

การศึกษาอิทธิพลของแก๊สคลุมที่มีผลต่ออัตราการหลอมลึก ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม The Study Influence of Gas Shield Effecting to the Deep Penetration in Gas Metal Arc Welding

ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ¹ ชัยวัฒน์ พันธชาติ² โชคนิมิตร ชันธจันทร์² และ วิทยา อังดีใช้²

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของแก๊สคลุมที่มีผลกระทบต่อการการการหลอมลึกของแนวเชื่อม โดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ฮีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอน 82 เปอร์เซ็นต์ กับคาร์บอนไดออกไซด์ 18 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอน 95 เปอร์เซ็นต์ กับออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ จะให้ลักษณะการหลอมลึกที่ที่แตกต่างกันออกไป ตามสมบัติของแก๊สแต่ละชนิด

การดำเนินงานได้ทำการทดลองเชื่อมเหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ควบคุมด้วยหุ่นยนต์งานเชื่อมในช่วงกระแสเชื่อมที่เหมาะสมจากนั้นทำการทดสอบโครงสร้างมหภาคและทำการเปรียบเทียบลักษณะการหลอมลึกของแนวเชื่อมโดยการวัดขนาดความกว้าง ความลึก และความสูงของแนวเชื่อมตลอดจนพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อมด้วยโปรแกรม Motic Image Plus 2.0 ML

ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถทราบถึงข้อแตกต่างของแก๊สคลุมที่ใช้ในการเชื่อมเหล็กชนิดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาด และรูปร่างของแนวเชื่อมเมื่อใช้แก๊สคลุมต่างกัน ผลที่ได้จากการทดสอบ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะให้การหลอมลึกดีที่สุด เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะนำความร้อนได้ดี จึงส่งผลทำให้ความร้อนไปยังชิ้นงานได้มาก และให้การหลอมลึกได้ดี เมื่อเทียบกับแก๊สคลุมชนิดอื่นที่พารามิเตอร์เหมือนกัน

คำสำคัญ : การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม, ASTM A36, คาร์บอนไดออกไซด์, อาร์กอน, ฮีเลียม, อัตราการหลอมลึก

Abstract

This study of the influence of gas shield to the deep penetration of bead; it would be applying carbon dioxide, argon, helium, gas mixture of 82 percent of argon and 18 percent of carbon dioxide and gas mixture of 95 percent of argon and 5 percent of oxygen on the study. The resultant deep penetration would be different depending on the properties of gases

The operation would be done on the welding test of ASTM A 36 steel with Gas Metal Arc Welding process controlled by welding robot at proper current. The test of the macro structures then was done and compared the deep penetration of bead; the measurement of width, depth, height, and cross section area of bead would be done using Motic Image Plus 2.0 ML.

It was found from the study that the different welding gas shield applied on the same metal could give different comparative results of size and shape of the weld metals; applying carbon dioxide could give the best deep penetration because of its high heat conductivity could completely spread heat to all parts of work piece; it resulted in better deep penetration compared to other gases with similar parameters.

Keywords : Gas Metal Arc Welding, ASTM A36, Carbon dioxide, argon, helium, melting rate of weld metal

¹ อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² นักศึกษา, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรม ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบรถยนต์ และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในกระบวนการเชื่อมนั้นก็ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์นั้นสำเร็จตามแผนที่ได้วางไว้ โดยเฉพาะกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ถือเป็นกระบวนการเชื่อมอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเชื่อม มีการใช้แก๊สคลุมแนวเชื่อมให้ความร้อนสูง และแนวเชื่อมที่ได้มักจะพบจุดบกพร่องน้อย ทำให้ไม่ค่อยเสียเวลาในการตรวจสอบ และแก้ไขซึ่งในปัจจุบันใน กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ได้มีการพัฒนาให้มีการควบคุมด้วยหุ่นยนต์งานเชื่อมเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้คุณภาพของการเชื่อมสูงขึ้นอีกด้วย

ในกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลมนั้นแก๊สคลมนั้นถือเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งแก๊สคลมนั้นจะมีผลต่อสมบัติทางด้านเนื้อโลหะเชื่อม ทางด้านการหลอมลึก ความเสถียรภาพการอาร์กและลักษณะของแนวเชื่อม ซึ่งทั้งหมดนี้ก็จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามสมบัติของแก๊สคลุม

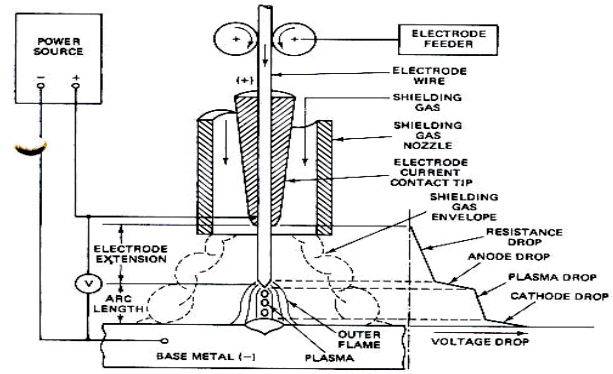
ดังนั้นงานวิจัยจึงมีความสนใจลักษณะการหลอมลึกของแก๊สคลุมที่ต่างกัน ในกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เพื่อศึกษาข้อมูลในการเลือกใช้แก๊สคลุมในการเชื่อม และนำไปปฏิบัติงานจริงได้อย่างเหมาะสม

2. ทฤษฎีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (GMAW)

กรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ลวดเชื่อมจะถูกหลอมเหลวและเติมเนื้อโลหะเชื่อม สร้างเป็นแนวเชื่อมเหมือนกับการเชื่อมด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ทั่วไป เพียงแต่การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม จะใช้แก๊สคลุมในการอาร์กแทนการใช้ฟลักซ์และไม่มีสแลค โดยที่กระแสเชื่อมจากเครื่องเชื่อมจะถูกส่งไปสู่ท่อนำลวดภายในหัวเชื่อมผ่านไปยังลวดเชื่อมสู่ชิ้นงาน ลวดเชื่อมจะทำหน้าที่เป็นตัวอาร์ก หลอมเหลวตัวเองกับชิ้นงานเป็นการเติมเนื้อโลหะ ชุดป้อนลวดจะขับเคลื่อนลวดเชื่อมไปสู่การอาร์ก ที่มีอัตราความเร็วสัมพันธ์กับการหลอมเหลวลวดเชื่อมด้วยชุดควบคุมกระแสเชื่อมของเครื่องเชื่อม

2.1 หลักการอาร์ก (Arc)

ในกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ความร้อนที่หลอมลวดเชื่อมและโลหะชิ้นงาน ได้จากการอาร์กระหว่างปลายลวดเชื่อมเคลื่อนที่กับชิ้นงานเชื่อมการอาร์กจะเกิดขึ้นได้ เมื่อกระแสเชื่อมที่ไหลผ่านกลุ่มอะตอมของแก๊สที่มีประจุไฟฟ้า (Ionized Gas) โมเลกุลและอะตอมของแก๊สจะแตกตัวออกทำให้มีสภาพไม่เป็นกลาง (Ionized) เพราะสูญเสียอิเล็กตรอนไปจากประจุไฟฟ้าบวก (Positive Charge) อีออนแก๊สที่เป็นบวกจะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ส่วนอิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ปริมาณความร้อนประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ จะถูกส่งผ่านโดยอิเล็กตรอนและคงจะเป็น การส่งผ่านของอีออนบวก (Positive Ion) ความร้อนจากการอาร์กจะหลอมลวดเชื่อม และโลหะชิ้นงาน ปลายลวดเชื่อมส่วนที่หลอม จะถูกถ่ายโอน (Transfer) ผ่านการอาร์กเข้าสู่บ่อหลอมเหลวบริเวณกระแทกร้อน และลวดเชื่อมจะถูกปกคลุมให้พ้นจากบรรยากาศรอบนอก โดยแก๊สที่ไหลพุ่งออกจากหัวฉีด ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการอาร์กของกระบวนการเชื่อมนี้จะสูงกว่าการเชื่อมอาร์กแบบอื่นๆ แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การอาร์กของการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม [1]

2.2 แก๊สคลุม (Gas Shield)

กระบวนการเชื่อมแบบอาร์กใช้แก๊สคลุม ขณะที่เกิดการอาร์กอากาศที่ปกคลุมรอบๆ บริเวณอาร์กจะถูกแทนที่ด้วยแก๊สคลุมเพื่อป้องกันมิให้แก๊สไนโตรเจน (N) แก๊สออกซิเจน (O₂) และความชื้นในอากาศเข้าไปรวมตัวกับบ่อหลอมเหลว ปกติแก๊สไนโตรเจนที่มีอยู่ในเนื้อเหล็กกล้าจะทำให้สมบัติทางกล เช่น ความเหนียวและความต้านทานการกระแทก (Impact Strength) ของแนวเชื่อมลดลงและ อาจเป็นสาเหตุให้รอยเชื่อมเกิดรอยร้าวขณะเย็น (Cold Crack), รูพรุน (Porosity) เหล็กกล้าที่มีแก๊สออกซิเจนมากเกินไปจะรวมตัวกับคาร์บอนในเนื้อเหล็กอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO₂) ฝังอยู่ในเนื้อเหล็กเกิดเป็นรูพรุน ส่วนแก๊สไฮโดรเจน (H₂) จากไอน้ำและน้ำมันจะแทรกอยู่ในเนื้อเหล็กเกิดเป็นรูพรุน หรือเป็นสาเหตุของรอยร้าวในแนวเชื่อม

2.2.1 แก๊สอาร์กอน

ผลิตได้จากอากาศมีอยู่ในอากาศประมาณ 0.9 เปอร์เซ็นต์ แก๊สอาร์กอนเป็นอีออนไนส์แก๊สที่มีความหนาแน่น 1.784 kg/m และเปลวอาร์กที่เกิดขึ้นจะเรียบนิ่ง แก๊สอาร์กอนหนักกว่าอากาศ ผลิตได้โดยการแยกอากาศเหลว การนำเอาแก๊สไปใช้มีทั้งในรูปแก๊สอัดถัง หรืออากาศเหลว แก๊สอาร์กอนมีการแบ่งออกเป็นเกรดต่างๆ ได้แก่ Industrial Grade (99.99 %) และ High Purity Grade (99.99 %) แก๊สอาร์กอนสามารถใช้เป็นแก๊สคลุมได้ทั้งในสภาพบริสุทธิ์ และผสมกับแก๊สอื่นๆ เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการสำหรับใช้เชื่อมโลหะเหล็กและโลหะนอกกลุ่มเหล็กเปลวอาร์กที่เกิดขึ้นจะเรียบนิ่งพุ่งเป็นลำตรงและเป็นตัวนำความร้อนที่เปลว แนวเชื่อมแคบแต่ลึก ในการถ่ายโอนโลหะแบบละอองและแบบพัลส์ให้แนวเชื่อมที่ไม่มีเม็ดโลหะกระเด็น กระบวนการเชื่อมทั้งหมดที่ใช้แก๊สอาร์กอนบริสุทธิ์และแก๊สอาร์กอนผสมมีจุดประสงค์ เพื่อต้องการเพิ่มสมบัติความสามารถในการเชื่อมสมบัติทางกลและลักษณะของการอาร์ก

2.2.2 แก๊สฮีเลียม

ฮีเลียมเป็นแก๊สเฉื่อยเช่นเดียวกับอาร์กอนมีศักย์ การเกิดอีออน 24.5 eV จึงนำความร้อนได้ดี เปลวอาร์กแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้าง การถ่ายโอนความร้อนเข้าสู่ชิ้นงานเชื่อมสูงเมื่อใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สคลุม [2-3] การเปลี่ยนแปลงแรงดันอาร์กจะเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยแรงดันอาร์กจะ

ค่อยๆ ลดลง (Voltage gradient) ขณะความยาวอาร์กเพิ่มขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการอาร์กจะถูกถ่ายออกจากลำหรือไส้อาร์ก ซึ่งหมายความว่าพลังงานอาร์ก จำนวนมากสูญเสียไปกับการอาร์กตัวมันเองไม่มีการถ่ายโอนสู่งานเชื่อม ดังนั้นความเข้มของการอาร์กจึงลดลง ทำให้รูปหน้าตัดของแนวเชื่อมกว้าง และตื้นกว่าอาร์ก (ในการเชื่อมทิกจะตรงข้ามกับการเชื่อมมิก) ด้วยเหตุนี้ จึงต้องใช้แรงดันอาร์กสูงกว่าทั้งๆ ที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน และผลที่ได้รับจะตรงกันข้ามกับการใช้อาร์ก ซีเลียมเป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบาเป็นลำดับสองรองจากไฮโดรเจนคือ น้ำหนักประมาณ $1/7$ เท่าของอากาศจึงมีแนวโน้มต่อการลอยตัวของบริเวณการอาร์กได้รวดเร็ว จึงเกิดความสิ้นเปลืองแก๊สมากในบรรยากาศจะมีซีเลียมเพียง 5.2×10^{-4} เปอร์เซ็นต์ในก๊าซธรรมชาติอาจมีถึง 7 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซซีเลียมมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ -269°C (-452°F) ซีเลียมเหมาะสำหรับงานหน้าตัดหนาๆ วัสดุที่มีจุดหลอมเหลวสูง หรือวัสดุนำความร้อนสูงใช้ผสมแก๊สอื่นเพื่อเลี่ยงการอู่งาน ก่อนการเชื่อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมทองแดง

2.2.3 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เป็นตัวนำความร้อนได้สูงมาก ในบริเวณขอบรอยนอกของเปลวอาร์กมีความหนาแน่น 1.977 kg./m^3 เมื่อสัมผัสกับแกนนำของกระแส จะช่วยให้เกิดพลังที่เข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดการหลอมลึกได้สูง และจะเกิดการแตกตัวเมื่ออยู่ภายใต้เปลวอาร์ก ทำให้อาร์กไม่เสถียร และมีเม็ดโลหะกระเด็นมาก แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นแอคทีฟแก๊สที่ให้แก่สออกซิเจน แต่คุณภาพแนวเชื่อมที่ได้มีความสมบูรณ์ปราศจากรูพรุนและตำหนิ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใช้ในการเชื่อมแม็ก-ซี (MAG-C) หรือใช้ผสมกับแก๊สเฉื่อยอื่นในการเชื่อมแม็ก-เอ็ม (MAG-M) [4] แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นำไปใช้กับการเชื่อมเหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสมต่ำ เนื่องจากเป็นแก๊สที่หาง่าย มีราคาถูก ให้คุณภาพรอยเชื่อมที่ดีและติดตั้งได้ง่าย ประสิทธิภาพการเติมเนื้อโลหะของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะต่ำเพราะเกิดการสูญเสียไปเป็นเม็ดโลหะกระเด็น ซึ่งจะส่งผลถึงราคารวมทั้งหมด เมื่อเชื่อมด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่สามารถทำการถ่ายโอนแบบละอองได้ แต่ได้เฉพาะแบบสัณฐานและแบบหยด การใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเดียว จะได้ผิวรอยเชื่อมที่มีออกไซด์มาก จึงจำเป็นต้องเติมธาตุลดออกซิเจนจำนวนมากลงในลวดเชื่อม เพื่อป้องกันผิวรอยเชื่อมเกิดออกไซด์ และมีสมบัติทางกลที่ดีเมื่อทำการเชื่อมด้วยอาร์กอน ผสมคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สคลุม [5] จะให้สมบัติที่แตกต่างออกไปจากการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว สำหรับงานที่ต้องการสมบัติทนต่อแรงกระแทกสูงใช้อาร์กอนผสมคาร์บอนไดออกไซด์ จะเหมาะสมกว่าใช้คาร์บอนไดออกไซด์ชนิดเดียว

2.2.4 แก๊สผสมระหว่างแก๊สอาร์กอน กับแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์

การใช้แก๊สผสมระหว่างแก๊สอาร์กอนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ มีจุดประสงค์สำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กผสมต่ำ ทำให้อาร์กมีความร้อนสูงขึ้นกินบริเวณกว้างขึ้น การหลอมลึกมากขึ้น การใช้แก๊สผสมสามารถช่วยลดเม็ดโลหะกระเด็น ได้ดีกว่าการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และการผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนเล็กน้อยเข้าไปในแก๊สอาร์กอน ก็จะได้สมบัติ

การถ่ายโอน แบบละอองที่เกิดขึ้น เหมือนกับการผสมแก๊สออกซิเจนลงในแก๊สอาร์กอนจำนวนเล็กน้อย การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม โดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผสมเข้าไปในแก๊สชนิดอื่น เมื่อกระแสเชื่อมสูงขึ้นเล็กน้อย จะเกิดการถ่ายโอนแบบละอองที่สม่ำเสมอการอาร์กมีความสม่ำเสมอ ทำให้เม็ดโลหะกระเด็นและเขม่าควันที่เกิดขึ้นมีน้อยมาก แต่ถ้าเติมแก๊สออกซิเจนลงไปจะช่วยลดขนาดกระแสไฟของการถ่ายโอนแบบละอองลง การผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกินกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณจะได้การถ่ายโอนแบบละอองที่ไม่สม่ำเสมอและอาจจะเกิดเป็นการถ่ายโอนแบบสัณฐาน และแบบหยดแทน

2.2.5 แก๊สผสมระหว่างแก๊สอาร์กอนกับแก๊สออกซิเจน

ช่วยให้การอาร์กเสถียร และทำให้น้ำโลหะหลอมละลายได้ดีขึ้นถ้าเพิ่ม 1-5 เปอร์เซ็นต์ ของ O_2 โดยปริมาตรจะลดขนาดของน้ำโลหะในอาร์ก (ทำให้เป็นละออง) และเพิ่มความเร็วในการพุ่งเข้าหาแนวเชื่อม ทำให้แนวเชื่อมแบนราบ ลดส่วนบนที่ไม่จำเป็น

O_2 มีผลต่อความเข้มกระแสเชื่อม ส่งผลให้เพิ่มอัตราการหลอมละลายเป็นละอองพุ่งเข้าหาแนวเชื่อม ทำให้อัตราการเกาะตัวสูง ควันและเม็ดโลหะกระเด็นน้อยลง

O_2 ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุบางส่วน ทำให้สมบัติทางกลของแนวเชื่อมน้อย

O_2 จะถูกจำกัดอยู่ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การเลือกวัสดุที่ใช้ในการเชื่อม

- วัสดุที่ใช้ในการวิจัยเป็นเหล็กกล้าอะมุนชนิด ASTM A 35 ที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร
- ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เป็นลวดเชื่อมเปลือย ใช้สำหรับเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ER 70 S-6 มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร
- แก๊สคลุมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม มีดังต่อไปนี้
 - อาร์กอน (Ar) 100 เปอร์เซ็นต์
 - คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 100 เปอร์เซ็นต์
 - ซีเลียม (He) 100 เปอร์เซ็นต์
 - แก๊สผสมอาร์กอน (Ar) 95 เปอร์เซ็นต์ กับออกซิเจน (O_2) 5 เปอร์เซ็นต์
 - แก๊สผสมอาร์กอน (Ar) 82 เปอร์เซ็นต์ กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 18 เปอร์เซ็นต์
- เครื่องเชื่อมหุ่นยนต์งานเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม รุ่น FANUC Robot ARC Mate 100 iB สามารถปรับและควบคุมความเร็วการเชื่อม (Travel Speed) โดยมีปืนเชื่อมยึดติดกับแกนแนวยาวของเครื่องเชื่อมทำมุม 90 องศา

3.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเชื่อม

- นำเหล็กกล้าอะมุนชนิด ASTM A36 ที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ทำการตัดให้มีขนาดความยาว 150 มิลลิเมตร ความกว้าง 50 มิลลิเมตร และความหนา 5 มิลลิเมตร

2. ชิ้นงานที่ได้ผ่านการตัดตามขนาดแล้ว นำมาทำให้ผิวหน้าเรียบด้วยวิธีการไส เพื่อให้ผิวชิ้นงานเรียบหนึ่งด้านหลังจากนั้นทำการตะไบเพื่อลบมุมของชิ้นงาน
3. นำชิ้นงานมาทำการเชื่อมยึดติดกันโดยทำการต่อแบบรอยต่อชนไม่มีช่องว่าง (Butt Joint Square Groove)

3.3 ขั้นตอนการเชื่อม

1. นำชิ้นงานที่ได้ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานที่เรียบร้อยแล้ว ทำการจับยึดด้วยปากกาจับยึดชิ้นงาน
2. ทำการเชื่อมในตำแหน่งทำราบ
3. ทำการปรับระยะยื่นของลวดเชื่อมที่ระยะ 10 มิลลิเมตร
4. ทำการเชื่อมชิ้นละหนึ่งแนวเชื่อม
5. แก๊สที่ใช้ในการเชื่อมมีดังต่อไปนี้
 - 1) อาร์กอน (Ar) 100 เปอร์เซ็นต์
 - 2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 100 เปอร์เซ็นต์
 - 3) ฮีเลียม (He) 100 เปอร์เซ็นต์
 - 4) อาร์กอน (Ar) 95 เปอร์เซ็นต์ กับออกซิเจน (O₂) 5 เปอร์เซ็นต์
 - 5) อาร์กอน (Ar) 82 เปอร์เซ็นต์ กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 18 เปอร์เซ็นต์
 - 6) ทำการเชื่อมชิ้นงาน ดังแสดงค่าในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ในการเชื่อมของแก๊สแต่ละชนิด

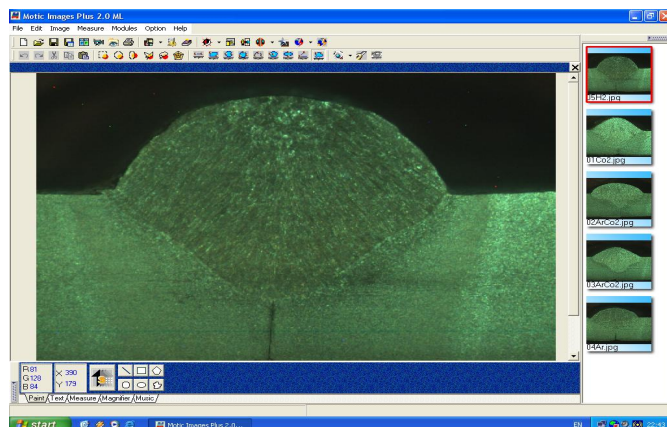
ชิ้น ที่	กระแส เชื่อม (แอมป์)	แรงดัน (โวลต์)	อัตราการ เดิน หัวเชื่อม (ซม. / นาที)	อัตราการ ป้อน ลวดเชื่อม (นิ้ว / นาที)	อัตราไหล แก๊สคลุม แนวเชื่อม (ลิตร/ นาที)
1	230	24	40	253	20
2	240	25	40	272	20
3	250	25	40	287	20
4	260	26	40	303	20
5	270	26.5	40	320	20

3.4 ขั้นตอนการทดสอบโครงสร้างมหภาค

1. การตัดชิ้นงาน
2. การขัดหยาบด้วยกระดาษทราย
3. การขัดมัน
4. การล้างชิ้นงาน
5. การกัดผิว
6. การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.5 ขั้นตอนการหาพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อม

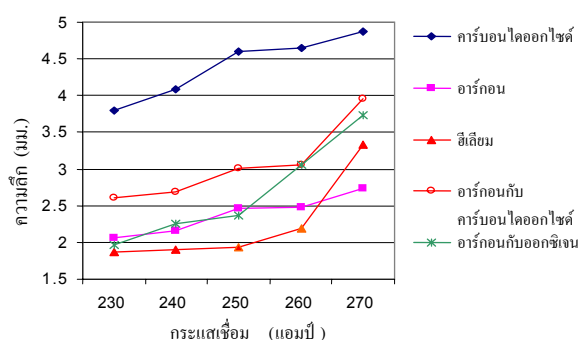
นำภาพที่ได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งผ่านการถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แล้ว มาทำการวัดขนาดความลึก ความกว้าง และความสูงของแนวเชื่อมรวมไปถึงพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อมด้วยโดยใช้โปรแกรม Motic Image Plus 2.0 ML



รูปที่ 2 โปรแกรม Motic Image Plus 2.0 ML

4. ผลการทดลอง

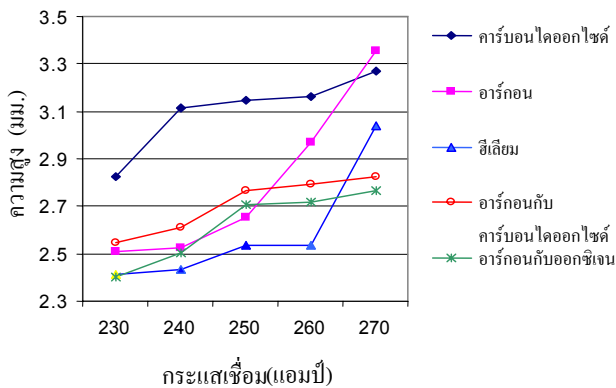
4.1 ค่าเฉลี่ยของขนาดความลึกในแก๊สคลุมแต่ละชนิดที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อม
กับความลึกของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิด
ที่กระแสเชื่อม 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์

จากการทดลองโดยดูจากกราฟ เป็นการเปรียบเทียบความลึกของแนวเชื่อมระหว่างแก๊สคลุมคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ฮีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน โดยใช้กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ จะเห็นได้ว่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นั้น จะให้ความลึกของแนวเชื่อมมากที่สุด เมื่อเทียบกับ แก๊สอาร์กอน ฮีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่นำความร้อนได้ดี จึงส่งความร้อนไปยังชิ้นงานได้มาก ทำให้มีอัตราการหลอมลึกมาก ถ้าเกิดทำการเพิ่มกระแสเชื่อมขึ้นไปเรื่อย ๆ จะส่งผลทำให้ความลึกมากขึ้นด้วย

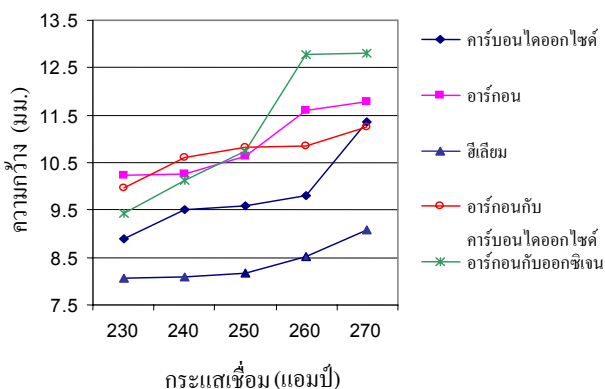
4.2 ค่าเฉลี่ยของขนาดความสูงในแก๊สคลุมแต่ละชนิดที่กระแสเชื่อมที่ 230 , 240 , 250 , 260 และ 270 แอมป์



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อม กับความสูงของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิด ที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์

จากการทดลองโดยดูจากกราฟ เป็นการเปรียบเทียบความสูงของแนวเชื่อมระหว่างแก๊สคลุมคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน, ซีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน โดยใช้กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ จะแสดงให้เห็นว่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้แนวเชื่อมมีลักษณะนูนโค้งซึ่งทำให้แนวเชื่อมมีความสูงมากที่สุดเมื่อเทียบกับแก๊สคลุมชนิดอื่นที่ทำการทดลอง ถ้าทำการเพิ่มกระแสเชื่อมขึ้น จะส่งผลทำให้ความสูงของแนวเชื่อมมากขึ้นด้วย แต่จะเห็นว่าแก๊สอาร์กอนนั้น จะเห็นความแตกต่างได้ชัดกว่าแก๊สชนิดอื่น ดังแสดงในรูปที่ 4

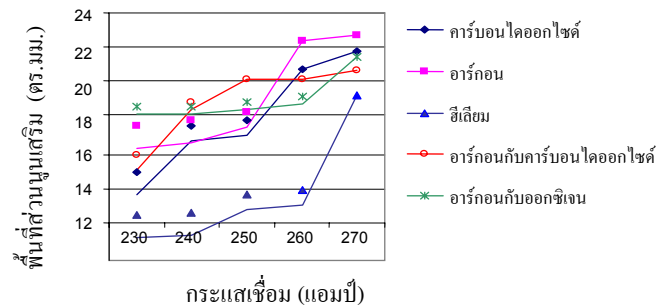
4.3 ค่าเฉลี่ยของขนาดความกว้างในแก๊สคลุมแต่ละชนิดที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อม กับความกว้างของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิด ที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์

จากการทดลองโดยดูจากกราฟ เป็นการเปรียบเทียบความกว้างของแนวเชื่อมระหว่างแก๊สคลุมคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ซีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน โดยใช้กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ จึงทำให้ทราบว่าแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน จะให้ความกว้างของแนวเชื่อมมากที่สุด เนื่องจากเมื่อนำแก๊สออกซิเจนไปผสมกับแก๊สอาร์กอนจะช่วยทำให้หยดน้ำโลหะกระจายเป็นฝอยมีกระแสเชื่อมต่ำ ขณะเกิดละอองโลหะ ตะเข็บเชื่อมกว้างความนูนต่ำ ดังนั้นถ้าทำการเพิ่มกระแสเชื่อมขึ้นไปจะส่งผลให้ความกว้างเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5

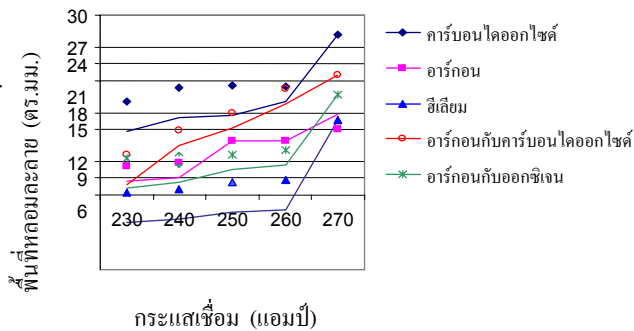
4.4 ค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ส่วนนูนเสริม (Reinforcement) ของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิดที่กระแสเชื่อม 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อม กับพื้นที่ส่วนนูนเสริมของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิด ที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์

จากการทดลองโดยดูจากกราฟ เป็นการเปรียบเทียบพื้นที่บริเวณส่วนนูนเสริมของแนวเชื่อมระหว่างแก๊สคลุมคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ซีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน โดยใช้กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ จะเห็นว่าเมื่อเราใช้กระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่บริเวณส่วนนูนเสริมมากขึ้นไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าการเชื่อมโดยใช้แก๊สอาร์กอนปกคลุมที่กระแสเชื่อมที่ 270 แอมป์ จะส่งผลพื้นที่บริเวณส่วนนูนเสริมมากที่สุด เนื่องจากแก๊สอาร์กอนจะให้ความร้อนน้อย จึงทำให้การหลอมลึกลงจะส่งผลไปให้พื้นที่บริเวณส่วนนูนเสริมเพิ่มขึ้น

4.5 ค่าเฉลี่ยของขนาดพื้นที่ที่หลอมละลาย (Melted) ของแนวเชื่อมใน แก๊สคลุม แต่ละชนิดที่กระแส 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อม

กับพื้นที่ที่หลอมละลายของแนวเชื่อมในแก๊สคลุมแต่ละชนิด ที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์

จากการทดลองโดยดูจากกราฟ เป็นการเปรียบเทียบพื้นที่บริเวณ หลอมละลายของแนวเชื่อม ระหว่างแก๊สคลุมคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ซีเลียม แก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน โดยใช้กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ จึงทำให้ทราบได้ว่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์จะให้หลอมลึกมากที่สุด ซึ่งจะทำให้บริเวณพื้นที่ หลอมละลายมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้ การนำความร้อนได้ดี จึงส่งความร้อนไปยังชิ้นงานได้มากกว่าการหลอม ลึกดี แต่แก๊สซีเลียมน้อยที่สุด เมื่อทำการเชื่อมด้วยเหล็กกล้า ASTM A 36 เนื่องจากแก๊สซีเลียมเป็นแก๊สเฉื่อย ซึ่งจะเหมาะแก่การเชื่อมโลหะที่ นำความร้อนได้ดี ถ้าเกิดการเพิ่มกระแสเชื่อมขึ้นไปก็จะช่วยในการ หลอมลึกได้ด้วยดังแสดงในรูปที่ 7

5. สรุปผลการทดลอง

1. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นแก๊สที่ใช้ในการ เชื่อมเหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊ส คลุมได้เหมาะสมที่สุด เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีระยะการ หลอมลึก และพื้นที่หลอมละลายมากที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบกับ แก๊สชนิดอื่นๆ ด้วย ซึ่งมีระยะการหลอมลึก 4.865 มม. ที่กระแสเชื่อมที่ 270 แอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 2 สาเหตุที่มีระยะการหลอมลึกมากที่สุด เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยาที่รุนแรง เนื่องจากแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์มีโมเลกุลคาร์บอนหนึ่งตัว และออกซิเจนสองตัว ซึ่งเมื่อคาร์บอนได้รับความร้อนจากการอาร์กจะเกิดการเผาไหม้สูง และ ออกซิเจนจะเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ จึงทำให้เกิดความร้อนสูงกว่า แก๊สชนิดอื่นๆ อีกทั้งหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพงให้สมบัติต่อการลด ความตึงผิว และให้การเกาะยึดได้ดี แต่มีผลต่อตัวแปรการเชื่อมอื่นๆ เช่น การอาร์กไม่เสถียร และเกิดประกายโลหะกระเด็นมาก

2. แก๊สอาร์กอน 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะแก่การเชื่อมเหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เพราะมีระยะ การหลอมลึกมากที่สุดเพียง 2.471 มม. ที่กระแสเชื่อม 270 แอมป์ ดัง แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีการหลอมลึกไม่ถึง 1/2 เท่าความหนาแผ่นเหล็กที่ใช้

เชื่อม นอกจากการมีระยะหลอมลึกที่ไม่เหมาะสมแล้ว แก๊สอาร์กอนยัง ทำให้เกิดรอยกัดแหว่งที่ขอบตะเข็บแนวเชื่อม ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติเชิงกล สาเหตุที่เกิดรอยกัดแหว่งที่ขอบตะเข็บแนวเชื่อม คือแก๊สอาร์กอนจะทำให้ บ่อหลอมละลายแข็งตัวเร็ว (พลังงานเชื่อมต่ำ) การหลอมเข้าด้วยกัน ของเนื้อโลหะเชื่อมกับขอบตะเข็บแนวเชื่อมไม่ค่อยดี จึงทำให้เกิดรอยกัด แหว่งที่ขอบแนวเชื่อม

3. แก๊สซีเลียมไม่เหมาะสมมากที่สุด เมื่อนำไปใช้ในการเชื่อม เหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เนื่องจากมีการหลอมลึกและพื้นที่หน้าตัดน้อยที่สุด เมื่อทำการ เปรียบเทียบกับแก๊สชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังมีขนาดพื้นที่หลอมละลายอยู่ ในช่วง 7.667-17.247 ตร.มม. ที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ ซึ่งได้ค่าน้อยกว่าพื้นที่ส่วนนูนเสริมที่อยู่ในช่วง 12.376-19.303 ตร.มม. ที่กระแสเชื่อมที่เท่ากัน โดยแสดงการ เปรียบเทียบในรูปที่ 3 และรูปที่ 7 ตามลำดับทุกๆ กระแสเชื่อมที่ใช้ใน การเชื่อม สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดจากแก๊สซีเลียม เมื่อใช้ในการปกคลุม จะมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันอาร์กเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยแรงดันอาร์กจะ ค่อยๆ ลดลง และความยาวอาร์กเพิ่มขึ้น ความร้อนที่เกิดจากการอาร์ก จึงถูกถ่ายออกจากล่ออาร์กซึ่งจะหมายถึงพลังงานจะสูญเสียไปจำนวน มาก ในการอาร์กตัวมันเองจึงไม่มีการถ่ายโอนพลังงานสู่ชิ้นงาน ดังนั้น ความเข้มของการอาร์กจึงลดลงทำให้รูปพื้นที่หลอมละลายน้อยกว่าพื้นที่ ส่วนนูนเสริม และแก๊สซีเลียมเป็นแก๊สที่มีน้ำหนักเบากว่าอากาศประมาณ 1/7 เท่า จึงมีแนวโน้มต่อการลอยตัวออกจากบริเวณอาร์กได้รวดเร็ว ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองแก๊สมาก และมีราคาแพง

4. แก๊สผสมระหว่างอาร์กอน 82 เปอร์เซ็นต์กับคาร์บอนไดออกไซด์ 18 เปอร์เซ็นต์ เป็นการผสมกัน เพื่อใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากให้การหลอมลึกได้ถึง 3.954 มม. และพื้นที่การหลอมลึก 22.923 ตร.มม. ที่กระแสเชื่อม 270 แอมป์ ดังแสดงในรูปที่ 3 และ รูปที่ 6 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าแก๊สชนิดอื่นๆ แต่น้อยกว่าแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การผสมแก๊ส ระหว่างอาร์กอนกับคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้มีการเสถียรการถ่าย โอนโลหะจากลวดไปยังชิ้นงานได้ดี และมีแรงเกาะยึดบ่อหลอมละลาย ดีกว่า ลดความสูญเสียเม็ดโลหะกระเด็น ขณะเชื่อมบ่อหลอมละลายจะ ขยายออกไปถึงขอบตะเข็บ จึงไม่ทำให้เกิดรอยกัดแหว่งที่ขอบแนวเชื่อม

5. แก๊สผสมระหว่างอาร์กอน 95 เปอร์เซ็นต์ กับออกซิเจน 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นแก๊สผสมที่ไม่เหมาะสมในการเชื่อมเหล็กกล้า ASTM A 36 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม เนื่องจากมีสมบัติใน การหลอมลึกที่กระแสเชื่อมที่ 230, 240, 250, 260 และ 270 แอมป์ ได้ ค่าอัตราการหลอมลึกอยู่ในช่วง 10.887 – 19.563 ตร.มม. ซึ่งเป็นค่าที่ ใกล้เคียงกับแก๊สอาร์กอน 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จะแตกต่างด้านสมบัติทาง กายภาพเพราะการผสมออกซิเจนจะช่วยให้การอาร์กมีความเสถียรดี ประกายโลหะกระเด็นน้อยลง เกิดแนวเชื่อมจะละเอียดมากขึ้น ตะเข็บ แนวเชื่อมมีลักษณะดีขึ้น และทำให้ไม่เกิดรอยกัดแหว่งที่ขอบตะเข็บแนว เชื่อม โดยทำการเปรียบเทียบจากผลการตรวจทางกายภาพระหว่างแก๊ส อาร์กอน 100 เปอร์เซ็นต์ กับแก๊สผสมระหว่างอาร์กอนกับออกซิเจน

เอกสารอ้างอิง

- [1] R.L.O Brien Edior. **Welding Hand Book Volume 2**.
Miami : American Welding Society.
- [2] มานะศิษฐ์ พิมพ์สาร. **คู่มือการเชื่อมมิก – แม็ก**, กรุงเทพฯ : เอ็ม แอนด์ดี, พศ. 2524.
- [3] สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ, เจริญ พรหมคชุต, บัณฑิต ใจชื่น.
เชื่อมโลหะ 1. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. พศ. 2542.
- [4] คเนย์ วรรณโท. **การเชื่อมโลหะในระบบ GMAW**. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรและโลหะการ : พิมพ์ที่ บริษัท ที. พี. พรินท์ จำกัด. มปป.
- [5] ประสงค์ ทวนยิ้ม. **วิศวกรรมเชื่อมประสาน**. กรุงเทพฯ : สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. มปป.
- [6] เชก ทองอุ่น. **การเชื่อมระบบกึ่งอัตโนมัติ**. กรุงเทพฯ : อีระการ พิมพ์. มปป.
- [7] Gower A. Kennedy. **Welding Technology**. Indiana : The Bobbs-Merrill Company.