บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

เป็นที่ทราบกันดีว่าการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกระบวนการทางโลหะผง (Powder Metallurgy, P/M) นั้นมีข้อดีอยู่หลายประการ ข้อดีที่โดดเด่นมากประการหนึ่งคือ สามารถขึ้นรูปชิ้นงานให้มีขนาดตามต้องการหรือใกล้เคียง (Near net shape) กับที่ต้องการได้ ทำให้ช่วยลดการสูญเสียเนื้อวัสดุและค่าใช้จ่ายในการปรับแต่ง (Machining) ขนาดของชิ้นงานลงได้มาก

ได้มีความพยายามปรับปรุงสมบัติด้านต่างๆของชิ้นงานที่ผลิตจากกระบวนการทางโลหะผง วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือการใช้เทคนิคการแทรกซึม (Infiltration) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมากว่า 50 ปีในอุตสาหกรรมโลหะผงของเหล็กกล้า[1] หลักการของเทคนิคนี้คือการทำให้โลหะที่หลอมเหลวสัมผัสกับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (Porous compact)[2] ซึ่งจะทำให้โลหะหลอมเหลวสามารถไหลแทรกซึมผ่านเข้าไปในชิ้นงานได้โดยอาศัยแรงคาปิลลารี (Capillary forces) การแทรกซึมที่ความดันบรรยากาศมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น การจุ่มบางส่วนของชิ้นงานในอ่างโลหะหลอมเหลว การแช่ทั้งชิ้นงานในอ่างโลหะหลอมเหลว หรือการวางชิ้นงานที่ใช้เป็นตัวแทรกซึม (Infiltrant) ประกบกับชิ้นงานหลัก (Porous compact) แล้วให้ความร้อนกับชิ้นงานทั้งคู่พร้อมกัน เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการหลังสุดในการทดลอง

จุดเด่นของเทคนิคการแทรกซึมคือ สามารถลดปริมาณรูพรุน (Porosity) ที่มีอยู่ภายในชิ้นงานลงได้มาก ทำให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นสูงขึ้น ส่งผลให้สมบัติต่างๆของชิ้นงาน เช่น ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความแข็ง (Hardness) Impact energy และ Fatigue strength รวมถึงการควบคุมขนาดของชิ้นงานดีขึ้นด้วย[1], [3] ตัวแทรกซึมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมโลหะผงโดยทั่วไปได้แก่ ทองแดงและโลหะผสมของทองแดง (Copper alloys)[4] เป็นต้น

อีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการปรับปรุงสมบัติของชิ้นงานที่ผลิตจากกระบวนการทางโลหะผงคือการเผาประสานแบบเฟสของเหลว (Liquid phase sintering) หลักการของวิธีนี้คือการทำให้ผงโลหะบางส่วนที่ต้องการให้เกิดเป็นเฟสของเหลว (Liquid-phase-forming powder) เกิดการหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเผาประสาน โลหะส่วนที่หลอมเหลวนี้จะถูกดึงไปตาม

ช่องว่างระหว่างอนุภาค (Pores) ด้วยแรงคาปิลลารี (Capillary forces)[5] ซึ่งแรงนี้จะออกแรงดูด (Attractive bonding forces) กับอนุภาคผง (Base metal) ด้วย ทำให้อนุภาคผงเกิดการหดตัวอย่างรวดเร็ว จากนั้นโลหะหลอมเหลวจะเข้าสลายกลุ่ม (Clusters) ของอนุภาค ทำให้อนุภาคเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ การจัดเรียงตัวใหม่ระหว่างอนุภาคขนาดเล็กและขนาดใหญ่นี้จะส่งผลให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่องว่างที่มีอยู่ภายในชิ้นงานได้ถูกกำจัดไปนั่นเอง

การขึ้นรูปชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยกระบวนการทางโลหะผงนั้นมีมานานหลายสิบปีแล้ว[6] ผงเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีการนำมาขึ้นรูปมีทั้งกลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steel) และเฟอริติก (Ferritic Stainless Steel) กลุ่มออสเทนนิติกมักจะใช้ในงานที่ต้องการความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี เช่น เครื่องครัว อุปกรณ์ทางการแพทย์ ชิ้นส่วนอากาศยาน เป็นต้น ส่วนกลุ่มเฟอริติกมักจะใช้ในงานที่ต้องการสมบัติทางแม่เหล็ก การนำความร้อนที่ดี และมีความทนทานต่อภาวะความร้อนแบบวัฏจักร (Thermal cycles) เช่น ในระบบเบรกและระบบไอเสีย (Exhaust systems) ของรถยนต์ เป็นต้น

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L ซึ่งอยู่ในกลุ่มเฟอริติก เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นแบบ Body-Centered Cubic (BCC) และมีสมบัติทางแม่เหล็ก (Magnetic) จากข้อมูลการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมในสหรัฐอเมริกา[7]พบว่า เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L เพิ่งถูกผลิตขึ้นในช่วงสิบกว่าปีมานี้เอง โดยในแต่ละปีมีการผลิตมากเป็นอันดับ 2 รองจากเกรด 304 ซึ่งอยู่ในกลุ่มออสเทนนิติกและยังคงมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L นี้นับเป็นเหล็กเกรดใหม่ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในสภาวะที่มีการกัดกร่อนไม่สูงนัก โดยมีปริมาณโครเมียมต่ำที่สุดในบรรดาเหล็กกล้าไร้สนิมในกลุ่มเฟอริติก ทำให้มีราคาถูกและมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) ทั่วไปมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและการถอดเปลี่ยนชิ้นงาน

การใช้งานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L โดยทั่วไปมักจะใช้ในระบบ Emission control ของรถยนต์ โดยมีการผลิตเป็นชิ้นส่วน Exhaust flanges และ Sensor bosses[6] เพื่อใช้ในระบบไอเสียของรถยนต์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาประสานชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากผงเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L ภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจน
2. เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการแทรกซึมและการเผาประสานแบบเฟสของเหลวของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L และหาปริมาณทองแดงที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติทางกลและความต้านทานการกัดกร่อนของชิ้นงาน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. หาสภาวะที่เหมาะสมในการเผาประสานชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากผงเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L โดยพิจารณาจากความหนาแน่นและสมบัติทางกลของชิ้นงานหลังการเผาประสานภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ
2. ศึกษาการแทรกซึมชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L โดยใช้ทองแดงเป็นตัวแทรกซึม และศึกษาการเผาประสานชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L ที่ผสมทองแดง เพื่อหาปริมาณทองแดงที่เหมาะสมในการปรับปรุงความหนาแน่น สมบัติทางกล และความต้านทานการกัดกร่อนของชิ้นงาน แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากเทคนิคทั้งสอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สภาวะที่เหมาะสมในการเผาประสานชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากผงเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L ภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจน
2. ได้วิธีการที่มีประสิทธิผลในการปรับปรุงความหนาแน่น สมบัติทางกล และความต้านทานการกัดกร่อนของชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 409L ที่ผลิตจากกระบวนการทางโลหะผง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมโลหะผงและอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยในอนาคต