ภาคผนวก ค

เอกสารการประชุมทางวิชาการ

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) A Study factor Influence of Dilution and Mechanical Properties of Medium-grade carbon steel AISI 1045 by Gas Tungsten Arc Welding

> ศติขันธุ์ กล้างยัน¹, สันติรัฐ นันสะอาง², สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล² Sasikhun Klakhayan¹, Santirat Nansa-arng², Sittichai Kaewkuekool²

¹ นักศึกษาปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าชนบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลด่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) ปัจจัยที่ ศึกษาประกอบด้วย ฟลั๊กซ์ 3 ชนิด คือ Titanium Oxide (TiO₂) Silica Oxide (SiO₂) และ Aluminium Oxide (Al₂O₃) ละลายในอะซิโตน(Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1 เพื่อให้เจือจางและสามารถทาลงบน ผิวชิ้นงานได้ง่าย จากการวิจัยพบว่า ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 และ อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ชิ้นงานที่ทาฟลั๊กซ์ Silica Oxide (SiO₂) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งสูงสุด ที่ กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 532.113 HV และ ชิ้นงานที่ทาฟลั๊กซ์ Titanium Oxide (TiO₂) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งที่ด่ำสุด ที่กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 484.972 HVและจากการวิลิตชุลุดที่ 28.739 เปอร์เซนต์ และ Aluminium Oxide(Al₂O₃) ให้การหลอมลึกต่ำสุดที่ 3.926 เปอร์เซนต์ การทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อมมีก่าความร้อนใน งานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากขึ้น และทำให้ บริเวณกระทบร้อน (HAZ) มีความกว้างและ ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น

ABSTRACT

The objective of this research was to study penetration (Dilution) and mechanical properties of mediumgrade carbon steel S45C by Gas Tungsten Arc Welding : GTAW. The study consisted of three flux with Titanium Oxide (TiO₂) Silica Oxide (SiO₂) and Aluminium Oxide (Al₂O₃) dissolved in acetone(Acetone) in a ratio of 1: 1 dilution and can be applied to the surface easily.In this research, it was found that flux affect the mechanical properties and hardness. Statistically significant at the .01 level. And the interaction (Interaction Effect) between the current and flux affect the strength of statistical significance at the .01 level.Parts of the skin Flax Silica Oxide (SiO₂) is the average hardness of the maximum current 200 Amp. The hardness average of 532.113 HV and parts of the skin flux Titanium Oxide (TiO₂) is provided average hardness of 200 amperes at a minimum, the current value of the average hardness of 484.972 HV.And analysis of the penetration(Dilution) of the find that the Titanium Oxide (TiO₂) the rate of penetration(Dilution) up to 28.739 percent and Silica Oxide (SiO₂) and the rate of penetration(Dilution) as low as 3.926 percent of the flush skin make-up welding the welding heat (Heat Input).Resulting in a higher level of penetration increased. The width of the weld.And the effects of heat (HAZ) and width. The hardness increases.

<mark>คำสำคัญ</mark> : Titanium Oxide (TiO₂) / Silica Oxide (SiO₂)/ Aluminum Oxide (Al₂O₃) / Acetone / การ หลอมลึก / เหล็กกล้ำคาร์บอนปานกลาง AISI 1045

Key Words : Titanium Oxide (TiO₂) / Silica Oxide (SiO₂) / Aluminium Oxide (Al₂O₃) / อะซิโตน / Dilution / Medium-grade carbon steel AISI 1045

1.บทนำ

การเชื่อมโลหะด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas ; TIG) มักจะใช้สำหรับงานเชื่อมที่ ด้องการแนวเชื่อมคุณภาพสูง อีกทั้งยังสามารถใช้เชื่อมโลหะใด้หลายประเภทอีกด้วย แต่มีข้อจำกัดคือการ เชื่อมด้วยวิธีนี้มักจะได้รอยเชื่อมที่มีลักษณะการซึม ลึกน้อยและใช้เวลาในการเชื่อมมากเนื่องจากอัตราการ เติมโลหะเชื่อมจะต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า 5 มม. หรือการเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่มีความหนามากกว่า 5 มม. จะต้องทำการบากชิ้นงานและทำการเชื่อมซ้อนทับ กันหลายชั้น ทำให้ด้นทุนการทำงานสูงขึ้นและผลผลิตลดลง อีกทั้งปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงานมากขึ้น ส่งผลเสียต่อโครงสร้างของ โลหะและอาจทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ [1] เหล็กกล้าAISI 1045 เป็นเหล็กล้า คาร์บอนปานกลาง จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่สามารถนำไปใช้ในงานพื้นฐานได้อย่าง กว้างขวางหลายชนิด ทั้งงานโครงสร้าง งานการเกษตร งานเครื่องจักรกล งานแม่พิมพ์และส่วนประกอบ แม่พิมพ์ รวมทั้งชิ้นส่วนในเครื่องขนต์ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้านทั้งด้าน กวามแข็งแรง กวามเหนียวแกร่ง และยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้สามารถ ชุบแข็งให้มีความแข็งอย่างน้อย 55 HRC ก่อนอบคืนตัว (as quenched hardness) และยังสามารถชุบอินดักชั่น ได้ มีความสามารถในการทุบขึ้นรูปดีมากนิยมใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับงานทุบขึ้นรูปเป็น อุปกรณ์ เครื่องมือ ต่างๆ มีความสามารถในการตัดกลึงพอใช้ เหล็กกล้าประเภทนี้สามารถอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อ เพิ่มความแข็งแรงได้ (quench and tempering) Plain medium carbon steel มีความสามารถในการอบชุบน้อย ได้น้อยจึงมีการเติมธาตุผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการอบชุบ เช่น Cr, Ni, Mo Alloyed medium carbon steel มีความแข็งแรงสูงกว่า plain low carbon steel แต่มีความเหนียวและขึ้นรูปยากกว่าเช่นกัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045กระบวนการเชื่อมแบบก้ำซทังสเตนอาร์ก (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) ฟลักซ์ที่ใช้จะ ประกอบด้วย Titanium Oxide (TiO₂) Silica Oxide (SiO₂) และ Aluminium Oxide (Al₂O₃) ละลายในอะซิ โตน(Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1 เพื่อให้เจือจางและสามารถทาลงบนผิวชิ้นงานได้ง่าย ฟลักซ์จะ ถูกทาบนชิ้นงานบริเวณผิวงานที่จะทำการเชื่อม แล้วจึงเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมด้วยวิธีปกติ โดยที่ใช้ความเร็ว ในการเชื่อมและกระแสเชื่อมเท่ากันกับการเชื่อม แล้วจึงเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมด้วยวิธีปกติ โดยที่ใช้ความเร็ว ในการเชื่อมและกระแสเชื่อมเท่ากันกับการเชื่อมด้วยวิธี ปกติ โดยไม่ด้องเติมโลหะเชื่อมที่ส่งผลต่อการ เปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกล และสมบัติทางโลหะวิทยาบริเวณแนวเชื่อมทั้งชิ้นงานที่เชื่อมโดยใช้ฟลักซ์ และ ชิ้นงานเชื่อมที่ไม่ใช้ ฟลักซ์ เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ เพื่อให้มั่นใจว่า ฟลักซ์สำหรับการเชื่อมโลหะ เหล็กกล้าการ์บอนปานกลาง AISI 1045 นี้จะไม่ส่งผลเสีย ในการใช้งานจริงในอุตสาหกรรม ทั้งนี้ เพื่อเป็น แนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของฟลั๊กซ์ที่เหมาะสม สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการเชื่อมให้ดีขึ้น และ นำไปประยุกต์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการคุณภาพและลดด้นทุนในอนาดดได้

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

ใช้กรรมวิธีการเชื่อมแบบก๊าซทั้งสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) โคนใช้เหล็กล้าคาร์บอน ปานกลาง AISI 1045 เป็นชิ้นงานทดลอง โดยคำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

2.1 จัดเตรียมปัจจัยต่างๆ ในการทดลองงานวิจัย ดังนี้ เหล็กกล้าการ์บอนปานกลาง AISI 1045 ขนาด 75 มม.
X 70 มม. X 10 มม. จำนวน 9 ชิ้น และเตรียมอุปกรณ์เกรื่องเชื่อมทิก ปรับค่าตัวแปร เช่น ความเร็วในการ เชื่อม กระแสไฟเชื่อมมุมหัวเชื่อม ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อม อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม ที่ 20 ลิตร/ ลูกบาศก์ฟุตและระยะอาร์ค 2 มิลลิเมตรดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2

2.2 เตรียมฟลั๊กซ์ 3 ชนิด คือ Titanium Oxide (TiO₂) Silica Oxide (SiO₂) และ Aluminium Oxide (Al₂O₃) ละลายในอะซิโตน(Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1

2.3 ทำกวามสะอาค บริเวณผิวหน้าชิ้นงานแล้วทาอะซิโตน(Acetone) เพื่อขจัคจัคสิ่งสกปรกออกจากผิวหน้า งาน 2.4 ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมและทาฟลั๊กซ์ชิ้นงานเชื่อมแนวเชื่อมที่ 1 ชิ้นที่ 1 ด้วยฟลั๊กซ์ Titanium Oxide (TiO₂) ดังรูปที่ 3

2.5 เชื่อมชิ้นงานโดยใช้แผ่นทองแดงประกบด้านหลังชิ้นงาน โดยเริ่มเชื่อมจากแผ่นยึดชิ้นงาน ใช้เทคนิคการ เชื่อมเดินแนวท่าราบ ใช้ความเร็วในการเชื่อม 100 mm/min กระแสไฟเชื่อม 185 แอมป์แปร์ 200 แอมป์แปร์ และ 215 แอมป์แปร์ มุมหัวเชื่อม 90° อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม ที่ 20 ลิตร/ลูกบาศก์ฟุต และระยะอาร์ค
2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4

2.6 ตัดชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยเครื่อง wire-cut ให้ได้ขนาด 10 x 75 x 10 มิลลิเมตร จำนวน 9 ชิ้น และขนาด10 x 75 x 10 มิลลิเมตร จำนวน 18 ชิ้น รวม 27 ชิ้น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 แสคงการร่างแบบชิ้นงานเชื่อม



รูปที่ 1 แสดงเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 215P AC/DC

รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมทิก เอซี.ดีซี. TIG



รูปที่ 4 การเชื่อมชิ้นงานที่ทาฟลั๊กซ์ใน

แนวที่ 1



รูปที่ 5 แสดงขนาดการตัดชิ้นงานเชื่อมให้ได้ตามขนาดที่กำหนดเพื่อนำไปทดสอบกวามแข็งและ โกรงสร้าง

2.8 นำชิ้นงานมาขัดผิวให้ด้านข้างแนวเชื่อมให้เรียบ และกัดผิวชิ้นงานด้วยสารละลาย Nital 2% Nitric 2 ml Metanal 98 mlใช้เวลาในการกัดกรด 15 วินาที ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสคงชิ้นงานทคสอบที่ขัคค้วยเครื่องขัคเพื่อเตรียมทคสอบความแข็ง

2.9 กำหนดตำแหน่งการทดสอบความแข็งบริเวณแนวเชื่อม บริเวณกระทบร้อน บริเวณละ 6 จุด รวมจำนวน 18 จุด

2.10 วัคค่าความแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบ Vickers (MATSUZAWA Model MMT-X7B) ดังรูป ที่ 7 และรูปที่ 8





รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งที่กดทดสอบก่ากวามแข็งของชิ้นงาน รูปที่ 8 แสดงเกรื่องทดสอบกวามแข็งแบบ Vickers

2.11 วัดค่าการหลอมลึก ค่าความกว้าง ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope) ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope) รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการวัดขนาดของแนวเชื่อม ชิ้นงานทดลอง

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลของฟลั๊กซ์ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง

จากการวิเคราะห์ผลของอิทธิพลหลัก (Main Effect) ด้วย ANOVA ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ข้อมูล พบว่า ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดัง ผลการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการวิเคราะห์ก่าความแปรปรวนต่อก่าความแข็ง

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5081.884 ^a	11	461.989	3.888	.003
Intercept	9461873.407	1	9461873.407	7.962E4	.000
Amp	31.989	2	15.994	.135	.875
Flux	2102.262	3	700.754	5.897	.004*
Amp * Flux	2947.633	6	491.272	4.134	.005*
Error	2851.947	24	118.831		
Total	9469807.238	36			
Corrected Total	7933.831	35			

Dependent Variable:HV

a. R Squared = .641 (Adjusted R Squared = .476)

* P-Value < .01

Estimated Marginal Means of HV



รูปที่ 11 กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสไฟเชื่อม และฟลั๊กซ์

จากการทดสอบความแข็งและนำผลมาวิเคราะห์ ANOVA ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์การเชื่อม เมื่อวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยค่าความแข็ง ที่ระดับความเร็วการเชื่อม 100 มม./นาที พบว่า ชิ้นงานที่ทา ฟลั๊กซ์ Silica Oxide (SiO₂) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งสูงสุด ที่กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 532.113 HV และ Titanium Oxide (TiO₂) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งที่ต่ำสุด ที่ กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 482.972 HV และชิ้นงานที่ไม่ทาฟลั๊กซ์ จะให้ก่าเฉลี่ยความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 512.402 HV 3.2 ผลการศึกษาปัจจัยการเชื่อมที่ส่งผลต่อการหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO₂) ให้การหลอมลึกเฉลี่ยสูงสุดที่ 40.89 เปอร์เซนต์ และ Silica Oxide (SiO₂) ให้การหลอมลึก เฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์ การทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อมเพิ่มค่าความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ก่าความกว้างของแนวเชื่อม มากขึ้น และทำให้บริเวณกระทบ ร้อน (HAZ) มีความกว้างและ ก่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 12 (ก) และ (ข)





6.74

3.43 mr

ข) แสดงชิ้นงานที่ทา Silica Oxide (SiO₂)
 ให้การหลอมลึกเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการหลอมละลายลึกเฉลี่ยของแนวเชื่อมจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 จาก การเชื่อมโดยใช้ฟลั๊กซ์ และไม่ใช้ฟลั๊กซ์

สมโอยว เปล้อสร้	ระยะหลอมลึก (มม.)		เพิ่มขึ้น	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
D #M.001MUILD	ทาฟลั๊กซ์	ไม่ทาฟลั๊กซ์	(มม.)	(%)
Titanium Oxide (TiO ₂) 185 แอมแปร์	0.579	0.494	0.085	14.680
Titanium Oxide (TiO ₂) 200 แอมแปร์	3.230	2.630	0.600	18.576
Titanium Oxide (TiO ₂) 215 แอมแปร์	3.330	2.373	0.957	28.739**
Silica Oxide (SiO ₂) 185 แอมแปร์	2.707	2.38	0.327	12.080
Silica Oxide (SiO ₂) 200 แอมแปร์	3.337	2.963	0.374	11.208
Silica Oxide (SiO ₂) 215 แอมแปร์	3.110	2.893	0.217	6.977
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 185 แอมแปร์	3.157	3.007	0.150	4.751
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 200 แอมแปร์	3.37	3.237	0.133	3.947
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 215 แอมแปร์	3.49	3.353	0.137	3.926*

** มีการหลอมลึกสูงสุด

* มีการหลอมลึกต่ำสุด

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึก ในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้า คาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการ เชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO₂) ก่อนการเชื่อม ที่กระแส 215 แอมแปร์ให้การหลอมลึกสูงสุดที่ 28.739เปอร์เซนต์ และ ฟลั๊กซ์ Aluminium Oxide(Al₂O₃) ที่กระแส 215 แอมแปร์ให้การหลอมลึกต่ำสุดที่ 3.926 เปอร์เซนต์ ดังนั้น ฟลั๊กซ์จึงส่งผลต่อ การหลอมลึกที่เพิ่มขึ้น และรูปร่างของแนวเชื่อมที่หลอมละลายสมบูรณ์ เนื่องจากฟลั๊กซ์ในกลุ่ม เซรามิกมี คุณสมบัติไม่นำพาความร้อนดังนั้นการทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อมมีค่าความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากขึ้น และทำให้บริเวณ กระทบร้อน (HAZ) มีความกว้างและ ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ การหลอมลึกของแนวเชื่อมที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับกระแสไฟเชื่อม 3 ระดับ คือ 185 Amp, 200 Amp และ 215 Amp จากการทาฟลั๊กซ์ 3 ชนิด ก่อนการเชื่อม

ตารางที่ 3 ข้อมูลเปรียบเทียบระยะความกว้างเฉลี่ยของแนวเชื่อมจากเหล็กกล้าการ์บอนปานกลาง AISI 1045 โดยทาฟลั๊กซ์และไม่ทาฟลั๊กซ์ ก่อนการเชื่อม

492000 00100 m	ความกว้างของแนวเชื่อม (มม.)		เพิ่มขึ้น	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ชนุญกรมตบอ	ทาฟลั๊กซ์	ไม่ทาฟลั๊กซ์	(มม.)	(%)
Titanium Oxide (TiO ₂) 185 แอมแปร์	6.02	5.95	0.07	1.163*
Titanium Oxide (TiO ₂) 200 แอมแปร์	9.23	6.047	3.18	34.464**
Titanium Oxide (TiO ₂) 215 แอมแปร์	8.87	7.597	1.273	14.352
Silica Oxide (SiO ₂) 185 แอมแปร์	7.37	6.77	0.6	8.141
Silica Oxide (SiO ₂) 200 แอมแปร์	7.967	7.083	0.884	11.096
Silica Oxide (SiO ₂) 215 แอมแปร์	8.02	7.707	0.313	3.903
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 185 แอมแปร์	6.637	6.02	0.617	9.296
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 200 แอมแปร์	7.30	6.58	0.72	9.863
Aluminium Oxide(Al ₂ O ₃) 215 แอมแปร์	7.44	6.587	0.853	11.465

** ความกว้างของแนวเชื่อมสูงสุด

* ความกว้างของแนวเชื่อมต่ำสุด

จากตารางที่ 3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความกว้างของแนวเชื่อม ในการเชื่อม โลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO₂) ก่อนการเชื่อม ที่กระแส 215 แอมแปร์ จะส่งผลต่อความกว้างของแนวเชื่อม สูงสุดที่ 34.464 เปอร์เซนต์ และกระแส 185 แอมแปร์ ส่งผลต่อความกว้างของแนวเชื่อม ต่ำสุดที่ 1.163 เปอร์เซนต์ ดังนั้น การทา ฟลั๊กซ์Titanium Oxide (TiO₂) ก่อนการเชื่อม จึงส่งผลต่อความกว้างของแนวเชื่อมที่เพิ่มขึ้น และลักษณะรูปร่างของแนวเชื่อมที่หลอมละลายสมบูรณ์ เนื่องจากฟลั๊กซ์ Titanium Oxide (TiO₂) มี คุณสมบัติไม่นำพาความร้อนจึงเกิด การสะสมของความร้อน ทำให้การแนวเชื่อมกว้างเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ ความกว้างของแนวเชื่อมที่เพิ่มขึ้น ที่ระดับกระแสไฟเชื่อม 3 ระดับ คือ 185 Amp, 200 Amp และ 215 Amp จากการทาฟลั๊กซ์ 3 ชนิด ก่อนการเชื่อม

3. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) ผู้วิจัย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากการวิเคราะห์การหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO₂) ก่อน การเชื่อม ที่กระแส 215 แอมแปร์ให้การหลอมลึกสูงสุดที่ 28.739เปอร์เซนต์ และ ฟลั๊กซ์ Silica Oxide (SiO₂) ที่กระแส 215 แอมแปร์ให้การหลอมลึกต่ำสุดที่ 3.926 เปอร์เซนต์ ดังนั้น ฟลั๊กซ์จึงส่งผลต่อส่งผลต่อการ หลอมลึก ที่เพิ่มขึ้น และลักษณะรูปร่างของแนวเชื่อมที่มีการหลอมละลายสมบูรณ์เนื่องจากฟลั๊กซ์ในกลุ่ม เซรามิกมีคุณสมบัติไม่นำพาความร้อนจึง ทำให้การหลอมลึกเพิ่มสูงขึ้นและการทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อม มี ก่าความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ทำให้บริเวณกระทบ ร้อน (HAZ) มีความกว้างและ ก่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น

4. เอกสารอ้างอิง

1. "Carbon Steel S45C", [Online] http:// sky-horse-argon-welding.blogspot.com

2. WELDING MASTER, GUIDE TO WELDING : SLV MANNHEIM., GERMAN

3. OVTV, WELDING TEXTBOOK : OVERSEAS VOCATIONAL TRAINING ASSOCIATION JAPAN

4. OVTV, INSTRUCTION MANUAL WELDING TECHNIQUES : EMPLOYMENT

PROMOTIONCORPORATION , EPC., JAPAN

 เชิดเชลง ชิตชวนกิจ และ คณะ , วิศวกรรมการเชื่อม : กรุงเทพมหานคร พิมพ์ที่ สมาคมส่งเสริมความรู้ เทคนิคระหว่างประเทศ

6. นายตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ. อิทธิพลที่เกิดจากระยะยื่นของลวดเชื่อมที่มีผลต่ออัตราการหลอมละลาย และการหลอมลึกของการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548

7. French, I.E. and Bosworth, M.R., 1995, "A Comparision of Pulsed b and Conventinal Welding with Basic Flux Cored and Metal Cored Welding Wires", Welding Journal, Vol 75, No.5, pp. 197-s-205-s.

8. Hans-Ulrich Pomaska., 1991, Not a Sealed Book, MAG Welding, Linde Industrial Gases, pp. 9-40.