

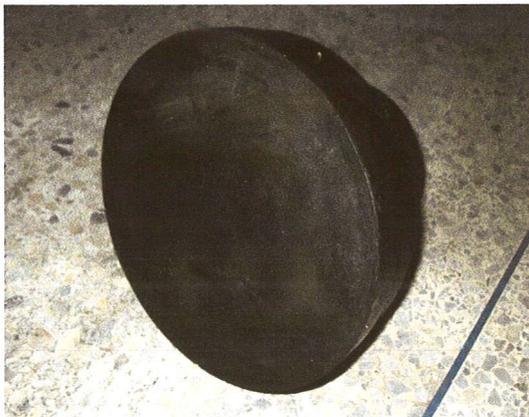
บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ ขั้นตอนการบ่ม และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค และทดสอบสมบัติทางกลที่ประกอบด้วย การทดสอบความแข็งและการทดสอบแรงดึง

3.1 การขึ้นรูปโลหะกึ่งของแข็งโดยวิธี Squeeze casting เกรด A356

การเลือกใช้วัสดุเริ่มต้นในงานวิจัยมีผลต่อการทดลองโดยตรง ดังนั้นในการเลือกใช้ชิ้นกอตจึงมาจากกระบวนการผลิตเดียวกัน ซึ่งส่งผลทำให้มีส่วนผสมทางเคมีและโครงสร้างจุลภาคที่เหมือนกัน ทำให้มั่นใจได้ว่าตัวแปรของชนิดอินกอตเริ่มต้นเหมือนกันในทุกชิ้นงาน วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นวัสดุอลูมิเนียมผสม เกรด A356 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 3.1 ผ่านการหล่อขึ้นรูปแบบกึ่งของแข็งด้วยเทคนิค GISS (Gas induced semi-solid) ซึ่งเทคนิค GISS จะทำการหล่อที่อุณหภูมิประมาณ 700°C เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 650°C จะใช้แก๊สเฉื่อยผ่านแท่งกราฟไฟต์พูน (แก๊สอาร์กอน) เพื่อให้เกิดการไหลวนของน้ำโลหะเกิดการแตกตัวของโครงสร้างเดนไดรต์ เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นนำน้ำโลหะอลูมิเนียมไปเทลงใน Mold แล้วอัด (Squeeze) ดังรูปที่ 3.1 ที่ความดันไม่น้อยกว่า 2,000 psi ค้างไว้จนโลหะแข็งตัว ได้เป็นชิ้นงานแบบแผ่นกลมที่มีความหนาประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.2



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 (ก) – (ข) แสดงส่วนประกอบบนและล่างของ Mold ที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน



รูปที่ 3.2 ชิ้นงานหล่อที่ได้จากการขึ้นรูปโลหะกึ่งของแข็งโดยวิธี Squeeze cast เกรด A356

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมอลูมิเนียม-ซิลิกอนหล่อเกรด A356 ที่ใช้ในการทดลอง

Alloy	Chemical Composition (wt%)							
A356	Al	Si	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti
	bal	7.2453%	0.3985%	0.4458%	0.0424%	0.0433%	0.0081%	0.0893%
	Cr	Ni	Pb	Sr				
	0.006	0.0080	0.0030	0.0003				

3.2 ขั้นตอนทดลองการบ่มขึ้นทดสอบ

3.2.1 ขั้นตอนการทดลองบ่มแบบ T6 ของชิ้นทดสอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก) นำชิ้นงานใส่ในเตาเผา และเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนกระทั่งอุณหภูมิของเตาเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการ 520°C และ 540°C ภายในเวลา 1.05 และ 1.07 ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงเริ่มจับเวลาการเผาชิ้นทดสอบในขั้นตอน Solution Treatment เป็นระยะเวลา 4 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ

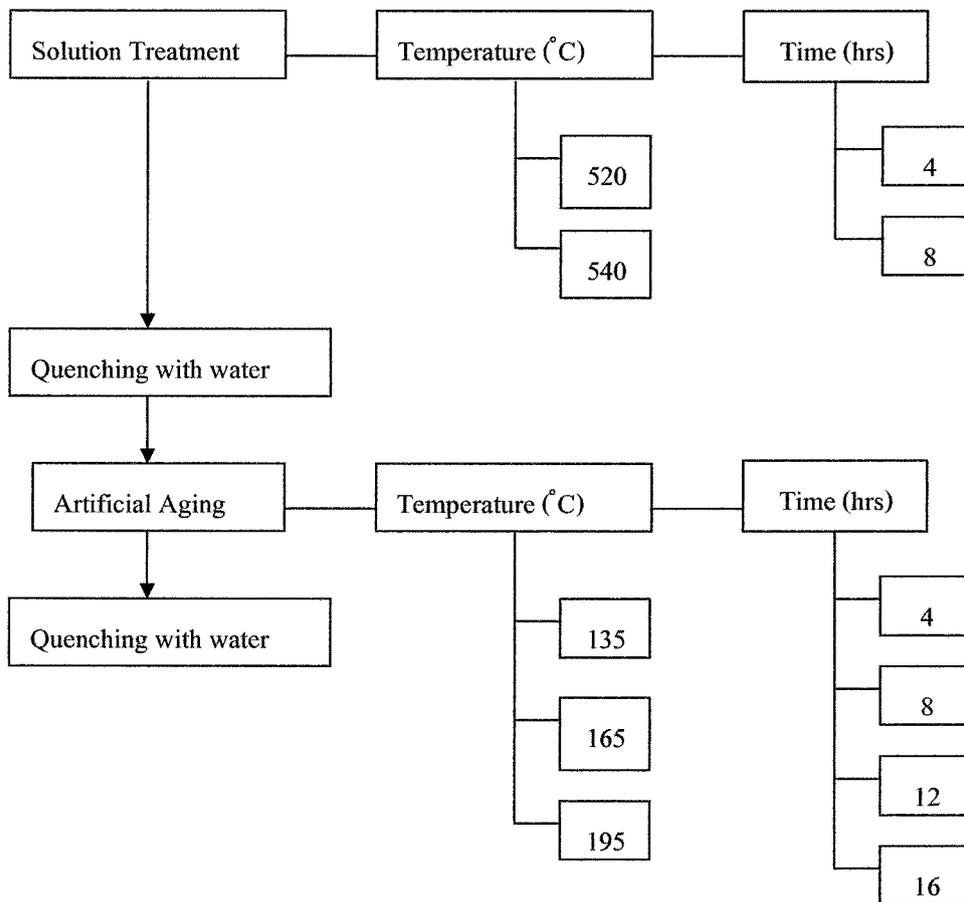
ข) เมื่อทำการเผาชิ้นทดสอบตามระยะเวลาต่างๆตามขั้นตอนการทดลอง และจุ่มชิ้นทดสอบลงในน้ำ

ค) เมื่อผ่านขั้นตอนใน ขั้น ก) และ ข) แล้ว นำชิ้นทดสอบไปบ่มที่อุณหภูมิ 135°C, 165°C และ 195°C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ

โดยแผนภูมิการดำเนินงานแสดงไว้ในรูปที่ 3.3

3.2.2 ขั้นตอนการทดลองบ่มแบบ T5 ของชิ้นทดสอบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

นำชิ้นทดสอบภายหลังการหล่อไปบ่มที่อุณหภูมิ 135°C, 165°C และ 195°C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการบ่มชิ้นงานทดสอบด้วยกระบวนการทางความร้อนแบบ T6

3.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับนำไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค มีดังนี้

- 1) หล่อชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบในสถานะต่างๆ ด้วยเรซินโดยใช้อัตราส่วนผสมของตัวเรซินและตัวเร่งปฏิกิริยาที่อัตราส่วน 10:1 รอจนกระทั่งเรซินแข็งตัว
- 2) ขัดชิ้นทดสอบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 180, 360, 600, 800 และ 1200 ตามลำดับ
- 3) นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที
- 4) ขัดชิ้นทดสอบด้วยผ้าสักหลาดที่มีผงอลูมินาขนาดอนุภาค 5, 1 และ 0.3 ไมครอน ตามลำดับ แล้ว นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที
- 5) นำชิ้นทดสอบมากัดผิวหน้าด้วยสารละลาย (Keller's reagent) ที่มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้

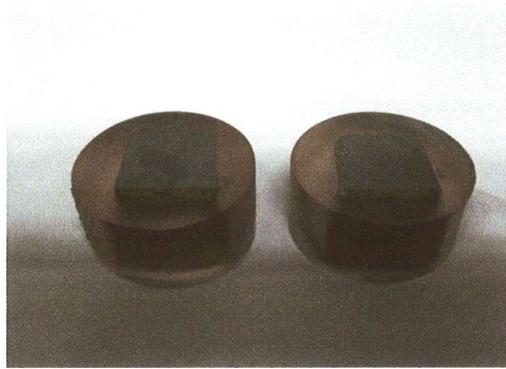
กรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้น 48% 2 ml.

กรดไฮโดรคลอริก (เข้มข้น) 3 ml

กรดไนตริก 5 ml และน้ำ 190 ml

เป็นระยะเวลา 5-10 วินาที ล้างด้วยน้ำ และทำให้แห้ง

6) ถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope)



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะรูปร่างของชิ้นงานที่นำไปทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM)

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้ TEM มีดังนี้

- 1) นำชิ้นทดสอบขนาด 15 x 15 x 130 มิลลิเมตร ไปกลึงให้เป็นแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3 มิลลิเมตร
- 2) นำแท่งทรงกระบอกดังกล่าวไปตัดด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed diamond saw) ให้เป็นแผ่นดิสก์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 150 ไมครอน
- 3) นำแผ่นดิสก์จากข้อ 2) ไปทำการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 จนกระทั่งถึงขัดด้วยผงอลูมินา 5 ไมครอน จนกระทั่งความหนาของแผ่นดิสก์เหลือประมาณ 40-80 ไมครอน
- 4) นำแผ่นดิสก์บางจากข้อ 3) ไปผ่านการขัดเงาด้วยเครื่องทวินเจ็ตอิเล็กโตรโพลิชซิง (Twin-jet electropolishing) โดยใช้สารละลายที่มีส่วนผสมของกรดไนตริก 20% และเมทานอล 80% ที่มีอุณหภูมิ -15°C to -30°C กระแสที่ใช้เท่ากับ 150-250 mA ในขณะที่อัตราการไหล (Flow rate) และความไว (Sensitivity) ของเครื่องถูกปรับไปที่ 4.4-5.5 และ 3-5
- 5) นำชิ้นงานจากข้อ 4) ไปทำความสะอาดด้วยเอทานอล และน้ำกลั่นตามลำดับ
- 6) นำชิ้นงานไปวางไว้ในตู้ดูดความชื้นอย่างน้อย 1 วัน ก่อนนำชิ้นงานไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

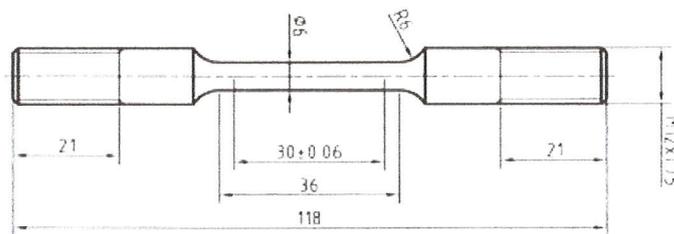
6) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ที่ใช้เป็นเครื่องรุ่น JEOL JEM-2010 ปรับใช้งานที่ความต่างศักย์ เท่ากับ 200 kV.

3.5 การเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบความแข็ง

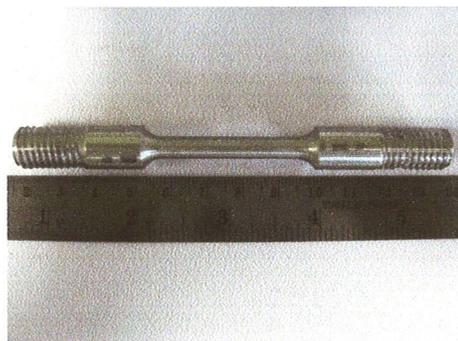
นำชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนการขัดไปวัดความแข็ง ซึ่งในการวัดความแข็งนั้น ใช้วิธีวัดความแข็งในหน่วย Vickers ด้วยเครื่องทดสอบแบบ Micro Hardness Vickers Test รุ่น HWDM-3 Type A และได้กำหนดน้ำหนักกดของหัวกดคงที่ (Load Fixed) ไว้ที่ 100 กรัม กดเป็นเวลา 10 วินาที และหาค่าความแข็งของชิ้นงานในแต่ละสถานะๆละ 3 ชิ้น แต่ละชิ้นจะทำการหาค่าความแข็งของชิ้นงานโดยการวัดค่าความแข็ง 9 จุดต่อ 1 ชิ้นงานแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

3.6 การเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบแรงดึง

ในการทดสอบแรงดึงนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการทำให้เป็นโลหะกิ่งของแข็งแล้วขึ้นรูปโดยวิธี Squeeze casting มาตัดให้ได้ขนาด 14 cm x 13.5 cm แล้วนำไปผ่านกระบวนการทางความร้อนที่สถานะต่างๆจากนั้นจึงนำไปกัดด้วยเครื่อง CNC ให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่แสดงไว้ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงชิ้นงานทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM เบอร์ E 8M-04



รูปที่ 3.6 แสดงชิ้นงานทดสอบแรงดึงภายหลังการเตรียมตามมาตรฐาน ASTM เบอร์ E 8M-04

โดยในการทดสอบแรงดึงนั้นทำการทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง
อเนกประสงค์ รุ่น H 100 KS ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้การดึงโดยกำหนดอัตราการระยะเคลื่อนที่คงที่
(Displacement Rate Fixed) คือ 1 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งงานทดสอบมีความยาวช่วง Gauge Length 30
มิลลิเมตร เมื่อคำนวณเป็น Speed Test คือ $30 \times 1 \times 10^{-3} \times 60$ เท่ากับ 1.8 mm/min และเครื่องทดสอบจะหยุด
การทดสอบเมื่อขึ้นทดสอบเกิดการแตกหัก

โดยที่ในการทดสอบนั้น จะต้องทำการวัดช่วง Gauge Length และทำสัญลักษณ์ไว้ ก่อน
ทำการทดสอบ เพื่อความสะดวกในการหาระยะยืดภายหลังการทดสอบ