วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2567
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 2 No. 1 January – February 2024

บทความวิจัย (Research Article)

การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยหุ่นยนต์แขนกล

ตีเพชร ไชยศล[1,*]

[1] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: teepach-19@hotmail.com โทรศัพท์: 085-643-3606
(รับบทความ: 18 ธันวาคม 2566; แก้ไขบทความ: 29 ธันวาคม 2566; ตอบรับบทความ: 2 มกราคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาออกแบบการทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกล เพื่อใช้กับเหล็กกล้าคาร์บอน โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Box Behnken และทำการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง ปัจจัยที่ศึกษามี 3 ประการ ได้แก่ กระแสไฟฟ้า ความเร็วการป้อนลวด และความเร็วในการเชื่อม สำหรับวัสดุที่ใช้ คือ เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีความกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร และหนา 4.5 มิลลิเมตร ใช้ลวดเชื่อม MIG ขนาด 1.2 มิลลิเมตร และแก๊สปกคลุม CO2 100% การทดสอบแรงกดใช้เครื่องทดสอบแรงกด ที่มีความสามารถ 60 Tons (Model 60T) การเชื่อมทำในท่าราบ จากการทดลองพบว่า ระดับค่าปัจจัยที่เหมาะสม คือ กระแสไฟฟ้า 110 แอมแปร์ ความเร็วการป้อนลวด 2.65 เมตรต่อนาที และความเร็วในการเชื่อม 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ผลลัพธ์ที่ได้มีความแข็งแรง 5,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และแนวเชื่อมมีคุณภาพสมบูรณ์ ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: ออกแบบการทดลอง การเชื่อม หุ่นยนต์แขนกล ระดับปัจจัย การหาค่าที่เหมาะสม

การอ้างอิงบทความ: ตีเพชร ไชยศล, “การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยหุ่นยนต์แขนกล,” *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 1-10, 2567.

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2567
Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, Vol. 2 No. 1 January – February 2024

บทความวิจัย (Research Article)

Optimization of the factor level in the carbon steel welding process using a robotic arm

Teepaed Chaiyason[1,*]

[1] Faculty of Industrial Technology, Nakhon Phanom University

* Corresponding Author: teepach-19@hotmail.com, Tel: 085-643-3606
(Received: December 18, 2023; Revised: December 29, 2023; Accepted: Jan 2, 2024)

Abstract

This study aimed to identify optimal factors for designing welding experiments using the robotic arm for carbon steel. Utilizing the Box Behnken Design method, 30 experiments focused on three main factors: electric current, wire feed speed, and welding speed. The materials used included carbon steel (50 mm wide, 150 mm long, 4.5 mm thick), MIG welding wire (1.2 mm size), and 100% CO2 as the shielding gas. A Toyo Capacity 60 Tons (Model 60T) pressure testing machine was employed. The welding was performed using a flat butt connection. Results showed that the optimal settings were an electric current of 110 amperes, wire feed speed of 2.65 m/min, and welding speed of 5 mm/s. These parameters yielded a weld strength of 5,000 kg/cm² and produced a welding line that met the acceptable standards.

Keywords*:* Design of Experimental, Welding, Arm Robotic, Factor level, Optimization

Please cite this article as: T. Chaiyason, “Optimization of the factor level in the carbon steel welding process using a robotic arm,” *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 1, no. 2, pp. 1-10, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

เทคโนโลยีด้านการเชื่อมมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิต การใช้หุ่นยนต์เชื่อมเข้ามาทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อดี เช่น ไม่ต้องพึ่งพาแรงงานจำนวนมาก งานทุกชิ้นมีมาตรฐาน ลดปัญหาความเมื่อยล้า เพิ่มความสามารถในการผลิต และอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีหุ่นยนต์ไม่ใช่สิ่งที่จะเข้ามาเพียงชั่วครั้งชั่วคราว แต่เป็นการตอบโจทย์เพื่อช่วยเหลืออุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ ในระยะยาวอย่างแท้จริง เพราะนอกจากหุ่นยนต์เชื่อมแล้วยังมีการพัฒนาหุ่นยนต์แบบอื่น ๆ ออกมาอีกมาก และมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ผสานเข้ากับหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการทำงานได้ดีขึ้นด้วย และปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมีการนำโลหะหลายชนิดเข้ามาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้าง เพื่อต้องการนำข้อดีของโลหะแต่ละชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมากที่สุด ทำให้โครงสร้างมีความยืดหยุ่น สามารถรับแรงหรือน้ำหนักที่มากระทำให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ซึ่งการนำโครงสร้างโลหะมาประกอบเข้าด้วยกันนั้นจำเป็นต้องมีการเชื่อมวัสดุให้เข้ากัน เพื่อให้เกิดความแข็งแรง

การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของงานเชื่อมได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในหลายสาขาอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในการวิจัยของ Z. Jie และคณะ [1] ที่เน้นการศึกษาเทคโนโลยีเชื่อมด้วยเลเซอร์ในการผลิตตัวถังรถยนต์ และการศึกษาของ Y. Ma และคณะ [2] ที่วิเคราะห์ปัญหาคุณภาพในโรงงานเชื่อม การศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมพารามิเตอร์และเทคนิคการเชื่อมเพื่อผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูง ในทำนองเดียวกัน การศึกษาของ N. Agwan [3] และ S. Singh และคณะ [4] ได้เน้นที่การวิเคราะห์และการปรับปรุงพารามิเตอร์การเชื่อม MIG และ TIG เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืน นอกจากนี้การศึกษาโดย Y.-J. Tao และคณะ [5] และ Nguyen และคณะ [6] ได้เน้นที่การใช้เทคโนโลยีใหม่ เช่น การบันทึกวิดีโอแบบเรียลไทม์และการใช้ตัวกรองไฟฟ้าสถิตเพื่อปรับปรุงกระบวนการเชื่อมและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาเหล่านี้รวมกันเป็นฐานความรู้ที่สำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเชื่อมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเน้นที่การควบคุมคุณภาพและความยั่งยืน

การวิจัยในด้านการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลได้รับความสนใจอย่างมากในหลายสาขาวิชา โดยเฉพาะในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ การศึกษาของจักรินทร์ น่วม ทิม และคณะ [7] ได้ศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการหดตัวของชิ้นงานเหล็กเกรด 304 จากกระบวนการเชื่อมมิก ซึ่งเป็นการศึกษาที่ช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของความร้อนต่อวัสดุเหล็กในกระบวนการเชื่อม ทางด้านการพัฒนาและนวัตกรรม ธีรพงษ์ ฉิมเพชร และคณะ [8] ได้พัฒนาชุดสาธิตหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทาง ซึ่งเป็นการนำเสนอเทคโนโลยีหุ่นยนต์ที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์ การวิจัยนี้ช่วยเสริมความรู้และทักษะในการใช้หุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต ธีระ สรรพอาษา และคณะ [9] ได้ทำการออกแบบการทดลองงานเชื่อมท่อโลหะต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้วยโปรแกรมทางสถิติ การศึกษานี้ช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของแนวเชื่อมและสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน นอกจากนี้ บริษัทสุวิมล จำกัด [10] ได้เสนอคำถามว่าหุ่นยนต์เชื่อมตอบโจทย์โรงงานอุตสาหกรรมได้จริงหรือไม่ ซึ่งเป็นการสำรวจความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของหุ่นยนต์เชื่อมในสภาพแวดล้อมการผลิตจริง การศึกษาเหล่านี้รวมถึงการวิจัยอื่น ๆ เช่น การพัฒนาใช้รังสีอินฟราเรดในการกำจัดแมลงในข้าวขาวดอกมะลิอินทรีย์ 105 โดยวิทยา อินทร์สอน [11] และการลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือโดยวิทยา สุมะลิ และระพี กาญจนะ [12] ช่วยเสริมความเข้าใจในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการออกแบบการทดลองใน

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนากระบวนการผลิตและการจัดการคุณภาพในอุตสาหกรรมต่าง ๆ การวิจัยเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเท่านั้น แต่ยังช่วยให้เข้าใจถึงผลกระทบของเทคโนโลยีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตกำลังคนที่สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล ภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 รวมถึงนโยบายผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 โดยมุ่งสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นกลไกในการขับเคลื่อนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ในการปฏิบัติงานเชื่อมโลหะ มักจะใช้เหล็กกล้าคาร์บอนในการเชื่อมประสานให้เนื้อวัสดุหลอมละลายเข้าด้วยกันในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีความจำเป็นจะต้องมีการศึกษาการออกแบบ ทดลอง และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบในการเชื่อมเพื่อทำให้คุณภาพแนวเชื่อมออกมามีคุณภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเรื่องปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาออกแบบการทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน ตลอดจนทำให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และมีความพร้อมด้านกำลังคนในงานเชื่อมโลหะด้วยหุ่นยนต์ตามความต้องการของตลาดแรงงาน และเป็นการบริการวิชาการแก่บุคลากรภายในและภายนอกต่อไป

การขาดการวิจัยในด้านนี้อาจนำไปสู่ผลกระทบที่สำคัญหลายประการ ตั้งแต่การขาดนวัตกรรมและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมการเชื่อม ไปจนถึงการเพิ่มขึ้นของต้นทุนการผลิตและการสูญเสียความได้เปรียบทางการแข่งขัน นอกจากนี้ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และการสูญเสียงานในอุตสาหกรรมนี้ก็เป็นประเด็นที่น่ากังวล การลดลงของการแข่งขันทางอุตสาหกรรมและการส่งออกของประเทศก็เป็นผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้น การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ และการสร้างความตระหนักรู้ในสังคมเกี่ยวกับความสำคัญของการเชื่อมที่มีคุณภาพจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมเหล็กคาร์บอนด้วยหุ่นยนต์แขนกล

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาปัจจัยกระแสไฟฟ้า ความเร็วในการป้อนลวด และความเร็วในการเชื่อมเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยหุ่นยนต์แขนกล เนื่องจากสามปัจจัยนี้มีผลต่อคุณภาพและความสม่ำเสมอของแนวเชื่อม กระแสไฟฟ้ามีผลต่อความลึกและความร้อนของแนวเชื่อม ความเร็วในการป้อนลวดควบคุมปริมาณโลหะเชื่อมที่ส่งไปยังแนวเชื่อม และความเร็วในการเชื่อมมีผลต่อการกระจายความร้อนในชิ้นงาน การควบคุมปัจจัยเหล่านี้อย่างเหมาะสมจึงเป็นกุญแจสำคัญในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเชื่อม ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลและยุทธศาสตร์ชาติในการผลิตกำลังคนที่มีทักษะและความรู้ที่เหมาะสมกับความต้องการของตลาดแรงงานในยุค Thailand 4.0

3.1 การออกแบบการทดลองเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน

ดำเนินการดังนี้

3.1.1 ขอบเขตและวิธีการทดลอง

1) วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน ขนาดความกว้าง 50 มม. ยาว 150 มม. และหนา 4.5 มม.

2) ลวดเชื่อม MIG รุ่น ER70S-6 ขนาด 1.2 มม.

3) แก๊สปกคลุมที่ใช้ คือ CO_2 100 %

4) เครื่องทดสอบแรงกด ยี่ห้อ Toyo Capacity 60 Tons (Model 60T)

3.1.2 ขอบเขตการเลือกระดับปัจจัย

ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญของปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ 3 ปัจจัย ได้แก่ (1) กระแสไฟฟ้า (Current : A) (2) ความเร็วในการป้อนลวด (Wire Feed Speed : m/min) และ (3) ความเร็วในการเชื่อม (Weld Speed : mm/s) ส่วนระดับการตั้งค่าตั้งไว้ 2 ระดับ คือ ระดับต่ำและระดับสูง

3.1.3 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น

เป็นการคัดกรองหาปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาการออกแบบการทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกล ยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน โดยออกแบบการทดลองใช้โปรแกรม Minitab R.14 ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองแบบ Box-Behnken Design มีจำนวนการทดลอง 2 ครั้ง เท่ากับ 30 การทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ระดับขอบเขตปัจจัยการทดลองเบื้องต้น

ระดับปัจจัย	ระดับการตั้งค่า		สัญลักษณ์
	ระดับต่ำ	ระดับสูง	
กระแสไฟฟ้า (แอมป์)	70	150	C
ความเร็วในการป้อนลวด(ม./นาที)	1.30	4.00	WFS
ความเร็วในการเชื่อม (มม./วินาที)	2	8	WS

ตารางที่ 2 ลำดับการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab Release 14

ลำดับการทดลอง	ลำดับการสุ่ม	ระดับปัจจัย		
		กระแส (A)	ความเร็วในการป้อนลวด (m/min)	ความเร็วในการเชื่อม (mm/s)
1	4	150	4.00	5
2	12	110	4.00	8
3	2	150	1.30	5
4	5	70	2.65	2
5	28	110	2.65	5
6	1	70	1.30	5
7	16	70	1.30	5
8	27	110	4.00	8
9	25	110	4.00	2
10	23	150	2.65	8
11	3	70	4.00	5
12	6	150	2.65	2
13	13	110	2.65	5
14	26	110	1.30	8
15	30	110	2.65	5
16	7	70	2.65	8
17	22	70	2.65	8
18	8	150	2.65	8
19	9	110	1.30	2
20	17	150	1.30	5
21	10	110	4.00	2
22	14	110	2.65	5
23	24	110	1.30	2
24	21	150	2.65	2
25	19	150	4.00	5
26	11	110	1.30	8
27	29	110	2.65	5
28	18	70	4.00	5
29	20	70	2.65	2
30	15	110	2.65	5

3.1.4 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 2 มาทำการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล ดังนี้

1) การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ

2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

3) การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน

3.1.5 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ

หลังจากได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในหัวข้อที่ 1, 2 และ 3 ว่ามีความ

บทความวิจัย (Research Article)

เหมาะสมตามแผนการทดลอง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Sq) จากตารางที่ 3 Estimated Regression Coefficients for Strength

3.1.6 หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัย

1) สร้างสมการการทำนายโดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ของปัจจัยไปเขียนสมการทำนายความแข็งแรงของแนวเชื่อม จากตารางที่ 3 เพื่อนำสมการทำนายที่ได้ไปใช้หาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ดังสมการ

$$\text{Maximize} = 1816.28 + 40.47\,(\text{Current}) + 260.97\,(\text{Wire Feed Speed}) + 193.98\,(\text{Weld Speed}) - 0.16\,(\text{Current} * \text{Current}) - 75.45\,(\text{Wire Feed Speed}*\text{Wire Feed Speed}) - 26.39\,(\text{Weld Speed}*\text{Weld Speed}) + 0.00\,(\text{Current}*\text{Wire Feed Speed}) + 0.00\,(\text{Current}*\text{Weld Speed}) + 18.52\,(\text{Wire Feed Speed}*\text{Weld Speed}) \quad (1)$$

ตารางที่ 3 ค่า P ที่ใช้ในการเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบความแข็งแรง (Minitab Release 14)

Response Surface Regression: Strength versus Current, Wire Feed Speed, Weld Speed

The analysis was done using uncoded units.

Estimated Regression Coefficients for Strength

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1816.28	377.237	4.815	0.000
Current	40.47	4.915	8.233	0.000
Wire Feed Speed	260.97	120.986	2.157	0.043
Weld Speed	193.98	50.776	3.820	0.001
Current*Current	-0.16	0.020	-8.103	0.000
Wire Feed Speed*Wire Feed Speed	-75.45	17.775	-4.244	0.000
Weld Speed*Weld Speed	-26.39	3.600	-7.331	0.000
Current*Wire Feed Speed	0.00	0.576	0.000	1.000
Current*Weld Speed	0.00	0.259	0.000	1.000
Wire Feed Speed*Weld Speed	18.52	7.685	2.410	0.026

S = 88.03 R-Sq = 91.2% R-Sq(adj) = 87.2%

Analysis of Variance for Strength

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	1597000	1597000	177444	22.90	0.000
Linear	3	615000	564192	188064	24.27	0.000
Square	3	937000	937000	312333	40.30	0.000
Interaction	3	45000	45000	15000	1.94	0.156
Residual Error	20	155000	155000	7750		
Lack-of-Fit	3	155000	155000	51667	*	*
Pure Error	17	0	0	0		
Total	29	1752000				

2) หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย และใช้วัดความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ (Composite Desirability: D) ค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ มีค่าระหว่าง 0–1 ซึ่งถ้า D มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ผลตอบนั้นได้รับความพึงพอใจอย่างสมบูรณ์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Strength	Maximum	0	1	1	1	1

Global Solution

Current (C) = 110.00
Wire Feed Speed (WFS) = 2.65
Weld Speed (WS) = 5.00

Predicted Responses

Strength = 5000, desirability = 1
Composite Desirability = 1.00000

4. ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบการทดลอง

การทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน ในการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ทำซ้ำ 2 ครั้ง รวมทั้งหมด 30 ครั้ง การทดลองจะทำการสุ่มแบบเจาะจง โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนความหนา 4.5 มม. เชื่อมต่อชนท่าราบ นำไปเชื่อมให้เสร็จเรียบร้อย โดยคิดค่าความแข็งแรงที่ออกมา และความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม

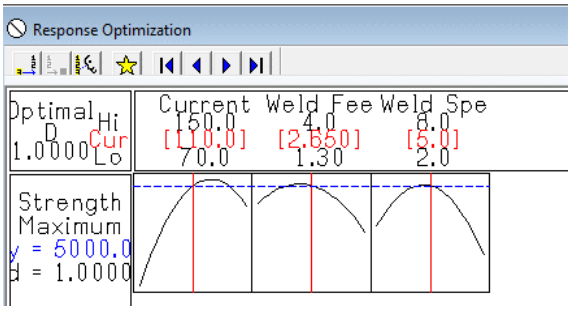
ตารางที่ 5 ลำดับการทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab Release 14

ลำดับการทดลอง	ลำดับการสุ่ม	ระดับปัจจัย			
		Current (A)	Wire Feed Speed (m/min)	Weld Speed (mm/s)	Strength (kg/cm^2)
1	17	150	1.30	5	4,900
2	25	110	4.00	2	4,600
3	18	70	4.00	5	4,300
4	1	70	1.30	5	4,400
5	6	150	2.65	2	4,600
6	21	150	2.65	2	4,600
7	7	70	2.65	8	4,400
8	9	110	1.30	2	4,900
9	2	150	1.30	5	4,900

บทความวิจัย (Research Article)

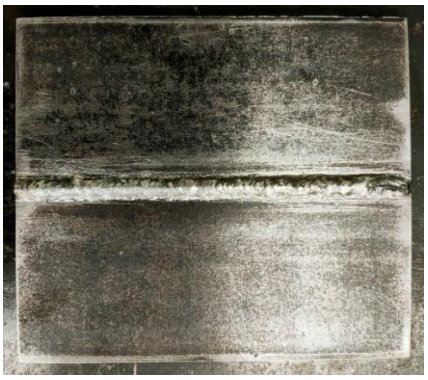
ลำดับการทดลอง	ลำดับการสุ่ม	ระดับปัจจัย			
		Current (A)	Wire Feed Speed (m/min)	Weld Speed (mm/s)	Strength (kg/cm^2)
10	15	110	2.65	5	5,000
11	27	110	4.00	8	4,500
12	5	70	2.65	2	4,400
13	28	110	2.65	5	5,000
14	30	110	2.65	5	5,000
15	29	110	2.65	5	5,000
16	3	70	4.00	5	4,300
17	19	150	4.00	5	4,800
18	4	150	4.00	5	4,800
19	16	70	1.30	5	4,400
20	10	110	4.00	2	4,600
21	20	70	2.65	2	4,400
22	11	110	1.30	8	4,500
23	14	110	2.65	5	5,000
24	13	110	2.65	5	5,000
25	23	150	2.65	8	4,600
26	22	70	2.65	8	4,400
27	24	110	1.30	2	4,900
28	8	150	2.65	8	4,600
29	12	110	4.00	8	4,500
30	26	110	1.30	8	4,500

จากตารางที่ 5 ผลการทดลอง พบว่า ระดับค่าปัจจัยการพัฒนาออกแบบการทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนที่เหมาะสม คือ กระแสไฟฟ้า 110 แอมแปร์ ความเร็วในการป้อนลวด 2.65 ม./นาที และความเร็วในการเชื่อม 5 มม./วินาที โดยมีค่าความแข็งแรง 5,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร แนวเชื่อมที่ออกมามีความสมบูรณ์ โดยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้



รูปที่ 1 กราฟผลตอบของค่าที่เหมาะสม

หลังจากนั้นไปทำการทดลองเพื่อยืนยันผลตอบ (Response Optimizer) จากกราฟผลตอบของค่าที่เหมาะสมในการทดลอง ดังแสดงรูปที่ 2

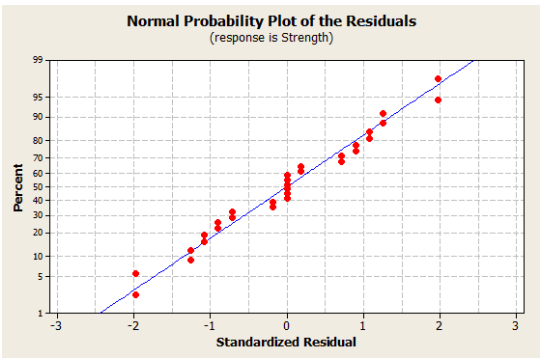


รูปที่ 2 ชิ้นงานที่ทำการทดลองยืนยันผล

4.2 วิเคราะห์ผลการตรวจสอบข้อมูลผลการทดลอง

เมื่อทราบผลการทดสอบความแข็งแรงที่ได้จากการทดลอง 30 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล มีดังนี้

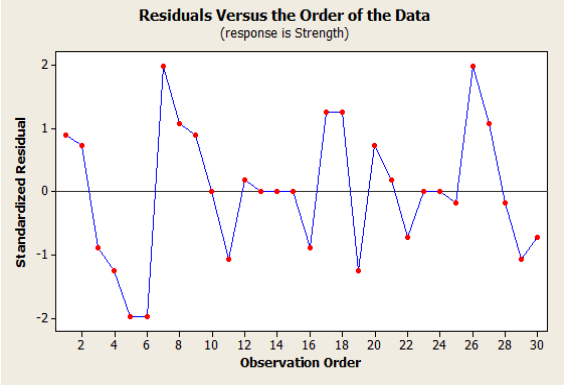
1. การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ เป็นการตรวจสอบส่วนตกค้างของข้อมูล ว่ามีการกระจายแบบแจกแจงปกติหรือไม่ จากรูปที่ 3 พบว่าส่วนตกค้างจากการทดลอง ค่าความแข็งแรง ไม่แสดงสิ่งผิดปกติให้เห็น และจากการตรวจสอบค่าสัมบูรณ์ของส่วนตกค้างประมวลทั้งหมด 30 การทดลอง แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสม



รูปที่ 3 การกระจายแบบแจกแจงปกติ

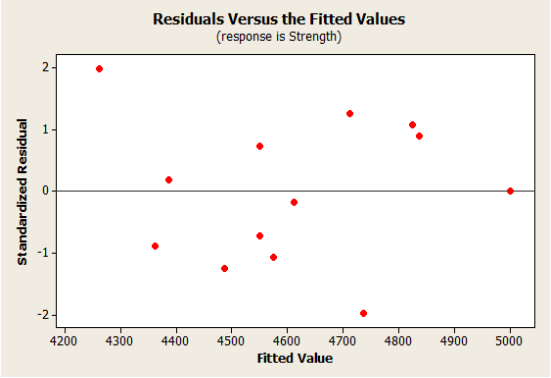
บทความวิจัย (Research Article)

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล คือ ใช้แผนภูมิการกระจายเพื่อสังเกตุลักษณะการกระจายของจุดที่แทนที่ข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่ จากรูปที่ 4 พบว่า ส่วนตกค้างของผลการทดลองมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ แสดงว่าข้อมูลมีความอิสระ



รูปที่ 4 ความเป็นอิสระของข้อมูล

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน คือ ใช้แผนภูมิการกระจายค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ระดับปัจจัย จากรูปที่ 5 พบว่า ส่วนตกค้างของผลการทดลองมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งทางบวก และทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน



รูปที่ 5 ความเสถียรของความแปรปรวน

5. อภิปรายผลการทดลอง

ผลการวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่มีความละเอียดและเป็นระบบในการทดลองเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน การทดลองได้รับการออกแบบและทำซ้ำ 30 ครั้งโดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 ซึ่งเป็นการทดลองที่มีการควบคุมอย่างดีเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ

จากผลการทดลอง พบว่าระดับค่าปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลคือ กระแสไฟฟ้า 110 แอมแปร์ ความเร็วในการป้อนลวด 2.65 ม./นาที และความเร็วในการเชื่อม 5 มม./วินาที ค่าความแข็งแรงที่ได้คือ 5,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และแนวเชื่อมที่ได้มีความสมบูรณ์และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ การทดลองเพื่อยืนยันผลตอบ (Response Optimizer) แสดงให้เห็นว่าการตั้งค่าปัจจัยเหล่านี้นำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับกระบวนการเชื่อม

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบข้อมูลผลการทดลอง การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ ความเป็นอิสระของข้อมูล และความเสถียรของความแปรปรวนเป็นสิ่งสำคัญในการยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองและคุณภาพของข้อมูล การตรวจสอบส่วนตกค้างและการกระจายของจุดข้อมูลบนแผนภูมิช่วยให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอและมีความอิสระ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าข้อมูลที่ได้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างมั่นใจ

โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยนี้มีความสำคัญในการพัฒนากระบวนการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกล โดยเฉพาะในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ผลการวิจัยนี้ช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแนวเชื่อมและสามารถนำไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพในกระบวนการเชื่อม

6. สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาออกแบบการทดลองการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์แขนกลยี่ห้อ ABB รุ่น IRB 1520 ID สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน ในการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab Release 14 รวมทั้งหมด 30 ครั้ง การทดลองจะทำการสุ่มแบบเจาะจง โดยใช้วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน กว้าง 50 มม. ยาว 150 มม. และหนา 4.5 มม. ลวดเชื่อม MIG รุ่น ER70S-6 ขนาด 1.2 มม. แก๊สปกคลุมที่ใช้ คือ CO_2 100 % เครื่องทดสอบแรงกดยี่ห้อ Toyo Capacity 60 Tons (Model 60T) โดยการเชื่อมต่อชนท่าราบ นำไปเชื่อมให้เสร็จ พบว่าระดับค่าปัจจัยเหมาะสม คือ กระแสไฟฟ้า 110 แอมแปร์ ความเร็วในการป้อนลวด 2.65 ม./นาที และความเร็วในการเชื่อม 5 มม./วินาที โดยมีค่าความแข็งแรง 5,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และแนวเชื่อมที่ออกมามีความสมบูรณ์ โดยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณหน่วยงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่สนับสนุนเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และหุ่นยนต์แขนกลเชื่อม เพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จตามเป้าหมาย

8. บรรณานุกรม

[1] Z. Jie, Y. Lan, and Z. Jinhong, "Research on Factors Affecting Laser Welding Quality of Automobile Body," in *International Conference on Medicine, Biology, Materials and Manufacturing (ICMBMM 2018)*, 2018.

[2] Y. Ma, L. Li, T. Bai, and C. Jin, "Quality of Company D Welding Workshop," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 541, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-49568-2_62.

[3] N. Agwan, "Experimental Investigation on Parametric Optimization of MIG welding process on Mild Steel E34 by using Taguchi Technique," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 7, pp. 2675-2679, 2019, doi: 10.22214/ijraset.2019.6454.

[4] S. Singh, B. Samal, S. R. Pradhan, S. Ojha, M. Saffin, and A. Mohanty, "Sustainable Analysis of TIG Parameters for Welding Aluminum Alloy Considering Joint Gap and Welding Current," 2020, doi: 10.1007/978-3-030-30271-9_29.

[5] Y.-J. Tao, W.-C. Guo, C.-J. Miao, and J.-F. Shi, "Study on Electrofusion Welding Process Based on Real-time Ultrasonic Phased Array Video Recording," in *IEEE Far East NDT New Technology & Application Forum (FENDT)*, pp. 66-70, 2020, doi: 10.1109/FENDT50467.2020.9337515.

[6] H. B. Nguyen, M. L. Du, and T. H. Bui, "Design and Manufacture of Welding Fumes Electrostatic Precipitator and Parameter Study on Filtration Performance," *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, Ltd., June 22, 2022, doi: https://doi.org/10.4028/p-3302mx.

[7] จักรินทร์ น่วมทิม, อนุชา ขวัญสุข, และ ปิยะมาศ นวลเคน, "การวิจัยศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการหดตัวของชิ้นงานด้วยเหล็กเกรด 304 จากกระบวนการเชื่อมมิก," คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2557.

[8] ธีรพงษ์ ฉิมเพชร และ สมคิด สุทธิศักดิ์, "การพัฒนาชุดสาธิตเรื่องหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมแบบสคาร่าเคลื่อนที่อิสระ 4 ทิศทางสำหรับการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมหุ่นยนต์," คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, 2564.

[9] ธีระ สรรพอาษา, กิตติภูมิ ทองคำ, เกียรติศักดิ์ แก้วบริสุทธิ์, และ ชานนท์ มูลวรรณ, "การออกแบบการทดลองงานเชื่อมท่อโลหะต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้วยโปรแกรมทางสถิติ," ใน *การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2*, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า, 16 ธันวาคม 2561.

[10] บริษัท สุวิมล จำกัด, "หุ่นยนต์เชื่อมตอบโจทย์โรงงานอุตสาหกรรมได้จริงหรือไม่," [ออนไลน์]. Available: https://www.sumipol.com/knowledge/welding-robot/. [เข้าถึงเมื่อ: 6 เมษายน 2566].

[11] วิทยา อินทร์สอน, "การพัฒนาใช้รังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดแมลงในข้าวขาวดอกมะลิอินทรีย์ 105," ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2555.

[12] วิทยา สุมะลิ และ ระพี กาญจนะ, "การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง," ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2560.