บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

แมงกานีสอะลูมินั่มบรอนซ์ (Manganese Aluminum Bronze; MAB) หรือโลหะผสม MAB (MAB alloy) เป็นโลหะผสมทองแดง (Cu) โดยทั่วไปจะผลิตด้วยการหล่อ สมบัติที่ดีของโลหะผสม MAB คือมีความแข็งแรงสูง ความเหนียวที่ดี และทนทานต่อการแตกหักสูง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ดีและ ไม่มีความเป็นแม่เหล็ก ดังนั้นจึงเป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมใช้ในน้ำทะเล เช่น ใช้เป็นใบพัดเรือ รวมถึงชิ้นส่วนทางวิศวกรรมต่างๆของเรือ ในปัจจุบันอุตสาหกรรมพาณิชย์นาวีในประเทศไทยยังต้องนำเข้าใบพัดเรือที่ผลิตจากโลหะผสม MAB จากต่างประเทศเป็นหลัก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปของโลหะผสม MAB ในระหว่างการทดสอบการกดขึ้นรูปร้อน ผลจากการทดลองที่ได้รับสามารถเปรียบเทียบได้กับการทุบขึ้นรูปร้อน กราฟความเค้นจริง-ความเครียดจริงที่ได้จากการทดลอง สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความเค้น และอัตราความเครียด ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจำเป็นต้องศึกษาและเข้าใจอย่างลึกซึ้งในพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปที่อุณหภูมิสูงแบบพลาสติก (Plastic deformation) รวมถึงกลไกการแข็งตัว (Work hardening mechanism) และกลไกการอ่อนตัว (Softening mechanism) ของโลหะผสม MAB โดยอาศัยเส้นโค้งความเค้นไหล ซึ่งกราฟความเค้นการไหล มีความสำคัญอย่างมากต่อความเข้าใจกลไกการเปลี่ยนรูปของวัสดุที่ได้จากการศึกษาจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำนายให้มีความแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปของโลหะผสม MAB ในสภาวะการทุบขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงโดยการวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นจริง-ความเครียดจริง

1.2.2 ทำแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นจริง-ความเครียดจริงของโลหะผสม MAB โดยอาศัยสมการคอนสทิทิวทีพที่พิจารณาถึงพฤติกรรมการคืนตัวแบบพลศาสตร์และการเกิดผลึกใหม่แบบพลศาสตร์ของวัสดุ

1.2.3 พิสูจน์ความแม่นยำของแบบจำลองวัสดุ โดยการเปรียบเทียบผลการทดสอบ (Experiment) กับผลการจำลอง (FE Simulation) ด้วยโปรแกรม DEFORM 3D ในการกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูง (Hot compression) ของโลหะผสม MAB

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เข้าใจพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปแบบถาวรของโลหะผสม MAB ที่อุณหภูมิสูง

1.3.2 สามารถนำผลความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดจริงไปหาค่าคงที่ของวัสดุและใช้สร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์และออกแบบเงื่อนไขการทุบขึ้นรูปร้อนสำหรับการผลิตชิ้นส่วนทางอุตสาหกรรมได้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยคือ โลหะผสม MAB ที่ได้ความอนุเคราะห์จากกรมอู่ทหารเรือ

1.4.2 ทดสอบกดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ที่อุณหภูมิ 700, 750, 800 และ 850 องศาเซลเซียสและที่อัตราความเครียด 0.01, 0.1, 1 และ 10 ต่อวินาที

1.4.3 ใช้สมการซีเนอร์โฮโลมอนด์ สมการชิงกาล่า สมการอาลามี่เพื่อทำนายกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นจริง-ความเครียดจริงแล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบเพื่อหาสมการวัสดุที่เหมาะสมสำหรับอธิบายพฤติกรรมของโลหะผสม MAB ภายใต้การกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูง

1.4.4 ใช้สมการซีเนอร์โฮโลมอนด์สำหรับกำหนดค่าสมบัติของวัสดุในแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์การกดขึ้นรูปร้อน

1.4.5 โปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้คือ DEFORM 3D

1.4.6 ใช้แบบจำลอง Dynamic Material Model (DMM) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปแบบถาวรและเสถียรภาพ (Stability) ของการเปลี่ยนรูป

1.5 การดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาทฤษฎี ข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับโลหะผสม MAB และแบบจำลองพฤติกรรมวัสดุที่อุณหภูมิสูง

1.5.2 ทดสอบสมบัติทางกลที่อุณหภูมิห้องของโลหะผสม MAB

1.5.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม DEFORM 3D

1.5.4 ทดสอบการกดขึ้นรูปร้อนด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์ที่อุณหภูมิ 700, 750, 800 และ 850 องศาเซลเซียส และอัตราความเครียด 0.01, 0.1, 1 และ 10 ต่อวินาที

1.5.5 นำผลการทดสอบการกดขึ้นรูปร้อนมาคำนวณหาค่าคงที่ต่างๆ ในสมการซีเนอร์โฮโลมอนด์

1.5.6 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องไดลาโตมิเตอร์และค่าคงที่ต่างๆของวัสดุ (Material constant) ไปจำลองการกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงโดยใช้โปรแกรม DEFORM 3D

1.5.7 เปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบและผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม DEFORM 3D

1.5.8 เปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณ (Calculation) ด้วยสมการซีเนอร์โฮโลมอนด์กับผลการทดสอบ

1.5.9 ศึกษาพฤติกรรมการคืนตัวแบบพลศาสตร์และการเกิดผลึกใหม่แบบพลศาสตร์ของการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิสูงโดยทำอาศัยแบบจำลองบนพื้นฐานของสมการซิงกาล่า (Cingara equation) และสมการอาลามี่ (Avrami equation)

1.5.10 เปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณด้วยสมการซิงกาล่าและสมการอาลามี่กับผลการทดสอบ

1.5.11 วิเคราะห์ความเสถียรภาพการเปลี่ยนรูปแบบถาวรที่อุณหภูมิสูงของโลหะผสม MAB โดยอาศัยแบบจำลอง DMM

1.5.12 สรุปผลการดำเนินการของงานวิจัย