The 6th Graduate Research Conference 2012

สำนักงานโครงการบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รวมบทคัดย่อ

ประจำปีการศึกษา 2555

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2012

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

A Study factor Influence of Dilution and Mechanical Properties of Medium-grade carbon steel AISI 1045by Gas Tungsten Arc Welding

ศศิขันธุ์ กล้าขยัน*
สันติรัฐ นันสะอาง**
สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล***

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ฟลั๊กซ์ 3 ชนิด คือ Titanium Oxide (TiO_2) Silica Oxide (SiO_2) และ Aluminium Oxide (Al_2O_3) ละลายในอะซิโตน(Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1 เพื่อให้เจือจางและสามารถทาลงบนผิวชิ้นงานได้ง่าย จากการวิจัยพบว่า ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากการวิเคราะห์การหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO_2) ให้การหลอมลึกสูงสุดที่ 38.12 เปอร์เซนต์ และ Silica Oxide (SiO_2) ให้การหลอมลึกต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์ การทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อมมีค่าความร้อน ในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากขึ้น และทำให้บริเวณกระทบร้อน (HAZ) มีความกว้างและค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : Titanium Oxide (TiO_2) / Silica Oxide (SiO_2)/ Aluminum Oxide (Al_2O_3) / Acetone / การหลอมละลายลึก / เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045

---

* หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

** รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*** รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Abstract

The objective of this research was to study penetration (Dilution) and mechanical properties of medium-grade carbon steel S45C by Gas Tungsten Arc Welding : GTAW. The study consisted of three flux with Titanium Oxide (TiO_2) Silica Oxide (SiO_2) and Aluminium Oxide (Al_2O_3) 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. And analysis of the penetration(Dilution) of the find that the Titanium Oxide (TiO_2) the rate of penetration(Dilution) up to 38.12 percent and Silica Oxide (SiO_2) and the rate of penetration(Dilution) as low as 1.44 percent of the flux skin make-up welding the welding heat (Heat Input) higher. The width of the weld. And the effects of heat (HAZ) and width. The hardness increases.

Key Words : Titanium Oxide (TiO_2) / Silica Oxide (SiO_2) / Aluminium Oxide (Al_2O_3) / Dilution / Flux / Medium-grade carbon steel AISI 1045

บทนำ

การเชื่อมโลหะด้วยกระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas; *TIG*) มักจะใช้สำหรับงานเชื่อมที่ต้องการแนวเชื่อมคุณภาพสูง อีกทั้งยังสามารถใช้เชื่อมโลหะได้หลายประเภทอีกด้วย แต่มีข้อจำกัดคือการเชื่อมด้วยวิธีนี้มักจะได้รอยเชื่อมที่มีลักษณะการซึม ลึกน้อยและใช้เวลาในการเชื่อมมากเนื่องจากอัตราการเติมโลหะเชื่อมจะต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเชื่อมชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า 5 มม. หรือการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่มีความหนามากกว่า 5 มม. จะต้องทำการบากชิ้นงานและทำการเชื่อมซ้อนทับกันหลายชั้น ทำให้ต้นทุนการทำงานสูงขึ้นและผลผลิตลดลง อีกทั้งปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงานมากขึ้นส่งผลเสียต่อโครงสร้างของ โลหะและอาจทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ [1] เหล็กกล้าAISI 1045เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่สามารถนำไปใช้ในงานพื้นฐานได้อย่างกว้างขวางหลายชนิด ทั้งงานโครงสร้าง งานการเกษตร งานเครื่องจักรกล งานแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์ รวมทั้งชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้านทั้งด้านความแข็งแรง ความเหนียวแกร่ง และยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้สามารถชุบแข็งให้มีความแข็งอย่างน้อย 55 HRC ก่อนอบคืนตัว (as quenched hardness) และยังสามารถชุบอินดักชั่นได้ มีความสามารถในการทุบขึ้นรูปดีมากนิยมใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับงานทุบขึ้นรูปเป็น อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ มีความสามารถในการตัดกลึงพอใช้ เหล็กกล้าประเภทนี้สามารถอบชุบด้วยกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงได้ (quench and tempering) Plain medium carbon steel มีความสามารถในการอบชุบน้อยได้น้อยจึงมีการเติมธาตุผสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการอบชุบ เช่น Cr, Ni, Mo Alloyed medium carbon steel มีความแข็งแรงสูงกว่า plain low carbon steel แต่มีความเหนียวและขึ้นรูปยากกว่าเช่นกัน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหลอมลึกและสมบัติทางกลในการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045กระบวนการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) ฟลักซ์ที่ใช้จะประกอบด้วย Titanium Oxide (TiO_2) Silica Oxide (SiO_2) และ Aluminium Oxide (Al_2O_3) ละลายในอะซิโตน (Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1 เพื่อให้เจือจางและสามารถทาลงบนผิวชิ้นงานได้ง่าย ฟลักซ์จะถูกทาบนชิ้นงานบริเวณผิวงานที่จะทำการเชื่อม แล้วจึงเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมด้วยวิธีปกติ โดยที่ใช้ความเร็วในการเชื่อมและกระแสเชื่อมเท่ากันกับการเชื่อมด้วยวิธี ปกติ โดยไม่ต้องเติมโลหะเชื่อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลและสมบัติทางโลหะวิทยาบริเวณแนวเชื่อมทั้งชิ้นงานที่เชื่อมโดยใช้ฟลักซ์ และ ชิ้นงานเชื่อมที่ไม่ใช้ ฟลักซ์และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ เพื่อให้มั่นใจว่า ฟลักซ์สำหรับการเชื่อมโลหะเหล็กกล้า คาร์บอนปานกลาง AISI 1045 นี้จะไม่ส่งผลเสีย ในการใช้งานจริงในอุตสาหกรรม ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของฟลั๊กซ์ที่เหมาะสม สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการเชื่อมให้ดีขึ้น และนำไปประยุกต์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการคุณภาพและลดต้นทุนในอนาคตได้

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

ใช้กรรมวิธีการเชื่อมแบบก๊าซทังสเตนอาร์ค (Gas Tungsten Arc Welding : GTAW) โดนใช้เหล็กล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 เป็นชิ้นงานทดลอง โดยดำเนินการทดลอง ดังต่อไปนี้

2.1 จัดเตรียมปัจจัยต่างๆในการทดลองงานวิจัย ดังนี้ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 ขนาด 75 มม. X 70 มม. X 10 มม. จำนวน 9 ชิ้น และเตรียมอุปกรณ์เครื่องเชื่อมทิก ปรับค่าตัวแปร เช่น ความเร็วในการเชื่อม กระแสไฟเชื่อมมุมหัวเชื่อม ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อม อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม ที่ 20 ลิตร/ลูกบาศก์ฟุตและระยะอาร์ค 2 มิลลิเมตรดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2

2.2 เตรียมฟลั๊กซ์ 3 ชนิด คือ Titanium Oxide (TiO_2) Silica Oxide (SiO_2) และ Aluminium Oxide (Al_2O_3) ละลายในอะซิโตน(Acetone) ในอัตราส่วนประมาณ 1: 1

2.3 ทำความสะอาด บริเวณผิวหน้าชิ้นงานแล้วทาอะซิโตน(Acetone) เพื่อขจัดจัดสิ่งสกปรกออกจากผิวหน้างาน

2.4 ร่างแบบชิ้นงานเชื่อมและทาฟลั๊กซ์ชิ้นงานเชื่อมแนวเชื่อมที่ 1 ชิ้นที่ 1 ด้วยฟลั๊กซ์ Titanium Oxide (TiO2) ดังรูปที่ 3

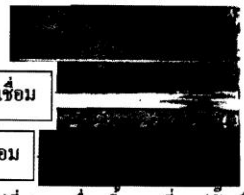
2.5 เชื่อมชิ้นงานโดยใช้แผ่นทองแดงประกบด้านหลังชิ้นงาน โดยเริ่มเชื่อมจากแผ่นยึดชิ้นงาน ใช้เทคนิคการเชื่อมเดินแนวท่าราบ ใช้ความเร็วในการเชื่อม 100 mm/min กระแสไฟเชื่อม 185 แอมป์แปร์ 200 แอมป์แปร์ และ 215 แอมป์แปร์ มุมหัวเชื่อม 90° อัตราการไหลของแก๊สปกคลุม ที่ 20 ลิตร/ลูกบาศก์ฟุต และระยะอาร์ค 2 มิลลิเมตร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

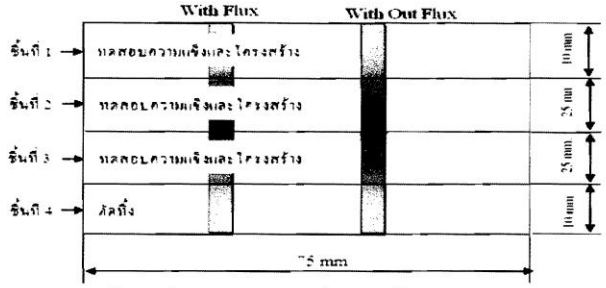
รูปที่ 1 แสดงเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045

รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมทิก เอซี.ดีซี. TIG 215P AC/DC

รูปที่ 3 แสดงการร่างแบบชิ้นงานเชื่อม

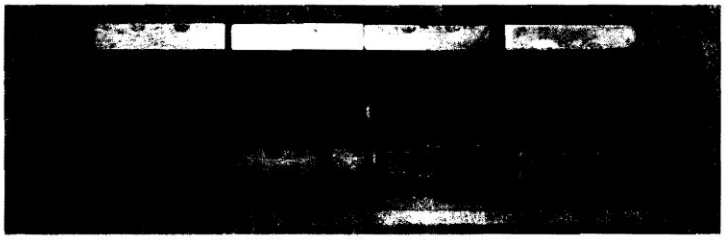


รูปที่ 4 การเชื่อมชิ้นงานที่ทาฟลั๊กซ์ในแนวที่ 1



รูปที่ 5 แสดงขนาดการตัดชิ้นงานเชื่อมให้ได้ตามขนาดที่กำหนดเพื่อนำไปทดสอบความแข็งและโครงสร้าง

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



รูปที่ 6 แสดงชิ้นงานทดสอบที่ขัดด้วยเครื่องขัดเพื่อเตรียมทดสอบความแข็ง

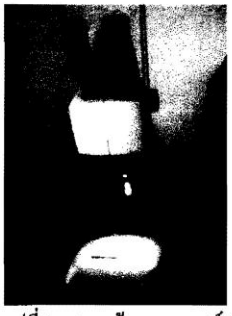
2.9 กำหนดตำแหน่งการทดสอบความแข็งบริเวณแนวเชื่อม บริเวณกระทบร้อน บริเวณละ 6 จุด รวมจำนวน 18 จุด

2.10 วัดค่าความแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบ Vickers (MATSUZAWA Model MMT-X7B) ดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8

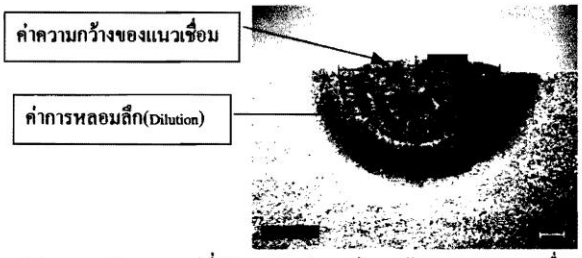
รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งที่กดทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงาน

รูปที่ 8 แสดงเครื่องทดสอบความแข็งแบบ Vickers

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



รูปที่ 9 แสดงกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope)



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งการวัดขนาดของแนวเชื่อมชิ้นงานทดลอง

ผลการวิจัย

3.1 ผลของฟลั๊กซ์ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง

จากการวิเคราะห์ผลของอิทธิพลหลัก (Main Effect) ด้วย ANOVA ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังผลการทดลองในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนต่อค่าความแข็ง

Tests of Between-Subjects Effects

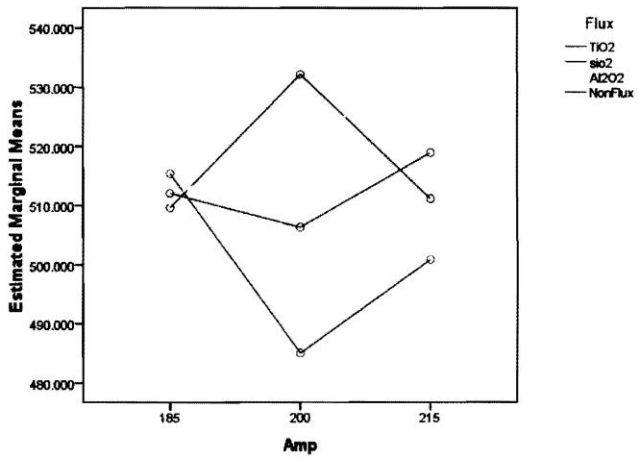
Dependent Variable:HV

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			

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

* P-Value < .01

Estimated Marginal Means of HV

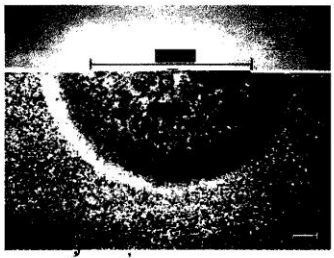


จากการทดสอบความแข็งและนำผลมาวิเคราะห์ ANOVA ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์การเชื่อม เมื่อวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยค่าความแข็ง ที่ระดับความเร็วการเชื่อม 100 มม./นาที พบว่า ชิ้นงานที่ทา ฟลั๊กซ์ Aluminium Oxide (Al_2O_3) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งสูงสุด ที่กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยมีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 535.572 HV และ

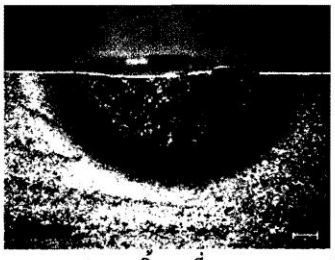
Titanium Oxide (TiO2) จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งที่ต่ำสุด ที่ กระแสไฟ 200 แอมแปร์ โดยค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 482.661 HV และชิ้นงานที่ไม่ทาฟลั๊กซ์ จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 512.402 HV

3.2 ผลการศึกษาปัจจัยการเชื่อมที่ส่งผลต่อการหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม

ผลจากปัจจัยการเชื่อมที่ส่งผลต่อการหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO_2) ให้การหลอมลึกเฉลี่ยสูงสุดที่ 38.12 เปอร์เซนต์ และ Silica Oxide (SiO_2) ให้การหลอมลึกเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์ การทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อม มีค่าความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อม มากขึ้น และทำให้บริเวณกระทบร้อน (HAZ) มีความกว้างและ ค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น



ก) แสดงชิ้นงานที่ทา Titanium Oxide (TiO_2) ให้การหลอมลึกเฉลี่ยสูงสุดที่ 38.12 เปอร์เซนต์



ข) แสดงชิ้นงานที่ทา Silica Oxide (SiO_2) ให้การหลอมลึกเฉลี่ยต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการหลอมละลายลึกเฉลี่ยของแนวเชื่อมจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1045 จากการเชื่อมโดยใช้ฟลั๊กซ์และไม่ใช้ฟลั๊กซ์

ชนิดของฟลักซ์	การหลอมละลายลึก (มม.)		เพิ่มขึ้น	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
	เติมฟลั๊กซ์	ไม่เติมฟลั๊กซ์	(มม.)	(%)
Titanium Oxide (TiO_2) 185 แอมแปร์	2.052	1.786	0.266	12.97
Titanium Oxide (TiO_2) 200 แอมแปร์	**3.189**	**1.885**	**1.304**	**40.89****
Titanium Oxide (TiO_2) 215 แอมแปร์	3.757	2.325	1.432	38.12
Silica Oxide (SiO_2) 185 แอมแปร์	3.164	2.764	0.399	12.62
Silica Oxide (SiO_2) 200 แอมแปร์	2.541	2.393	0.148	5.83
Silica Oxide (SiO_2) 215 แอมแปร์	**2.818**	**2.777**	**0.041**	**1.44***
Aluminium Oxide(Al_2O_3) 185 แอมแปร์	2.403	2.034	0.370	15.39
Aluminium Oxide(Al_2O_3) 200 แอมแปร์	2.529	2.078	0.450	17.81
Aluminium Oxide(Al_2O_3) 215 แอมแปร์	2.450	2.139	0.311	12.69

** มีอัตราการซึมลึกสูงสุด

* มีอัตราการซึมลึกต่ำสุด

สรุปผลการวิจัย

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

ฟลั๊กซ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลด้านความแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างกระแสเชื่อมและฟลั๊กซ์ส่งผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากการวิเคราะห์การหลอมลึก (Dilution) ของงานเชื่อม พบว่า การทา Titanium Oxide (TiO_2) ให้การหลอมลึกสูงสุดที่ 38.12 เปอร์เซนต์ และ Silica Oxide (SiO_2) ให้การหลอมลึกต่ำสุดที่ 1.44 เปอร์เซนต์ การทาฟลั๊กซ์ ทำให้แนวเชื่อมมีค่าความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น ส่งผลให้ระดับการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากขึ้น และทำให้บริเวณกระทบร้อน (HAZ) มีความกว้างและค่าความแข็งเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

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

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

OVTV , WELDING TEXTBOOK :OVERSEAS VOCATIONAL TRAINING ASSOCIATION JAPAN

OVTV,INSTRUCTION MANUAL WELDING TECHNIQUES : EMPLOYMENT PROMOTIONCORPORATION ,EPC., JAPAN

เชิดเชลง ชิตชวนกิจ และ คณะ , วิศวกรรมการเชื่อม : กรุงเทพมหานคร พิมพ์ที่ สมาคมส่งเสริมความรู้เทคนิคระหว่างประเทศ

นายตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ. อิทธิพลที่เกิดจากระยะยื่นของลวดเชื่อมที่มีผลต่ออัตราการหลอมละลายและการหลอมลึกของการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548

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.

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