บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของหัวข้อวิทยานิพนธ์

ในช่วงเริ่มต้นของยุคเหล็ก ปัญหาหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงในขั้นตอนการขึ้นรูปเหล็กกล้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการขึ้นรูปร้อน คือการเกิดการแตกเปราะที่อุณหภูมิสูง

กำมะถันที่ติดมากับเหล็กจากขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้า ในรูปของสารมลทิน คือสาเหตุของการเกิดความเสียหายดังกล่าว โดยกำมะถันจะจับตัวกับเหล็ก ได้เหล็กซัลไฟด์,FeS ซึ่งจะตกผลึกในสภาพหลอมตามบริเวณขอบเกรนของแท่งเหล็กกล้าหลอ ซึ่ง FeS มีจุดหลอมเหลว ที่ 1195 องศาเซลเซียส (Kubaschewski and Alcock,1979) ดังนั้น ที่อุณหภูมิขึ้นรูปร้อน FeS จะมีสภาพเป็นของเหลว และบางส่วนเป็น Mushy เมื่อเหล็กได้รับแรงจากการขึ้นรูปร้อนทำให้เหล็กเกิดการแตกร้าวตามขอบเกรนหรือกล่าวได้ว่าเหล็กขาดคุณสมบัติความเหนียวที่อุณหภูมิสูง

การแก้ปัญหาการแตกเปราะที่อุณหภูมิสูงประสบความสำเร็จ โดยใช้วิธีการเติมแมงกานีสเป็นธาตุผสมในเหล็กกล้า โดยอาศัยคุณสมบัติที่ค่า Affinity ของแมงกานีสต่อกำมะถัน มีค่าสูงกว่าของเหล็กกับกำมะถัน ดังนั้น กำมะถันจะตกผลึกในรูปของ MnS และโดยที่จุดหลอมเหลวของ MnS อยู่ที่ 1530 องศาเซลเซียส ทำให้ MnS ยังเป็นของแข็งอยู่ที่อุณหภูมิขึ้นรูปร้อน ปัญหาเรื่องการแตกเปราะที่อุณหภูมิสูงจึงหมดไป

เป็นเวลากว่า80ปี ที่วิธีการเติมแมงกานีสได้รับการยอมรับ เหตุผลหนึ่งที่สำคัญก็คือการผลิตเหล็กกล้าในช่วงนั้นยังไม่มีกระบวนการไล่ออกซิเจนอย่างสมบูรณ์ดังนั้น เมื่อมีการขึ้นรูปเหล็กกล้า เช่น การรีดหรือ การดึงขึ้นรูป

ออกซิเจน ซึ่งจะยึดเกาะกับอินคลูชันในรูปของ Mn-O-S ทำให้อินคลูชันไม่ยืดตัวมากนักหลังจากการขึ้นรูปเหล็กกล้า อย่างไรก็ตาม หลังจากมีการพัฒนาใช้อลูมิเนียมเป็นตัวไล่ออกซิเจนแทนที่ซิลิกอน ทำให้ปริมาณออกซิเจนในเหล็กเหลือน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการขึ้นรูปร้อน ซึ่งอินคลูชันส่วนมากจะไม่ถูกทำให้ขาดออกจากกันเหมือนในการขึ้นรูปเย็น ดังนั้น จึงพบว่าอินคลูชันในรูป MnS จะยืดตัวอย่างมาก และทำให้คุณสมบัติทางกลลดต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการขึ้นรูป อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เหล็กมีคุณสมบัติที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละทิศทางหรือแอนไอโซโทรปี (Anisotropy) ซึ่งมีแนวทางในการแก้ไขอยู่ 2 แนวทาง คือ

1. โดยการลดปริมาณและขนาดของอินคลูชัน

ทำได้โดยการลดปริมาณของกำมะถัน ซึ่งอาจใช้วิธีการควบคุมวัตถุดิบในการผลิต และกระบวนการไล่กำมะถัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกำมะถันละลายในเหล็กกล้าในสภาวะของแข็งได้น้อยมาก คือ น้อยกว่า 0.001% ในระบบผลึกที่เป็น Body-Centered Cubic (BCC) ดังนั้น วิธีนี้จึงต้องลดปริมาณกำมะถันลงไปให้ต่ำกว่า 0.001% ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก ไม่เหมาะสมตามหลักเศรษฐศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตเหล็กในเชิงอุตสาหกรรม

2. โดยการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงรูปร่างของอินคลูชันโดยใช้วิธีการ

2.1 Cross Rolling คือ การรีดแผ่นเหล็กในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการขึ้นรูปเดิมของเหล็กที่นำมารีด ซึ่งสามารถควบคุมรูปร่างของ MnS ได้บางส่วนเท่านั้น และยิ่งไปกว่านั้นวิธีนี้ไม่สะดวกในทางปฏิบัติ

2.2 กระบวนการทางเคมี โดยการเติมธาตุโลหะผสม ซึ่งจะจับตัวกับกำมะถันได้ดีกว่าแมงกานีส และเกิดซัลไฟด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่า และมีเสถียรภาพมากกว่า MnS ที่สำคัญคือไม่เกิดการเปลี่ยนรูปจากการขึ้นรูปร้อน โดยจะยังคงเป็นอินคลูชันที่มีลักษณะกลม ซึ่งพบว่ามีธาตุอยู่ 5 ชนิด ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับหลักการดังกล่าว ได้แก่

1. ไทเทเนียม (Titanium, Ti)
2. เซอร์โคเนียม (Zirconium, Zr)
3. แคลเซียม (Calcium, Ca)
4. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg)
5. กลุ่มธาตุโลหะแรร์เอิร์ท (Rare Earth Metals, REM.)

จากการศึกษา ธาตุทั้งห้าชนิดดังกล่าว พบว่า REM. มีความสะดวกในการปฏิบัติงานจริงและเกิดผลกระทบข้างเคียงน้อย จัดเป็นธาตุในกลุ่มที่น่าสนใจที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะธาตุตัวอื่นๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบข้างเคียงที่ไม่ต้องการ หรือไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน เช่น Ca กับ Mg มีค่าความดันไอสูงมาก และมีค่าความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวที่ต่ำ เมื่อเทียบกับเหล็ก หรือการเกิดคาร์ไบด์ของ TiC และ ZrC อย่างไรก็ตาม มีข้อที่จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษก็คือ REM. ละลายในเหล็กในสภาวะของแข็งได้น้อยมาก อาจกล่าวว่า ละลายแทบไม่ได้เลย ดังนั้น ถ้า REM. ถูกใส่ลงไปในเหล็กในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นแล้ว REM. จะมารวมตัวอยู่ตามขอบเกรน และถ้าส่วนผสมบริเวณใหนเข้าใกล้ส่วนผสมของยูเทคติก เช่น Ce-Fe ที่มี Ce 92.5% โดยอุณหภูมิยูเทคติก คือ 592 องศาเซลเซียส (Luyckx,1981) เมื่อนำเหล็กที่มีส่วนผสมนี้ไปขึ้นรูปร้อน บริเวณขอบเกรนดังกล่าวก็จะกลายเป็นของเหลว ทำให้เกิดการแตกเปราะที่อุณหภูมิสูงอย่างรุนแรงยิ่งกว่า FeS เสียอีก

จากที่กล่าวมานี้จึงเห็นได้ว่าปริมาณของ REM. ที่ใส่ลงไปในเหล็กเป็นตัวแปรสำคัญที่อาจช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กให้ดีขึ้น หรืออาจสร้างปัญหาให้หนักขึ้นมากกว่าเดิมก็ได้ ดังนั้น จุดสำคัญของการทำวิทยานิพนธ์นี้ก็คือ การทดลองพิจารณาหาช่วงของอัตราส่วนของ REM.:Sulfur ในเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ ที่จะมีประสิทธิภาพในการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กดังกล่าว

ตารางที่ 1.1 ความดันไอของโลหะผสมที่อุณหภูมิ 1527 องศาเซลเซียส (Luyckx, 1981)

ธาตุ	ความดันไอ (atm.)
ซีเรียม	6.82×10^{-7}
อลูมิเนียม	8.08×10^{-4}
แมงกานีส	2.81×10^{-2}
แคลเซียม	1.29
แมกนีเซียม	12.6

ตารางที่ 1.2 ความต่วงจำเพาะของโลหะผสมที่อุณหภูมิห้อง (Osborne, 1967)

ธาตุ	ความต่วงจำเพาะ
แมงกานีส	7.39
ซีเรียม	6.92
อลูมิเนียม	2.70
แมกนีเซียม	1.74
แคลเซียม	1.55

จากตารางที่ 1.1 และ 1.2 แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของซีเรียมในการใช้เป็นโลหะผสมในขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้า เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะผสมอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียมหรือแคลเซียม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำที่ผ่านการขึ้นรูปร้อนให้มีค่าที่สม่ำเสมอในทุกๆ ทิศทางของการขึ้นรูป

2. เพื่อหาปริมาณส่วนผสมที่พอเหมาะของแรร์เอิร์ทในรูปของ Misch Metal ที่จะผสมลงไปในเหล็กกล้า สำหรับการควบคุมรูปร่างของซัลไฟด์อินคลูชัน

3. เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้แรร์เอิร์ท เป็นโลหะผสมในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลและควบคุมรูปร่างของซัลไฟด์อินคลูชันกับการใช้ CaSi เป็นโลหะผสม

ขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์

1. แสดงความสัมพันธ์และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำหลังจากผ่านการตีขึ้นรูปร้อนใน 2 ทิศทาง คือ ทิศทางที่ขนานและทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของการขึ้นรูปเมื่อผสม REM. ในรูปของ Misch Metal (MM.) และ CaSi ในเหล็กกล้าที่ปริมาณต่างๆ กัน

2. แสดงผลและวิธีการควบคุมรูปร่างของซัลไฟด์อินคลูชันในเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำที่ผ่านการตีขึ้นรูปร้อนโดยการใช้ REM. ในรูปของ MM. และ CaSi ที่ปริมาณต่างๆ กัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การหลอชิ้นงานทดลองใช้เตาไฟฟ้าเหนี่ยวนำความถี่สูง

2. การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วย Spark Emission

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Spectrometer, Nitrogen/oxygen Determinator และ X-Ray Fluorescence Spectrometer

3. การอบชุบความร้อนแบบนอร์มาลไลซ์ซิง

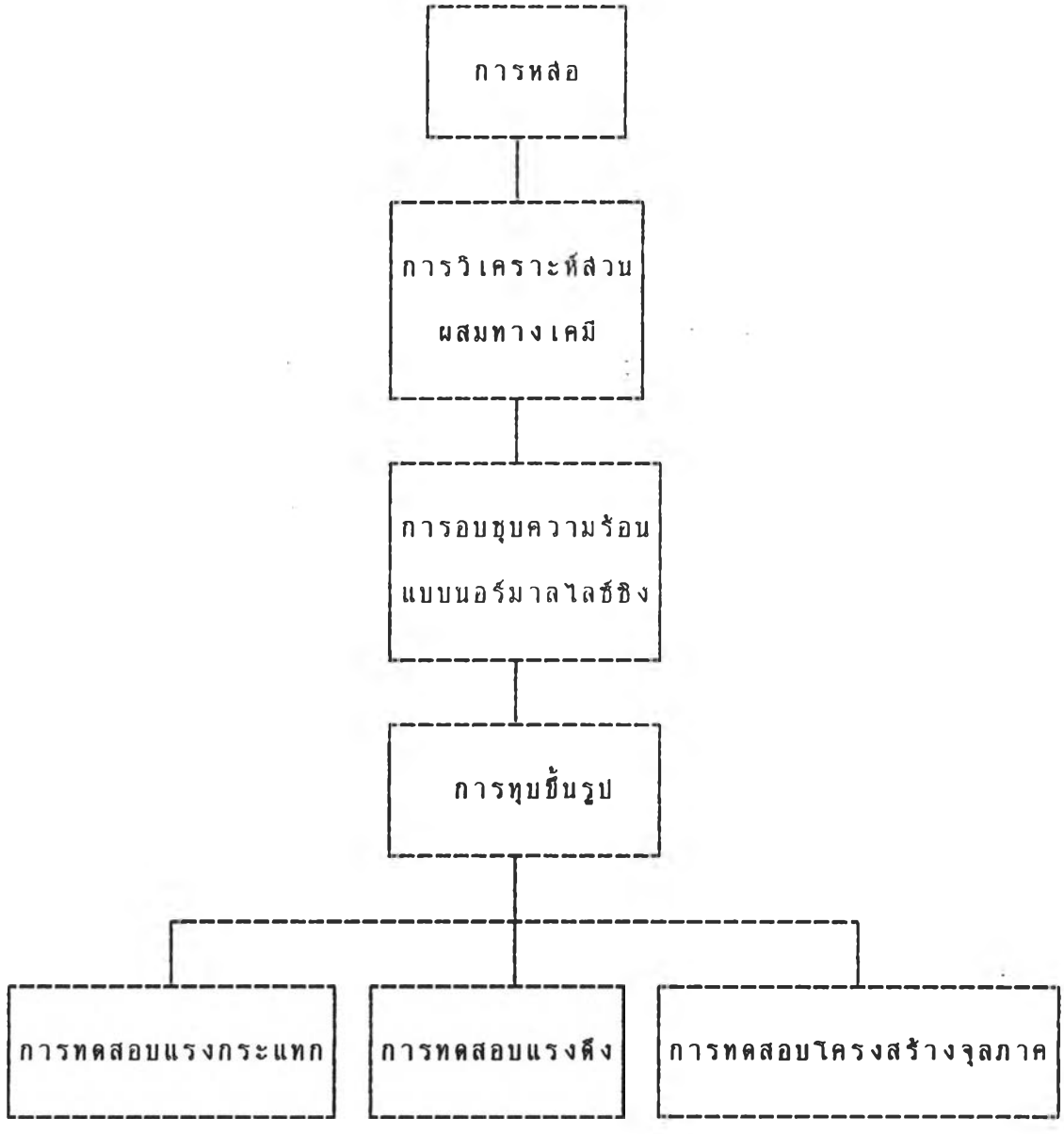
4. การทุบขึ้นรูปด้วยเครื่องทุบขึ้นรูป

5. การทดสอบแรงกระแทก

6. การทดสอบแรงดึง

7. การทดสอบโครงสร้างจุลภาค โดยใช้ Optical Microscope และ Scanning Electron Microscope (SEM)

โดยมีแผนภูมิการไหลของการทดลองดังนี้



รูปที่ 1.1 แผนภูมิการไหลของการทดลอง

ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย

1. เพื่อทราบค่าของช่วงอัตราส่วนของ REM:Sulfur ที่มีประสิทธิภาพในการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกล

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง REM. กับ CaSi ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกล

3. เพื่อนำวิธีและหลักการการควบคุมรูปร่างของซัลไฟด์อินคลูชันมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการทุบขึ้นรูป

4. เพื่อสร้างแหล่งข้อมูลสำหรับงานวิจัยและพัฒนาในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กของประเทศไทย

5. เพื่อกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวและมีการค้นคว้าเพื่อนำ REM. ไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยมีสินแร่ Monazite อันเป็นแร่ที่มีธาตุในกลุ่ม REM. อยู่ด้วย