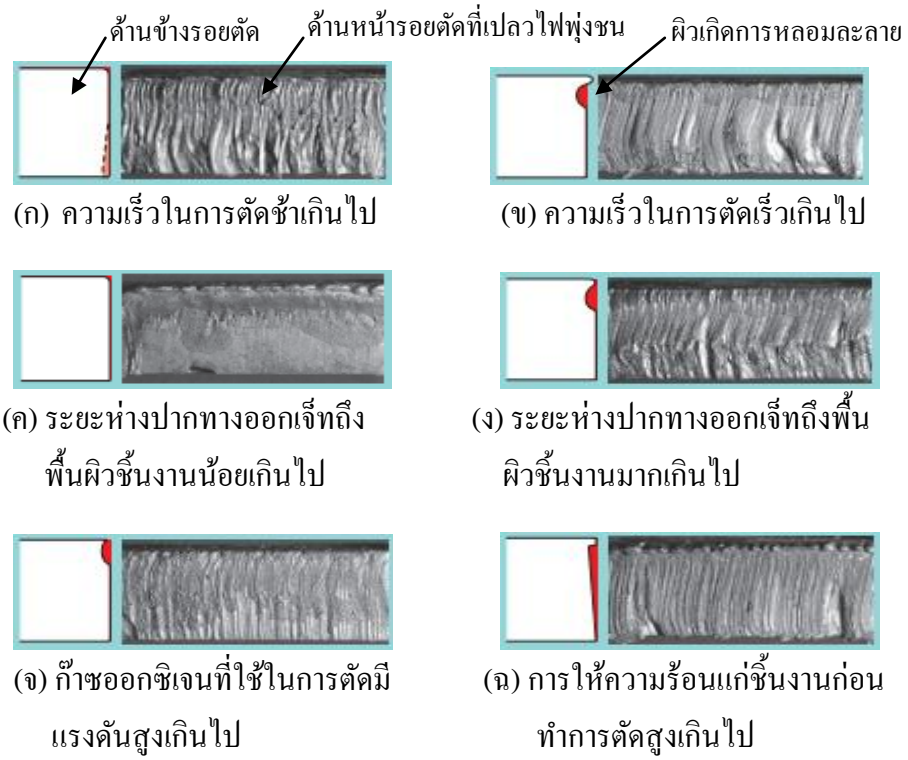
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมหนัก เช่น อุตสาหกรรมการขึ้นรูปเหล็กกล้า (Steel fabrication) อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ อุตสาหกรรมต่อเรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ ได้แก่ โรงไฟฟ้า โรงปิโตรเคมี โรงแยกก๊าซ เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดโลหะอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การตัดโลหะด้วยเจ็ทเปลวไฟถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เพราะสามารถตัดเหล็กที่มีความหนาตั้งแต่ 0.5 - 250 mm มีต้นทุนในการตัดต่ำ สามารถเลือกใช้งานด้วยเครื่องตัดแก๊สแบบธรรมดา หรือใช้งานกับเครื่องตัดแก๊สแบบอัตโนมัติได้ มีการออกแบบหัวตัดแก๊สไว้หลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของหัวตัด ช่วยเพิ่มคุณภาพรอยตัด ลดเวลาที่ใช้ในการตกแต่งรอยตัด และสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด เช่น แก๊สอะเซทิลีน แก๊สโพรเพน แก๊สโพรพิลีน แก๊ส MMAP (Methyl-acetylene-propadiene) และแก๊สธรรมชาติ เป็นต้น โดยเฉพาะการตัดด้วยแก๊สผสมระหว่างออกซิเจนกับแก๊สอะเซติลีน (Oxy-Acetylene) สามารถตัดชิ้นงานที่มีขนาดบางได้ดีและให้อัตราการตัดที่สูง ซึ่ง Klas Weman [1] ได้สรุปว่าการตัดด้วยเปลวไฟจากแก๊สผสมระหว่างออกซิเจนกับแก๊สอะเซติลีนสามารถให้เปลวไฟตัดที่เข้มข้น และเปลวไฟมีอุณหภูมิสูง แต่บางครั้งอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะกลายเป็นข้อเสียของการตัดด้วยแก๊สผสมชนิดนี้ เนื่องจากบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับรอยตัดจะได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat affected zone) โดยตรง อาจทำให้วัสดุเสียคุณสมบัติด้านความแข็งแรง และบริเวณขอบของแผ่นเหล็กเกิดการหลอมละลาย นอกจากนี้การตัดด้วยก๊าซผสมชนิดนี้อาจจะเกิดอันตรายจากการย้อนกลับของเปลวไฟที่ตัดได้

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้การตัดด้วยเจ็ทเปลวไฟจากก๊าซผสมระหว่างออกซิเจนกับเชื้อเพลิงแก๊ส LPG (Liquefied Petroleum Gas) ซึ่งมีข้อดีคือ มีอัตราการเย็นตัวของแนวตัดต่ำ (เย็นตัวช้า) ทำให้แนวตัดมีคุณภาพดี ไม่แข็งมาก ซึ่งในกรณีนี้เหมาะสมเป็นอย่างมากในการตัดวัสดุประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ซึ่งใช้งานกันมากในอุตสาหกรรมหนัก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องตัดแบบอัตโนมัติได้ แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับเงื่อนไขอัตราส่วนผสมผสมระหว่างก๊าซเชื้อเพลิงกับตัวออกซิไดเซอร์ และเงื่อนไขในการตัดที่เหมาะสม เช่น ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่พุ่งชน เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟ และคุณภาพของรอยตัด หากใช้เงื่อนไขการตัดที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้คุณภาพรอยตัดต่ำและอาจเกิดความเสียหายบริเวณรอยตัดได้



(ก) ความเร็วในการตัดช้าเกินไป

(ข) ความเร็วในการตัดเร็วเกินไป

(ค) ระยะห่างปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวชิ้นงานน้อยเกินไป

(ง) ระยะห่างปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวชิ้นงานมากเกินไป

(จ) ก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการตัดมีแรงดันสูงเกินไป

(ฉ) การให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนทำการตัดสูงเกินไป

รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะผลกระทบบริเวณรอยตัดที่เกิดจากใช้เงื่อนไขการตัดด้วยเปลวไฟที่ไม่เหมาะสม

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นลักษณะของรอยตัดที่เกิดจากการเลือกใช้เงื่อนไขการตัวด้วยเปลวไฟที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายบริเวณพื้นผิวของรอยตัด ปัญหาหลักที่ทำให้เกิดความเสียหายดังกล่าวได้แก่ ความเร็วในการตัดช้าเกินไป ความเร็วในการตัดเร็วเกินไป ระยะห่างปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวชิ้นงานต่ำเกินไป ระยะห่างปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวชิ้นงานสูงเกินไป ออกซิเจนที่ใช้ในการตัดมีแรงดันสูงเกินไป และการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนทำการตัดสูงเกินไป เป็นต้น ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวจะทำให้เกิดความเสียหายต่อบริเวณรอยตัดที่แตกต่างกัน

ในกรณีที่ความเร็วในการตัดช้าเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ก) จะส่งผลให้บริเวณขอบด้านบนของชิ้นงานเกิดการหลอมละลายและทำให้พื้นผิวด้านล่างของรอยตัดเกิดความเสียหาย ในกรณีที่อัตราความเร็วในการตัดเร็วเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ข) จะส่งผลทำให้บริเวณพื้นผิวด้านบนของรอยตัดเกิดความเสียหายจากการหลอมละลาย และ เมื่อพิจารณาผิวรอยตัดทั้ง 2 กรณีนี้ พบว่า กรณีที่ความเร็วในการตัดช้าเกินไปทำให้พื้นผิวของรอยตัดมีความขรุขระเกิดขึ้นมากกว่ากรณีที่ความเร็วในการตัดเร็วเกินไป ดังนั้นในการตัดเหล็กแต่ละครั้งจึงจำเป็นต้องกำหนดความเร็ว

ในการตัดให้เหมาะสม เพื่อลดปัญหาการเกิดความเสียหายบริเวณพื้นผิวของรอยตัด อีกหนึ่งกรณีที่ส่งผลกระทบต่อรอยตัดคือ ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน

ในกรณีที่ระยะห่างปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวชิ้นงานต่ำเกินไป ดังแสดงในรูป 1.1 (ค) จะส่งผลให้บริเวณขอบด้านบนของชิ้นงานเกิดการหลอมละลายเพียงเล็กน้อย ซึ่งในกรณีนี้บริเวณพื้นผิวของรอยตัดจะมีลักษณะค่อนข้างเรียบ ในกรณีที่ระยะห่างปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวชิ้นงานสูงเกินไปดังแสดงในรูป 1.1 (ง) จะส่งผลให้บริเวณขอบด้านบนของชิ้นงานและบริเวณพื้นผิวด้านบนของรอยตัดเกิดการหลอมละลายมาก เมื่อพิจารณาทั้ง 2 กรณีพบว่าระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทถึงพื้นผิวชิ้นงานนั้นเป็นผลกระทบที่สำคัญต่อบริเวณรอยตัด

ในกรณีที่ก๊าซออกซิเจนที่ใช้ในการตัดมีแรงดันสูงเกินไปดังแสดงในรูปที่ 1.1 (จ) จะส่งผลทำให้บริเวณขอบด้านบนของรอยตัดเกิดการหลอมละลาย เมื่อพิจารณาในกรณีดังกล่าวพบว่าโดยปกติแล้วความดันของออกซิเจนในการตัดเหล็กนั้นได้มีการกล่าวถึงข้อมูลในส่วนนี้ไม่ชัดเจนถึงขนาดความหนาของเหล็กแต่ละชนิดว่าควรใช้เงื่อนไขใดจึงเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นบริเวณรอยตัด และในกรณีที่ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานก่อนทำการตัดสูงเกินไปดังแสดงในรูปที่ 1.1 (ฉ) จะส่งผลให้บริเวณพื้นผิวทั้งหมดของรอยตัดเกิดการเอียง และบริเวณขอบด้านบนของรอยตัดจะมีขี้เชื่อม (Slag) เกาะอยู่เล็กน้อย

ดังนั้นสำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นทั้ง 6 กรณีข้างต้นจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นบริเวณรอยตัด หลังจากตัดจำเป็นต้องเสียเวลาปรับแต่งรอยตัดมาก ที่ผ่านมาการตัดด้วยเปลวไฟส่วนมาก ช่างปฏิบัติการแต่ละคนอาศัยการสังเกตเปลวไฟในการปรับสัดส่วนแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจน และใช้ประสบการณ์ในเลือกใช้เงื่อนไขในการตัดเอง โดยไม่มีข้อมูลของเงื่อนไขในการตัดด้วยเปลวไฟที่เหมาะสม แต่งเปลวไฟที่ใช้ตัด จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาหาเงื่อนไขการตัดด้วยเปลวไฟที่เหมาะสม เช่น อัตราส่วนผสมแก๊สเชื้อเพลิงและออกซิเจน ระยะห่างจากหัวตัดถึงพื้นผิวเหล็กที่ตัด ความเร็วในการเดินหัวตัด เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ โดยช่วยลดกระบวนการในการปรับแต่งรอยตัด

ปัจจุบัน การตัดแผ่นเหล็กในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้แก๊สเชื้อเพลิง LPG ในการตัด เนื่องจากเป็นแก๊สเชื้อเพลิงใช้หุงต้มในครัวเรือน สามารถหาซื้อได้ง่าย มีราคาต้นทุนต่ำ แต่ในอนาคตราคาของแก๊ส LPG มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะลดการใช้แก๊สเชื้อเพลิงในการตัดโดยใช้วิธีเปิด-ปิดการจ่ายแก๊สเชื้อเพลิงสู่หัวตัด ทำให้เปลวไฟที่ไหลปะทะพื้นผิวเหล็กเกิดการสั่น แล้วทำให้การถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟสู่แผ่นเหล็กสูงขึ้นกว่าการใช้เปลวไฟแบบต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นศึกษาผลของความถี่ในการเปิด-ปิดแก๊สเชื้อเพลิงที่มีต่ออัตราการ

ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ้ทเปลวไฟพุ่งชน และทดสอบใช้เจ็ทเปลวไฟแบบสั่นนี้ในการตัดแผ่นเหล็ก เพื่อสรุปเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

(1) ศึกษาผลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเปลวไฟเจ็ทพุ่งชนพื้นผิวโดยตรง เช่น อัตราส่วนการผสมของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG และออกซิเจน ระยะห่างจากปากทางออกเจ็ทเปลวไฟถึงพื้นผิวที่เจ็ทเปลวไฟพุ่งชน และความถี่ในการเปิด-ปิดเชื้อเพลิงแก๊ส LPG

(2) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเจ็ทเปลวไฟที่เงื่อนไขอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG และออกซิเจน และความถี่ในการเปิด-ปิดเชื้อเพลิงแก๊ส LPG

(3) ทดสอบประยุกต์ใช้เจ็ทเปลวไฟเพื่อหาเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสมตัดแผ่นเหล็กและตรวจสอบคุณภาพของรอยตัด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ได้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับผลของตัวแปรที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทเปลวไฟพุ่งชนพื้นผิวเมื่อมีการปรับเปลี่ยนส่วนผสมของเชื้อเพลิงแก๊ส LPG และออกซิเจน ระยะพุ่งชนและความถี่ในการสั่นของเจ็ทเปลวไฟ

(2) ได้แนวทางในการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวของเจ็ทเปลวไฟ หากสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม จะช่วยประหยัดพลังงานและลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

(1) ศึกษาเฉพาะกรณีที่เจ็ทเปลวไฟ 1 ลำพุ่งชนตั้งฉากกับพื้นผิว

(2) ศึกษาเฉพาะกรณีเจ็ทเปลวไฟแบบผสมมาก่อน (Premixed Flame Jet)

(3) ใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG และใช้ออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดเซอร์

(4) ทดลองตัดเหล็กหนา 6 mm 10 mm และ 15 mm ตัดด้วยความเร็วในการเดินเครื่องตัด 220-300 mm/min

(5) ศึกษาความถี่ในการเปิด-ปิดแก๊ส LPG ที่ความถี่ 10 Hz, 15 Hz และ 20 Hz

(6) ใช้หัวตัดรุ่น G03-2$^{\#}$ สำหรับตัดเหล็กหนา 6-15 mm ในการทดลองตัดเหล็ก