



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเหล็กกล้าเกรด SKD11 โดยผ่านกระบวนการเชื่อมมิกซ์

Influence of heat on steel grade SKD11 through the Mig welding

นายชาคริต แก้วสุพัฒน์¹ วุฒิชัย ลือภพ² ชัยพล ผ่องพลีศาล³ สมภพ ทิมดิษฐ์⁵ วิศรุต ถวิลวงศ์สุริยา⁵

หลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

Chakrit Kaewsapat¹ Wuttichai Leapop² Chaipol Pongpleesan³ Sompop Timdit⁵ Visarut
Tawinwongsuriya⁵

Program of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, KASEM BUNDIT University

บทคัดย่อ

งานวิจัยกระบวนการเชื่อมมิกเหล็กแม่พิมพ์เกรด SKD11 ใช้ลวดเชื่อมชนิดเปลือยตัน เกรด MIG R600B ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน DIN 8555 : MSG 6 GZ60- S กระแสเชื่อม 175 แอมแปร์ ความเร็วในการเดินเชื่อม 200 มิลลิเมตร/นาที ใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม 80% Ar ผสมแก๊ส 20% CO₂ หลังเชื่อมใช้ 2 เงื่อนไข ได้แก่ การอบอ่อน และไม่อบอ่อน อบอ่อนใช้อุณหภูมิ 1250⁰C นาน 2 ชั่วโมง 45 นาที ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ทั้งสองเงื่อนไข พบว่า ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณโลหะเดิม (Base Metal) โครงสร้างบริเวณ แนวเชื่อม (Weld Metal) ประกอบด้วยเฟสของเฟอร์ไรท์ (Ferrite) บริเวณที่ได้รับผลกระทบทางความร้อน(HAZ) โครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ (Martensite) บริเวณโลหะเดิม (Base Metal) โครงสร้างเป็นเม็ดคาร์ไบด์กระจายในเฟสของออสเทนไนต์ ความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านการอบและไม่อบ มีค่าใกล้เคียงกัน ค่าความแข็งเฉลี่ยบริเวณแนวเชื่อม 350HV บริเวณที่ได้รับผลกระทบทางความร้อนความแข็งเฉลี่ย 524 HV บริเวณโลหะเดิมความแข็งเฉลี่ย 351 HV แต่ความเหนียวด้านแรงกระแทกของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบ 10.01 จูล ชิ้นงานที่ผ่านการอบ 12.86 จูล

คำสำคัญ: กระบวนการเชื่อมมิกซ์ การอบอ่อน ออสเทนไนต์ มาร์เทนไซต์ เฟอร์ไรท์

Abstract

This study aimed to investigate MIG welding process of SKD11 steel by using MIG R600B welding wire with 1.2 mm in diameter that meets the standard of DIN 8555: MSG 6 GZ60- S, welding current of 175 amperes, welding speed of 200 mm / min. 80% Argon 20% CO₂ mixture was used as shielding gas. After welding, two conditions were used including annealing and non-annealing. Annealing was conducted at a temperature of 1250⁰ C for 2 hours and 45 minutes. The results of testing microstructure under two conditions showed that base metal and weld metal consisted of ferrite meanwhile microstructure of HAZ was martensite. The microstructure of base metal was carbide distribution in the austenite phase. Hardness values of specimen with and without annealing were close. Average hardness of weld metal was 350 HV and average hardness of heat-affected area was



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

524 HV. Average hardness of base metal was 351 HV, but toughness of specimen without annealing was 10.01 Joules and toughness of specimen with annealing was 12.86 Joules.

Keywords: Mig welding process, Annealing, Austenite, Martensite, ferrite

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมแม่พิมพ์โลหะ เป็นอุตสาหกรรมสำคัญ ในการพัฒนาประเทศ เนื่องจากแม่พิมพ์ที่ใช้เหล็กกล้า SKD11 ขึ้นรูปชิ้นส่วนมีความจำเป็นอย่างมากต่อการผลิต ชิ้นส่วนเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของการผลิตให้สูงขึ้น และดีกว่าเดิม ยกตัวอย่างเช่น แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปฝาประ โปรงรถยนต์ หรือแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปกรอบโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น การขึ้นรูปวัสดุด้วยแม่พิมพ์เหล็กกล้า SKD11 คือ การให้ แรงกระทำต่อวัสดุเพื่อทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ตามรูปร่างแบบของแม่พิมพ์ เมื่อเราทำการ ขึ้นรูปวัสดุด้วย วิธีนี้ เกิดขึ้นในระยะเวลาที่ยาวนานมักทำให้เกิดการ เสื่อมสภาพ เนื่องจาก การใช้งาน ส่งผลทำให้แม่พิมพ์ เหล็กกล้า SKD11 เกิดการสึกหรอ การเสียรูป การแตกร้าว หรือการพังทลายของผิวแม่พิมพ์เหล็กกล้า SKD11 หรือ อุปกรณ์ประกอบต่างๆ ความเสียหายนี้ทำให้แม่พิมพ์นั้นไม่ สามารถทำการขึ้นรูปต่อไปได้จึงจำเป็นต้องนำไปทำการ เปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ที่สภาพดีกว่าเข้าไปทดแทนชิ้นส่วนเก่าที่ เกิดการชำรุดเสียหาย วิธีนี้สามารถทำได้ดีและทำให้แม่พิมพ์ เหล็กกล้า SKD11 มีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากับ หรือใกล้เคียงแม่พิมพ์โลหะก่อนชำรุดเสียหายแต่ในขณะ เดียวค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อครั้งมีราคาสูงด้วยเหตุนี้ มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม เหล็กแม่พิมพ์ SKD11 และตรวจสอบความแข็ง ความ เหนียวด้านแรงกระทำของแนวเชื่อมเหล็กแม่พิมพ์ SKD11 การเชื่อมซ่อมจึงเป็นวิธีการที่นิยมถูกนำมาใช้ในการ บำรุงรักษาแม่พิมพ์เพราะมีข้อเด่นในเรื่องของค่าใช้จ่าย ในการบำรุงรักษาต่อครั้งซึ่งมีราคาต่ำ [1]

2. ทฤษฎี

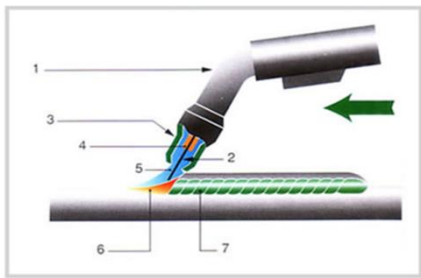
1) กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม

กระบวนการการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding GMAW) คือ กระบวนการเชื่อม อาร์กที่ใช้แก๊สคลุม เป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้ลวด ลื่นเปลือยขนาดเล็ก จากม้วนลวดซึ่งจะถูกป้อนจากหัว เชื่อม (Torch or Welding Gun) ออกมาอย่างต่อเนื่อง จากท่อน้ำลวดและท่อนำแก๊ส (Contact Tip) ลวด เชื่อมจะสัมผัสกับผิวท่อนำกระแสทำให้กระแสเชื่อมไหล เข้าลวดเชื่อมเมื่อปลายลวดเชื่อมแตะกับผิวโลหะชิ้นงาน จะเกิดการ อาร์และจะหลอมกับผิวโลหะชิ้นงานและ ปลายลวดเชื่อมให้เป็นหยด โลหะถายโอน สูบ่อ หลอมเหลวของรอยเชื่อม ในขณะเดียวกันแก๊สจากท่อ บรรจุจะไหลเข้าที่อ่ายสูงหัวฉีดพุ่งออกมาปกคลุมบ่อ หลอมเหลวและปริมาณรอบเปรวอาร์ เพื่อทำหน้าที่ เป็นม่านป้องกันไม่ให้ออกซิเจนหรือแก๊สอื่นๆ ใน บรรยากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับเปลวอาร์ และโลหะที่ กำลังหลอมเหลวแก๊สปกคลุมที่เลือกใช้ได้แก่ แก๊สเฉื่อย (Inert Gas) แอคทีฟแก๊ส (Active Gas อันรีแอคทีฟ แก๊ส (Unreactive Gas) และแก๊สผสม (Mix Gas) หลักการอาร์ ในกระบวนการเชื่อมอาร์โทรหาแก๊สปกคลุม ความร้อนที่หลอมละลายลวดเชื่อมและโลหะชิ้นงานได้ จากการอาร์ ระหว่างปลายลวดเชื่อมเปลือยกับชิ้นงาน เชื่อมการอาร์จะเกิดขึ้น เมื่อกระแสไหลผ่านกลุ่ม อะตอมของแก๊สที่ประจุไฟฟ้า (Lonized Gas) โมเลกุลและอะตอมของแก๊สจะแตกตัวออกทำให้มี สภาพไม่เป็นกลาง (Lonized) เพราะสูญเสีย อิเล็กตรอน ไปจากประจุไฟฟ้าบวก (Positive Charge)



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

อ็อกไซด์ที่เป็นบวก จะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ส่วนอิเล็กตรอนไหลจากลบไปยังขั้วบวกปริมาณความร้อนจากการอาร์ จะล่อโลหะชิ้นงานและลวดเชื่อมปลายลวดเชื่อมส่วนที่หลอมเหลวจะถูกถ่ายโอน (Transfer) ผ่านการอาร์ เข้าสู่บ่อล่อโลหะบริเวณกระทะร้อนและลวดเชื่อม จะถูกปกคลุมให้ผลจากบรรยากาศรอบนอก โดยแก๊สที่ไหลพุ่งออกจากหัวฉีดปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการอาร์ ของกระบวนการเชื่อมนี้จะสูงกว่ากระบวนการเชื่อมอาร์แบบอื่น [2]



ภาพที่ 1 แสดงถึงองค์ประกอบในการเชื่อม MIG [2]

2) กระบวนการทางความร้อน(Heat Treatment)

กระบวนการอบชุบเหล็กกล้า ประกอบไปด้วยการอบอ่อนเพื่อคลายความเครียดจากการขึ้นรูป (Process Annealing) การอบอ่อน (Annealing) การอบให้เกรนสม่ำเสมอ (Normalizing) และการอบให้เกรนมีความกลมมน (Spheroidizing) กระบวนการเหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการคลายเครียดควบคุมและปรับการกระจายตัวของเฟส เพื่อให้สมบัติทางกลของเหล็กกล้าเปลี่ยนแปลงโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การอบอ่อนเพื่อคลายความเครียดจากการขึ้นรูป (Process annealing) คือ การชุบอบเพื่อให้เกิดผลึกใหม่ (Recrystallization Heat Treatment) ในโครงสร้างเดิมของเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนน้อยกว่า 0.25% เพื่อกำจัดความเครียดที่เกิดจากการขึ้นรูปต่างๆ เช่น การรีดเย็น โดยทำการอบเหล็กกล้าไปที่

อุณหภูมิต่ำกว่าเส้นอุณหภูมิ A ของแผนภาพที่สมดุลของเหล็ก-เหล็กคาร์ไบต์ ประมาณ 80-170°C อบแช่ระยะเวลาที่กำหนด และปล่อยให้เย็นตัวในเตา

- การอบอ่อน (Annealing) และการอบเกรนสม่ำเสมอ (Normalizing) ความแข็งแรงของเหล็กกล้าที่ผ่านการผลิตที่ผ่านกลั่นมาแล้ว สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการควบคุมการกระจายตัวของเฟสเฟอไรต์ในเหล็กกล้าให้มีความหยาบหรือละเอียดตามต้องการ มีขั้นตอนดังนี้ นำเหล็กกล้าไปทำการอบ [3]

3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมซ่อมแม่จากเหล็กกล้า SKD11 ด้วยการเชื่อมเลเซอร์[7] ในการเชื่อมซ่อมแม่พิมพ์ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้ามักจะใช้วิธีการเชื่อมทิก ซึ่งมักเกิดปัญหาการแตกร้าว การวิจัยนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมซ่อมแม่พิมพ์ที่ทำการเหล็กกล้า SKD11 ด้วยการเลเซอร์ โดยทดลองเชื่อมเลเซอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.7 มิลลิเมตรตามลำดับแล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการเชื่อมทิกที่มีการอุ่นชิ้นงานกับไม่อุ่นชิ้นงาน จากการทดสอบสามารถหาตัวแปรที่เหมาะสม พบว่าคุณสมบัติทางกลของการเชื่อมเลเซอร์ เป็นดังนี้คือค่าความแข็งของแนว Weld metal อยู่ที่ 617 HV ค่าความแข็งแนว HAZ อยู่ที่ 728 HV ค่าความแข็ง Base Metal HAZ 821 HV ในขณะที่การเชื่อมทิกค่าความแข็งของ Weld metal อยู่ที่ 487 HV ค่าความแข็งบริเวณ HAZ 827 HV Base Metal อยู่ที่ 747 HV จากผลลัพท์นี้ พบว่า ค่าความแข็งบริเวณ HAZ ต่ำกว่าของทิกประมาณ 100 HV ในขณะที่เดียวกันความแข็งของแนวเชื่อมของเลเซอร์สูงกว่าการเชื่อมทิกจึงทำให้มีผลต่อการใช้งาน



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

3.วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ใช้กรรมวิธีการเชื่อมมิกซ์โดยใช้เหล็กกล้า SKD11 เป็นชิ้นงานทดลอง บากร่องชิ้นงาน ทำมุมรวม 60 องศาจากนั้นนำชิ้นงานที่เชื่อมแล้วไปผ่านกระบวนการอบอ่อน การวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ขั้นตอนการดำเนินการ

- ปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องเชื่อม กระแสที่ใช้ในการเชื่อม 175A อัตราการไหลของแก๊สปกคลุมแนวเชื่อมแก๊สที่ใช้ในการปกคลุมแนวเชื่อมเป็นแก๊สผสมมีส่วนผสม คือ 80% Ar + 20%CO₂ อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม (Flow rate gas) ใช้ที่ 14L/min
- ความเร็วเดินเชื่อม 200mm/min
- ลวดเชื่อมแบบเปลือยตัน MIG R600B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 mm
- นำชิ้นงานผ่านกระบวนการอบอ่อน (Annealing)

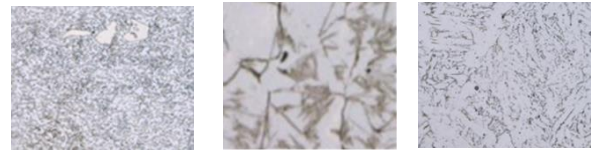
2) การทดสอบสมบัติเชิงกล

- ทดสอบโครงสร้างจุลภาค (Micro Structure) โดยใช้กล้อง (Optically Reflected Light Microscope)
- ทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ (Microvicker Headness Testing)
- ทดสอบแรงกระแทก (Impact Testing) โดยใช้เครื่อง (Instron-Wolpert PW 30, Charpy Hammer)

4.ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของแนวเชื่อมเหล็กกล้า SKD11 Gas Metal ArcWelding GMAW

1)การเปรียบเทียบวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค



(a) Base Metal

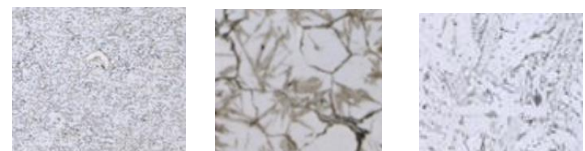
(b) HAZ

(c)Weld metal

ภาพที่ 2 โครงสร้างจุลภาคของการเชื่อมเหล็กกล้า SKD11 หลังการเชื่อมที่ไม้อบ กำลังขยาย 500X

โครงสร้างทางจุลภาคจุลภาคจุลภาคของการเชื่อมเหล็กกล้า SKD11หลังการเชื่อมที่ไม้อบบริเวณต่างๆประกอบด้วยเฟสต่างๆดังนี้

- บริเวณ Base Metal ประกอบด้วยเฟสคาร์ไบต์ในโครงสร้างพื้นที่ของออสเทนไนต์ดังรูป (a)
- บริเวณ HAZ ประกอบด้วยเฟสของมาร์เทนไซต์ (Martensite) ดังรูป (b)
- บริเวณเนื้อเชื่อมประกอบด้วยเฟสของเฟอร์ไรท์ (delta ferrite) ดังรูป (c)



(a) Base Metal

(b) HAZ

(c)Weld metal

ภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคของการเชื่อมเหล็กกล้า SKD11 หลังการเชื่อมที่ผ่านอบที่อุณหภูมิ 1250 °C กำลังขยาย 500X



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

โครงสร้างทางจุลภาคของการเชื่อมเหล็กกล้า SKD11 หลังการเชื่อมที่ผ่านอบที่อุณหภูมิ 1250 °C บริเวณต่างๆ ประกอบด้วยเฟสต่างๆดังนี้

- บริเวณ Base Metal ประกอบด้วยเฟสคาร์ไบด์ในโครงสร้างพื้นที่ของออสเทนไนต์ดังรูป (a)
- บริเวณ HAZ ประกอบด้วยเฟสของมาร์เทนไซต์ (Martensite) ดังรูป (b)
- บริเวณเนื้อเชื่อมประกอบด้วยเฟสของเฟอร์ไรท์ (delta ferrite) ดังรูป (c)

2)ความแข็งของการเชื่อม

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยชิ้นงาน อบอ่อนและไม่อบอ่อน

ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม	Weld Metal	HAZ	Base Metal
ไม่อบอ่อน	345.45	552	346
อบอ่อน	355	562	350

3)ความเหนียวต้านแรงกระแทก

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ดูดซับ

ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม	ค่าเฉลี่ยพลังงานดูดซับ(J)
ไม่อบอ่อน	10.01
อบอ่อน	12.86

5. สรุปการทดลอง

การเชื่อมเหล็กกล้า SKD11 โดยผ่านกระบวนการเชื่อมมิกซ์จาก 2 เงื่อนไขคือการอบอ่อนและไม่อบอ่อนหลังการเชื่อมพบว่า ความร้อนจากการอบหลังเชื่อมไม่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาค ทั้ง 2 เงื่อนไข ส่งผลให้สมบัติเชิงกลด้าน ความแข็งและความเหนียวต้านแรงกระแทกไม่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] การสร้างชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ
www.nbtc.ac.th/web56/Medienbtc/
- [2] Gas Tungsten Arc Welding : GTAE
<https://www.slideshare.net/NakharinMuangbunKID/mag-71242362>
- [3] ทฤษฎีทางความร้อน
http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1818&pageid=72&read=true&count=true
- [4] ทฤษฎีโครงสร้างเหล็กกล้า
www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MPM014
- [5] บทบาทของธาตุผสมที่มีผลต่อสมบัติของเหล็กกล้า
<http://www.siamintertech.co.th/content/3276>
- [6] รศ.มนัส สติรจินดา วิศวกรรมการอบชุบเหล็ก IRON-STEEL HEAT – TREATMENT ENGINEERING สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/2400/106557
- [7] การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดวิธีปฏิบัติในการเชื่อมแบบมิกซ์เพื่อลดการแตกร้าวสำหรับ เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น SKD 11
www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/2114/14047
- [8] การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดวิธีปฏิบัติในการเชื่อมมิกซ์เพื่อลดการแตกร้าวสำหรับเหล็กกล้า เครื่องมืองานเย็น SKD 11 (สมหมาย สารมาท และ วิชัย ฉัตรทินวัฒน์)
<http://www.repository.rmutt.ac.th/bitstream/handle/123456789/2114/14047>