บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

นิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์ (Ni-Base Superalloys) เป็นวัสดุที่นิยมใช้ในงานที่ต้องทนอุณหภูมิสูง เช่น ใน Aircraft Engine Turbosuperchargeres รวมถึงการทำเป็นชิ้นส่วนในอากาศยาน เรือเดินสมุทร และ โรงงานอุตสาหกรรม เช่น ใน Astronautics Industry ซึ่งในปัจจุบันนิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์บางชนิดได้ถูกนำมาใช้งานใน Space Vehicle, Rocket Engines, Experimental Aircraft, Nuclear Reactors และ Steam Power Plants เป็นต้น โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอากาศยาน เช่น Turbine Blade, Turbine Disc, Compressor และ Burner ของเครื่องยนต์ Jet รวมถึง Turbine Nozzle Guide Vanes และ Integral Wheels ซึ่งบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) ได้ใช้ INCONEL 718 ในการทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ Jet ของบริษัท GE รุ่น GF 6-80 ในส่วนของ High Pressure Compressor Blade ใน Stage 10-44 และใน High Pressure Compressor Spool และในการผลิตเครื่องยนต์อากาศยานรุ่นใหม่ INCONEL 718 จะถูกนำมาใช้ในการทำชิ้นส่วนมากกว่า 40 % ของซุปเปอร์อัลลอยด์ที่นำมาใช้ทำชิ้นส่วนทั้งหมด[1] จึงนับได้ว่า INCONEL 718 จะมีความสำคัญมากขึ้นในการผลิตชิ้นส่วนอากาศยานในอนาคต

INCONEL 718 มีความสามารถคงคุณสมบัติทางกลที่อุณหภูมิสูงไว้ได้ ที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ได้ เนื่องจากการเกิด Precipitation Hardening ขึ้นภายในโครงสร้างเมื่อผ่านการอบชุบด้วยความร้อนที่เหมาะสม ทำให้เกิดสัดส่วนของปริมาตร (Volume Fraction) ขนาด รูปร่าง และการกระจายตัวของ γ' และ γ'' ซึ่งเป็นเฟส (Phase) ที่มีประโยชน์ เนื่องจากเฟสเหล่านี้จะเกิด Coherence กับ Matrix ซึ่งเป็น γ Phase ที่มีนิกเกิล (Ni) ผสมอยู่ในปริมาณสูง ทำให้ Dislocation ถูกขัดขวางการเคลื่อนที่ใน Matrix โดยเฉพาะ γ'' นับว่าเป็นความแข็งแรงหลัก (Major Strengthening)[2] นอกจากนี้คาร์ไบด์ (Carbide) ที่อยู่ในโครงสร้างจะมีส่วนสำคัญเช่นกัน โดยคาร์ไบด์ใน Matrix จะทำหน้าที่ขวางการเคลื่อนที่ของ Dislocation ในขณะที่คาร์ไบด์ที่อยู่ตามขอบเกรนจะเป็นตัวป้องกันการเลื่อนของขอบเกรน (Grain Boundaries) สิ่งเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการคงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงของนิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์เกรด INCONEL 718

โดยทั่วไปแล้วการเลือกใช้นิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์ในงานวิศวกรรมอากาศยานนั้น เนื่องมาจากเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ค่าการนำความร้อน - ซุปเปอร์อัลลอยด์ที่มีค่าการนำความร้อนสูงจะนำไปใช้ในชิ้นส่วนที่ต้องการการกระจายความร้อนที่ดี เช่น ในเครื่องยนต์ Turbine เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ลด Thermal Stress ที่ทำให้เกิด Thermal Fatigue Failure

2. คงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง โดยการคง Metastable Phase ไว้เป็นระยะเวลานานพอสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูง

เทคโนโลยีโลหะผงเป็นเทคโนโลยีที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิต นับตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา ความต้องการใช้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ผลิตโดยเทคโนโลยีโลหะผงนับวันจะเพิ่มมากขึ้น ทั้งในการผลิต Refractory Metals, Cemented Carbides, Composite Metals รวมถึง Porous Metal, Bearing และ Filters[3] โดยเฉพาะเทคโนโลยีอากาศยานนั้น มีความต้องการใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงเป็นจำนวนมาก เทคโนโลยีโลหะผงสามารถที่จะช่วยให้บรรลุความต้องการดังกล่าวนี้ได้ ซึ่งเทคโนโลยีโลหะผงมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกล และช่วยประหยัดวัสดุจากผลการผลิตแบบ Near-Net Shape ทั้งยังสามารถควบคุมโครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมของอัลลอยด์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเรื่องดังกล่าวเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้ หากทำการผลิตแบบการหล่อโดยทั่วไป

นอกจากนี้ ประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีโลหะผงสำหรับวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง และใช้งานที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากผงโลหะถูกผลิตจากกระบวนการผลิตแบบใช้อัตราเย็นยิ่งยวด (Rapid Cooling Rates) ทำให้ผงโลหะมีคุณสมบัติที่ดีในการผลิตชิ้นงาน ดังจะแยกได้ดังนี้[4]

1. มีขนาดเกรนที่ละเอียด
2. การเพิ่มขึ้นของ Superstructuration จะทำให้ศักยภาพในการ Precipitation มากกว่าโดยปราศจาก Harmful Segregation Effect
3. ได้การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Uniform Dispersion) ของ Element ในผงโลหะ
4. มี Nonequilibrium Metastable Phases ที่จะให้ความแข็งแรงมากกว่า
5. ยับยั้ง Equilibrium Precipitates ที่จะเป็นอันตรายต่อคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางการกัดกร่อน

ในอดีต INCONEL 718 โดยทั่วไปจะถูกผลิตจากกระบวนการหล่อ แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ แต่เมื่อเทคโนโลยีการผลิตได้พัฒนาขึ้น จึงได้มีการคิดค้นการขึ้นรูป INCONEL 718 ในรูปแบบกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การใช้การอบชุบด้วยความร้อนแบบ Delta Process (DP)[5] ในการผลิต Uniform Fine Grain Billet และ Bar Stock และการผลิตแบบ Superplastic Forming (SPF)[6] ซึ่งเป็นการผลิตชิ้นส่วนสำหรับยานอวกาศและ Fuselage Components เป็นต้น รวมทั้งเริ่มที่จะนำเทคโนโลยีโลหะผงมาใช้ในการผลิตเพื่อทดแทนกรรมวิธีการหล่อแบบดั้งเดิม เช่น การใช้กระบวนการผลิตแบบ Powder Injection Molding (PIM)[7] ในการผลิต Small and Geometrically Complex Components สำหรับ Aircraft Engine Industry และการผลิตแบบ Electric Discharge-Type Activated Hot Pressing (Spark Sintering)[8] เพื่อใช้ในการผลิตชิ้นส่วนของยานอวกาศซึ่งค้นพบว่า การใช้กระบวนการผลิตแบบใช้ผงโลหะเพื่อผลิต INCONEL 718 ใช้อุณหภูมิต่ำกว่าการผลิตแบบหล่อ เช่น ในกรณีของการผลิตแบบ Spark Sintering ซึ่งสามารถผลิต INCONEL ได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลว อันจะนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต

การผลิตโดยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนเป็นกระบวนการผลิตอีกกระบวนการหนึ่งที่ใช้ผลิตชิ้นงานให้มีความหนาแน่นสูงตามที่ต้องการได้ โดยการควบคุมอุณหภูมิ เวลา และความดันในขั้นตอนการผลิต ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลอย่างมากต่อโครงสร้างจุลภาคและความหนาแน่นของชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นผลเกี่ยวเนื่องถึงค่าความแข็งแรงที่ได้จากกระบวนการนี้อย่างมากเช่นกัน ในประเทศไทยได้นำกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนมาใช้ในการผลิตปลายตัดเพชร (Diamon Tip) สำหรับประกอบกับหัวตัดเพื่อใช้ในการตัดหินอ่อนที่จังหวัดลพบุรี

จากข้อดีของ INCONEL 718 และการผลิตชิ้นงานโดยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนนี้ ทำให้มีความสนใจที่จะศึกษาถึงการนำมาใช้งานของ INCONEL 718 ที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน พร้อมกันนี้ก็ต้องการทราบคุณสมบัติด้านแรงดึงที่อุณหภูมิสูงเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดเดียวกันที่ผลิตแบบ Wrought ที่มีการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมอากาศยาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานนิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์เกรด INCONEL 718 ให้ได้ความหนาแน่นสูง โดยผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านแรงดึงที่อุณหภูมิสูงของ INCONEL 718 ซึ่งผลิตโดยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนที่เงื่อนไขต่าง ๆ เปรียบเทียบกับชิ้นงานจากบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาถึงปัจจัยซึ่งประกอบด้วยความดัน อุณหภูมิ และเวลา ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของนิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์ที่ขึ้นรูปโดยผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน และทำการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติต้านแรงดึงที่อุณหภูมิสูงของชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการขึ้นรูปโดยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนกับชิ้นงานจากบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) โดยใช้อุณหภูมิทดสอบที่ 650°C พร้อมทั้งศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปจากทั้ง 2 กระบวนการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของชิ้นงานนิกเกิลเบสซุปเปอร์อัลลอยด์ที่ผลิตโดยกระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

1.4.2 ทำให้ทราบคุณสมบัติต้านแรงดึงที่อุณหภูมิสูงเมื่อใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อนเปรียบเทียบกับชิ้นงานจากบริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

1.4.3 สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมต่อไป