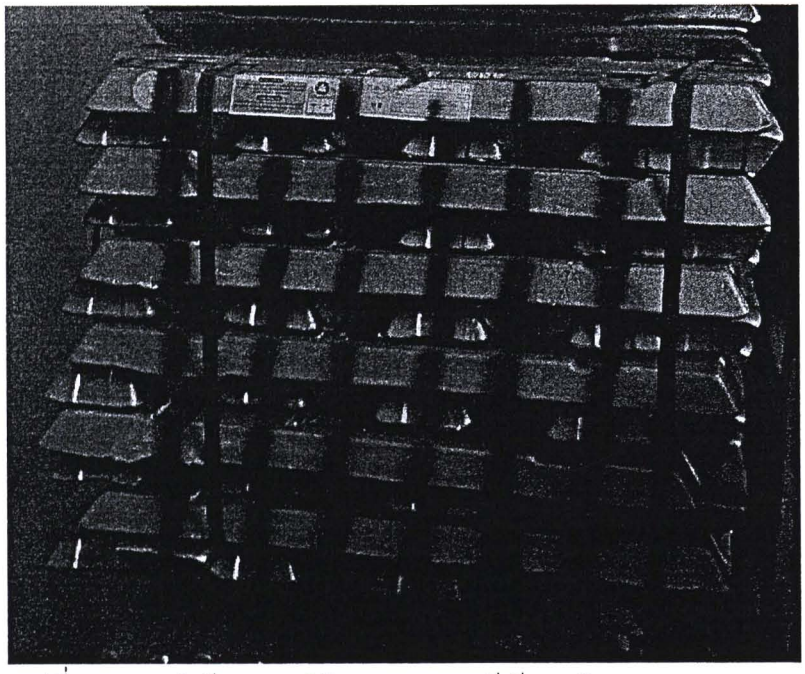
บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

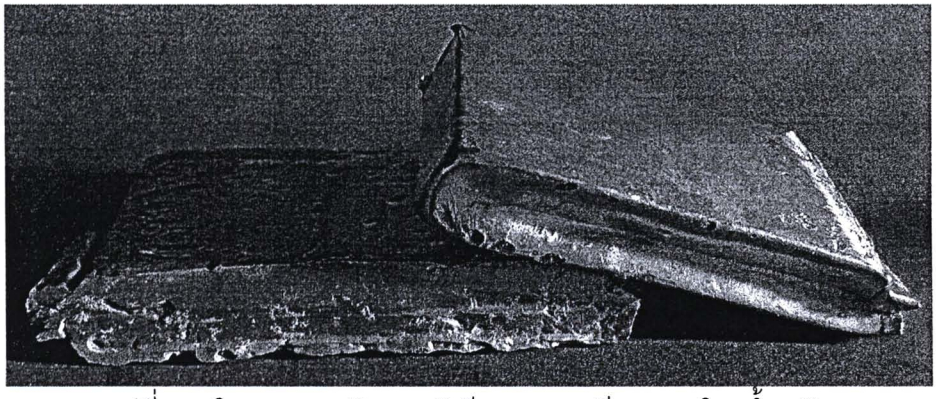
วัสดุที่ใช้การทดลองมีโลหะผสมอะลูมิเนียม โลหะผสมหลักอะลูมิเนียม สแกนเดียม โลหะผสมหลักอะลูมิเนียม เซอร์โคเนียม โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1. อะลูมิเนียมผสมซิลิคอนและแมกนีเซียมชนิด A 356 ที่ใช้งานทั่วไปสำหรับอะลูมิเนียมผสมหล่อ ซึ่งสามารถปรับปรุงสมบัติทางกลด้วยกรรมวิธีทางความร้อน โดยโลหะอะลูมิเนียมผสมหล่อ A356 ที่ใช้ในการทดลองผลิตจากอะลูมิเนียมบริสุทธ์ อะลูมิเนียมทดลองที่ใช้จะอยู่ในรูปของแท่งอินกอต นำมาตัด ชั่ง ให้ได้ขนาดเหมาะสมเพื่อใช้ในการหลอม แต่ละครั้งตามการทดลองโดยนำมาตัด ชั่ง ให้ได้ขนาดเหมาะสมในการหลอม แต่ละครั้งตามการทดลอง



รูปที่ 3-1 อะลูมิเนียมผสมซิลิคอนและแมกนีเซียมชนิด A 356

2. โลหะปรับปรุงสมบัติอะลูมิเนียมหล่อชนิด โลหะผสมอะลูมิเนียม-สแกนเดียมใช้เป็นโลหะผสมหลักในการปรับสภาพเกรนละเอียด ซึ่งได้จากแท่ง Ingot อะลูมิเนียม ที่หลอมรวมกับธาตุสแกนเดียมที่เจืออยู่ในปริมาณ 2 % โดยน้ำหนัก



รูปที่ 3-2 โลหะผสมหลัก อะลูมิเนียม-สแกนเดียม 2 %โดยน้ำหนัก

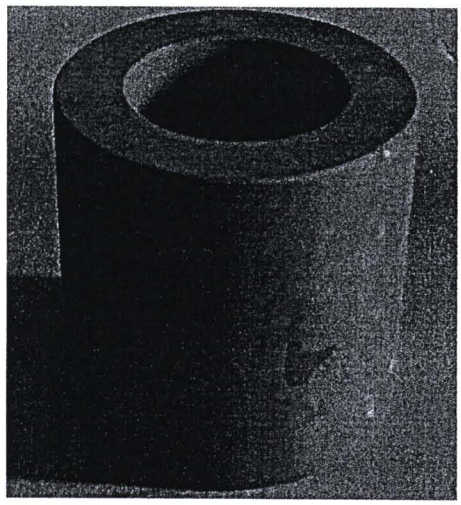
3. โลหะปรับปรุงสมบัติอะลูมิเนียมหล่อชนิด โลหะผสมอะลูมิเนียม-เซอร์โคเนียมใช้เป็นโลหะผสมหลักในการปรับสภาพเกรนละเอียด ซึ่งได้จากแท่งอินกอต อะลูมิเนียม ที่หลอมรวมกับธาตุเซอร์โคเนียมที่เจืออยู่ในปริมาณ 10 % โดยน้ำหนัก

รูปที่ 3-3 โลหะผสมหลัก อะลูมิเนียม-เซอร์โคเนียม 10 %โดยน้ำหนัก

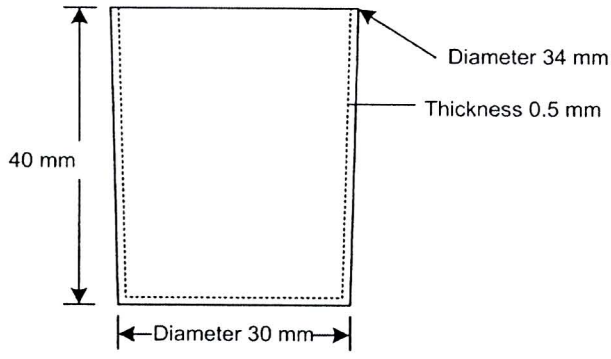
4. แบบหล่อที่ใช้ในการทดลอง จากการวัดด้วย Thermal Analysis พบว่ามีความเร็วในการเย็นตัว 2 แบบ คือ

   4.1. แบบหล่อกราไฟต์มีการเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยใช้มีอัตราการเย็นตัว 200 ^{o}C/min

   4.2. แบบหล่อสเตนเลสมีการเย็นตัวช้าโดยใช้มีอัตราการเย็นตัว 60 ^{o}C/min



รูปที่ 3-4 แบบหล่อการเย็นตัวเร็วสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นงาน



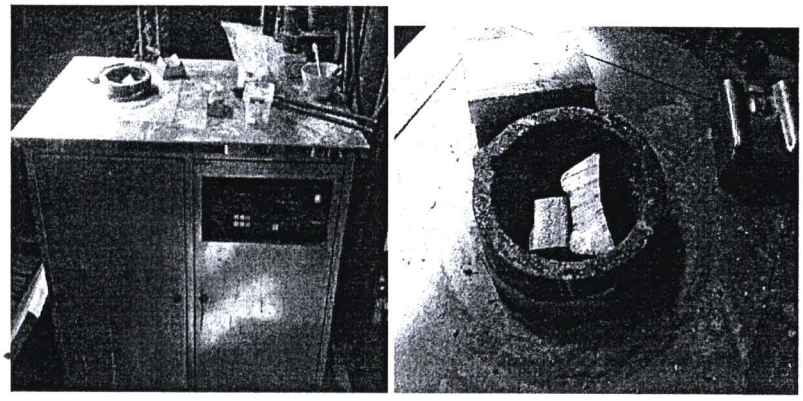
รูปที่ 3-5 แบบหล่อการเย็นตัวช้าสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นงานและตรวจสอบความแข็ง

3.2 วิธีการเตรียมวัสดุทดลอง

ขั้นตอนการหล่อชิ้นงานทดสอบโดยการเตรียมปริมาณโลหะผสมอะลูมิเนียม A356 และโลหะผสมหลักที่ส่วนผสมต่างๆแล้วนำมาหลอมในเตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขดลวดขนาด 12 kW เพื่อให้ส่วนผสมหลอมละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีขั้นตอนการหล่อดังนี้

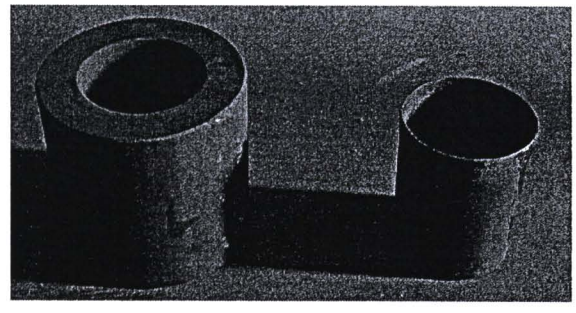
3.2.1. เตรียมแท่งอินกอตของโลหะผสมอะลูมิเนียม-ซิลิคอนหล่อเกรด A 356 โลหะผสมหลักอะลูมิเนียมสแกนเดียม โดยการตัดออกเป็นส่วนๆเพื่อให้ได้ตามน้ำหนักที่กำหนดต่อการหล่อในแต่ละครั้ง โดยแต่ละการทดลองจะหลอมปริมาณหล่อ 1400 กรัม

3.2.2. อุ่นเบ้าหลอม silicon carbide โดยใช้ความร้อนจากเตาหล่อแบบเหนี่ยวนำกระแสขนาด 12 kW ที่อุณหภูมิ 400 °C เพื่ออบไล่ความชื้นเบ้าหลอมเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมอินกอต ปรับเพิ่มอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ และทำการหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 720°C โดยขณะที่อุ่นเบ้าและเตา นั้นจะนำแท่งอินกอต และโลหะแม่ที่จะเติมน้ำมาอุ่นที่บริเวณบนเตา เพื่อไล่ความชื้นบางส่วน ออกไปจากอินกอต



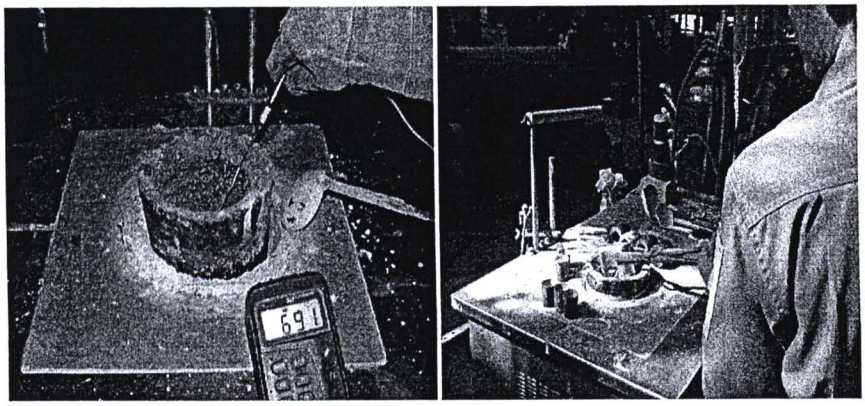
รูปที่ 3-6 เตาหลอมโลหะแบบเหนี่ยวนำและการอุ่นเบ้าหลอมเพื่อไล่ความชื้น

3.2.3.ทำการเตรียมแบบหล่อความเร็วการเย็นตัวช้า และความเร็วการเย็นตัวเร็ว โดยทำการไล่ความชื้นในแบบ และเคลือบแบบหล่อและเครื่องมือด้วยอะลูมิเนียมไนไตรด์



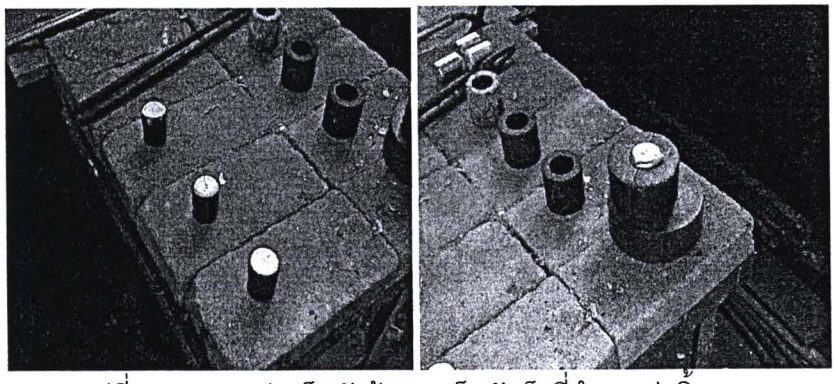
รูปที่ 3-7 แบบหล่อแบบเย็นตัวเร็วและเย็นตัวช้า

3.2.4.ตรวจวัดอุณหภูมิเมื่ออินกอตหลอมละลายอย่างสมบูรณ์ ทำการเติมโลหะแม่เพื่อปรับส่วนประกอบทางเคมีตามแต่ละการทดลอง และรักษาอุณหภูมิจนกระทั่งโลหะหลอมละลายหมด



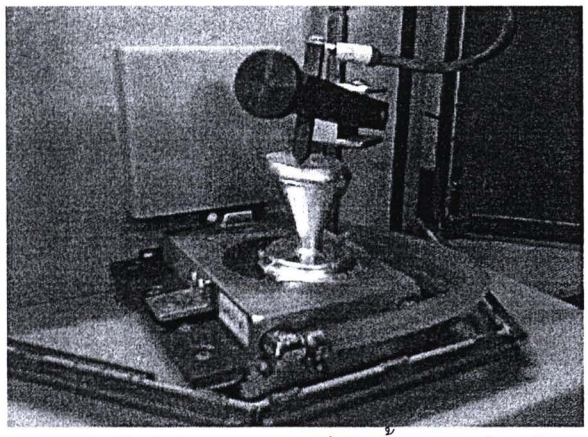
รูปที่ 3-8 การตรวจวัดอุณหภูมิโลหะหลอมเหลว

3.2.5.เป่ากวนไล่ก๊าซไฮโดรเจนในโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลว ด้วยแก๊สอาร์กอนผ่านทางท่อสเตนเลสเคลือบด้วย zircon เป็นเวลา 1 นาทีด้วยอัตราการไหล 4 ลิตรต่อนาที ที่ความดัน 0.2 MPa จนอุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิเท 720°C ทำการกวาด dross และสิ่งเจือปน ก่อนทำการเทลงแบบหล่อตามที่ได้ออกแบบการทดลอง



รูปที่ 3-9 แบบหล่อเย็นตัวช้าและเย็นตัวเร็วที่ทำเทหล่อชิ้นงาน

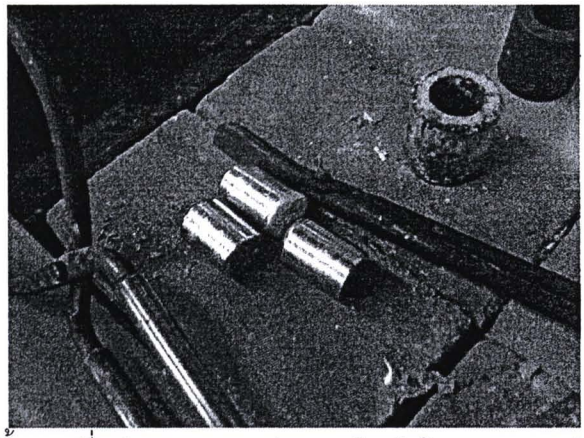
3.2.6. ตรวจวัดปริมาณส่วนผสมทางเคมีจากแบบหล่อทองแดงนำชิ้นงานหล่อที่ได้ไปตัดและขัดเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างและส่วนผสมทางเคมี ด้วยเครื่อง Emission Spectrometer เพื่อให้ได้ส่วนผสมทางเคมีที่ต้องการ



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

รูปที่ 3-10 การตรวจวัดส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานหล่อแต่ละการทดลอง

3.2.7.ทำการเทโลหะหลอมเหลวลงในแบบหล่ออัตราความเร็วแบบต่างๆ และปล่อยให้โลหะหลอมเหลวเย็นตัวในแบบหล่อ



รูปที่ 3-11 ชิ้นงานที่หล่อจากแบบหล่อการเย็นตัวช้าและแบบหล่อเย็นตัวเร็ว

3.3. การบ่มแข็งชิ้นงาน(Age Hardening) และการปรับสภาพด้วยความร้อน

การเพิ่มสมบัติทางกลบ่มแข็งกระบวนการ T6 ด้วยความร้อนโดยนำไปอบในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 540 °C โดยใช้เวลาทำการ solution treatment ที่เวลา 5 ชั่วโมง ก่อนทำการชุบเย็นตัวในอ่างน้ำอุณหภูมิ 30 °C หลังจากนั้นชิ้นงานจากการชุบทำการอบ artificial ageing ที่อุณหภูมิ 155 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของอุณหภูมิที่ตั้งระหว่างกระบวนการ solution treatment และ ageing ทำการควบคุมอุณหภูมิชิ้นงานระหว่างกระบวนการโดยใช้ เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K สอดเข้าไปชิ้นงานต่อเชื่อมกับระบบ data acquisition

3.4. การทดสอบชิ้นงาน

3.4.1. การวิเคราะห์หาส่วนผสมธาตุ

ในกระบวนการหล่อชิ้นงานทำการเติมโลหะผสมหลักอะลูมิเนียมสแกนเดียม 2 wt.% และ โลหะผสมอะลูมิเนียมเซอร์โคเนียม 10 wt.% ในอะลูมิเนียมผสมซิลิคอนและแมกนีเซียมชนิด A356 เพื่อปรับส่วนผสมทางเคมีให้ได้ตามที่กำหนด และทำการตรวจวัดปริมาณส่วนผสมทางเคมีจากชิ้นงานเทลงในแบบหล่อทองแดง ด้วยเครื่อง Emission Spectrometer

3.4.2. การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

ชิ้นงานหล่อทดสอบทั้งหมดจะถูกตัดจากด้านล่างขึ้นมา 10 มม. สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาค ชิ้นงานหล่อทดสอบผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายและผ่านน้ำ จากนั้นกัดกรดโดยใช้ Poulton's reagent เป็นเวลา 25 วินาที เพื่อวิเคราะห์ผลการปรับสภาพเกรน ส่วนชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค ชิ้นงานหล่อทดสอบผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายและผ่านน้ำ และ ทำการขัดผิวละเอียดด้วยผงเพชรขนาด 0.1 ไมโครเมตร จากนั้นนำมากัดกรดส่องโครงสร้างภายในใช้ส่วนผสม HF(48%) 1 มล. ในน้ำ 200 มล. ระยะเวลา 10-40 วินาที แล้วตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เพื่อวิเคราะห์ผลการปรับปรุงรูปร่างการกระจายตัวซิลิคอน

3.4.3. การทดสอบความแข็ง

ชิ้นงานหล่อทดสอบทั้งหมดจะถูกตัดจากด้านล่างขึ้นมา 10 มม .นำไปขัดด้วยกระดาษทรายและผ่านน้ำ นำไปทดสอบหาค่าความแข็งชิ้นงานหล่อ ด้วยวิธีการวัดค่าความแข็งแบบบริเนล เพื่อยืนยันผลกับการปรับสภาพเกรนและปรับรูปร่างและการกระจายตัวของยูเทคติคซิลิคอน