



การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดวิธีปฏิบัติในการเชื่อมแบบ ทั้งสแตนอาร์คเพื่อลดการแตกร้าวสำหรับเหล็กกล้า เครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11

Factor Analysis for Determining Gas Tungsten Arc Welding Procedure in Order to Reduce Weld Cracking of Cold Work Tool Steel SKD 11

สมหมาย สารมาท และ วิชัย ฉัตรทินวัฒน์
 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม สำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 เพื่อหารูปแบบ และข้อกำหนดวิธีปฏิบัติในกระบวนการเชื่อมแบบ GTAW ซึ่งพบปัญหาการรอยแตกร้าวภายหลังจากการเชื่อมเพื่อซ่อมแซม โดยนำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน 2^4 เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัย คือ กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม มุมแกนลวดทั้งสแตนอเล็กโทรด และอุณหภูมิอุ่นขึ้นงานก่อนการเชื่อม โดยมีผลตอบเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การแตกร้าว ซึ่งมีขอบเขตจำกัดของค่าคุณลักษณะจึงได้นำวิธีการแปลงข้อมูลผลตอบก่อนการวิเคราะห์ผล โดยวิธีที่เหมาะสม คือ $\text{Arcsin } \sqrt{y}$ ส่งผลให้ข้อมูลใหม่มีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือใกล้เคียงมากขึ้น ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลที่แปลงแล้วเป็นอิสระต่อกัน จากนั้นใช้การออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์ - เบห์นเคนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าระดับที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย

ผลการศึกษาพบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 ที่สามารถควบคุมการแตกร้าวในแนวเชื่อมได้ คือ การปรับค่ากระแสไฟเชื่อมที่ 175 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อมที่ 200 เซนติเมตรต่อนาที อุณหภูมิอุ่นขึ้นงานก่อนการเชื่อมที่ 450 องศาเซลเซียส และในส่วนของมุมแกนลวดทั้งสแตนอเล็กโทรดไม่มีผลต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลองยืนยันผลเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นพบว่าไม่ปรากฏรอยแตกร้าวในแนวเชื่อม จากการตั้งค่าวิธีปฏิบัติงานดังกล่าว

Abstract

This research is to study the factors which affect the welded cracking of the cold work tool steel SKD11. The objective of this research is to determine the form and procedure issue in GTAW welding process which actually got problem about welded cracking after welding repair. The experimental design of 2^4 full factorial with 4 factors affecting the welded cracking, the welding current, the welding speed, the angle of Tungsten electrode and the warming temperature before welding were studied. The response was the percent cracking with limited range. The Arcsin \sqrt{y} transformation was applied to the responses. The new data was the normal distribution or nearby. The mean and the variance of the transform data were independent. After that the Box-Behnken experiment design were used to analyze for each of the optimum factors.

The result showed that the optimum condition for welding the cold work tool steel SKD11 which can be used to control the welded cracking was the high of welding current 175 Ampere, the high welding speed 200 centimetre per minute, and the high warming temperature before welding 450 degree Celsius. The angle of Tungsten electrode did not effect to the welded cracking statistically. The confirming experiment showed that there was no welded cracking appear.

1. บทนำ

การผลิตเครื่องมือสำหรับงานอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการแปรรูป เช่น แม่พิมพ์ตัดโลหะเย็น แม่พิมพ์เจาะรู ใบมีดตัด แม่พิมพ์ขึ้นรูป แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึก แม่พิมพ์ดึงลวด แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปเย็น ส่วนมากผลิตโดยใช้เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น และในกลุ่มของเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น ประเภทคาร์บอน และ โครเมียมสูง เป็นกลุ่มที่ใช้งานมากที่สุด เพราะมีธาตุผสมหลักคือ คาร์บอน โครเมียม และ โมลิบดีนัม ซึ่งมีผลทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอ และการเสียดสีที่ดีเยี่ยม ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น จัดอยู่ในกลุ่มของเกรด เอสเคดี 11 (SKD 11) แต่ข้อจำกัดประการสำคัญของเหล็กกลุ่มนี้คือความสามารถในการกลึง การกัด การไส และการเชื่อมต่ำมากโดยจะมีความเหนียวลดลงเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นในกลุ่มอื่นๆ

สำหรับแม่พิมพ์เมื่อใช้งานไปในระยะหนึ่งชิ้นส่วนอาจชำรุดเสียหายจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนหรือซ่อมแซม เพื่อลดต้นทุนในการสั่งซื้อ การเชื่อมเพื่อซ่อมแซมเป็นวิธีที่ปฏิบัติกัน โดยใช้การเชื่อมแบบหลอมละลาย แต่ในการทำวิจัยนี้เลือกใช้กระบวนการเชื่อมแบบ

ขึ้นส่วนแม่พิมพ์ ซึ่งการเชื่อมแบบ GTAW เป็นกรรมวิธีการเชื่อมที่ควบคุมบ่อหลอมละลายแนวเชื่อมได้ง่าย แนวเชื่อมสะอาดไม่มีสแลกปกคลุม และยังสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

ปกติการเชื่อมเพื่อซ่อมแซมชิ้นส่วนแม่พิมพ์งานเย็นที่ชำรุดทำได้ยากมากเนื่องจากอาจเกิดรอยแตกร้าวบริเวณแนวเชื่อม ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเชื่อมเพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่แข็งแรงทนต่อการใช้งาน ป้องกันการแตกร้าวในแนวเชื่อม โดยทั่วไปแล้วค่าของปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานจึงทำให้การปฏิบัติงานเป็นไปด้วยความยากลำบาก

ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีปฏิบัติและปัจจัยที่เหมาะสมในการเชื่อมแบบ GTAW สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อหารูปแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับการแตกร้าวของแนวเชื่อม ได้แก่ 1) กระแสไฟเชื่อม (แอมแปร์) 2) ความเร็วในการเชื่อม (เซนติเมตรต่อนาที) 3) มุมแกนลวดทั้งสแตนท์อิเล็กโทรด (องศา) 4) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม (องศาเซลเซียส) โดยศึกษาถึงปัจจัยของการเชื่อมแบบ GTAW สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 เพื่อเป็นการแก้ไขและป้องกันการแตกร้าวในแนวเชื่อม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น

การออกแบบการทดลองเบื้องต้นเป็นการคัดกรองหาปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม โดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^4 ซึ่งมีจำนวนการทดลอง 16 การทดลอง และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง รวมการทดลองทั้งสิ้น 32 การทดลอง โดยศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเชื่อมแบบ GTAW ซึ่งผู้วิจัยให้ความสำคัญของปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัยที่สนใจศึกษาตามรายละเอียดดังนี้

- 1) กระแสไฟเชื่อม(แอมแปร์)
- 2) ความเร็วในการเชื่อม(เซนติเมตร/นาที)
- 3) มุมแกนลวดทั้งสแตนอิลีกโทโรด(องศา)
- 4) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม(องศาเซลเซียส)

โดยระดับของแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง(1) ก่อนการทดลองจริงได้ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อปรับช่วงของปัจจัยให้เหมาะสม ค่าขอบเขตของปัจจัยในการเชื่อมแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ระดับและขอบเขตของปัจจัยในการทดลองเบื้องต้น

ปัจจัย/หน่วย	ระดับการตั้งค่า		สัญลักษณ์
	ระดับต่ำ(+1)	ระดับสูง(1)	
1) กระแสไฟเชื่อม (แอมแปร์)	135	175	A
2) ความเร็วในการเชื่อม (เซนติเมตร/นาที)	150	200	B
3) มุมแกนลวดทั้งสแตนอิลีกโทโรด (องศา)	60	90	C
4) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (องศาเซลเซียส)	350	450	D

2.2 การเชื่อมชิ้นทดสอบ

ในการทดลองใช้เครื่องเชื่อม TIGWAVE 250 AC/DC ของบริษัท HOBART สำหรับการเชื่อมแบบ GTAW ชิ้นงานทดลองขนาดกว้าง 120 มิลลิเมตร ยาว

200 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (JIS Handbook Welding; 1995) ด้วยวิธีทดสอบแบบFISCO ในหนึ่งชิ้นงานทดลองเชื่อม 2 แนวเชื่อม และมีความยาวแนวเชื่อมแต่ละแนว 80 มิลลิเมตร ชิ้นงานต่อชน ไม่บากหน้างาน เชื่อมท่าราบ และไม่เติมลวดทำการตรวจสอบรอยแตกร้าวในแนวเชื่อม โดยการตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม ผลตอบแสดงในรูปแบบของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การแตกร้าว และแปลงค่าเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวด้วย $\text{Arcsin } \sqrt{y}$ จากนั้นนำค่าที่แปลงค่าผลตอบนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการออกแบบการทดลอง

2.3 การออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบบ็อกซ์ - เบนเหนนในการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองเป็นแบบสามระดับสำหรับฟิตพื้นผิวตอบสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองได้ เพราะค่าระดับปัจจัยจะอยู่ในขอบเขตของการออกแบบการทดลองที่ได้จากการคัดกรองปัจจัยแล้วซึ่งมีปัจจัยบางตัวไม่สามารถเพิ่มค่าระดับของปัจจัยได้ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายของชิ้นงานได้

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

จากการออกแบบการทดลองเบื้องต้น โดยการนำปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย คือ 1) กระแสไฟเชื่อม (A) 2) ความเร็วในการเชื่อม (B) 3) มุมแกนลวดทั้งสแตนอิลีกโทโรด (C) 4) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (D) ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^4 แฟกทอเรียล เพื่อกรองปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยให้เหลือเฉพาะปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม ซึ่งผลการทดลองแสดงตามตาราง 2

ตาราง 2 ผลการทดลองแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลองเบื้องต้น

ลำดับที่ การทดลอง มาตรฐาน	ลำดับที่ การทดลอง ตามการสุ่ม	ค่าระดับปัจจัย				ผลตอบ (y)	
		A (แอมแปร์)	B (เซนติเมตร/นาที)	C (องศา)	D (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์ รอยแตกร้าว	ค่าแปลง (yt) ($\text{Arcsin } \sqrt{y}$)
1	15,31	135 (-)	200 (+)	90 (+)	450 (+)	30.63, 37.50	0.59, 0.66
2	19,3	135 (-)	200 (+)	60 (-)	350 (-)	15.13, 50.00	0.40, 0.79
3	10,26	175 (+)	150 (-)	60 (-)	450 (+)	35.00, 31.25	0.63, 0.59
4	13,29	135 (-)	150 (-)	90 (+)	450 (+)	30.00, 75.50	0.58, 1.053
5	5,21	135 (-)	150 (-)	90 (+)	350 (-)	90.63, 93.75	1.26, 1.32
6	16,32	175 (+)	200 (+)	90 (+)	450 (+)	0.00, 2.00	0.00, 0.14
7	22,6	175 (+)	150 (-)	90 (+)	350 (-)	25.00, 46.88	0.52, 0.75
8	14,30	175 (+)	150 (-)	90 (+)	450 (+)	0.00, 12.50	0.00, 0.36
9	17,1	135 (-)	150 (-)	60 (-)	350 (-)	93.75, 100.00	1.32, 1.57
10	18,2	175 (+)	150 (-)	60 (-)	350 (-)	18.75, 10.25	0.45, 0.33
11	12,28	175 (+)	200 (+)	60 (-)	450 (+)	10.13, 20.63	0.32, 0.47
12	7,23	135 (-)	200 (+)	90 (+)	350 (-)	45.38, 84.38	0.74, 1.16
13	8,24	175 (+)	200 (+)	90 (+)	350 (-)	25.00, 45.00	0.52, 0.74
14	25,9	135 (-)	150 (-)	60 (-)	450 (+)	46.88, 78.13	0.75, 1.08
15	20,4	175 (+)	200 (+)	60 (-)	350 (-)	35.00, 37.50	0.63, 0.66
16	11,27	135 (-)	200 (+)	60 (-)	450 (+)	10.00, 5.625	0.32, 0.406

ตาราง 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการประมาณผลกระทบ และค่าสัมประสิทธิ์ในช่วงความเชื่อมั่น 95 % (Alpha = 0.05)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.6602	0.0317	20.83	0.00
A	-0.4294	-0.2147	0.0317	-6.77	0.000
B	-0.2518	-0.1259	0.0317	-3.97	0.001
C	-0.0204	-0.0102	0.0317	-0.32	0.751
D	-0.3243	-0.1622	0.0317	-5.12	0.000
A*B	0.2329	0.1165	0.0317	3.67	0.002
A*C	-0.1104	-0.0552	0.0317	-1.74	0.101
A*D	0.0644	0.0322	0.0317	1.02	0.325
B*C	0.0892	0.0446	0.0317	1.41	0.179
B*D	-0.0167	-0.0083	0.0317	-0.26	0.796
C*D	-0.1303	-0.0652	0.0317	-2.06	0.057
A*B*C	-0.1298	-0.0649	0.0317	-2.05	0.057
A*B*D	-0.1269	-0.0635	0.0317	-2	0.062
A*C*D	-0.1183	-0.0592	0.0317	-1.87	0.08
B*C*D	0.0276	0.0138	0.0317	0.43	0.67
A*B*C*D	0.0661	0.033	0.0317	1.04	0.313

S = 0.179294 R-Sq = 88.63% R-Sq(adj) = 77.98%

จากตาราง 3 ทำการเปรียบเทียบค่า P-Value กับค่าของ Alpha โดยค่า P-Value ของปัจจัยนั้นๆ จะต้องมีย่านน้อยกว่า 0.05 จึงจะเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการแตกร้าวนในแนวเชื่อม สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 ในกระบวนการเชื่อมแบบทังสเตนอาร์คในระดับที่มีนัยสำคัญ พบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ คือ กระแสไฟเชื่อม (A) ความเร็วในการเชื่อม (B)

อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (D) และอันตรกิริยาระหว่างกระแสไฟเชื่อมกับความเร็วในการเชื่อม (A*B) โดยที่การออกแบบการทดลองขั้นสูงแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ต้องมีปัจจัยอย่างน้อย 3 ปัจจัย ดังนั้นการหาปัจจัยหลักสำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 จึงมีปัจจัยเพียงพอต่อการออกแบบการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design)

3.2 การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเพื่อลดการแตกร้าวนในแนวเชื่อม

โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box-Behnken Design) ค่าระดับของการออกแบบการทดลองแสดงตามตาราง 4

ตาราง 4 แสดงระดับของปัจจัย และสัญลักษณ์ ที่ใช้ในการออกแบบการทดลองแบบ บ็อกซ์ – เบห์นเคน

ปัจจัย/หน่วย	ระดับการตั้งค่า			สัญลักษณ์
	ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (1)	
1) กระแสไฟเชื่อม (แอมแปร์)	135	155	175	A
2) ความเร็วในการเชื่อม (เซนติเมตร/นาที)	150	175	200	B
3) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (องศาเซลเซียส)	350	400	450	D
ปัจจัยที่ควบคุมให้อยู่ในระดับกลาง				
1) มุมแกนลวดทังสเตนอิเล็กโทรด เท่ากับ 75 องศา				

ตาราง 5 ผลการทดลองในการออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์-เบห์เคน

ลำดับที่ การทดลอง มาตรฐาน	ลำดับที่ การทดลอง ตามการสุ่ม	ค่าระดับปัจจัย			ผลตอบ (y)	
		A (แอมแปร์)	B (เซนติเมตร/นาที)	D (องศาเซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์ รอยแตกร้าว	ค่าแปลง (yt) (Arcsin \sqrt{y})
1	7,22	135 (-1)	175 (0)	450 (1)	46.88,37.50	0.75,0.66
2	14,29	155 (0)	175 (0)	400 (0)	37.50,50.31	0.66,0.79
3	26,11	155 (0)	150 (-1)	450 (1)	56.25,37.50	0.85,0.66
4	3,18	135 (-1)	200 (1)	400 (0)	81.25,93.75	1.12,1.32
5	23,8	175 (1)	175 (0)	450 (1)	0.00,0.00	0.00,0.00
6	20,5	135 (-1)	175 (0)	350 (-1)	68.75,50.00	0.98,0.79
7	4,19	175 (1)	200 (1)	400 (0)	0.00,0.00	0.00,0.00
8	9,24	155 (0)	150 (-1)	350 (-1)	40.63,50.00	0.69,0.79
9	12,27	155 (0)	200 (1)	450 (1)	37.50,25.00	0.66,0.52
10	1,16	135 (-1)	150 (-1)	400 (0)	75.00,81.25	1.05,1.12
11	25,10	155 (0)	200 (1)	350 (-1)	50.00,81.25	0.79,1.12
12	6,21	175 (1)	175 (0)	350 (-1)	6.25,12.50	0.25,0.36
13	2,17	175 (1)	150 (-1)	400 (0)	10.63,3.75	0.33,0.19
14	28,13	155 (0)	175 (0)	400 (0)	28.13,75.00	0.56,1.05
15	15,30	155 (0)	175 (0)	400 (0)	25.00,20.00	0.52,0.46

ตาราง 6 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์โดยใช้ตัวแปรธรรมชาติ (Uncoded Units)

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-28.9745	3.75468	-7.7170	0.000
A	0.2163	0.03295	6.5640	0.000
B	0.1194	0.01679	7.1110	0.000
D	0.0236	0.00529	4.4630	0.000
A*A	-0.0006	0.00010	-5.7920	0.000
A*B	-0.0004	0.00008	-4.7520	0.000
B*D	-0.0002	0.00003	-5.1510	0.000

S = 0.1064 R-Sq = 94.3% R-Sq(adj) = 92.8%

ตาราง 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance for yt) ปรับปรุงแบบจำลอง

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	6	4.3050	4.3050	0.717492	63.38	0.00
Linear	3	3.3692	0.8345	0.278158	24.57	0.00
Square	1	0.3798	0.3798	0.379802	33.55	0.00
Interaction	2	0.5559	0.5559	0.277963	24.55	0.00
Residual Error	23	0.2604	0.2604	0.011320		
Lack-of-Fit	6	0.1419	0.1419	0.023656	3.40	0.022
Pure Error	17	0.1184	0.1184	0.006967		
Total	29	4.5653				

จากค่า R-Sq เท่ากับ 94.3% ถือว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่น่าพึงพอใจ ซึ่งอาจได้ค่าที่ทำนายผลแตกต่างจากค่าที่ยืนยันผล และสามารถพิจารณาค่า P-Value ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับในการทดลอง ผู้วิจัยกำหนดค่าระดับนัยสำคัญ Alpha = 0.05 เมื่อพิจารณา ค่า P-Value ของ Square Term = 0.00 และ Interaction Term = 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ Alpha = 0.05 แสดงว่ามีส่วนโค้งเกิดขึ้นที่พื้นผิวผลตอบ จึงสามารถใช้สมการ สำหรับทำนายรอยแตกร้าวในแนวเชื่อมในการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11

3.3 สร้างสมการทำนาย

สมการทำนายค่าการแตกร้าวในแนวเชื่อม สำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 โดยที่ yt คือ ค่าแปลงเปอร์เซ็นต์รอยแตกร้าวในแนวเชื่อม และค่าปัจจัยทั้งสามในสมการแทนด้วยตัวแปรตัวแปรธรรมชาติ (Uncoded Units) คือ

$$yt = -28.9745 + 0.2163(A) + 0.1194(B) + 0.0236(D) - 0.0006(A)^2 - 0.0004(A*B) - 0.0002(B*D)$$

3.4 หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย

วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ในโปรแกรม MINITAB Release 14 ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม แสดงตามตาราง 8

ตาราง 8 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม สำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11

Response Optimization Parameters				
Goal	Lower	Target	Upper	
Weight Import				
yt	Minimum	0	0	1.26
1	1			
Global Solution				
A	=	175		
B	=	200		
D	=	450		
Predicted Responses				
yt	=	-0.340,	desirability =	1
Composite Desirability = 1.00000				

3.5 การทดลองเพื่อยืนยันผล

จากระดับของปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำค่าระดับของปัจจัยทำการเชื่อมชิ้นงานทดลอง ยืนยันผล ชิ้นงานจำนวน 4 ชิ้น โดยตั้งค่าระดับปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย คือ

- 1) กระแสไฟเชื่อม 175 แอมแปร์
- 2) ความเร็วในการเชื่อม 200 เซนติเมตร/นาที
- 3) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม 450 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจสอบรอยแตกร้าวด้วยสารแทรกซึม ไม่พบรอยแตกร้าวในแนวเชื่อม ลักษณะแนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ มีการซึมลึกที่ดี และชิ้นงานไม่บิดงอ ดังนั้นสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเพียงพอที่จะทำนายค่าการแตกร้าวในแนวเชื่อม ที่ไม่เกิดรอยแตกร้าวในแนวเชื่อม ในการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 สำหรับกระบวนการเชื่อมแบบทั้งสแตนอาร์ค

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกร้าวในแนวเชื่อม สำหรับกระบวนการเชื่อมแบบทั้งสแตนอาร์ค รวมทั้งหาระดับที่เหมาะสมในการตั้งค่าของปัจจัยที่ปฏิบัติได้จริงที่ไม่เกิดการแตกร้าวในแนวเชื่อม ในการเชื่อมเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 ที่ใช้ผลิตเครื่องมือสำหรับนำไปใช้ในงานแปรรูปโลหะที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการแปรรูป ซึ่งพบปัญหา รอยแตกร้าวภายหลังการเชื่อมเพื่อซ่อมแซม โดยนำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็ม

จำนวน 2⁴ เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัยหลักที่น่าจะมีนัยสำคัญของปัญหาดังกล่าว คือ 1) กระแสไฟเชื่อม 2) ความเร็วในการเชื่อม 3) มุมแกนลวดทั้งสแตนอีเล็ก โท รด 4) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสามารถสรุปได้ว่ามีเพียง 3 ปัจจัยหลัก จาก 4 ปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการร้าวในแนวเชื่อม ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ จากนั้นใช้การออกแบบการทดลองแบบบล็อกซ์ – เบห์นเคน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าระดับที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย ซึ่งทำให้สามารถตั้งค่าระดับที่เหมาะสมให้กับปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังนี้ 1) กระแสไฟเชื่อม 175 แอมแปร์ 2) ความเร็วในการเชื่อม 200 เซนติเมตร/นาที 3) อุณหภูมิอุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม 450 องศาเซลเซียส ส่วนปัจจัยอื่นสามารถใส่ค่าที่อยู่ในช่วงระดับตามคู่มือการเชื่อมได้โดยให้พิจารณาถึงความประหยัด ความสวยงาม และความสะดวกในการปฏิบัติงาน และจากการทดลองยืนยันผลเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นพบว่าไม่ปรากฏรอยแตกร้าวในแนวเชื่อมจากการตั้งค่าวิธีปฏิบัติงานดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปารเมศ ชูติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [2] สมนึก วัฒนศรีกุล. Weld Defects and Inspection. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2540.
- [3] Charlotte Weisman. Fundamentals of Welding. Seventh Edition. Volume 1. Florida: American Welding Society, 1976.
- [4] Douglas C. Montgomery. Design and Analysis of Experiments. USA: John Wiley & Sons, Inc.2001.
- [5] HOBART. คู่มือการใช้งาน เครื่องเชื่อม TIGWAVE 250 AC/DC. USA.HOBART, 2535.
- [6] Japanese Standards Association. JIS 1995 JIS Handbook Welding. Tokyo : Japanese Standards Association , 1995 , page 694 - 716.
- [7] Myers, Raymond H. and Montgomery, Douglas C. "Response Surface Methodology. Process and Product Optimization Using Designed Experiments". New York: John Wiley & Sons Inc, 1995.
- [8] Sindo Kou. Welding Metallurgy. second edition. USA: John Wiley & Sons, 2003.
- [9] W, Lucas. Tig and Plasma Welding. England: Abington Hall, 1990.