	0.11677	98	0.34864		
19	0.36124	39	0.22667	59	0.17378	79	0.56311	99	0.48158		
20	0.46107	40	0.73832	60	0.58654	80	0.13550	100	0.61925		
ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03813	12	0.57494	23	0.53620	34	0.29458	45	0.60402	56	0.47510
2	0.30199	13	0.07902	24	0.46449	35	0.64871	46	0.45353	57	0.06995
3	0.48018	14	0.56574	25	0.23145	36	0.68509	47	0.56725	58	0.28967
4	0.39409	15	0.40130	26	0.57381	37	0.23794	48	0.30790	59	0.28967
5	0.29156	16	0.55272	27	0.25059	38	0.57108	49	0.09941	60	0.64492
6	0.80852	17	0.42182	28	0.52041	39	0.80852	50	0.78540	61	0.36874
7	0.96737	18	0.45175	29	0.25271	40	0.67144	51	0.54585	62	0.10887
8	0.96737	19	0.80852	30	0.41716	41	0.55569	52	0.63063	63	0.39220
9	0.38172	20	0.62046	31	0.80852	42	0.59047	53	0.41129		
10	0.62104	21	0.34908	32	0.21739	43	0.36068	54	0.41527		
11	0.21674	22	0.47675	33	0.52605	44	0.54451	55	0.55240		

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.33610	11	0.80852	21	0.14516	31	0.29302	41	0.35217	51	0.53461
2	0.72360	12	0.28376	22	0.64492	32	0.62929	42	0.27288	52	0.73984
3	0.25386	13	0.55325	23	0.64303	33	0.34254	43	0.64492	53	0.10756
4	0.13523	14	0.53257	24	0.25302	34	0.32837	44	0.33567	54	0.16540
5	0.33053	15	0.39428	25	0.15494	35	0.24652	45	0.24539	55	0.06496
6	0.60104	16	0.32880	26	0.19996	36	0.40426	46	0.45134	56	0.59890
7	0.26998	17	0.47164	27	0.29060	37	0.17143	47	0.33602	57	0.19377
8	0.02945	18	0.64736	28	0.30129	38	0.18763	48	0.33654	58	0.24081
9	0.36992	19	0.78540	29	0.31225	39	0.34680	49	0.07346	59	0.42777
10	0.96737	20	0.44785	30	0.64492	40	0.05521	50	0.34693	60	0.59890
ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.80852	14	0.44570	27	0.23276	40	0.28850	53	0.66186	66	0.59234
2	0.39196	15	0.54528	28	0.23652	41	0.43287	54	0.84558	67	0.63946
3	0.69580	16	0.56867	29	0.64492	42	0.42729	55	0.67319	68	0.57906
4	0.66542	17	0.58547	30	0.49145	43	0.42009	56	0.44534	69	0.50542
5	0.51798	18	0.51481	31	0.65532	44	0.15762	57	0.42087	70	0.61841
6	0.48217	19	0.38821	32	0.57879	45	0.52981	58	0.64303	71	0.33046
7	0.33286	20	0.63494	33	0.23821	46	0.42170	59	0.53122	72	0.56462
8	0.37739	21	0.61683	34	0.96737	47	0.56718	60	0.23409	73	0.63284
9	0.55992	22	0.35650	35	0.16020	48	0.47855	61	0.33535	74	0.17622
10	0.80852	23	0.58022	36	0.53486	49	0.72293	62	0.22281	75	0.42093
11	0.20637	24	0.63442	37	0.91441	50	0.51481	63	0.09645	76	0.27504
12	0.07772	25	0.52042	38	0.46253	51	0.45336	64	0.53441	77	0.65091
13	0.60705	26	0.42561	39	0.60369	52	0.80852	65	0.42394	78	0.37176

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.11401	12	0.31324	23	0.69907	34	0.23115	45	0.14684	56	0.20200
2	0.54282	13	0.36076	24	0.80852	35	0.80852	46	0.44868	57	0.28452
3	0.16564	14	0.58985	25	0.59890	36	0.41526	47	0.42744	58	0.27287
4	0.33769	15	0.49722	26	0.26975	37	0.27972	48	0.39789	59	0.44265
5	0.49674	16	0.13000	27	0.57289	38	0.12614	49	0.38170	60	0.44110
6	0.22825	17	0.64440	28	0.54052	39	0.49027	50	0.67163	61	0.22590
7	0.65610	18	0.73984	29	0.67963	40	0.71768	51	0.72744	62	0.28311
8	0.67541	19	0.60059	30	0.73984	41	0.60639	52	0.55410	63	0.64190
9	0.22641	20	0.19206	31	0.37983	42	0.17614	53	0.60715	64	0.26771
10	0.75642	21	0.53740	32	0.17611	43	0.61555	54	0.29124		
11	0.30755	22	0.27042	33	0.80852	44	0.51564	55	0.23775		
ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.41845	18	0.65835	35	0.71315	52	0.69389	69	0.34512	86	0.54882
2	0.15165	19	0.46348	36	0.40356	53	0.49654	70	0.56961	87	0.34737
3	0.28407	20	0.58442	37	0.56225	54	0.61676	71	0.61776	88	0.63318
4	0.16748	21	0.44340	38	0.35865	55	0.20042	72	0.38165	89	0.57313
5	0.53469	22	0.51957	39	0.06914	56	0.46406	73	0.47637	90	0.49538
6	0.07434	23	0.42531	40	0.31315	57	0.67043	74	0.43574	91	0.37630
7	0.80852	24	0.33889	41	0.56787	58	0.51710	75	0.65514	92	0.51025
8	0.36416	25	0.51392	42	0.46508	59	0.67553	76	0.41861	93	0.72367
9	0.56531	26	0.34448	43	0.56848	60	0.64185	77	0.29025	94	0.50443

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 8 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
10	0.04179	27	0.55881	44	0.38414	61	0.80852	78	0.55402	95	0.63122
11	0.4478	28	0.48468	45	0.42085	62	0.44173	79	0.36574	96	0.52058
12	0.6007	29	0.55531	46	0.55695	63	0.41429	80	0.6495	97	0.60981
13	0.42876	30	0.32594	47	0.59348	64	0.56646	81	0.50579	98	0.77766
14	0.5989	31	0.60739	48	0.59812	65	0.57731	82	0.2897	99	0.59992
15	0.52688	32	0.64073	49	0.41764	66	0.59493	83	0.56633	100	0.39635
16	0.66114	33	0.43316	50	0.49802	67	0.587	84	0.65255	101	0.7098
ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.12379	18	0.80852	35	0.47612	52	0.33158	69	0.38451	86	0.7302
2	0.28262	19	0.60112	36	0.28774	53	0.49261	70	0.30676	87	0.34075
3	0.09717	20	0.55425	37	0.44495	54	0.31195	71	0.68066	88	0.59034
4	0.44608	21	0.52825	38	0.62981	55	0.42131	72	0.45256	89	0.37206
5	0.18681	22	0.47164	39	0.46168	56	0.55833	73	0.45473	90	0.4217
6	0.47066	23	0.60983	40	0.01972	57	0.37314	74	0.63465	91	0.20761
7	0.0715	24	0.50595	41	0.50433	58	0.53182	75	0.80852	92	0.58166
8	0.68336	25	0.46347	42	0.52595	59	0.27521	76	0.88261	93	0.62776
9	0.94327	26	0.35132	43	0.41058	60	0.5372	77	0.61154	94	0.44563
10	0.33651	27	0.66683	44	0.91631	61	0.39572	78	0.20913	95	0.80615
11	0.62084	28	0.71968	45	0.67312	62	0.48894	79	0.31408	96	0.32554
12	0.57468	29	0.63376	46	0.476	63	0.36134	80	0.64492	97	0.50598
13	0.44943	30	0.22116	47	0.31688	64	0.38598	81	0.7065	98	0.41094
14	0.70695	31	0.21807	48	0.4859	65	0.26111	82	0.33052	99	0.68778

ตารางที่ ข.4 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศาเซลเซียส

โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.15560	22	0.60748	43	0.54133	64	0.37318	85	0.64409	106	0.72624
2	0.13605	23	0.72244	44	0.55442	65	0.64006	86	0.46107	107	0.79004
3	0.08562	24	0.69840	45	0.58595	66	0.66091	87	0.22967	108	0.45636
4	0.07982	25	0.67289	46	0.52691	67	0.32044	88	0.44227	109	0.55802
5	0.55668	26	0.65460	47	0.63865	68	0.66442	89	0.72839	110	0.54249
6	0.52637	27	0.49027	48	0.63464	69	0.27637	90	0.59047	111	0.68647
7	0.59890	28	0.58584	49	0.65332	70	0.06765	91	0.67017	112	0.28463
8	0.57051	29	0.50023	50	0.58581	71	0.67572	92	0.55631	113	0.67101
9	0.46686	30	0.47713	51	0.45181	72	0.43509	93	0.52311	114	0.70499
10	0.53426	31	0.55344	52	0.44259	73	0.62853	94	0.76217	115	0.66342
11	0.65005	32	0.39754	53	0.54318	74	0.36225	95	0.74541	116	0.56789
12	0.46081	33	0.55203	54	0.66266	75	0.46457	96	0.67714	117	0.60116
13	0.17174	34	0.70155	55	0.64026	76	0.47028	97	0.65968	118	0.59486
14	0.42138	35	0.54617	56	0.23994	77	0.74557	98	0.62208	119	0.67349
15	0.81294	36	0.59850	57	0.96737	78	0.66728	99	0.35583	120	0.59288
16	0.71280	37	0.47486	58	0.67474	79	0.68747	100	0.60572	121	0.63712
17	0.70142	38	0.42919	59	0.59336	80	0.55395	101	0.44191	122	0.54904
18	0.70415	39	0.57045	60	0.54266	81	0.77402	102	0.66643	123	0.60021
19	0.73984	40	0.70443	61	0.67283	82	0.52123	103	0.55717	124	0.63194
20	0.73984	41	0.72020	62	0.73001	83	0.52276	104	0.66903		
21	0.61534	42	0.69040	63	0.56554	84	0.69727	105	0.72774		

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.09349	37	0.68920	73	0.52395	109	0.35348	145	0.54841	181	0.70965
2	0.14136	38	0.78457	74	0.67726	110	0.73382	146	0.49458	182	0.65066
3	0.56958	39	0.27309	75	0.71821	111	0.80359	147	0.62097	183	0.59081
4	0.20119	40	0.68990	76	0.80852	112	0.40194	148	0.38318	184	0.57172
5	0.06341	41	0.51306	77	0.56428	113	0.75120	149	0.45531	185	0.64251
6	0.24780	42	0.38995	78	0.71768	114	0.70902	150	0.46929	186	0.69975
7	0.43689	43	0.68102	79	0.92480	115	0.68252	151	0.50248	187	0.59727
8	0.80852	44	0.60016	80	0.62192	116	0.07010	152	0.50080	188	0.61269
9	0.81930	45	0.57487	81	0.55790	117	0.74617	153	0.61325	189	0.70938
10	0.71451	46	0.69587	82	0.80852	118	0.63209	154	0.60934	190	0.65195
11	0.71207	47	0.60582	83	0.50305	119	0.26853	155	0.59890	191	0.37016
12	0.76709	48	0.52499	84	0.63091	120	0.54817	156	0.48921	192	0.67484
13	0.69997	49	0.69832	85	0.37251	121	0.56601	157	0.52887	193	0.59172
14	0.63544	50	0.49754	86	0.42261	122	0.50305	158	0.30100	194	0.75681
15	0.67859	51	0.65808	87	0.76307	123	0.48689	159	0.13923	195	0.47718
16	0.55715	52	0.73080	88	0.77281	124	0.76851	160	0.20100	196	0.71184
17	0.78414	53	0.66196	89	0.45175	125	0.67506	161	0.63636	197	0.24864
18	0.62447	54	0.60961	90	0.76506	126	0.66872	162	0.38419	198	0.67134
19	0.48503	55	0.48636	91	0.72181	127	0.19183	163	0.28159	199	0.61609
20	0.67633	56	0.51006	92	0.53586	128	0.61375	164	0.31311	200	0.72174
21	0.56712	57	0.28246	93	0.30057	129	0.39818	165	0.90554	201	0.53894
22	0.77008	58	0.95616	94	0.59141	130	0.50622	166	0.22056	202	0.62306
23	0.22760	59	0.72735	95	0.78451	131	0.39755	167	0.66041	203	0.58600
24	0.29343	60	0.24675	96	0.79515	132	0.53029	168	0.34828	204	0.39483
25	0.61598	61	0.12321	97	0.54088	133	0.70468	169	0.62642	205	0.38905
26	0.66084	62	0.31507	98	0.81723	134	0.79921	170	0.73436	206	0.60388

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 2 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
27	0.59991	63	0.70461	99	0.72276	135	0.77456	171	0.73037	207	0.63865
28	0.52760	64	0.51325	100	0.62633	136	0.66144	172	0.56624	208	0.28519
29	0.60652	65	0.59602	101	0.65793	137	0.71215	173	0.56061	209	0.56197
30	0.54522	66	0.60682	102	0.76020	138	0.60995	174	0.54067	210	0.60972
31	0.62122	67	0.68749	103	0.72516	139	0.34692	175	0.58514	211	0.50120
32	0.64091	68	0.62636	104	0.39795	140	0.75741	176	0.70856	212	0.68158
33	0.71541	69	0.53027	105	0.68091	141	0.75185	177	0.65676		
34	0.58482	70	0.52642	106	0.54052	142	0.54659	178	0.47144		
35	0.65507	71	0.68127	107	0.71374	143	0.67568	179	0.24769		
36	0.80598	72	0.42855	108	0.79373	144	0.46203	180	0.51452		
ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.60571	26	0.94307	51	0.41008	76	0.56520	101	0.68119	126	0.77207
2	0.55566	27	0.66726	52	0.77292	77	0.62530	102	0.66851	127	0.65524
3	0.70546	28	0.55914	53	0.76786	78	0.46970	103	0.78393	128	0.55974
4	0.56566	29	0.48958	54	0.78413	79	0.69384	104	0.44523	129	0.81747
5	0.53352	30	0.57468	55	0.81713	80	0.82865	105	0.64185	130	0.48757
6	0.34543	31	0.45201	56	0.29028	81	0.75725	106	0.58721	131	0.68728
7	0.94307	32	0.72527	57	0.71973	82	0.96454	107	0.76386	132	0.39214
8	0.32418	33	0.47286	58	0.45667	83	0.73521	108	0.73235	133	0.60076
9	0.53653	34	0.42458	59	0.64387	84	0.37873	109	0.63168	134	0.78006

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
10	0.54670	35	0.60560	60	0.32133	85	0.77411	110	0.54444	135	0.54390
11	0.77218	36	0.78139	61	0.67504	86	0.64089	111	0.70219	136	0.83509
12	0.28194	37	0.77618	62	0.68036	87	0.73472	112	0.76733	137	0.38463
13	0.67173	38	0.66543	63	0.80508	88	0.80356	113	0.54069	138	0.48530
14	0.60161	39	0.59574	64	0.54550	89	0.73661	114	0.60868	139	0.23312
15	0.72356	40	0.69994	65	0.84420	90	0.54826	115	0.79315	140	0.94307
16	0.51785	41	0.70383	66	0.84294	91	0.78208	116	0.32411	141	0.48666
17	0.13701	42	0.70235	67	0.67987	92	0.56776	117	0.51319	142	0.83794
18	0.52296	43	0.50545	68	0.59997	93	0.66314	118	0.72347	143	0.37298
19	0.58646	44	0.76944	69	0.72456	94	0.71265	119	0.32152	144	0.35198
20	0.58184	45	0.66279	70	0.18838	95	0.68063	120	0.55718	145	0.56946
21	0.80646	46	0.65475	71	0.77284	96	0.78742	121	0.51975	146	0.52939
22	0.45347	47	0.32847	72	0.66320	97	0.63603	122	0.70102	147	
23	0.47568	48	0.62608	73	0.39738	98	0.31648	123	0.80938	148	
24	0.43049	49	0.77704	74	0.70111	99	0.77693	124	0.40817	149	
25	0.69955	50	0.24794	75	0.38121	100	0.35672	125	0.66020	150	
ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.54658	39	0.61747	77	0.20947	115	0.64492	153	0.50014	191	0.67939
2	0.35986	40	0.65292	78	0.67273	116	0.58902	154	0.68789	192	0.41840
3	0.41952	41	0.29345	79	0.29890	117	0.73423	155	0.71868	193	0.76173
4	0.39515	42	0.80841	80	0.07457	118	0.44944	156	0.59452	194	0.16849
5	0.66397	43	0.36313	81	0.49837	119	0.61404	157	0.55562	195	0.51263
6	0.59890	44	0.37815	82	0.77122	120	0.66828	158	0.34889	196	0.63313
7	0.66390	45	0.63911	83	0.45228	121	0.58774	159	0.53190	197	0.57162

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 4 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
8	0.56495	46	0.48880	84	0.67663	122	0.36404	160	0.50999	198	0.78109
9	0.26249	47	0.73984	85	0.64388	123	0.67679	161	0.72454	199	0.66624
10	0.46197	48	0.64065	86	0.36036	124	0.22697	162	0.52739	200	0.55123
11	0.37095	49	0.36682	87	0.16994	125	0.71616	163	0.74147	201	0.51339
12	0.07551	50	0.52786	88	0.63550	126	0.25741	164	0.61723	202	0.73405
13	0.17936	51	0.53681	89	0.52155	127	0.60467	165	0.59890	203	0.77619
14	0.44899	52	0.71513	90	0.55970	128	0.72966	166	0.54736	204	0.52027
15	0.56480	53	0.57465	91	0.46735	129	0.73974	167	0.72650	205	0.34507
16	0.73984	54	0.73448	92	0.64782	130	0.71692	168	0.34277	206	0.77534
17	0.53490	55	0.75593	93	0.38527	131	0.51978	169	0.77538	207	0.60807
18	0.60184	56	0.31038	94	0.46495	132	0.80852	170	0.70873	208	0.70907
19	0.58777	57	0.69525	95	0.78952	133	0.47843	171	0.65643	209	0.61723
20	0.80852	58	0.63452	96	0.53329	134	0.63997	172	0.51964	210	0.63230
21	0.70548	59	0.73794	97	0.57275	135	0.62217	173	0.65826	211	0.78540
22	0.46035	60	0.54220	98	0.53586	136	0.49246	174	0.50912	212	0.69230
23	0.55117	61	0.53228	99	0.65146	137	0.69525	175	0.64388	213	0.54658
24	0.59128	62	0.58415	100	0.69046	138	0.63452	176	0.36036	214	0.35986
25	0.80136	63	0.63831	101	0.51505	139	0.73794	177	0.16994	215	0.41952
26	0.37108	64	0.56116	102	0.37285	140	0.54220	178	0.63550	216	0.39515
27	0.62538	65	0.58607	103	0.61376	141	0.53228	179	0.52155	217	0.66397
28	0.50215	66	0.66349	104	0.64257	142	0.58415	180	0.55970	218	0.59890
29	0.61006	67	0.43190	105	0.53201	143	0.63831	181	0.46735	219	0.66390
30	0.65768	68	0.21146	106	0.49439	144	0.56116	182	0.64782	220	0.56495
31	0.61248	69	0.52505	107	0.48434	145	0.58607	183	0.38527	221	0.26249

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 4 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
32	0.57579	70	0.43155	108	0.49342	146	0.66349	184	0.46495	222	0.46197
33	0.48538	71	0.49673	109	0.70599	147	0.43190	185	0.78952	223	0.37095
34	0.57756	72	0.42889	110	0.57497	148	0.21146	186	0.53329	224	0.07551
35	0.56081	73	0.53716	111	0.52155	149	0.52505	187	0.57275		
36	0.73187	74	0.58902	112	0.55970	150	0.43155	188	0.53586		
37	0.65099	75	0.70282	113	0.46735	151	0.49673	189	0.65146		
38	0.47213	76	0.62595	114	0.64782	152	0.42889	190	0.69046		
ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03418	36	0.23829	71	0.25241	106	0.47738	141	0.36447	176	0.44848
2	0.42253	37	0.55230	72	0.49824	107	0.80852	142	0.30921	177	0.60231
3	0.10671	38	0.64492	73	0.41283	108	0.96737	143	0.49054	178	0.43632
4	0.62267	39	0.36069	74	0.78985	109	0.80852	144	0.71771	179	0.67070
5	0.48401	40	0.32504	75	0.80852	110	0.62753	145	0.72944	180	0.76005
6	0.80852	41	0.73984	76	0.50688	111	0.58637	146	0.49307	181	0.20197
7	0.07891	42	0.71768	77	0.40963	112	0.28847	147	0.66598	182	0.49703
8	0.80852	43	0.27641	78	0.45784	113	0.59140	148	0.47066	183	0.43231
9	0.94327	44	0.46703	79	0.56567	114	0.39316	149	0.27144	184	0.56717
10	0.17579	45	0.32947	80	0.96737	115	0.60982	150	0.36877	185	0.73734
11	0.36397	46	0.78540	81	0.35335	116	0.61081	151	0.62821	186	0.53682
12	0.26866	47	0.56598	82	0.61049	117	0.65234	152	0.36948	187	0.71668
13	0.96737	48	0.07969	83	0.36290	118	0.51058	153	0.72069	188	0.23011
14	0.06730	49	0.80852	84	0.55626	119	0.66435	154	0.64273	189	0.58478

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
15	0.50350	50	0.73551	85	0.80852	120	0.41100	155	0.54341	190	0.48294
16	0.59890	51	0.14786	86	0.45531	121	0.59982	156	0.44260	191	0.43550
17	0.73984	52	0.53901	87	0.53901	122	0.50595	157	0.43494	192	0.63363
18	0.10955	53	0.33033	88	0.59797	123	0.66591	158	0.59890	193	0.51951
19	0.61088	54	0.44656	89	0.65406	124	0.54257	159	0.48687	194	0.53585
20	0.80852	55	0.59245	90	0.18255	125	0.33505	160	0.35829	195	0.49765
21	0.73984	56	0.25016	91	0.51682	126	0.64888	161	0.24800	196	0.20853
22	0.48897	57	0.61457	92	0.54168	127	0.61608	162	0.69140	197	0.22181
23	0.25489	58	0.55941	93	0.58284	128	0.42125	163	0.44384	198	0.67187
24	0.71768	59	0.20801	94	0.23115	129	0.62012	164	0.34930	199	0.53672
25	0.73984	60	0.30178	95	0.63697	130	0.50842	165	0.72755	200	0.70430
26	0.80852	61	0.45983	96	0.26871	131	0.71660	166	0.46066	201	0.56138
27	0.32668	62	0.59424	97	0.38842	132	0.26315	167	0.60203	202	0.60203
28	0.64645	63	0.56274	98	0.35882	133	0.28616	168	0.08033	203	0.08033
29	0.49346	64	0.43386	99	0.44627	134	0.33984	169	0.44338	204	0.44338
30	0.56896	65	0.29446	100	0.61760	135	0.44022	170	0.20871	205	0.59890
31	0.61808	66	0.59154	101	0.71540	136	0.42654	171	0.57212	206	0.59890
32	0.38843	67	0.27408	102	0.96737	137	0.66936	172	0.22910		
33	0.18369	68	0.47467	103	0.20620	138	0.54470	173	0.67377		
34	0.06686	69	0.26312	104	0.73984	139	0.26420	174	0.37004		
35	0.45272	70	0.69511	105	0.83232	140	0.58844	175	0.25007		

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.11472	34	0.47199	67	0.57041	100	0.61403	133	0.73828	166	0.46485
2	0.35020	35	0.59390	68	0.83180	101	0.61140	134	0.55984	167	0.65209
3	0.30019	36	0.72302	69	0.75588	102	0.75609	135	0.37065	168	0.54561
4	0.27848	37	0.75948	70	0.55155	103	0.44215	136	0.67772	169	0.78249
5	0.56851	38	0.71700	71	0.57066	104	0.81962	137	0.57729	170	0.65325
6	0.45856	39	0.66632	72	0.70842	105	0.60580	138	0.45081	171	0.62397
7	0.42836	40	0.73329	73	0.74859	106	0.64720	139	0.66156	172	0.72132
8	0.08619	41	0.68633	74	0.76302	107	0.69590	140	0.73241	173	0.69990
9	0.53804	42	0.65038	75	0.45072	108	0.47015	141	0.49328	174	0.46317
10	0.09990	43	0.56447	76	0.61013	109	0.76226	142	0.56665	175	0.55070
11	0.46587	44	0.80166	77	0.54851	110	0.44797	143	0.66803	176	0.60013
12	0.56862	45	0.70606	78	0.69961	111	0.69414	144	0.45157	177	0.37642
13	0.46309	46	0.47607	79	0.56671	112	0.45935	145	0.49167	178	0.39145
14	0.75200	47	0.73428	80	0.47993	113	0.70480	146	0.52768	179	0.75781
15	0.59607	48	0.37516	81	0.39252	114	0.47237	147	0.43928	180	0.44221
16	0.67206	49	0.37855	82	0.52452	115	0.52663	148	0.68533	181	0.76028
17	0.69641	50	0.46344	83	0.82883	116	0.79092	149	0.58667	182	0.73896
18	0.60123	51	0.72793	84	0.74808	117	0.50478	150	0.59738	183	0.69731
19	0.65876	52	0.63109	85	0.82014	118	0.71558	151	0.56581	184	0.65943
20	0.47883	53	0.62177	86	0.66807	119	0.33922	152	0.58862	185	0.67128
21	0.64473	54	0.31903	87	0.75427	120	0.42832	153	0.68108	186	0.55303
22	0.66284	55	0.62457	88	0.42821	121	0.66953	154	0.64269	187	0.70047
23	0.48652	56	0.56322	89	0.34487	122	0.73973	155	0.46954	188	0.35413
24	0.38281	57	0.77119	90	0.73220	123	0.14232	156	0.61140	189	0.69718

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 6 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
25	0.63988	58	0.74850	91	0.76663	124	0.70640	157	0.64252	190	0.29368
26	0.68884	59	0.62234	92	0.61014	125	0.50205	158	0.66828	191	0.29694
27	0.42501	60	0.49049	93	0.58973	126	0.63952	159	0.71024	192	0.61921
28	0.53161	61	0.32459	94	0.34252	127	0.54866	160	0.58386	193	0.43088
29	0.42916	62	0.61902	95	0.59808	128	0.39894	161	0.20478	194	0.80852
30	0.57023	63	0.57283	96	0.58730	129	0.56391	162	0.45553	195	0.61042
31	0.73747	64	0.68088	97	0.71311	130	0.77468	163	0.39123	196	0.11042
32	0.79102	65	0.49849	98	0.61656	131	0.36609	164	0.73013		
33	0.27439	66	0.65600	99	0.59490	132	0.65699	165	0.42251		
ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.09343	20	0.82458	39	0.48202	58	0.70388	77	0.29571	96	0.56632
2	0.12049	21	0.42824	40	0.52162	59	0.68569	78	0.53603	97	0.65611
3	0.98055	22	0.43280	41	0.45775	60	0.43094	79	0.60163	98	0.82341
4	0.55425	23	0.65517	42	0.98376	61	0.22319	80	0.61648	99	0.73497
5	0.43633	24	0.12663	43	0.68237	62	0.59792	81	0.56963	100	0.52246
6	0.45856	25	0.50295	44	0.55072	63	0.26341	82	0.45117	101	0.63304
7	0.39422	26	0.60400	45	0.67618	64	0.61066	83	0.71702	102	0.49335
8	0.57778	27	0.46177	46	0.48636	65	0.73050	84	0.40673	103	0.71639
9	0.61889	28	0.61578	47	0.52354	66	0.55637	85	0.74904	104	0.62836
10	0.54404	29	0.63034	48	0.52408	67	0.23548	86	0.47849	105	0.60410
11	0.91939	30	0.73802	49	0.84816	68	0.61025	87	0.27770	106	0.61429
12	0.44090	31	0.24086	50	0.56280	69	0.92480	88	0.27407	107	0.62824

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 7 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
13	0.35349	32	0.33599	51	0.65003	70	0.55529	89	0.60895	108	0.47256
14	0.32165	33	0.67452	52	0.40677	71	0.48888	90	0.69292	109	0.41039
15	0.16877	34	0.44279	53	0.51943	72	0.67766	91	0.46519	110	0.29817
16	0.24649	35	0.34118	54	0.58836	73	0.49270	92	0.46805	111	0.31088
17	0.35538	36	0.51581	55	0.64629	74	0.33646	93	0.29974	112	0.60462
18	0.16907	37	0.19359	56	0.60099	75	0.47070	94	0.57180		
19	0.29817	38	0.62189	57	0.44290	76	0.64677	95	0.68921		
ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.39960	37	0.45714	73	0.64982	109	0.61019	145	0.61100	181	0.70923
2	0.59034	38	0.66453	74	0.51735	110	0.37598	146	0.37369	182	0.79758
3	0.67737	39	0.54140	75	0.78609	111	0.62404	147	0.72803	183	0.64794
4	0.47774	40	0.75904	76	0.71195	112	0.69096	148	0.76904	184	0.64979
5	0.40805	41	0.55177	77	0.47143	113	0.73918	149	0.78591	185	0.72848
6	0.48549	42	0.71910	78	0.56055	114	0.82642	150	0.69986	186	0.73301
7	0.53575	43	0.54685	79	0.71373	115	0.68425	151	0.71708	187	0.65192
8	0.16492	44	0.60197	80	0.65597	116	0.59269	152	0.22779	188	0.74340
9	0.45264	45	0.68184	81	0.70161	117	0.54739	153	0.70688	189	0.60774
10	0.70915	46	0.64468	82	0.65212	118	0.77523	154	0.63929	190	0.52949
11	0.70514	47	0.48705	83	0.74536	119	0.55873	155	0.57980	191	0.61215
12	0.59665	48	0.80852	84	0.47161	120	0.74149	156	0.50928	192	0.47763
13	0.59161	49	0.68226	85	0.70764	121	0.59276	157	0.60625	193	0.59538
14	0.72646	50	0.38575	86	0.47818	122	0.78146	158	0.60752	194	0.60648
15	0.50461	51	0.65231	87	0.57375	123	0.67118	159	0.71582	195	0.75585

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอคูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 8 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
16	0.77799	52	0.29760	88	0.77224	124	0.33709	160	0.68553	196	0.70216
17	0.07954	53	0.65934	89	0.32553	125	0.75072	161	0.61941	197	0.63306
18	0.53269	54	0.68149	90	0.65114	126	0.57588	162	0.76199	198	0.53368
19	0.76267	55	0.57048	91	0.81481	127	0.77074	163	0.46669	199	0.70131
20	0.80320	56	0.58269	92	0.54922	128	0.73167	164	0.72925	200	0.72734
21	0.73703	57	0.60012	93	0.30478	129	0.61522	165	0.64994	201	0.54150
22	0.43188	58	0.44255	94	0.75848	130	0.72226	166	0.44505	202	0.78194
23	0.56195	59	0.69550	95	0.16116	131	0.64898	167	0.59547	203	0.54565
24	0.81143	60	0.43707	96	0.62502	132	0.63334	168	0.61932	204	0.42820
25	0.15077	61	0.73096	97	0.54997	133	0.57874	169	0.58738	205	0.66395
26	0.72394	62	0.61388	98	0.72740	134	0.46418	170	0.67352	206	0.31111
27	0.68180	63	0.60077	99	0.71811	135	0.34814	171	0.77029	207	0.73251
28	0.48560	64	0.68169	100	0.70396	136	0.76483	172	0.76539	208	0.77986
29	0.65164	65	0.59481	101	0.55327	137	0.68546	173	0.61766	209	0.59732
30	0.65050	66	0.54826	102	0.65334	138	0.18211	174	0.69905	210	0.69190
31	0.55864	67	0.77570	103	0.79787	139	0.52349	175	0.62979	211	0.55374
32	0.62715	68	0.61320	104	0.70290	140	0.64492	176	0.16255	212	0.61014
33	0.12160	69	0.12680	105	0.64629	141	0.17693	177	0.59724	213	0.55749
34	0.61163	70	0.74829	106	0.50996	142	0.06967	178	0.73046	214	0.69979
35	0.58338	71	0.49837	107	0.51294	143	0.21725	179	0.35560	215	0.54994
36	0.74929	72	0.76420	108	0.60796	144	0.03797	180	0.31901	216	0.65009

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 640 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.4076	28	0.6086	55	0.5381	82	0.5264	109	0.3615	136	0.7135
2	0.4731	29	0.6068	56	0.5286	83	0.4542	110	0.6162	137	0.7271
3	0.2577	30	0.6389	57	0.5893	84	0.7146	111	0.6691	138	0.7900
4	0.3091	31	0.4613	58	0.5295	85	0.6301	112	0.4785	139	0.8105
5	0.7077	32	0.6774	59	0.5184	86	0.7054	113	0.7052	140	0.7398
6	0.3854	33	0.4181	60	0.4614	87	0.4589	114	0.5851	141	0.6891
7	0.4630	34	0.5570	61	0.6631	88	0.6578	115	0.8201	142	0.6219
8	0.2068	35	0.6307	62	0.5173	89	0.6407	116	0.4610	143	0.5652
9	0.5778	36	0.7035	63	0.7513	90	0.4717	117	0.6636	144	0.6854
10	0.6575	37	0.5487	64	0.4033	91	0.7053	118	0.2511	145	0.6145
11	0.2635	38	0.7141	65	0.7000	92	0.8050	119	0.4868	146	0.6754
12	0.5700	39	0.4271	66	0.7345	93	0.6247	120	0.5018	147	0.7708
13	0.0896	40	0.6063	67	0.4521	94	0.6195	121	0.7634	148	0.5409
14	0.5450	41	0.6424	68	0.4614	95	0.2365	122	0.5431	149	0.5912
15	0.5843	42	0.3244	69	0.6793	96	0.6162	123	0.6805	150	0.5244
16	0.6630	43	0.5198	70	0.7116	97	0.7423	124	0.6209	151	0.0378
17	0.4954	44	0.6545	71	0.1188	98	0.6899	125	0.7073	152	0.7285
18	0.7186	45	0.6089	72	0.5290	99	0.5862	126	0.6305	153	0.3810
19	0.6086	46	0.4574	73	0.6302	100	0.6369	127	0.5686	154	0.7767
20	0.5219	47	0.7551	74	0.8024	101	0.7998	128	0.7689	155	0.6004
21	0.4607	48	0.6802	75	0.5335	102	0.6387	129	0.5760	156	0.5496
22	0.6748	49	0.6594	76	0.5609	103	0.4738	130	0.6049	157	0.6371
23	0.6418	50	0.4256	77	0.5310	104	0.5660	131	0.5336	158	0.5055
24	0.6855	51	0.6202	78	0.6186	105	0.6160	132	0.7056	159	0.7370
25	0.7071	52	0.7291	79	0.5267	106	0.6714	133	0.5873	160	0.7032
26	0.6444	53	0.5822	80	0.7008	107	0.5832	134	0.6259	161	0.6758
27	0.6189	54	0.5461	81	0.6938	108	0.6639	135	0.7093	162	0.4227

ตารางที่ ข.5 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 660 องศาเซลเซียส

โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.18237	13	0.74402	25	0.08124	37	0.68765	49	0.23750	61	0.26686
2	0.15690	14	0.47597	26	0.16494	38	0.77642	50	0.26834	62	0.50305
3	0.24462	15	0.19586	27	0.46136	39	0.96737	51	0.20211	63	0.80852
4	0.07965	16	0.71569	28	0.96737	40	0.23205	52	0.22099	64	0.33205
5	0.04899	17	0.44100	29	0.78540	41	0.80852	53	0.31145	65	0.48924
6	0.08445	18	0.41403	30	0.08086	42	0.43364	54	0.69739	66	0.20663
7	0.41092	19	0.07338	31	0.48534	43	0.80852	55	0.17083	67	0.35944
8	0.69815	20	0.68501	32	0.17506	44	0.40746	56	0.61758		
9	0.11424	21	0.50927	33	0.58213	45	0.59890	57	0.59899		
10	0.40734	22	0.41904	34	0.73984	46	0.51448	58	0.62421		
11	0.37147	23	0.80852	35	0.15359	47	0.67906	59	0.34257		
12	0.10336	24	0.78540	36	0.44756	48	0.17855	60	0.62634		
ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.04387	13	0.32983	25	0.40760	37	0.31194	49	0.69907	61	0.43323
2	0.45447	14	0.59788	26	0.38245	38	0.50738	50	0.39158	62	0.55358
3	0.17497	15	0.57942	27	0.15191	39	0.61918	51	0.20606	63	0.61844
4	0.96737	16	0.34343	28	0.40396	40	0.55961	52	0.47420	64	0.63743
5	0.48785	17	0.32846	29	0.57021	41	0.60423	53	0.78540	65	0.29266
6	0.64841	18	0.21230	30	0.23992	42	0.57613	54	0.68266	66	0.44969
7	0.48219	19	0.45230	31	0.09348	43	0.36146	55	0.34633	67	0.36125
8	0.78540	20	0.49017	32	0.37660	44	0.65694	56	0.92480		
9	0.49170	21	0.48245	33	0.74153	45	0.16667	57	0.59006		
10	0.13966	22	0.51286	34	0.54813	46	0.74835	58	0.18927		
11	0.80852	23	0.57743	35	0.56684	47	0.36534	59	0.96737		
12	0.40616	24	0.63211	36	0.19489	48	0.59748	60	0.31528		

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.10116	11	0.50206	21	0.27805	31	0.49050	41	0.50453	51	0.03927
2	0.30799	12	0.54501	22	0.80852	32	0.33904	42	0.31574	52	0.73982
3	0.30259	13	0.25345	23	0.26579	33	0.48347	43	0.18824	53	0.69127
4	0.18461	14	0.33388	24	0.31427	34	0.47898	44	0.34892	54	0.20546
5	0.29190	15	0.64853	25	0.80852	35	0.13471	45	0.46124	55	0.44136
6	0.15570	16	0.06308	26	0.64563	36	0.63259	46	0.77417	56	0.79911
7	0.26154	17	0.31622	27	0.06116	37	0.23753	47	0.40662	57	0.53901
8	0.64492	18	0.17005	28	0.62147	38	0.23724	48	0.57502		
9	0.96737	19	0.26481	29	0.57658	39	0.06546	49	0.28654		
10	0.24678	20	0.24860	30	0.54803	40	0.26686	50	0.96737		
ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.08330	15	0.59309	29	0.56213	43	0.23286	57	0.71049	71	0.33030
2	0.59890	16	0.31855	30	0.33049	44	0.78540	58	0.31091	72	0.43201
3	0.92273	17	0.29506	31	0.30373	45	0.56130	59	0.38805	73	0.41325
4	0.64736	18	0.77044	32	0.50795	46	0.43035	60	0.54748	74	0.54119
5	0.36653	19	0.32926	33	0.40486	47	0.73244	61	0.54919	75	0.62091
6	0.61193	20	0.82020	34	0.46059	48	0.40612	62	0.14592	76	0.28604
7	0.38550	21	0.96737	35	0.45760	49	0.32099	63	0.46589	77	0.08541
8	0.22124	22	0.55172	36	0.48602	50	0.32118	64	0.80906	78	0.07946
9	0.53732	23	0.72793	37	0.50916	51	0.05918	65	0.22707	79	0.35219
10	0.49649	24	0.64883	38	0.42133	52	0.78540	66	0.14926	80	0.40005
11	0.64350	25	0.80852	39	0.35749	53	0.43543	67	0.37002	81	0.27571
12	0.10030	26	0.56057	40	0.23657	54	0.62527	68	0.75412		
13	0.52996	27	0.62421	41	0.55325	55	0.39726	69	0.53290		
14	0.52484	28	0.30400	42	0.42205	56	0.35058	70	0.47202		

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.03221	13	0.56718	25	0.47898	37	0.09042	49	0.14131	61	0.80852
2	0.09949	14	0.26648	26	0.67236	38	0.58509	50	0.73338	62	0.49142
3	0.21872	15	0.63741	27	0.61477	39	0.56289	51	0.37899	63	0.48377
4	0.36980	16	0.51892	28	0.38580	40	0.63568	52	0.32579	64	0.49064
5	0.45054	17	0.60308	29	0.57208	41	0.47128	53	0.59739	65	0.25698
6	0.56784	18	0.08830	30	0.59524	42	0.59300	54	0.57990	66	0.62826
7	0.57804	19	0.71231	31	0.62717	43	0.22534	55	0.58697	67	0.73280
8	0.73530	20	0.77240	32	0.64844	44	0.74782	56	0.41780	68	0.66021
9	0.68081	21	0.38959	33	0.69475	45	0.63981	57	0.27671	69	0.17887
10	0.69462	22	0.64492	34	0.35775	46	0.58686	58	0.59687		
11	0.25650	23	0.73984	35	0.45112	47	0.52351	59	0.46256		
12	0.68388	24	0.63366	36	0.63262	48	0.66817	60	0.30426		
ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.29188	15	0.49197	29	0.56615	43	0.47292	57	0.63536	71	0.59976
2	0.35129	16	0.81049	30	0.63832	44	0.55542	58	0.49165	72	0.56375
3	0.50993	17	0.69788	31	0.75428	45	0.56358	59	0.55974	73	0.51335
4	0.50544	18	0.62795	32	0.62403	46	0.40516	60	0.54603	74	0.52981
5	0.31553	19	0.46489	33	0.51735	47	0.77870	61	0.47575	75	0.55362
6	0.27129	20	0.69156	34	0.42482	48	0.60296	62	0.26242	76	0.64276
7	0.05393	21	0.59664	35	0.64351	49	0.43774	63	0.55391	77	0.46212
8	0.27279	22	0.12301	36	0.62899	50	0.61760	64	0.68734	78	0.57008
9	0.92480	23	0.51793	37	0.68909	51	0.60670	65	0.58033	79	0.80852

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 6 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
10	0.62462	24	0.40609	38	0.61681	52	0.47312	66	0.40649	80	0.46234
11	0.82988	25	0.39401	39	0.70712	53	0.67860	67	0.73890		
12	0.80852	26	0.30229	40	0.33027	54	0.63929	68	0.32087		
13	0.37604	27	0.58121	41	0.53933	55	0.75699	69	0.70658		
14	0.76163	28	0.48992	42	0.30181	56	0.65967	70	0.40902		
ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.20250	17	0.65084	33	0.46839	49	0.96737	65	0.44243	81	0.70252
2	0.16253	18	0.79825	34	0.66196	50	0.64736	66	0.80852	82	0.52516
3	0.26726	19	0.67786	35	0.53341	51	0.80852	67	0.78177	83	0.14983
4	0.41158	20	0.22810	36	0.50305	52	0.21712	68	0.45748	84	0.58785
5	0.15722	21	0.21535	37	0.31495	53	0.38105	69	0.55317	85	0.41053
6	0.58142	22	0.68642	38	0.64303	54	0.47724	70	0.49247	86	0.48212
7	0.24252	23	0.15874	39	0.27697	55	0.96737	71	0.37127	87	0.57943
8	0.41924	24	0.94327	40	0.46240	56	0.04482	72	0.31791	88	0.09395
9	0.61515	25	0.15181	41	0.39825	57	0.04671	73	0.58841	89	0.54467
10	0.22349	26	0.08361	42	0.23353	58	0.48401	74	0.80852	90	0.32256
11	0.53171	27	0.43368	43	0.56006	59	0.53901	75	0.67669	91	0.96737
12	0.74416	28	0.39467	44	0.46709	60	0.59250	76	0.08745	92	0.79201
13	0.52714	29	0.16376	45	0.25629	61	0.26812	77	0.05473	93	0.14669
14	0.45841	30	0.30687	46	0.59273	62	0.37563	78	0.17993	94	0.47605
15	0.26767	31	0.14176	47	0.66048	63	0.13665	79	0.35642		
16	0.50579	32	0.20066	48	0.59795	64	0.23258	80	0.74294		

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.04271	14	0.47399	27	0.80852	40	0.45930	53	0.27376	66	0.24817
2	0.13601	15	0.50803	28	0.74848	41	0.57996	54	0.43314	67	0.27921
3	0.55265	16	0.38399	29	0.41701	42	0.33088	55	0.65053	68	0.53586
4	0.48624	17	0.70739	30	0.96737	43	0.66336	56	0.56831	69	0.33943
5	0.54015	18	0.53117	31	0.10530	44	0.45113	57	0.74277	70	0.37169
6	0.50596	19	0.44318	32	0.78540	45	0.80155	58	0.32226	71	0.66194
7	0.60089	20	0.62775	33	0.62958	46	0.78189	59	0.45069	72	0.38938
8	0.58069	21	0.60639	34	0.73010	47	0.77335	60	0.59010	73	0.80852
9	0.60177	22	0.48137	35	0.43662	48	0.10528	61	0.47938	74	0.80462
10	0.49536	23	0.26610	36	0.72244	49	0.02966	62	0.64388	75	0.80852
11	0.12366	24	0.36335	37	0.32506	50	0.59608	63	0.47980		
12	0.94053	25	0.59295	38	0.23119	51	0.58625	64	0.72762		
13	0.61088	26	0.43187	39	0.65599	52	0.36150	65	0.62566		
ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.64492	28	0.45556	55	0.57025	82	0.14181	109	0.60296	136	0.39629
2	0.29190	29	0.79189	56	0.14228	83	0.41814	110	0.80383	137	0.56120
3	0.17553	30	0.54669	57	0.25254	84	0.50251	111	0.51596	138	0.39958
4	0.59890	31	0.21385	58	0.37114	85	0.28056	112	0.46030	139	0.62630
5	0.12430	32	0.77966	59	0.15446	86	0.80852	113	0.44478	140	0.40426
6	0.18363	33	0.28735	60	0.69594	87	0.42170	114	0.61539	141	0.58758
7	0.34810	34	0.56691	61	0.96737	88	0.80852	115	0.38206	142	0.32151
8	0.58540	35	0.60860	62	0.65448	89	0.42991	116	0.35484	143	0.61366
9	0.18487	36	0.57141	63	0.43495	90	0.80852	117	0.43940	144	0.44238
10	0.92480	37	0.49168	64	0.08090	91	0.43029	118	0.62016	145	0.21434

ตารางที่ ข.5 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 9 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
11	0.61515	38	0.22328	65	0.30224	92	0.74767	119	0.73291	146	0.46450
12	0.19834	39	0.63887	66	0.57145	93	0.28782	120	0.73751	147	0.44918
13	0.30622	40	0.80852	67	0.71811	94	0.56896	121	0.09288	148	0.80852
14	0.80852	41	0.58581	68	0.63051	95	0.38105	122	0.40958	149	0.53415
15	0.65470	42	0.40773	69	0.34350	96	0.87590	123	0.43606	150	0.59890
16	0.53586	43	0.80852	70	0.46974	97	0.24297	124	0.60933	151	0.24153
17	0.24643	44	0.78969	71	0.35183	98	0.14246	125	0.22122	152	0.59456
18	0.53586	45	0.77475	72	0.73984	99	0.52932	126	0.15077	153	0.72157
19	0.66641	46	0.42561	73	0.66252	100	0.36437	127	0.52461	154	0.72414
20	0.28367	47	0.61057	74	0.51263	101	0.54026	128	0.21618	155	0.37008
21	0.44977	48	0.19616	75	0.59805	102	0.61892	129	0.77649	156	0.43150
22	0.50777	49	0.36616	76	0.43365	103	0.72553	130	0.80852	157	0.42515
23	0.47984	50	0.83537	77	0.25706	104	0.31514	131	0.57571		
24	0.80852	51	0.73819	78	0.47010	105	0.35809	132	0.29878		
25	0.58400	52	0.17046	79	0.43291	106	0.37169	133	0.64855		
26	0.43150	53	0.72414	80	0.59456	107	0.59890	134	0.58758		
27	0.42515	54	0.37008	81	0.72157	108	0.24153	135	0.32151		

ตารางที่ ข.6 ค่าความกลมของเกรนอูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศาเซลเซียส

โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.52179	11	0.63813	21	0.80852	31	0.28539	41	0.45895	51	0.40631
2	0.51188	12	0.78540	22	0.80852	32	0.59270	42	0.45451	52	0.66704
3	0.59314	13	0.19494	23	0.08343	33	0.64303	43	0.25116	53	0.77355
4	0.47098	14	0.18666	24	0.21077	34	0.35447	44	0.63532	54	0.13992
5	0.01103	15	0.21688	25	0.24462	35	0.28152	45	0.52086	55	0.69189
6	0.54775	16	0.63233	26	0.64492	36	0.64303	46	0.91441	56	0.80852
7	0.64492	17	0.44987	27	0.73984	37	0.64303	47	0.67377	57	0.13323
8	0.09495	18	0.42869	28	0.47118	38	0.34058	48	0.41616	58	0.44437
9	0.73984	19	0.20363	29	0.63296	39	0.68928	49	0.57551		
10	0.58663	20	0.51439	30	0.43357	40	0.64303	50	0.33919		
ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.08101	4	0.76175	7	0.76360	10	0.27150	13	0.80852		
2	0.20109	5	0.45816	8	0.47164	11	0.78540	14	0.34551		
3	0.30467	6	0.61957	9	0.64303	12	0.64512	15	0.58841		
ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.30600	8	0.64303	15	0.28967	22	0.78540	29	0.50775	36	0.80852
2	0.00571	9	0.59890	16	0.64492	23	0.80852	30	0.22371	37	0.39891
3	0.20524	10	0.56806	17	0.45056	24	0.42292	31	0.64303	38	0.61088
4	0.43282	11	0.78540	18	0.29388	25	0.80852	32	0.53569	39	0.22345
5	0.13396	12	0.64492	19	0.43327	26	0.58270	33	0.64303	40	0.09133
6	0.80852	13	0.47842	20	0.47746	27	0.80852	34	0.27445		
7	0.38405	14	0.20968	21	0.28697	28	0.14008	35	0.96737		

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศาเซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.58841	18	0.48766	35	0.53950	52	0.26939	69	0.25977	86	0.31191
2	0.08612	19	0.78540	36	0.96737	53	0.59930	70	0.62308	87	0.34994
3	0.07392	20	0.78540	37	0.76413	54	0.46125	71	0.59082	88	0.42387
4	0.21559	21	0.45854	38	0.35276	55	0.13180	72	0.54826	89	0.50087
5	0.51263	22	0.41798	39	0.53011	56	0.49453	73	0.51881	90	0.39027
6	0.80852	23	0.78540	40	0.46052	57	0.23111	74	0.51985	91	0.20700
7	0.50019	24	0.49559	41	0.59754	58	0.22559	75	0.60639	92	0.67377
8	0.22302	25	0.96737	42	0.45720	59	0.54125	76	0.44022	93	0.64303
9	0.17976	26	0.28487	43	0.38669	60	0.40693	77	0.37455	94	0.53901
10	0.80852	27	0.55653	44	0.19343	61	0.53483	78	0.52619	95	0.74841
11	0.41743	28	0.80852	45	0.66627	62	0.73984	79	0.47912	96	0.65044
12	0.41956	29	0.85737	46	0.40384	63	0.15494	80	0.22593	97	0.66002
13	0.23661	30	0.59890	47	0.68974	64	0.55985	81	0.03659	98	0.59495
14	0.78540	31	0.17435	48	0.56741	65	0.58796	82	0.40426		
15	0.55118	32	0.46240	49	0.27041	66	0.73984	83	0.55103		
16	0.80852	33	0.68590	50	0.80852	67	0.96737	84	0.43977		
17	0.41867	34	0.64129	51	0.42122	68	0.32824	85	0.26525		
ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.75387	18	0.45099	35	0.54940	52	0.61628	69	0.61597	86	0.66843
2	0.70935	19	0.61141	36	0.47213	53	0.74684	70	0.61715	87	0.32711
3	0.72919	20	0.41771	37	0.36774	54	0.79319	71	0.57567	88	0.17368
4	0.67573	21	0.51946	38	0.56980	55	0.78958	72	0.19268	89	0.75951
5	0.33006	22	0.50174	39	0.45673	56	0.43393	73	0.36792	90	0.25509
6	0.40572	23	0.47855	40	0.74940	57	0.65274	74	0.59662	91	0.60225
7	0.22102	24	0.62313	41	0.72421	58	0.62375	75	0.40706	92	0.67765

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอูมิเนียนผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิต่ำ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 5 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
8	0.77087	25	0.55474	42	0.68222	59	0.42424	76	0.28776	93	0.13488
9	0.06914	26	0.23609	43	0.53493	60	0.53150	77	0.72831	94	0.77217
10	0.45833	27	0.53918	44	0.69793	61	0.72046	78	0.75486	95	0.54698
11	0.60880	28	0.66314	45	0.70224	62	0.46925	79	0.35583	96	0.74145
12	0.55367	29	0.39401	46	0.60487	63	0.68628	80	0.69782	97	0.53629
13	0.68621	30	0.72096	47	0.45257	64	0.39447	81	0.73742	98	0.78710
14	0.68867	31	0.60217	48	0.70806	65	0.64747	82	0.64819	99	0.54455
15	0.69184	32	0.66694	49	0.42188	66	0.38169	83	0.82612	100	0.54658
16	0.52223	33	0.78787	50	0.41233	67	0.69199	84	0.47433		
17	0.54533	34	0.61847	51	0.24786	68	0.57586	85	0.72899		
ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.06237	14	0.68599	27	0.29564	40	0.70443	53	0.74252	66	0.32902
2	0.49672	15	0.54929	28	0.51350	41	0.56068	54	0.25712	67	0.55200
3	0.31454	16	0.39843	29	0.69711	42	0.22571	55	0.29546	68	0.47944
4	0.60965	17	0.74539	30	0.14496	43	0.27318	56	0.39701	69	0.54642
5	0.29958	18	0.72462	31	0.71031	44	0.80852	57	0.64573	70	0.45759
6	0.62030	19	0.59519	32	0.45998	45	0.67158	58	0.66855	71	0.36213
7	0.64745	20	0.56420	33	0.65531	46	0.29270	59	0.65940	72	0.57107
8	0.79065	21	0.69098	34	0.52195	47	0.37185	60	0.69634	73	0.73931
9	0.46122	22	0.62482	35	0.59061	48	0.40757	61	0.69516	74	0.62027
10	0.73585	23	0.56930	36	0.62822	49	0.55256	62	0.76830	75	0.73061
11	0.64737	24	0.45352	37	0.54367	50	0.59507	63	0.56917	76	0.54518
12	0.46189	25	0.47912	38	0.66399	51	0.54715	64	0.22996	77	0.74061
13	0.58912	26	0.57065	39	0.52693	52	0.27916	65	0.70116		

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.47840	21	0.74591	41	0.84351	61	0.18184	81	0.41042	101	0.56578
2	0.31903	22	0.20191	42	0.58359	62	0.65585	82	0.36349	102	0.72985
3	0.03368	23	0.78382	43	0.67822	63	0.80852	83	0.41536	103	0.57938
4	0.28631	24	0.67037	44	0.42790	64	0.59708	84	0.65729	104	0.61194
5	0.56248	25	0.48314	45	0.45818	65	0.63983	85	0.75765	105	0.36482
6	0.31515	26	0.42018	46	0.56963	66	0.79950	86	0.72524	106	0.71930
7	0.56327	27	0.68894	47	0.42516	67	0.78011	87	0.43601	107	0.52275
8	0.36031	28	0.53221	48	0.68483	68	0.42403	88	0.70869	108	0.31149
9	0.71977	29	0.62736	49	0.30043	69	0.60226	89	0.33610	109	0.76126
10	0.40100	30	0.72139	50	0.42086	70	0.37562	90	0.49711	110	0.42824
11	0.76607	31	0.67173	51	0.68745	71	0.48116	91	0.45804	111	0.59866
12	0.52695	32	0.71048	52	0.58209	72	0.69743	92	0.64017	112	0.78180
13	0.64118	33	0.67479	53	0.66723	73	0.75604	93	0.77543	113	0.73758
14	0.25286	34	0.66150	54	0.38128	74	0.43455	94	0.72522	114	0.63360
15	0.17735	35	0.73242	55	0.61860	75	0.61694	95	0.42823	115	0.45719
16	0.42526	36	0.15495	56	0.49813	76	0.47877	96	0.28240	116	0.46432
17	0.56989	37	0.67971	57	0.60158	77	0.52017	97	0.66342	117	0.24062
18	0.68732	38	0.46459	58	0.59909	78	0.67652	98	0.58542	118	0.50155
19	0.73207	39	0.77528	59	0.63640	79	0.33903	99	0.60227		
20	0.67372	40	0.61243	60	0.47737	80	0.55231	100	0.75799		

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 660 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.13497	13	0.36365	25	0.36074	37	0.53384	49	0.41325	61	0.73880
2	0.38590	14	0.80170	26	0.68614	38	0.80655	50	0.59020	62	0.81574
3	0.09908	15	0.56384	27	0.78104	39	0.53161	51	0.58928	63	0.38096
4	0.54581	16	0.15278	28	0.53719	40	0.08908	52	0.72709	64	0.55166
5	0.32579	17	0.37008	29	0.71780	41	0.64980	53	0.67960	65	0.42673
6	0.51866	18	0.74559	30	0.71621	42	0.63512	54	0.56300	66	0.68105
7	0.48063	19	0.67954	31	0.55404	43	0.69006	55	0.77842	67	0.05639
8	0.16193	20	0.64376	32	0.54687	44	0.65465	56	0.43166	68	0.12484
9	0.47679	21	0.56435	33	0.47124	45	0.76995	57	0.63071	69	0.51263
10	0.81573	22	0.83126	34	0.76460	46	0.78570	58	0.53310	70	0.50453
11	0.58127	23	0.68774	35	0.70875	47	0.39715	59	0.62878		
12	0.73838	24	0.61742	36	0.58277	48	0.43392	60	0.52998		
ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.17428	22	0.82266	43	0.39397	64	0.80430	85	0.53914	106	0.44083
2	0.31365	23	0.66869	44	0.28021	65	0.78273	86	0.72643	107	0.29081
3	0.21190	24	0.60045	45	0.45269	66	0.66053	87	0.68344	108	0.48355
4	0.78390	25	0.71924	46	0.28030	67	0.24324	88	0.67310	109	0.80852
5	0.41615	26	0.54730	47	0.63114	68	0.71013	89	0.67451	110	0.60743
6	0.50905	27	0.42069	48	0.32397	69	0.58787	90	0.74183	111	0.80852
7	0.51318	28	0.39935	49	0.71660	70	0.63027	91	0.28893	112	0.21409
8	0.06211	29	0.32844	50	0.57288	71	0.71348	92	0.36689	113	0.52275
9	0.64492	30	0.80020	51	0.56578	72	0.78702	93	0.51945	114	0.51103
10	0.64492	31	0.43792	52	0.59019	73	0.66454	94	0.33295	115	0.47753

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) ค่าความกลมของกรรณภูมิเนียบผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 660 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 9 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
11	0.59387	32	0.47288	53	0.64541	74	0.72389	95	0.72042	116	0.59074
12	0.54292	33	0.69400	54	0.80584	75	0.14481	96	0.52852	117	0.66949
13	0.73419	34	0.46392	55	0.51627	76	0.79255	97	0.64015	118	0.80764
14	0.71756	35	0.83789	56	0.71538	77	0.73539	98	0.54666	119	0.66471
15	0.67108	36	0.10805	57	0.76807	78	0.37278	99	0.54823	120	0.69927
16	0.27788	37	0.34016	58	0.75039	79	0.74717	100	0.08568	121	0.53558
17	0.64497	38	0.53429	59	0.68202	80	0.62633	101	0.54153		
18	0.52793	39	0.73925	60	0.59740	81	0.15253	102	0.22199		
19	0.76415	40	0.74373	61	0.69817	82	0.68604	103	0.53950		
20	0.34984	41	0.64607	62	0.68500	83	0.39888	104	0.78991		
21	0.53062	42	0.77879	63	0.61780	84	0.58884	105	0.42392		

ตารางที่ ข.7 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศาเซลเซียส
โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.49133	18	0.03791	35	0.40005	52	0.51682	69	0.08906	86	0.42330
2	0.79822	19	0.80445	36	0.38206	53	0.79144	70	0.57410	87	0.51314
3	0.39176	20	0.53475	37	0.35756	54	0.40844	71	0.72620	88	0.14203
4	0.64645	21	0.64181	38	0.76037	55	0.53892	72	0.45712	89	0.77867
5	0.35349	22	0.36402	39	0.65938	56	0.77078	73	0.32021	90	0.47654
6	0.09005	23	0.64792	40	0.54634	57	0.68961	74	0.33679	91	0.42869
7	0.63049	24	0.27638	41	0.68923	58	0.14381	75	0.39612	92	0.16932
8	0.55970	25	0.75946	42	0.41763	59	0.17028	76	0.26219	93	0.63072
9	0.64503	26	0.25063	43	0.38180	60	0.39723	77	0.47860	94	0.17460
10	0.58681	27	0.44318	44	0.50136	61	0.77696	78	0.46510	95	0.66270
11	0.82876	28	0.27940	45	0.76686	62	0.80442	79	0.56888	96	0.67073
12	0.58351	29	0.75327	46	0.85027	63	0.22141	80	0.72652	97	0.56853
13	0.23873	30	0.74522	47	0.32694	64	0.17325	81	0.46446	98	0.45816
14	0.79836	31	0.60444	48	0.61407	65	0.61932	82	0.77747	99	0.15932
15	0.38718	32	0.67514	49	0.81304	66	0.15837	83	0.70963	100	0.42615
16	0.66530	33	0.54155	50	0.64902	67	0.35499	84	0.62015	101	0.88261
17	0.57731	34	0.68288	51	0.40005	68	0.55988	85	0.46818	102	0.52424

ตารางที่ ข.7(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.08229	11	0.68469	21	0.76205	31	0.41085	41	0.18036	51	0.48023
2	0.38354	12	0.57544	22	0.74831	32	0.40998	42	0.62457	52	0.32241
3	0.14931	13	0.68476	23	0.47784	33	0.46489	43	0.42547	53	0.66274
4	0.75666	14	0.60895	24	0.55295	34	0.55843	44	0.73929	54	0.58974
5	0.22129	15	0.74542	25	0.06100	35	0.68159	45	0.53673	55	0.51281
6	0.76209	16	0.21169	26	0.52690	36	0.19163	46	0.79413	56	0.63881
7	0.51124	17	0.48606	27	0.13216	37	0.14899	47	0.80658	57	0.46488
8	0.23521	18	0.64586	28	0.23424	38	0.11287	48	0.20754	58	0.59443
9	0.80392	19	0.79894	29	0.60190	39	0.51587	49	0.81620	59	0.46828
10	0.65506	20	0.70019	30	0.39461	40	0.43553	50	0.71519		
ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.01826	16	0.64492	31	0.92273	46	0.15575	61	0.29535	76	0.40417
2	0.08891	17	0.65408	32	0.56929	47	0.49619	62	0.63384	77	0.14009
3	0.80852	18	0.64623	33	0.53586	48	0.62137	63	0.64457	78	0.18355
4	0.19618	19	0.22778	34	0.59490	49	0.80852	64	0.96737	79	0.47468
5	0.06708	20	0.70668	35	0.17166	50	0.64492	65	0.30274	80	0.19755
6	0.80852	21	0.76615	36	0.55773	51	0.12431	66	0.34568	81	0.65388
7	0.74374	22	0.80011	37	0.73984	52	0.65736	67	0.55236	82	0.53901
8	0.73007	23	0.94327	38	0.41525	53	0.24996	68	0.48557	83	0.58841
9	0.73428	24	0.48686	39	0.25653	54	0.25659	69	0.62828	84	0.59890
10	0.40764	25	0.94327	40	0.39845	55	0.18814	70	0.59890	85	0.33984
11	0.59860	26	0.73984	41	0.65647	56	0.96737	71	0.24150	86	0.35221
12	0.55788	27	0.83188	42	0.16261	57	0.71193	72	0.64492	87	0.60810
13	0.80852	28	0.18973	43	0.56154	58	0.58433	73	0.47588	88	0.56752
14	0.53776	29	0.44981	44	0.22947	59	0.43112	74	0.31457		
15	0.80852	30	0.53901	45	0.41215	60	0.12149	75	0.26652		

ตารางที่ ข.7(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.04912	11	0.77710	21	0.12626	31	0.78744	41	0.31591	51	0.17057
2	0.15766	12	0.56996	22	0.57204	32	0.53650	42	0.46578	52	0.30650
3	0.54150	13	0.64087	23	0.47966	33	0.40179	43	0.35430	53	0.19160
4	0.27436	14	0.40359	24	0.75721	34	0.65595	44	0.77504	54	0.71923
5	0.37520	15	0.56943	25	0.64512	35	0.43258	45	0.26666	55	0.59890
6	0.78593	16	0.65231	26	0.53917	36	0.42413	46	0.68401	56	0.05946
7	0.37197	17	0.18260	27	0.83175	37	0.64343	47	0.44195	57	0.56676
8	0.70579	18	0.55459	28	0.76486	38	0.53379	48	0.24224	58	0.69886
9	0.82411	19	0.40962	29	0.14034	39	0.15087	49	0.41975	59	0.69612
10	0.70252	20	0.39410	30	0.24429	40	0.21738	50	0.33286	60	0.39451
ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.22713	15	0.62536	29	0.30185	43	0.57001	57	0.38672	71	0.76547
2	0.31712	16	0.81159	30	0.58169	44	0.83503	58	0.80852	72	0.62552
3	0.25437	17	0.71071	31	0.50767	45	0.19572	59	0.16015	73	0.65272
4	0.19853	18	0.15654	32	0.65895	46	0.68547	60	0.62598	74	0.76619
5	0.51263	19	0.63099	33	0.42108	47	0.79272	61	0.46336	75	0.72734
6	0.28967	20	0.82235	34	0.63358	48	0.34038	62	0.37773	76	0.55107
7	0.30020	21	0.32151	35	0.74535	49	0.45513	63	0.80852	77	0.43204
8	0.07922	22	0.35676	36	0.34530	50	0.49946	64	0.35561	78	0.08392
9	0.68547	23	0.43983	37	0.30467	51	0.66465	65	0.28320	79	0.60858
10	0.27462	24	0.04557	38	0.64736	52	0.54767	66	0.49421	80	0.22644
11	0.39045	25	0.83608	39	0.46240	53	0.45735	67	0.19791	81	0.45816
12	0.70216	26	0.40749	40	0.64492	54	0.39725	68	0.34217	82	0.64492
13	0.78381	27	0.48317	41	0.10340	55	0.72263	69	0.51202	83	0.48641
14	0.64964	28	0.64209	42	0.60144	56	0.659266	70	0.49774	84	0.69944

ตารางที่ ข.7(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.44433	14	0.63911	27	0.61241	40	0.35928	53	0.82401	66	0.78540
2	0.34900	15	0.73798	28	0.21709	41	0.77063	54	0.76670	67	0.46240
3	0.51788	16	0.70900	29	0.77242	42	0.55080	55	0.18033	68	0.66483
4	0.58145	17	0.62940	30	0.59715	43	0.71331	56	0.68706	69	0.57664
5	0.47810	18	0.49305	31	0.58923	44	0.67163	57	0.14385	70	0.78056
6	0.55741	19	0.78129	32	0.52730	45	0.54127	58	0.38412	71	0.78282
7	0.59477	20	0.26147	33	0.69147	46	0.14132	59	0.77566	72	0.32515
8	0.65928	21	0.43964	34	0.67449	47	0.72592	60	0.64328	73	0.54416
9	0.24807	22	0.44773	35	0.19895	48	0.59724	61	0.68549		
10	0.62301	23	0.67921	36	0.75975	49	0.83259	62	0.44589		
11	0.73826	24	0.45881	37	0.49378	50	0.66420	63	0.12816		
12	0.52845	25	0.68724	38	0.43286	51	0.57627	64	0.65166		
13	0.41735	26	0.54888	39	0.59546	52	0.75362	65	0.67309		
ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.17162	15	0.41605	29	0.21602	43	0.43359	57	0.41252	71	0.10539
2	0.46623	16	0.64937	30	0.56762	44	0.80852	58	0.96737	72	0.24607
3	0.03253	17	0.78435	31	0.64692	45	0.25611	59	0.16319	73	0.47731
4	0.51486	18	0.61348	32	0.55036	46	0.35499	60	0.53161	74	0.04553
5	0.31932	19	0.66646	33	0.45524	47	0.18445	61	0.34311	75	0.03860
6	0.45806	20	0.47388	34	0.69301	48	0.15649	62	0.64303	76	0.46997
7	0.62947	21	0.69003	35	0.40867	49	0.18629	63	0.53901	77	0.25124
8	0.36110	22	0.70739	36	0.61376	50	0.72533	64	0.70144	78	0.64492
9	0.38488	23	0.71798	37	0.57734	51	0.62154	65	0.53467	79	0.80852

ตารางที่ ข.7(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 7 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
10	0.80852	24	0.55064	38	0.77228	52	0.79887	66	0.62885	80	0.76862
11	0.56389	25	0.57095	39	0.73984	53	0.74012	67	0.57564	81	0.74028
12	0.92830	26	0.60423	40	0.23855	54	0.53248	68	0.61392	82	0.80852
13	0.34936	27	0.72548	41	0.18940	55	0.39045	69	0.77460	83	0.57639
14	0.48784	28	0.54654	42	0.12060	56	0.73211	70	0.64736		
ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.51296	20	0.82922	39	0.50538	58	0.64186	77	0.24802	96	0.12278
2	0.68520	21	0.43154	40	0.48003	59	0.11117	78	0.26837	97	0.48371
3	0.48938	22	0.66641	41	0.71476	60	0.64492	79	0.52770	98	0.73984
4	0.32392	23	0.56956	42	0.36431	61	0.16706	80	0.36291	99	0.51549
5	0.22342	24	0.78207	43	0.55951	62	0.07099	81	0.73553	100	0.73984
6	0.69169	25	0.47778	44	0.74294	63	0.56389	82	0.49698	101	0.26107
7	0.61515	26	0.38131	45	0.47867	64	0.59437	83	0.67668	102	0.24294
8	0.47604	27	0.51872	46	0.61887	65	0.23927	84	0.29476	103	0.51823
9	0.12895	28	0.41352	47	0.78794	66	0.20496	85	0.42639	104	0.40229
10	0.12989	29	0.54365	48	0.35865	67	0.53586	86	0.29877	105	0.69367
11	0.20838	30	0.42379	49	0.28738	68	0.36857	87	0.80852	106	0.32672
12	0.36392	31	0.40005	50	0.28303	69	0.47022	88	0.46623	107	0.18658
13	0.04041	32	0.61055	51	0.31631	70	0.60909	89	0.36751	108	0.19142
14	0.51442	33	0.54815	52	0.45335	71	0.64832	90	0.50305	109	0.80852
15	0.80852	34	0.70679	53	0.52762	72	0.32919	91	0.64715		
16	0.09469	35	0.06590	54	0.53776	73	0.80852	92	0.47940		
17	0.76584	36	0.49941	55	0.29764	74	0.29416	93	0.31381		
18	0.41612	37	0.76472	56	0.29828	75	0.51306	94	0.40763		
19	0.17290	38	0.32988	57	0.51263	76	0.53901	95	0.69106		

ตารางที่ ข.7(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส
โดยวิธีการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง

ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.40500	16	0.78640	31	0.71350	46	0.62671	61	0.71477	76	0.13512
2	0.31896	17	0.51534	32	0.64188	47	0.71866	62	0.85855	77	0.55934
3	0.59866	18	0.59204	33	0.59564	48	0.66364	63	0.82430	78	0.83327
4	0.69360	19	0.69312	34	0.37402	49	0.25893	64	0.60858	79	0.43335
5	0.80852	20	0.78114	35	0.51020	50	0.75182	65	0.72096	80	0.51814
6	0.17611	21	0.64861	36	0.09890	51	0.57470	66	0.57201	81	0.44759
7	0.64492	22	0.50721	37	0.80604	52	0.71267	67	0.35188	82	0.35499
8	0.64492	23	0.73382	38	0.67416	53	0.82627	68	0.73690	83	0.73021
9	0.64492	24	0.40546	39	0.68905	54	0.80858	69	0.75644	84	0.12741
10	0.96737	25	0.44316	40	0.13150	55	0.34228	70	0.62189	85	0.78794
11	0.63151	26	0.83360	41	0.33778	56	0.76926	71	0.17659	86	0.32151
12	0.61984	27	0.41383	42	0.14815	57	0.68546	72	0.45706		
13	0.76613	28	0.70456	43	0.47384	58	0.54792	73	0.59960		
14	0.76599	29	0.72146	44	0.77981	59	0.60210	74	0.83572		
15	0.96737	30	0.47361	45	0.12292	60	0.38105	75	0.51263		

ตารางที่ ข.8 ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส
โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.77875	30	0.24657	59	0.66234	88	0.12223	117	0.57236	146	0.41181
2	0.50973	31	0.43995	60	0.74531	89	0.56981	118	0.63016	147	0.81371
3	0.65476	32	0.68878	61	0.28529	90	0.52307	119	0.68835	148	0.21436
4	0.37706	33	0.57690	62	0.62663	91	0.25944	120	0.34167	149	0.55163
5	0.35768	34	0.69867	63	0.59615	92	0.72141	121	0.59112	150	0.12631
6	0.19726	35	0.37110	64	0.53244	93	0.54492	122	0.57987	151	0.57451
7	0.22288	36	0.64773	65	0.48782	94	0.65406	123	0.80631	152	0.04718
8	0.26151	37	0.80556	66	0.71855	95	0.82645	124	0.53593	153	0.81909
9	0.47041	38	0.28880	67	0.48726	96	0.51210	125	0.78229	154	0.67200
10	0.51452	39	0.09451	68	0.66133	97	0.82157	126	0.64528	155	0.55363
11	0.44106	40	0.72216	69	0.81744	98	0.66527	127	0.64436	156	0.77871
12	0.52795	41	0.71232	70	0.69208	99	0.26876	128	0.65463	157	0.75770
13	0.73020	42	0.67372	71	0.54920	100	0.60195	129	0.48784	158	0.78911
14	0.70921	43	0.30759	72	0.67872	101	0.50278	130	0.79395	159	0.32783
15	0.38113	44	0.33352	73	0.13774	102	0.76396	131	0.56552	160	0.50601
16	0.49902	45	0.63240	74	0.66166	103	0.74324	132	0.71183	161	0.42494
17	0.74079	46	0.80627	75	0.31683	104	0.58829	133	0.36803	162	0.65281
18	0.41296	47	0.52129	76	0.15084	105	0.79495	134	0.71744	163	0.43841
19	0.35404	48	0.65238	77	0.72575	106	0.31065	135	0.72387	164	0.71220
20	0.74632	49	0.49397	78	0.76583	107	0.47613	136	0.31993	165	0.81387
21	0.30996	50	0.77311	79	0.40734	108	0.72242	137	0.70609	166	0.53597
22	0.50423	51	0.79431	80	0.76558	109	0.79485	138	0.57425	167	0.53586
23	0.70673	52	0.83168	81	0.68872	110	0.50529	139	0.70754	168	0.79328
24	0.65691	53	0.63849	82	0.60155	111	0.47439	140	0.49843	169	0.35803

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา

เซลเซียสโดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 1											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
25	0.55736	54	0.56175	83	0.28124	112	0.78056	141	0.77224	170	0.79846
26	0.35106	55	0.36007	84	0.45830	113	0.56769	142	0.62857	171	0.63505
27	0.74265	56	0.33637	85	0.66704	114	0.48601	143	0.53830		
28	0.73006	57	0.60150	86	0.65730	115	0.20093	144	0.47301		
29	0.73108	58	0.44800	87	0.36646	116	0.64076	145	0.65224		
ตำแหน่งที่ 2											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.45816	28	0.43816	55	0.46965	82	0.32751	109	0.61277	136	0.53483
2	0.11340	29	0.41256	56	0.96737	83	0.55376	110	0.17226	137	0.63188
3	0.24098	30	0.57074	57	0.68427	84	0.76962	111	0.73600	138	0.40554
4	0.33938	31	0.48466	58	0.12388	85	0.24383	112	0.69282	139	0.66294
5	0.03817	32	0.38763	59	0.46274	86	0.54718	113	0.57699	140	0.43424
6	0.18892	33	0.65218	60	0.68301	87	0.13338	114	0.35360	141	0.73551
7	0.51493	34	0.37569	61	0.43016	88	0.67311	115	0.28971	142	0.57708
8	0.54016	35	0.80907	62	0.35519	89	0.59621	116	0.33909	143	0.68836
9	0.75230	36	0.71378	63	0.45366	90	0.66913	117	0.69017	144	0.61442
10	0.36260	37	0.44909	64	0.57907	91	0.66512	118	0.73774	145	0.56603
11	0.22773	38	0.48908	65	0.68790	92	0.10614	119	0.25659	146	0.80226
12	0.66979	39	0.75280	66	0.37483	93	0.77807	120	0.57066	147	0.80852
13	0.33826	40	0.36645	67	0.53433	94	0.38800	121	0.60185	148	0.46772
14	0.83232	41	0.21855	68	0.96737	95	0.70996	122	0.79022	149	0.44767
15	0.72441	42	0.20375	69	0.22531	96	0.64232	123	0.70845	150	0.49197

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา

เซลล์เชื่อมโดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 2 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
16	0.61639	43	0.48087	70	0.31315	97	0.51712	124	0.35322	151	0.31171
17	0.32994	44	0.43779	71	0.54451	98	0.58056	125	0.29484	152	0.21828
18	0.66510	45	0.79591	72	0.54924	99	0.23860	126	0.38918	153	0.49955
19	0.63999	46	0.71375	73	0.71646	100	0.26783	127	0.31069	154	0.21376
20	0.54300	47	0.40005	74	0.43720	101	0.54505	128	0.69815	155	0.77207
21	0.19043	48	0.62580	75	0.55040	102	0.68337	129	0.08963	156	0.72685
22	0.31956	49	0.47638	76	0.55962	103	0.48842	130	0.14802	157	0.37207
23	0.67446	50	0.58001	77	0.58757	104	0.78973	131	0.33480		
24	0.80852	51	0.35593	78	0.66218	105	0.70951	132	0.25788		
25	0.56228	52	0.51917	79	0.51745	106	0.63506	133	0.38105		
26	0.20208	53	0.64114	80	0.37170	107	0.56011	134	0.55766		
27	0.12082	54	0.49709	81	0.77860	108	0.73984	135	0.66752		
ตำแหน่งที่ 3											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.10897	34	0.29071	67	0.74071	100	0.85832	133	0.41654	166	0.69636
2	0.32520	35	0.62355	68	0.77046	101	0.67390	134	0.69558	167	0.78451
3	0.19917	36	0.47164	69	0.82021	102	0.41731	135	0.76147	168	0.70609
4	0.46555	37	0.25577	70	0.73984	103	0.56103	136	0.59820	169	0.76607
5	0.34174	38	0.63570	71	0.32522	104	0.03032	137	0.09334	170	0.20155
6	0.63050	39	0.74596	72	0.12759	105	0.78309	138	0.55696	171	0.50775
7	0.17449	40	0.37242	73	0.35352	106	0.68657	139	0.11188	172	0.62391
8	0.02848	41	0.59961	74	0.46235	107	0.45769	140	0.73451	173	0.62138
9	0.35040	42	0.44517	75	0.72828	108	0.69867	141	0.53803	174	0.23021
10	0.31604	43	0.61633	76	0.32453	109	0.59061	142	0.54800	175	0.38387

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 3 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
11	0.55384	44	0.18455	77	0.64646	110	0.59012	143	0.66422	176	0.76336
12	0.25170	45	0.71431	78	0.24344	111	0.63965	144	0.51624	177	0.48446
13	0.32385	46	0.46290	79	0.51651	112	0.76677	145	0.79363	178	0.39981
14	0.70149	47	0.68717	80	0.23585	113	0.43987	146	0.54759	179	0.60020
15	0.33502	48	0.53673	81	0.53921	114	0.68671	147	0.28529	180	0.79765
16	0.55282	49	0.23543	82	0.84196	115	0.07778	148	0.28897	181	0.78420
17	0.80852	50	0.26566	83	0.36480	116	0.96737	149	0.27757	182	0.83846
18	0.48668	51	0.78540	84	0.79146	117	0.58258	150	0.84516	183	0.57706
19	0.34891	52	0.74552	85	0.59712	118	0.75109	151	0.65186	184	0.66499
20	0.29358	53	0.41292	86	0.72189	119	0.24770	152	0.82482	185	0.51748
21	0.33534	54	0.65770	87	0.68729	120	0.68076	153	0.49574	186	0.62705
22	0.22649	55	0.66073	88	0.67853	121	0.65778	154	0.76663	187	0.66251
23	0.53667	56	0.81186	89	0.37869	122	0.37729	155	0.49249	188	0.23368
24	0.80888	57	0.64011	90	0.49804	123	0.83378	156	0.46319	189	0.80635
25	0.45313	58	0.81932	91	0.72138	124	0.81441	157	0.48589	190	0.60356
26	0.78632	59	0.58740	92	0.42763	125	0.46610	158	0.51599	191	0.74092
27	0.50488	60	0.76811	93	0.77860	126	0.73984	159	0.66752	192	0.26566
28	0.67904	61	0.51833	94	0.61443	127	0.23789	160	0.24770	193	0.78540
29	0.44328	62	0.80852	95	0.74354	128	0.75652	161	0.68076	194	0.74552
30	0.39359	63	0.54770	96	0.50108	129	0.67352	162	0.65778	195	0.41292
31	0.37922	64	0.59642	97	0.54626	130	0.74876	163	0.37729	196	0.65770
32	0.68077	65	0.71869	98	0.45306	131	0.68597	164	0.83378	197	0.66073
33	0.74505	66	0.10940	99	0.69289	132	0.74180	165	0.81441	198	0.81186

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบวางเท

ตำแหน่งที่ 4											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.17025	40	0.86127	79	0.82952	118	0.77297	157	0.56435	196	0.36463
2	0.28262	41	0.13342	80	0.51738	119	0.74888	158	0.45816	197	0.80948
3	0.39220	42	0.83033	81	0.76402	120	0.84652	159	0.79411	198	0.86479
4	0.20416	43	0.18538	82	0.73276	121	0.71131	160	0.73623	199	0.45940
5	0.53484	44	0.70376	83	0.79525	122	0.38333	161	0.59149	200	0.70048
6	0.43384	45	0.38793	84	0.78133	123	0.68608	162	0.56839	201	0.81580
7	0.67904	46	0.79803	85	0.57172	124	0.53927	163	0.37005	202	0.56793
8	0.79005	47	0.83098	86	0.58290	125	0.39622	164	0.72949	203	0.82221
9	0.11433	48	0.46342	87	0.24966	126	0.78299	165	0.80498	204	0.72727
10	0.69189	49	0.48101	88	0.60328	127	0.46583	166	0.78669	205	0.39668
11	0.70755	50	0.87856	89	0.31464	128	0.17025	167	0.86127	206	0.82952
12	0.75464	51	0.54657	90	0.42777	129	0.28262	168	0.13342	207	0.51738
13	0.52385	52	0.81377	91	0.61887	130	0.39220	169	0.83033	208	0.76402
14	0.67192	53	0.70049	92	0.80674	131	0.20416	170	0.18538	209	0.73276
15	0.81344	54	0.73003	93	0.63797	132	0.53484	171	0.70376	210	0.79525
16	0.32480	55	0.72694	94	0.67980	133	0.43384	172	0.38793	211	0.78133
17	0.64154	56	0.74220	95	0.64271	134	0.67904	173	0.79803	212	0.57172
18	0.27246	57	0.53144	96	0.74586	135	0.79005	174	0.83098	213	0.58290
19	0.79030	58	0.76278	97	0.76403	136	0.11433	175	0.46342	214	0.24966
20	0.32081	59	0.63093	98	0.40185	137	0.69189	176	0.48101	215	0.60328
21	0.18316	60	0.59112	99	0.51977	138	0.70755	177	0.87856	216	0.31464
22	0.73250	61	0.83928	100	0.42455	139	0.75464	178	0.54657	217	0.42777
23	0.15749	62	0.55843	101	0.22896	140	0.52385	179	0.81377	218	0.61887
24	0.34984	63	0.76139	102	0.67424	141	0.67192	180	0.70049	219	0.80674

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบวางเท

ตำแหน่งที่ 4 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
25	0.47908	64	0.81070	103	0.80852	142	0.81344	181	0.73003	220	0.63797
26	0.56435	65	0.36463	104	0.47878	143	0.32480	182	0.72694	221	0.67980
27	0.45816	66	0.80948	105	0.61971	144	0.64154	183	0.74220	222	0.64271
28	0.79411	67	0.86479	106	0.84071	145	0.27246	184	0.53144	223	0.74586
29	0.73623	68	0.45940	107	0.43234	146	0.79030	185	0.76278	224	0.76403
30	0.34984	69	0.76139	108	0.67424	147	0.32081	186	0.63093	225	0.40185
31	0.47908	70	0.81070	109	0.80852	148	0.18316	187	0.59112	226	0.51977
32	0.40502	71	0.43234	110	0.47878	149	0.73250	188	0.83928	227	0.42455
33	0.61604	72	0.53901	111	0.61971	150	0.15749	189	0.55843	228	0.22896
34	0.59149	73	0.68608	112	0.56793	151	0.38333	190	0.65403	229	0.32408
35	0.56839	74	0.53927	113	0.82221	152	0.46583	191	0.70075	230	0.84071
36	0.37005	75	0.39622	114	0.72727	153	0.53901	192	0.70075	231	
37	0.72949	76	0.78299	115	0.39668	154	0.32408	193	0.77297	232	
38	0.80498	77	0.70048	116	0.84652	155	0.40502	194	0.74888	233	
39	0.78669	78	0.81580	117	0.71131	156	0.61604	195	0.65403	234	
ตำแหน่งที่ 5											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.20281	21	0.56916	41	0.25358	61	0.64688	81	0.61558	101	0.51714
2	0.31903	22	0.72540	42	0.55730	62	0.74197	82	0.69061	102	0.72261
3	0.11370	23	0.69396	43	0.70829	63	0.71854	83	0.25322	103	0.65464
4	0.66071	24	0.58121	44	0.67172	64	0.67654	84	0.83846	104	0.81198
5	0.20336	25	0.40625	45	0.69067	65	0.73225	85	0.67574	105	0.45944
6	0.16150	26	0.75002	46	0.53604	66	0.31403	86	0.69784	106	0.80519
7	0.28460	27	0.79668	47	0.54855	67	0.59977	87	0.57755	107	0.27705

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 5 (ต่อ)											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
8	0.53007	28	0.80852	48	0.70959	68	0.63394	88	0.50436	108	0.02307
9	0.08090	29	0.42493	49	0.56733	69	0.47884	89	0.43542	109	0.39421
10	0.33541	30	0.75758	50	0.75179	70	0.56859	90	0.80064	110	0.76100
11	0.03754	31	0.50206	51	0.81947	71	0.64489	91	0.56958	111	0.24253
12	0.28967	32	0.81951	52	0.04453	72	0.72505	92	0.82906	112	0.52072
13	0.36725	33	0.54704	53	0.06225	73	0.59973	93	0.50946	113	0.84747
14	0.27807	34	0.71773	54	0.84812	74	0.23040	94	0.05946	114	0.63827
15	0.07300	35	0.78055	55	0.52416	75	0.41395	95	0.79944	115	0.54620
16	0.54484	36	0.81570	56	0.76184	76	0.24716	96	0.75724	116	0.78736
17	0.84244	37	0.44201	57	0.68215	77	0.07021	97	0.35499	117	0.56457
18	0.56180	38	0.52273	58	0.65676	78	0.45804	98	0.71441	118	0.64013
19	0.06708	39	0.50790	59	0.21704	79	0.46558	99	0.47722	119	0.03136
20	0.39520	40	0.61526	60	0.53574	80	0.30357	100	0.54904	120	0.47800

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา

เซลเซียสโดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 6											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.11644	26	0.80852	51	0.36737	76	0.03241	101	0.80852	126	0.41900
2	0.06835	27	0.64736	52	0.94327	77	0.29743	102	0.20959	127	0.80852
3	0.04609	28	0.80852	53	0.61881	78	0.19119	103	0.80852	128	0.17326
4	0.22943	29	0.06849	54	0.40453	79	0.43189	104	0.02432	129	0.49901
5	0.09587	30	0.28751	55	0.53164	80	0.64492	105	0.80852	130	0.78540
6	0.32201	31	0.16802	56	0.29040	81	0.80852	106	0.41010	131	0.80852
7	0.80852	32	0.11263	57	0.38539	82	0.06127	107	0.28367	132	0.58811
8	0.77554	33	0.11921	58	0.13737	83	0.77618	108	0.02328	133	0.64492
9	0.28744	34	0.64623	59	0.80852	84	0.53901	109	0.66677	134	0.18085
10	0.73589	35	0.59890	60	0.21937	85	0.47793	110	0.44593	135	0.82020
11	0.96737	36	0.68202	61	0.34111	86	0.33558	111	0.80852	136	0.19462
12	0.51826	37	0.08241	62	0.05375	87	0.60785	112	0.71868	137	0.33195
13	0.39412	38	0.65045	63	0.05434	88	0.64492	113	0.53901	138	0.53586
14	0.05954	39	0.41281	64	0.80852	89	0.59890	114	0.30468	139	0.57777
15	0.47632	40	0.70391	65	0.80852	90	0.67377	115	0.64303	140	0.06940
16	0.59890	41	0.10051	66	0.80852	91	0.15202	116	0.09979	141	0.73984
17	0.94327	42	0.92480	67	0.83232	92	0.64492	117	0.53415	142	0.80852
18	0.56593	43	0.38874	68	0.36271	93	0.80852	118	0.21787	143	0.64623
19	0.53236	44	0.80852	69	0.64492	94	0.94327	119	0.50581	144	0.59890
20	0.25902	45	0.64492	70	0.33247	95	0.05541	120	0.34266	145	0.75714
21	0.62881	46	0.06577	71	0.52147	96	0.59642	121	0.71768	146	0.33326
22	0.27851	47	0.52399	72	0.12937	97	0.64303	122	0.80852	147	0.49198
23	0.52647	48	0.65360	73	0.30758	98	0.71853	123	0.48013	148	0.46136
24	0.66196	49	0.73984	74	0.68994	99	0.73984	124	0.53586	149	0.83232
25	0.41924	50	0.53901	75	0.92480	100	0.82020	125	0.82020	150	0.71768

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิ 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบรางเท

ตำแหน่งที่ 7											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.27469	24	0.57215	47	0.77617	70	0.42458	93	0.64084	116	0.79791
2	0.07572	25	0.38586	48	0.13491	71	0.94327	94	0.64543	117	0.29866
3	0.20605	26	0.44306	49	0.40845	72	0.68752	95	0.16202	118	0.68822
4	0.80852	27	0.69275	50	0.58920	73	0.57857	96	0.48138	119	0.80249
5	0.14918	28	0.72518	51	0.10530	74	0.60239	97	0.81241	120	0.63981
6	0.16881	29	0.62433	52	0.29516	75	0.53586	98	0.55873	121	0.18165
7	0.32246	30	0.38568	53	0.72694	76	0.96737	99	0.05891	122	0.84840
8	0.11741	31	0.45011	54	0.83064	77	0.33194	100	0.80920	123	0.47508
9	0.96737	32	0.64937	55	0.43172	78	1.07802	101	0.78818	124	0.41213
10	0.73984	33	0.38384	56	0.72742	79	0.46357	102	0.72829	125	0.38732
11	0.60818	34	0.65745	57	0.40005	80	0.44338	103	0.59534	126	0.08480
12	0.06929	35	0.18536	58	0.94327	81	0.43675	104	0.49047	127	0.25120
13	0.59379	36	0.63715	59	0.19314	82	0.52528	105	0.11071	128	0.77731
14	0.26317	37	0.80178	60	0.71930	83	0.09533	106	0.59385	129	0.78607
15	0.51749	38	0.39186	61	0.18435	84	0.44216	107	0.22493	130	0.48805
16	0.73984	39	0.43690	62	0.69647	85	0.74817	108	0.58737	131	0.48771
17	0.64736	40	0.15173	63	0.60087	86	0.57269	109	0.65929	132	0.64168
18	0.73367	41	0.68524	64	0.76299	87	0.79517	110	0.78784	133	0.82302
19	0.25281	42	0.68008	65	0.54801	88	0.21622	111	0.63307	134	0.64632
20	0.47470	43	0.32395	66	0.29084	89	0.42448	112	0.53541	135	0.56217
21	0.21707	44	0.73984	67	0.49674	90	0.28467	113	0.34429	136	0.60641
22	0.46328	45	0.23237	68	0.30922	91	0.58229	114	0.67018		
23	0.55629	46	0.48520	69	0.04963	92	0.80992	115	0.62222		

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา
เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบบางเท

ตำแหน่งที่ 8											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.40412	20	0.75696	39	0.82452	58	0.44723	77	0.82135	96	0.81609
2	0.06313	21	0.67672	40	0.66385	59	0.21909	78	0.77607	97	0.07973
3	0.19834	22	0.76422	41	0.60525	60	0.25392	79	0.71760	98	0.84427
4	0.15077	23	0.80662	42	0.79397	61	0.52054	80	0.69619	99	0.05142
5	0.46952	24	0.65626	43	0.72124	62	0.70422	81	0.61619	100	0.71664
6	0.58534	25	0.85051	44	0.78533	63	0.76551	82	0.59521	101	0.80070
7	0.20113	26	0.79843	45	0.72789	64	0.19708	83	0.69353	102	0.56776
8	0.08099	27	0.80238	46	0.56182	65	0.73563	84	0.76304	103	0.30324
9	0.16846	28	0.35549	47	0.58637	66	0.80731	85	0.84595	104	0.63661
10	0.80852	29	0.86569	48	0.57113	67	0.41905	86	0.58798	105	0.80182
11	0.78045	30	0.82859	49	0.86145	68	0.33744	87	0.69939	106	0.68699
12	0.14317	31	0.96737	50	0.72226	69	0.76023	88	0.86526	107	0.35366
13	0.73984	32	0.72081	51	0.46051	70	0.73017	89	0.68788	108	0.54093
14	0.81406	33	0.84897	52	0.62057	71	0.57175	90	0.77113	109	0.42815
15	0.66390	34	0.58314	53	0.82262	72	0.77458	91	0.68367	110	0.68194
16	0.59339	35	0.38452	54	0.85980	73	0.50305	92	0.74265		
17	0.86481	36	0.79144	55	0.68098	74	0.37401	93	0.52110		
18	0.78170	37	0.36048	56	0.66424	75	0.61800	94	0.78692		
19	0.71385	38	0.80191	57	0.34629	76	0.54815	95	0.55995		

ตารางที่ ข.8(ต่อ) ค่าความกลมของเกรนอลูมิเนียมผสมเกรด A 356 ที่อุณหภูมิเท 680 องศา

เซลเซียส โดยวิธีการเทแบบวางเท

ตำแหน่งที่ 9											
ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม	ที่	ค่าความกลม
1	0.20768	24	0.53255	47	0.83141	70	0.41558	93	0.72396	116	0.44457
2	0.03589	25	0.47486	48	0.78627	71	0.39088	94	0.26308	117	0.67249
3	0.51998	26	0.41491	49	0.23808	72	0.40893	95	0.05909	118	0.27865
4	0.31433	27	0.82013	50	0.73553	73	0.84166	96	0.77455	119	0.59248
5	0.28109	28	0.33065	51	0.72942	74	0.53300	97	0.80852	120	0.70211
6	0.21169	29	0.65861	52	0.85268	75	0.69625	98	0.75836	121	0.60446
7	0.33525	30	0.12171	53	0.67941	76	0.58570	99	0.21517	122	0.76277
8	0.64606	31	0.20382	54	0.36449	77	0.82924	100	0.31393	123	0.64022
9	0.40841	32	0.22591	55	0.51725	78	0.73984	101	0.22394	124	0.78726
10	0.73984	33	0.85188	56	0.70491	79	0.20516	102	0.80344	125	0.76670
11	0.46713	34	0.65881	57	0.78430	80	0.69594	103	0.10249	126	0.56013
12	0.59890	35	0.83426	58	0.25985	81	0.67019	104	0.96737	127	0.80241
13	0.13254	36	0.20418	59	0.79690	82	0.79195	105	0.53459	128	0.48861
14	0.73984	37	0.29686	60	0.83241	83	0.12459	106	0.10595	129	0.17952
15	0.94327	38	0.79929	61	0.80026	84	0.78432	107	0.80554	130	0.49750
16	0.96737	39	0.80852	62	0.50406	85	0.73568	108	0.76480	131	0.48334
17	0.80883	40	0.15300	63	0.75548	86	0.42627	109	0.61451	132	0.63690
18	0.77099	41	0.77832	64	0.59849	87	0.80163	110	0.57120	133	0.86843
19	0.23494	42	0.38618	65	0.47129	88	0.40496	111	0.74670	134	0.58161
20	0.10830	43	0.54984	66	0.73159	89	0.81546	112	0.73269	135	0.77849
21	0.80852	44	0.38067	67	0.70125	90	0.64319	113	0.68223	136	0.48157
22	0.60256	45	0.60511	68	0.56896	91	0.79168	114	0.69387		
23	0.50528	46	0.74558	69	0.72176	92	0.85275	115	0.73520		