3. ระเบียบวิธีการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนหลักๆ ของการดำเนินงานประกอบด้วย การศึกษาการทำงานของเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูงและแนวทางการพัฒนาเครื่องที่มีมาก่อน และได้ทำการออกแบบเครื่องและส่วนประกอบต่างๆ ก่อนดำเนินการสร้างเครื่อง และทดสอบสมรรถนะโดยทดสอบสังเคราะห์วัสดุผสม Ni-Ti ด้วยเครื่องมือดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดของการทำงานดังนี้

3.1 การออกแบบ และสร้างชิ้นส่วนเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง

ส่วนประกอบหลักๆ ของเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง ที่ทำการออกแบบและสร้างประกอบไปด้วย

- เตาสังเคราะห์ และ Viewing windows
- แท่นวางชิ้นงาน
- ระบบอุ่นชิ้นงาน (Heater)
- ขดลวดจุดระเบิด (Igniter coil)
- ระบบดูดและอัดก๊าซ
- ระบบวัดอุณหภูมิชิ้นงาน
- ระบบหล่อเย็น
- วาล์วนิรภัย (Safety Relief Valve)

โดยทั่วไปเตาสังเคราะห์จะทำหน้าที่เป็นบริเวณที่แยกบรรยากาศขณะเกิดปฏิกิริยา SHS ออกจากบรรยากาศโดยรอบ และต้องมีความแข็งแรงพอที่จะสามารถรับความดันและอุณหภูมิขณะเกิดปฏิริกิยาขึ้นได้ นอกจากนี้ภายในเตาสังเคราะห์ต้องทำการออกแบบแท่นวางชิ้นงาน และติดตั้งวาว์ลนิรภัย (Safety Relief Valve) เพื่อป้องกันไม่ให้ความดันภายในเตาสูงกว่าที่ออกแบบไว้ ทั้งนี้ความดันสูงสุดที่ผนังเตาสามารถรับได้ (P) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P \leq \frac{4\sigma_T \Delta}{d_p}$$

เมื่อ σ_T เป็นความเค้นดรากของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะจะรับได้ Δ เป็นความหนาของผนังภาชนะ และ d_p เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของภาชนะ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความดันสูงสุดที่วัสดุซึ่งนำมาทำเป็น Viewing windows สามารถรับได้อีกด้วย

Heater ซึ่งทำหน้าที่อุ่นชิ้นงานที่ต้องการสังเคราะห์ถูกออกแบบให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 150-300 องศาเซลเซียส และ Igniter coil ซึ่งเป็นเส้นลวดให้ความร้อนอย่างรวดเร็วแก่ชิ้นงาน จนทำให้ชิ้นงานเกิดการจุดระเบิดขึ้นบริเวณที่สัมผัสกับ Igniter coil นี้ และการระเบิดจะลามไปอย่างรวดเร็วทั่วทั้งชิ้นงาน ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้สภาวะของแก๊สอาร์กอน ดังนั้นจึงต้องทำการติดตั้งระบบดูดอากาศผ่านเตาออกทาง Exhaust gas ก่อนทำการอัดแก๊สอาร์กอนเข้าไปภายในเตา นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งระบบหล่อเย็นด้วยน้ำโดยรอบเตาเพื่อลดอุณหภูมิของผนังเตาไม่ให้สูงเกินไป และระบบวาล์วนิรภัย เพื่อปล่อยให้แก๊สภายในเตาออกไปเมื่อความดันภายในเตาสูงเกินไป ในการทดลองอุณหภูมิของชิ้นงานขณะเกิดปฏิกิริยาเป็นตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติของชิ้นงานที่ได้ ดังนั้นจึงต้องติดตั้งระบบวัดอุณหภูมิชิ้นงานด้วย

เมื่อทำการออกแบบและจัดซื้อส่วนประกอบต่างๆ เสร็จสิ้นแล้ว การสร้างและประกอบเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูงได้ดำเนินการโดยใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูง

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องสังเคราะห์โดยวิธีขยายด้วยตัวเองที่อุณหภูมิสูงประกอบด้วย

3.2.1 ความสามารถในการรับความดันของภาชนะ

การทดสอบการรับแรงดันกระทำโดยการอัดน้ำเข้าไปภายในภาชนะให้มีความดันที่ต้องการทดสอบเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง และสังเกตดูรอยรั่วของน้ำโดยรอบภาชนะ

3.2.2 การควบคุมอุณหภูมิของระบบอุ่นชิ้นงาน

อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานถูกกำหนดโดยเทอร์โมสแตด (Thermostat) ที่ติดตั้งกับระบบ และทดสอบความเสถียรภาพของอุณหภูมิที่ต้องการใช้อุ่นชิ้นงาน โดยคงชิ้นงานไว้ ณ อุณหภูมิแต่ละค่าเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง

3.2.3 การทดลองสังเคราะห์วัสดุผสม Ni-Ti พรุน

ลำดับขั้นตอนในการสังเคราะห์ NiTi พรุน มีดังนี้

- นำผงนิกเกิลผสมกับผงไทเทเนียมด้วยอัตราส่วน 1 : 1 โดยอะตอม ซึ่งผงนิกเกิลที่ใช้มีน้ำหนัก 6.82 กรัม ความบริสุทธิ์ 99.8% และขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.35 ไมครอน และผงไทเทเนียมหนัก 5.58 กรัม ความบริสุทธิ์ 99.5% และขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเท่ากับ 34.91 ไมครอน
- นำผงที่ได้ไปผสมเข้ากันให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้เครื่องผสมผงโลหะเชิงกลแบบ Planetary ball mill เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

- จากนั้นนำผงที่ผสมแล้วมาอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานทรงกระบอกด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดันอัดขนาด 8 MPa

- นำชิ้นงานที่ผ่านการอัดไปวางบนแท่นเซรามิกซ์ซึ่งวางบนแท่นวางชิ้นงาน และนำเทอร์โมคัปเปิล Type K มาสัมผัสบริเวณกึ่งกลางความสูงของชิ้นงาน และปรับระดับของขดลวดทังสเตนให้ห่างจากชิ้นงานประมาณ 3 มิลลิเมตร

- ปรับบรรยากาศภายในเตาสังเคราะห์ เริ่มต้นจากดูดอากาศภายในเตาออกด้วยปั๊มสุญญากาศแบบ Rotating vane pump จนความดันต่ำกว่าบรรยากาศเท่ากับ 8.8 psi และทำการปิดวาล์วก่อนที่จะเปลี่ยนวาล์วไปยังท่อจ่ายก๊าซอาร์กอน แล้วอัดก๊าซอาร์กอนเข้าไปภายในเตาสังเคราะห์ จนความดันภายในเตาเพิ่มเป็น 20 psi (0.14MPa) จากนั้นทำการดูดและอัดอากาศเช่นนี้อีก 2 ครั้ง และทำการทดลองภายใต้บรรยากาศของก๊าซอาร์กอนที่มีความดันเท่ากับ 20 psi

- ทำการอุ่นชิ้นงานที่อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นงานเท่ากันทั้งชิ้น ก่อนทำการจุดระเบิดชิ้นงาน

- จุดระเบิดชิ้นงานด้วยขดลวดทังสเตน

3.2.4 <u>วิเคราะห์ลักษณะ และส่วนประกอบของเฟสที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์วัสดุผสม Ni-Ti</u>

นำชิ้นงานที่ได้จากการสังเคราะห์ไปทำการวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ศึกษาลักษณะของชิ้นงานที่ได้โดยการบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล หรือกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

- ตรวจสอบเฟสที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยเทคนิคเอ๊กซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray Diffraction, XRD)

- วัดความพรุนของชิ้นงานซึ่งแบ่งได้เป็น

(1) ความพรุนก่อนเผา (Green porosity, ε_g) คือ ความพรุนของชิ้นงานก่อนนำไปผ่านกระบวนการ SHS หาได้จากสมการ

$$\varepsilon_g = \left(1-\frac{\rho}{\rho_o}\right)x100\%$$

เมื่อ ρ เป็นความหนาแน่นของชิ้นงานทรงกระบอกก่อนเผา และ ρ_o เป็นความหนาแน่นจริงของธาตุ Ni และ Ti ที่อัตราส่วน 50:50 โดยอะตอม มีขนาดเท่ากับ 6.19 g cm^{-3}

(2) ความพรุนสุดท้าย (Final porosity, ε_s) คือ ความพรุนของชิ้นงานหลังผ่านกระบวนการ SHS แล้ว ซึ่งความพรุนนี้วัดได้โดยใช้มาตรฐาน ASTM B328-73