

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่องานแผ่นประสานแผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสีด้วยลวดตันภายใต้แก๊สคลุม

Study of the Factors Effecting Penetration of Filler Rod Filling into the Fit-up of GMAW-P Galvanized Steel Sheet

เขมมศักดิ์ สงสอน¹ บวรโชค ผู้พัฒน์² และเชาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร²

1.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Khasemsak Songsorn¹ Bovonchok Poopat² and Chaowalit Limmaneevichitr²

1. Faculty of Engineering, Ubon Rajathanee University.

2. Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการแผ่นประสานรอยต่องานที่เป็นแผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสีหนา 1 มิลลิเมตร ด้วยกระบวนการ Gas Metal Arc Welding Pulse (GMAW-P) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสมบูรณ์ของรอยต่อที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลัง และศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มผลการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ ซึ่งรอยต่อเป็นลักษณะของการต่อแบบต่อเกย โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ในการแผ่นประสานที่ต่างกัน คือ ค่าอัตราเร็วป้อนลวด ค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ ค่าอัตราเร็วในการแผ่นประสาน ค่าแรงดันอาร์ค ค่าความถี่ และค่ากระแสสูง

จากการศึกษาวิจัยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกันจะทำให้ความสมบูรณ์ของรอยต่อที่ได้ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อทำการตรวจสอบด้วยสายตาและค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ (ระยะFit-up) มีผลต่อการแทรกตัวของลวดเติม คือค่าที่ระยะห่างเว้นช่องรอยต่อแคบมากที่ระยะ 0.05 มิลลิเมตร พบว่า การแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อนั้นมีน้อย และที่ค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อเพิ่มมากขึ้นที่ระยะ 0.25 ถึง 0.50 มิลลิเมตร ก็พบว่า การแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ค่าระยะ 0.75 ถึง 1.00 มิลลิเมตร ก็จะพบว่า การแทรกตัวของลวดเติมจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งก็เป็น เพราะผลจากค่าแรงดึงผิวที่ลดลงนั่นเอง นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวยังมีผลต่อความสมบูรณ์ของรอยต่อทั้งและยังมีผลต่อการแทรกตัวของลวดเติม จากการวิจัยสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่มีผลต่อความสมบูรณ์ของรอยต่อและการแทรกตัวของลวดเติม คือค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่ ค่าระยะ 0.25 ถึง 0.50 มิลลิเมตร ค่าแรงดันอาร์คที่ 16 โวลต์ ค่าอัตราเร็วป้อนลวดที่ 260 เซนติเมตรเมตร/นาที่ ค่าอัตราเร็วการแผ่นประสานที่ 120 เซนติเมตร/นาที่ ค่าความถี่ ที่ 30 เฮิร์ตซ์ และค่ากระแสสูงที่ช่วง 375 ถึง 400 แอมป์

คำสำคัญ การแผ่นประสานด้วยมิก แผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสี ระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ

การแทรกตัวของลวดเติม

Abstract

This research studied the Gas Metal Arc Welding Pulse (GMAW-P) process on galvanized steel sheet for brazing (work-piece) joint with a thickness of 1.00 millimeter. The purpose of the research was to analyze the joint completeness on the front and back sides of the welding. In addition, the insertion of filler rod into joints fit-up are also investigated. The type of connections were all Lap-joints and different parameters of Mig-brazing were used. Those parameters are wire feed speeds, fit-up, travel speed, arc voltage, frequency and peak current.

The results of research show that the joint fit-up affected the penetration of filler metal. On the fit-up as narrow as 0.05 millimeter it was found that the filler rod penetration into the fit-up increases. If the fit-up increases from 0.25 to 0.75 millimeter, the penetration of the filler metal tended to increase. In contrast, if the fit-up was wider, from 0.75 to 1.00 millimeter, the penetration tended to decrease. However, there are other parameters such as wire feed speed, travel speed, peak current, arc voltage, and frequency which affected joint completeness. As a result, the suitable parameters for a joint of Mig-brazing galvanized steel sheet were a fit-up of 0.25-0.50 millimeter, a wire feed speed of 260 centimeter/min, a travel speed of 120 centimeter/min, a frequency of 30 Hz, an arc voltage of 16 volt, and a peak current of 375-400 amp.

Keywords *Mig-Brazing, Galvanized Steel Sheet, Fit-up, Penetration*

บทนำ

ในปัจจุบันแผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสี ที่ผ่านการชุบแบบ Electroplating [1] ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น ในชิ้นส่วนโครงสร้างยานยนต์และชิ้นส่วนต่างๆด้วยเหตุผลหลักก็เพื่อเพิ่มความต้านทาน ในการกัดกร่อนของวัสดุงาน ซึ่งยืนยันได้จากช่วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นของการรับประกันการผุกร่อนของชิ้นส่วนยานยนต์ของบริษัทผู้ผลิตหรือประกอบรถยนต์ กระบวนการแผ่นประสานโลหะด้วยวิธีมิก (Mig-brazing:GMAWP)[2] เป็นเทคโนโลยีการแผ่นประสานที่นำมาใช้ทดแทนการเชื่อมแมก (Mag-welding) เพื่อให้ได้รอยต่อประสานที่เกิดการทำลายผิวเคลือบของวัสดุงานน้อยที่สุด นอกจากนี้วัสดุงานยังเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน รอยต่อประสานบดงอเล็กน้อยไม่มีเม็ดโลหะกระเด็น มีความแข็งแรงมากกว่า รอยต่อมีความนูนน้อยกว่า ตกแต่งงานได้รวดเร็วกว่า และยังมีความเร็วในการแผ่นประสานมากกว่าถึง 3 - 4 เท่า เมื่อเทียบกับการประสานแบบใช้หัวเชื่อมแก๊ส หรือการเชื่อมแมก เพราะการประสานแบบเชื่อมแมกและแบบใช้หัวเชื่อมแก๊สพบว่า รอยต่อมีการบดงอ มีการหลอมของวัสดุงานและผิวเคลือบ กระบวนการแผ่นประสานด้วยมิก[3]เป็นเทคโนโลยีการประสานที่ประยุกต์จาก Mig pulsed welding ซึ่งออกแบบให้กระแสเชื่อมพัลส์มี

พลังงานเพียงแค่เปิดผิวเคลือบของสังกะสีบริเวณรอยต่อ เพื่อให้หยดน้ำโลหะจากลวดเติมไหลเข้าไปประสานบริเวณรอยต่อ โดยที่วัสดุงานยังไม่เกิดการหลอมละลาย ลวดเติมที่ใช้คือลวดทองแดง-ซิลิกอน(Cu-Si) ทองแดง-อลูมิเนียม (Cu-Al) อย่างไรก็ตาม จากการใช้งานจริงของการแล่นประสานรอยต่อด้วยมิกในงานอุตสาหกรรม เช่น การประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างยานยนต์ ซึ่งก็ยังคงพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับแล่นการประสานในส่วนบริเวณรอยต่อใหม่ และปริมาณการสูญเพลิงของสังกะสีเคลือบที่สูญเพลิงหายไป หรือเกิดการหลอมละลายของวัสดุงานขณะทำการแล่นประสาน ซึ่งเป็นผลทำให้คุณภาพของรอยต่อมีคุณภาพลดลง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของรอยต่อ และทั้งศึกษาแนวโน้มการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย เครื่องเชื่อมแบบอินเวอร์เตอร์รุ่น Transpulse 450 โดยเลือกค่าพารามิเตอร์กระแสพัลส์ได้จากโปรแกรมแบบควบคู่กัน(Synergic) ของเครื่อง ตัวจับเคลื่อน การเชื่อมซึ่งสามารถควบคุมความเร็วในการเชื่อมและ ตัวปรับมุมหัวเชื่อมสามารถปรับมุมงาน มุมเดินได้ ตามที่ต้องการขณะทำการเชื่อม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและ Filler gauge ใช้ปรับระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ วัสดุที่ใช้เป็นเหล็กกล้าแผ่นบางหนา 1 มิลลิเมตร และชุบสังกะสีหนา 7 ไมครอน แก๊สคลุมใช้แก๊สอาร์กอน 99.95% ลวดเติมใช้ตามมาตรฐาน ANSI/AWS 5.7 ER.Cusi-A เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร

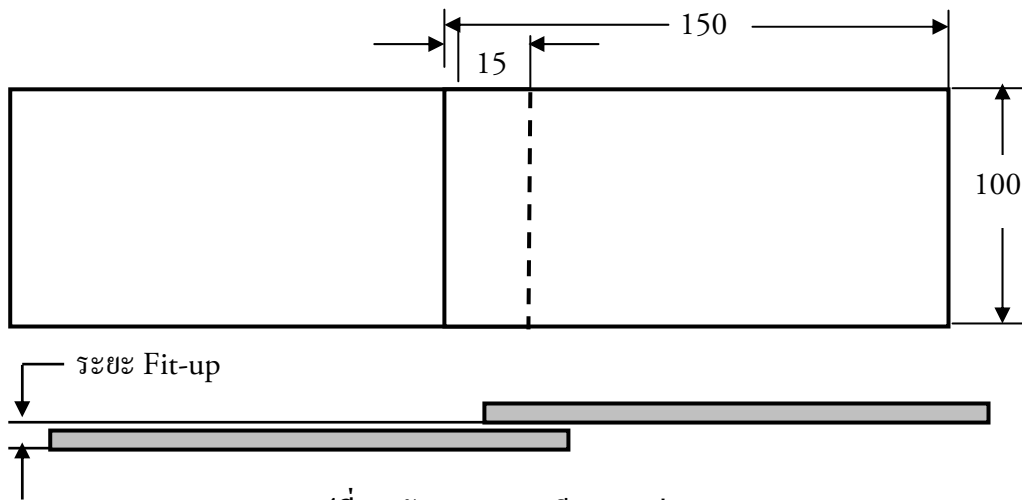
วิธีการทดลอง

1. วิธีการเตรียมชิ้นงานในการแล่นประสาน

1. ตัดชิ้นงานขนาดกว้าง x ยาว (100 x 150 มม.) จำนวน 45 คู่ แล้วเช็ดทำความสะอาดผิวงานด้วยอะซิโตน

2. เตรียมรอยต่อแบบต่อเกย (Lap joint) มีระยะเกยที่ 15 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบคุณสมบัติของรอยต่อดังรูปที่ 1 แต่อย่างไรก็ตาม[5] ในทางปฏิบัติของการแล่นประสานการเกยกันของวัสดุงานในลักษณะต่อเกย จะสามารถเกยกันได้ตั้งแต่ระยะ 3 เท่าของความหนาของชิ้นงานนั้น

3. ทำการแล่นประสานรอยต่อ



รูปที่ 1. ลักษณะการเตรียมรอยต่อเกลย

2. วิธีการแล่นประสานรอยต่อ

1. ทำการแล่นประสานรอยต่อ ซึ่งเป็นการทดลองเบื้องต้น ทำโดยการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกัน ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแล่นประสานรอยต่อปรากฏตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1. พารามิเตอร์สำหรับการแล่นประสานรอยต่อ (การทดลองเบื้องต้น)

Wire feed speed	230 260 300 330 cm/min
Brazing current	35 40 45 50 amp.
Arc voltage	15.5 16.5 17.1 17.7 volt
Frequency	22 30 36 41 hz.
Peak current (Ip)	425 amp.
Background current (Ig)	20 amp.
Travel speeds (Fore hand)	120 cm/min
Travel angle	15 deg.

ตารางที่ 1. (ต่อ) พารามิเตอร์สำหรับการแล่นประสานรอยต่อ (การทดลองเบื้องต้น)

Work angle	45 deg.
Gas flow	15 l/min.

Fit-up (Clearance)	0.05 0.25 0.50 0.75 1.00 mm.
--------------------	------------------------------

ซึ่งในการทดลองเบื้องต้นนี้ จะปรับค่าอัตราเร็วป้อนลวดที่ 230 260 300 และ 330 เซนติเมตร/นาที และค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่ 0.05 0.25 0.5 0.75 และ 1.00 มิลลิเมตร ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นปรับตามโปรแกรม Synergic ของเครื่องเชื่อม ซึ่งเป็นค่าคงที่ จากการทดลองเบื้องต้นนี้ได้ค่าที่สนใจคือค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่ระยะ 0.50 มิลลิเมตร และค่าอัตราเร็วป้อนลวดที่ 260 เซนติเมตร/นาที เป็นค่าที่สนใจในการเล่นประสานรอยต่อ เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นๆต่อไป

2. ทำการเล่นประสานรอยต่อโดยปรับค่าพารามิเตอร์ ตามตารางที่ 2

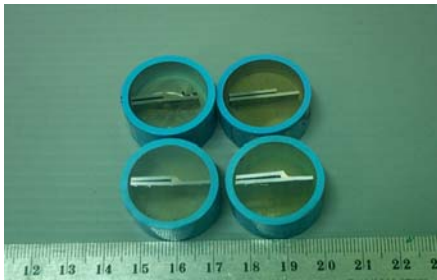
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์สำหรับการเล่นประสานรอยต่อ

Wire feed speed	260 cm/min
Brazing current	40 amp.
Arc voltage	14 15 16 17 18 volt.
Frequency	20 30 40 50 60 hz.
Peak current (Ip)	325 350 375 400 425 amp.
Background current (Ig)	20 amp.
Travel speed (Fore hand)	75 90 105 120 cm/min
Travel angle	15 deg.
Work angle	45 60 75 deg.
Gas flow	15 l/min.
Nozzle to work	12 mm.
Fit-up (Clearance)	0.50 mm.

3. วิธีการตรวจสอบคุณภาพรอยต่อ

1. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยต่อด้วยสายตาตามมาตรฐาน ANSI/AWS.B1.11:2000
2. ตรวจสอบการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ ซึ่งในส่วนนี้ต้องนำรอยต่อที่ตรวจสอบแล้วไปทำการตัด โดยตัดให้ห่างจากจุด เริ่มต้นเชื่อมโดยมีระยะ 25.4 มิลลิเมตร ทุกชิ้น จากนั้นก็นำชิ้นงานไปหล่อแบบ ดังรูปที่ 2. เพื่อจะได้ง่ายต่อการเตรียมขัดผิวหน้า อุปกรณ์ที่

ใช้ในการตรวจวัดผลการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อใช้โปรแกรม OLYSIA m3 เป็นชุดตรวจสอบระยะดังกล่าว

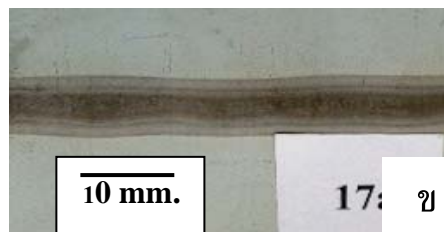
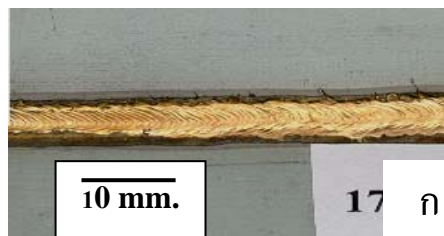


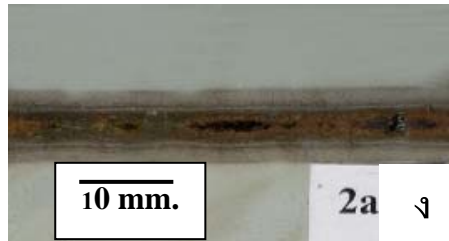
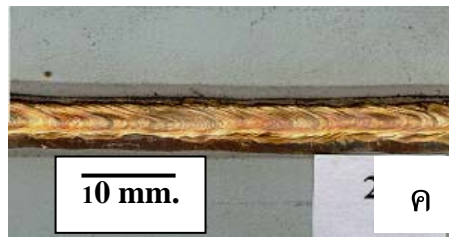
รูปที่ 2 การเตรียมชิ้นงานก่อนการตรวจสอบ รูปที่ 3 ลักษณะการวัดระยะการแทรกตัวของลวดเติม

จากรูปที่ 3 เป็นลักษณะการวัดระยะการแทรกตัวของลวดเติม ตามระยะ X1 , X2 แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าระยะ X1 เป็นระยะการแทรกตัวของลวดเติมด้านบนของรอยต่อ และระยะ X2 เป็นระยะการแทรกตัวของลวดเติมด้านล่างของรอยต่อ

ผลการทดลอง

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพของรอยต่อด้วยสายตา





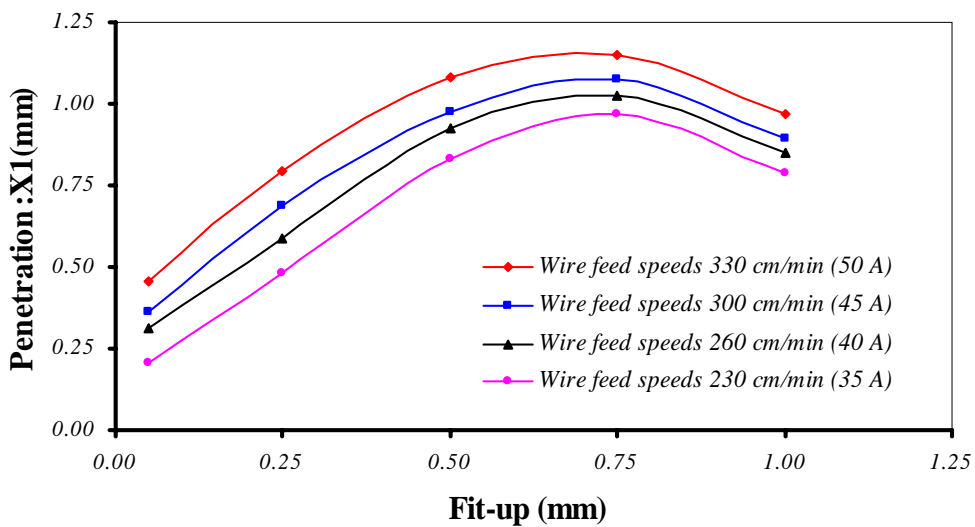
รูปที่ 4. ตัวอย่างของรอยต่อชิ้นงานที่ทำการแล่นประสานที่ค่า Wire feed speed ต่างกัน

จากรูปที่ 4. รูปที่ 4 ก. เป็นด้านหน้าของรอยต่อ และรูปที่ 4 ข. เป็นด้านหลังของรอยต่อที่ค่า Wire feed speed ที่ 260 เซนติเมตร/นาที ส่วนรูปที่ 4 ค. เป็นด้านหน้าของรอยต่อและรูปที่ 4 ง. เป็นรูปด้านหลังของรอยต่อ ที่ค่า Wire feed speed ที่ 330 เซนติเมตร/นาที

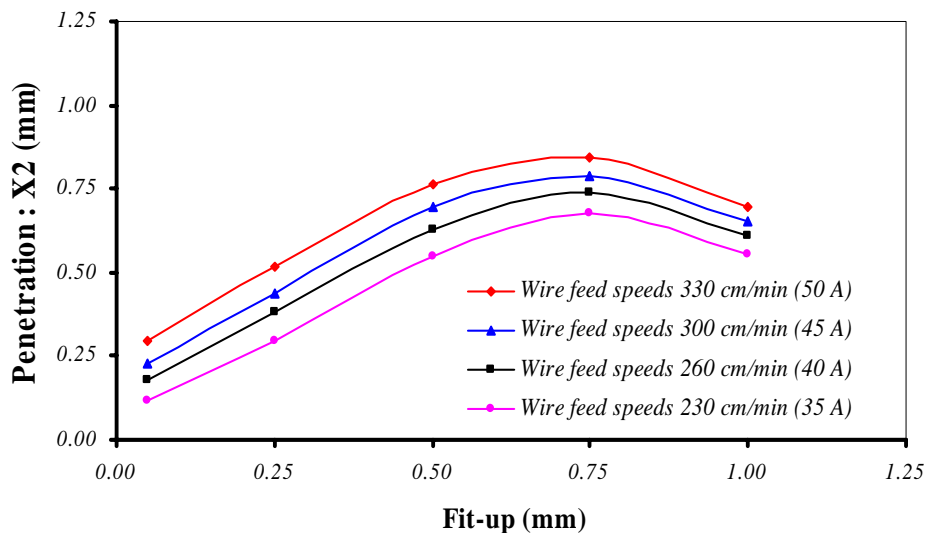
จากผลการทดลองเมื่อทำการตรวจสอบด้วยสายตาพบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีผลต่อความสมบูรณ์ของรอยต่อ โดยที่ค่าอัตราเร็วป้อนลวด หรือค่ากระแสไฟในการแล่นประสาน มีผลต่อความสมบูรณ์ของรอยต่อเพราะถ้ายังค่ากระแสที่ต่ำพบว่ารอยต่อมีความสมบูรณ์น้อย ความต่อเนื่องสม่ำเสมอของรอยต่อลดลง และมีการหลอมละลายของลวดเติมไม่เต็มรอยต่อ แต่ถ้าค่ากระแสไฟที่ใช้แล่นประสานสูงเกินไปพบว่ารอยต่อมีสีดำไหม้ และยังพบว่าบริเวณขอบรอยต่อมีการหลอมละลายของสังกะสีเคลือบเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อก็มีผลเช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่าถ้าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ (ระยะFit-up) ที่แคบ (0.05 มิลลิเมตร) รอยต่อมีขนาดกว้าง มี Overlap ที่ขอบรอยต่อ แต่ถ้าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ ที่กว้าง (0.75-1.00 มิลลิเมตร) ก็จะทำให้การแล่นประสานยากมากยิ่งขึ้น ความต่อเนื่องและความสมบูรณ์ของรอยต่อก็ลดลงและเมื่อทำการตรวจสอบด้วยสายตาจะไม่ผ่านตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งรอยต่อเหล่านั้นก็จะไม่สามารถนำไปทำการตรวจสอบการแทรกตัวของลวดเติม

2. ผลการทดลองการแทรกตัวของลวดเติม เข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ

จากรูปที่ 5 และ 6 เป็นผลการแทรกตัวของลวดเติมจากค่าอัตราเร็วป้อนลวดและค่าระยะFit-upที่ต่างกัน ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น เป็นค่าที่ปรับให้คงที่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อมีความแตกต่างกัน คือที่ระยะห่างเว้นช่องรอยต่อแคบมากที่สุดที่ระยะ 0.05 มิลลิเมตรพบว่าผลการแทรกตัวของลวดเติมมีน้อยทั้งระยะ X1 และ X2 และถ้าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ มีค่าเพิ่มขึ้น คือที่ค่าระยะ 0.25-0.75 มิลลิเมตร พบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ถ้าวระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่ค่าระยะ 1.00 มิลลิเมตร พบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มลดลงซึ่งปรากฏดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 เช่นเดียวกับค่าอัตราเร็วป้อนลวด ถ้าเพิ่มขึ้นอัตราการแทรกตัวของลวดเติมก็จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามเช่นกัน

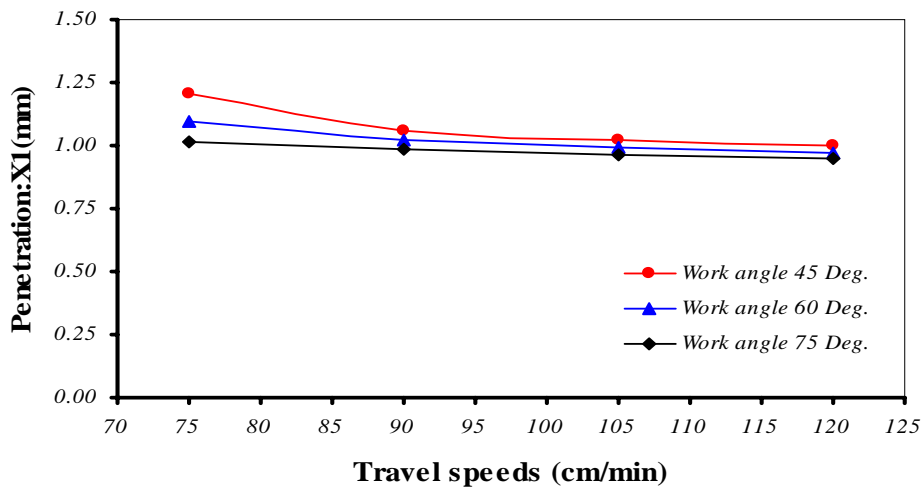


รูปที่ 5 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X1) ที่ค่าระยะระยะFit-upและค่าอัตราเร็วป้อนลวดต่างกัน

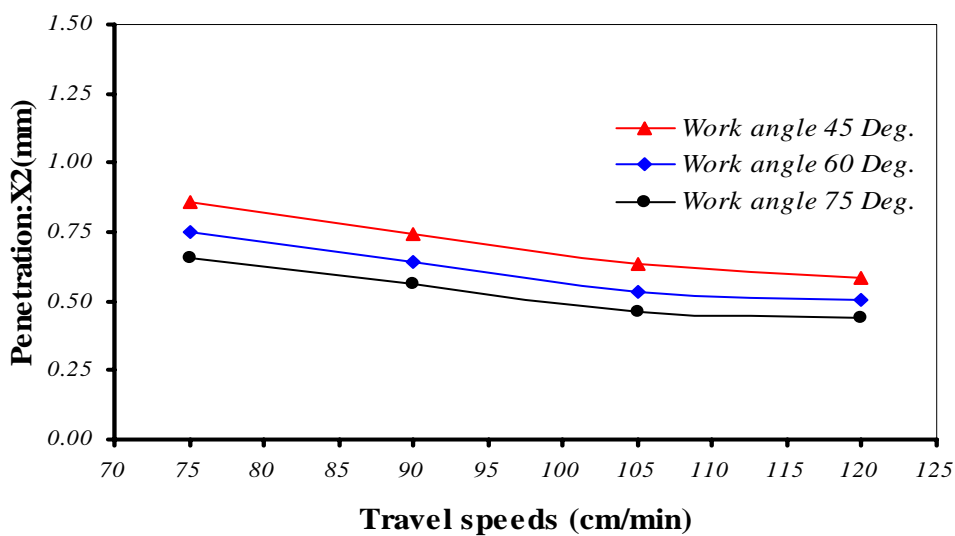


รูปที่ 6 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X2) ที่ค่าระยะ Fit-up และค่าอัตราเร็วป้อนลวดต่างกัน

จากรูปที่ 7 และ 8 เป็นผลการแทรกตัวของลวดเติม จากค่าอัตราเร็วในการเล่นประสานและค่ามุมงานต่างกัน ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นเป็นค่าที่ปรับให้คงที่ ซึ่งจากการทดลองพบว่า ที่ค่าอัตราเร็วในการเล่นประสานที่ช้า และที่ค่ามุมงาน 45 องศา พบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีค่ามากกว่าค่าอัตราเร็วในการประสานที่เร็วกว่า และมุมงานที่เพิ่มสูงขึ้น (60-75 องศา) ดังรูปที่ 7 และ 8 ขณะเดียวกันที่ค่าอัตราเร็วในการเล่นประสานที่ค่าอัตราเร็วที่ค่า 90-120 เซนติเมตร/นาที พบว่า ระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีค่าใกล้เคียงกันมาก (ที่ระยะ X1) ส่วนที่ระยะ X2 ที่ระดับค่าอัตราเร็วที่ 105-120 เซนติเมตร/นาที พบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มลดลง ส่วนที่ค่ามุมงานที่ 45 องศา พบว่าค่าระยะดังกล่าวมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับค่ามุมงานที่ 60-75 องศา

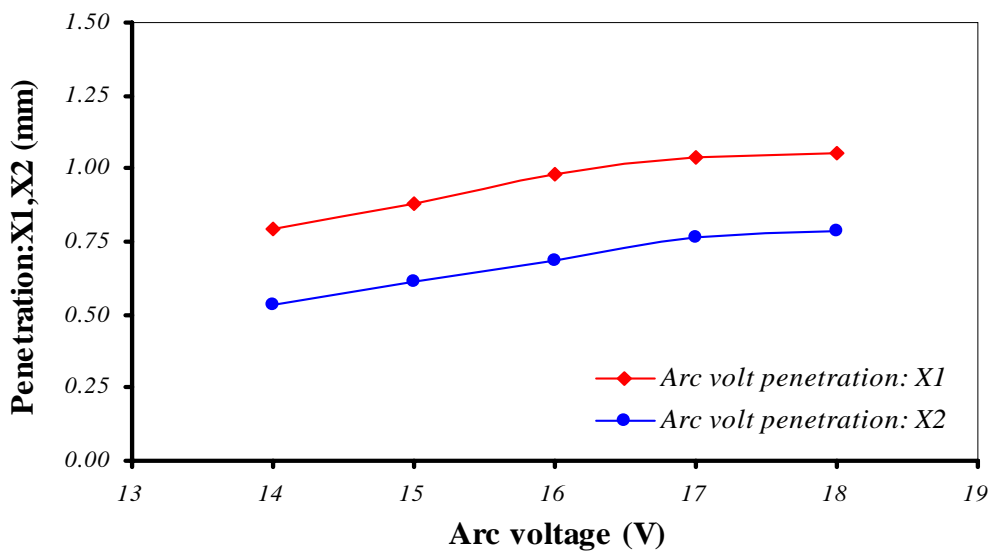


รูปที่ 7 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X1) ที่ค่าอัตราเร็วการเล่นประสานและค่ามุมงานต่างกัน



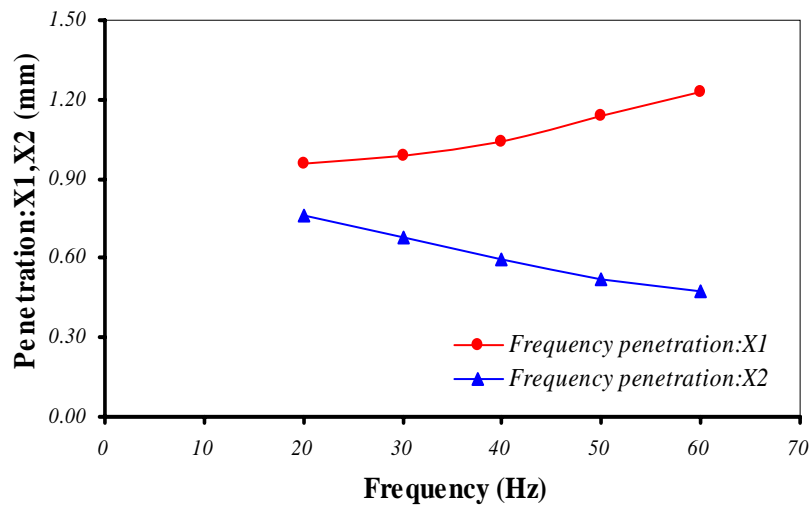
รูปที่ 8 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X2) ที่ค่าอัตราเร็วการแล่นประสานและค่ามุงงานต่างกัน

จากรูปที่ 9. เป็นผลการแทรกตัวของลวดเติมที่ค่าอาร์คโวลต์ต่างกัน ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นเป็นค่าที่ปรับให้คงที่ จากผลการทดลองพบว่า ระยะการแทรกตัวของลวดเติมที่ค่าระยะ X1 และ X2 มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามค่าอาร์คโวลต์ที่เพิ่มขึ้น ค่าอาร์คโวลต์ที่ 14 โวลต์ พบว่า การแทรกตัวของลวดเติมมีค่าต่ำกว่าค่าอาร์คโวลต์ที่เพิ่มสูงขึ้น (ที่ 18 โวลต์) แต่เมื่อเปรียบเทียบการแทรกตัวของลวดเติมก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ ระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่มาก จากผลการวิจัยที่ได้สามารถบอกได้ว่าค่าอาร์คโวลต์ มีผลต่อการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อน้อยมาก



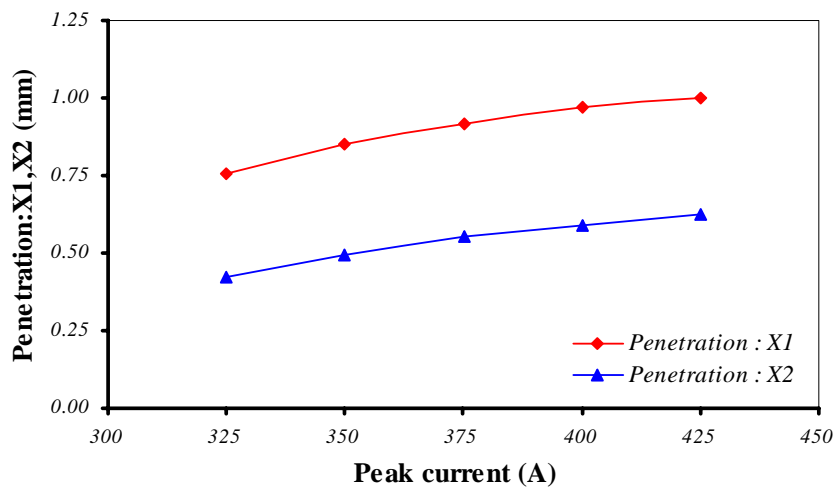
รูปที่ 9 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X1, X2) ที่ค่า Arc voltage ต่างกัน

จากรูปที่ 10. เป็นผลการแทรกตัวของลวดเติมที่ค่าความถี่ต่างกัน ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นเป็นค่าที่ปรับให้คงที่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าที่ค่าระยะ X1 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อค่าความถี่สูงขึ้น แต่ที่ระยะ X2 มีแนวโน้มลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น โดยผลที่ได้ดังกล่าวเกิดจากการส่งถ่ายน้ำโลหะจากลวดเติม คือที่ค่าความถี่ที่สูงกว่าจำนวนหยดน้ำโลหะจากลวดเติม มีการถ่ายโอนน้ำโลหะมากกว่าขณะที่ใช้เวลาเท่ากัน ซึ่งจะเป็นผลทำให้การแทรกตัวของลวดเติมเพิ่มระยะมากขึ้น สำหรับระยะ X1 ส่วนที่ระยะ X2 พบว่ามีระยะลดลง จากผลที่ได้เป็นเพราะการแข็งตัวของน้ำโลหะเร็วกว่าเมื่อจำนวนหยดน้ำโลหะมีมากขึ้นในเวลาเท่ากัน ได้ขนาดของรอยต่อที่ได้แตกต่างกัน และมีผลโดยตรงต่อระยะการแทรกตัวของลวดเติมเข้าไปในระยะห่างเว้นช่องรอยต่อ



รูปที่ 10 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X1, X2) ที่ค่า Frequency ต่างกัน

จากรูปที่ 11. เป็นผลการแทรกตัวของลวดเติมที่ค่ากระแสสูงต่างกัน (325-425 แอมป์) ส่วนค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นเป็นค่าที่ปรับให้คงที่ จากผลการทดลองพบว่า ระยะการแทรกตัวของลวดเติมที่ระยะ X1 และที่ระยะ X2 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงค่ากระแสสูงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบอกได้ว่าเมื่อทำการเล่นประสานรอยต่อที่เพิ่มค่ากระแสสูงขึ้นเรื่อยๆ จะพบว่าอัตราการแทรกตัวของลวดเติมเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งนั่นหมายถึงค่าพลังงานที่เข้าสู่ระบบมีมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 11 ผลการแทรกตัวของลวดเติม (ระยะ X1, X2) ที่ค่า Peak current ต่างกัน

อภิปรายและสรุป

จากผลการวิจัยพบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการแผ่นประสานรอยต่อมีผลทำให้ความสมบูรณ์ของรอยต่อและการแทรกตัวของลวดเติมมีค่าที่แตกต่างกันซึ่งสามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

1. ค่า Wire feed speeds ที่เหมาะสมในการแผ่นประสานรอยต่อวัสดุงานที่เป็น Galvanized steel sheet หนา 1 มิลลิเมตร คือที่ช่วง 260 เซนติเมตร/นาที เพราะถ้าต่ำกว่าจะทำให้ความต่อเนื่องของรอยต่อไม่สมบูรณ์ รอยต่อไม่สม่ำเสมอ การแทรกตัวของลวดเติมมีระยะสั้น ถ้าสูงเกินไปก็มีผลทำให้สังกะสีเคลือบ มีการหลอมละลายไปมาก แม้การแทรกตัวของลวดเติมจะมีค่าระยะที่มากกว่าก็ตาม

2. ค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.25-0.50 มิลลิเมตร เพราะถ้าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้การแผ่นประสานมีความยุ่งยากมากขึ้น แต่ค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่แคบการแทรกตัวของลวดเติมก็มีน้อยมาก รอยต่อมีค่า Overlap ตามมา และที่ค่าระยะห่างเว้นช่องรอยต่อที่ค่าระยะ 0.75-1.00 มิลลิเมตร พบว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมมีแนวโน้มลดลง

3. ค่า Travel speeds พบว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือช่วง 120 เซนติเมตร/นาที ถึงแม้ว่าระยะการแทรกตัวของลวดเติมต่ำกว่าที่ค่า 75 เซนติเมตร/นาทีก็ตาม เพราะถ้าค่า Travel speed ช้า(ต่ำ) ก็จะทำให้ได้รอยต่อที่นูนเกินไป นอกจากนี้ความสมบูรณ์ของรอยต่อก็จะไม่สมบูรณ์ด้วย แต่ถ้าเร็วเกินไปก็จะทำให้ได้รอยต่อที่ไม่มีความต่อเนื่อง มีการเติมไม่เต็มของรอยต่อ (Under fill) ตามมาเช่นเดียวกัน ค่ามุมงาน(Work angle)ที่เหมาะสมที่สุดคือที่ค่า 45 องศา

4. ค่า Arc voltage พบว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุด คือ 16 โวลต์ โดยผลการแทรกตัวของลวดเติมมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก อย่างไรก็ตามค่า Arc voltage ที่ต่ำ (14 โวลต์) ก็จะมีปริมาณความเข้มของพลังงานมีมากกว่าเมื่อเทียบกับที่ค่า 18 โวลต์ ซึ่งส่งผลถึงความสมบูรณ์ของรอยต่อ

5. ค่าความถี่ที่เหมาะสมคือ 30 เฮิร์ตซ์ เพราะถ้าความถี่สูงขึ้น รอยต่อที่ได้มีความสมบูรณ์ลดน้อยลง และมีผลต่อการแทรกตัวของลวดเติม ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกค่าความถี่ที่เหมาะสม

6. ค่ากระแสสูง (Peak current) เป็นช่วงค่ากระแสที่สามารถนำมาปรับใช้ได้คือ ตั้งแต่ระยะ 375 ถึง 425 แอมป์ แต่ค่ากระแสสูงที่สูงเกินไป มีผลทำให้สังกะสีเคลือบมีการสูญเปลืองไปมาก และในขณะเดียวกัน ถ้าค่ากระแสสูงมีค่าต่ำ จะทำให้อัตราการหลอมละลายของลวดเติมไม่สม่ำเสมอ และไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะทำให้ได้รอยต่อที่ได้ไม่สมบูรณ์ตามมา

ฉะนั้นจากผลการวิจัย จึงสามารถบอกได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและนำไปใช้ป็นค่าที่ปรับใช้งานแผ่นประสานรอยต่อแผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสีหนา 1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้รอยต่อที่มีคุณภาพ

และสมบูรณ์มากที่สุด เพราะอย่างไรก็ตามในกระบวนการ เล่นประสานด้วยมิก (Mig-brazing) ก็มีความแตกต่างจากกระบวนการเล่นประสาน (Brazing) ทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ

1. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
2. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fronius, 2000, “ Mig – Brazing”. <http://www.fronius.com/weld> [2002, June 06].
- [2] Gartner,W., 1999 “Mig – Brazing of Galvanized Light – gauge sheets; <http://www.fronius.com/weld> [2002, June 18]
- [3] Andy, J., and Joseph, L., 2001, “Variable Polarity Improves Weld Brazing of Galvanized Sheet” Welding Journal, 81 (11) : 36 – 40, 2002, Mach 10.
- [4] ANSI/AWS, B1.11 : 2000, “Guide for the Visual Examination of Welds”
- [5] ANSI/AWS, 1991, “Brazing Handbook”.