

การศึกษาหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการตัดวัสดุเหล็กเหนียวด้วย
เครื่องตัดพลาสมา

A Study of Suitable Parameters for Cutting Mild Steel by Using Plasma Machine

จุฑาศินี พรพุดทศรี^{1*} และอานนท์ อิศรมงคลรักษ์¹

Jutasinee Pornputthasri¹ and Arnon Isaramongkolrak¹

Received: June 12, 2024; Revised: August 20, 2024; Accepted: August 20, 2024

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวเกี่ยวกับกระบวนการตัดเหล็กแผ่นเกรด SS400 ซึ่งเป็นเหล็กโครงสร้างที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น งานก่อสร้าง งานสะพาน งานอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการตัดเหล็ก เกรด SS400 ด้วยเครื่องตัด Thermatech รุ่น TM1634 โดยตัวแปรที่พิจารณามีดังนี้ 1) แรงดันลม 2) ระยะห่าง ระหว่างหัวตัดชิ้นงาน และ 3) อัตราเร็วในการตัดถูกกำหนดเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ ชิ้นงานขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาเป็น 50 50 และ 5 mm ตามลำดับ โดยทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความหยาบ ผิวเฉลี่ย (Ra) ออกแบบการทดลองโดยใช้ Orthogonal Array ด้วยวิธีทางสถิติ จากการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด กรณีสเกลน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) สรุปได้ว่า ในการตัดเหล็ก SS400 ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 โดยใช้ค่าแรงดัน 5 bar ค่าระยะห่างของหัวตัด 35 mm ความเร็วในการตัด 150 mm/s จะใช้ กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 20.98 A ในส่วนของค่าความหยาบผิวที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 9.76 μm โดยใช้ค่า แรงดันลม 5 bar ค่าระยะห่างของหัวตัด 40 mm ความเร็วในการตัด 250 mm/s

คำสำคัญ : เครื่องตัดพลาสมา; ความหยาบผิว; ทางสถิติ; เหล็ก SS400

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University

* Corresponding Author, Tel. 09 0979 9478, E - mail: Jutasinee@webmail.npru.ac.th

Abstract

This article described the cutting process for SS400 steel which is a majority structural steel for using in construction work such as building construction bridge construction and automotive industry. This paper focuses on the cutting steel of SS400 using Thermatech model TM1634 and the variable considering in this paper consisted of 1) Air pressure 2) the gap distance between the couple of cutting head and 3) cutting speed. The dimension of the test object is 50 x 50 x 50 mm in term of width length and thickness respectively. In addition, the current and average of roughness of surface (Ra) are determined. For the experimental method, this paper using Orthogonal Array algorithm based on Taguchi method. The experimental results, the deserving values forecasting in term of smaller-the-better can be shown that the cutting steel of SS400 by using Thermatech plasma cutting machine model TM1634 with 5 bar pressure and 35 mm gap distance and 150 mm/s cutting speed is delivered the current is 20.98 A. Moreover, the average of roughness of surface (Ra) is 9.76 with 5 bar air pressure and 40 mm gap distance and 250 mm/s cutting speed.

Keywords: Plasma Cutting Machine; Surface Roughness; Taguchi; SS400 Steel

บทนำ

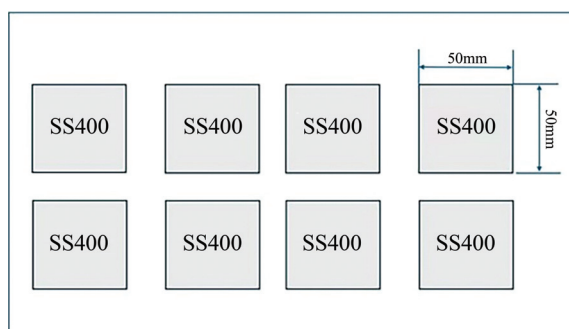
เหล็กเหนียว (Mild Steel) หรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการค้ามากกว่าโลหะผสมชนิดอื่น ๆ เพราะมีราคาถูก สามารถนำไปใช้งานได้ดีในทุก ๆ งาน สามารถดึงออกเป็นเส้น ตีเยื่อออกเป็นแผ่นได้ดี นิยมมาใช้ในการก่อสร้าง ตึกสะพาน อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเรือ งานประกอบแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร และงานทั่ว ๆ ไป ซึ่งในกระบวนการตัดโลหะแผ่น ถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิต ทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพของชิ้นงาน การตัดด้วยเครื่องตัดพลาสมา (Plasma Arc Cutting) เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ตัดโลหะแผ่น เพราะสามารถตัดได้อย่างรวดเร็ว มีความแม่นยำสูง มีค่าใช้จ่ายต่ำ เมื่อเทียบกับการตัดด้วยวิธีการอื่น จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา [1] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของหัวตัดพลาสมาในการตัดชิ้นส่วนเหล็กคาร์บอนต่ำ โดยปัจจัยที่สนใจคือ กระแสไฟ ความดันแก๊ส และความเร็วในการตัด พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสึกของหัวตัดพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญ คือ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน ดังนั้นการสึกของหัวตัดพลาสมาจะแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดชิ้นงานในช่วงปริมาณกระแสไฟ 40 - 50 ampere และ [2] ได้ศึกษาค่าความหยาบผิวของการตัดเหล็กกล้าแม่พิมพ์ชนิด SKD 11 ด้วยลวดไฟฟ้า โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิเพื่อวิเคราะห์ค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าความหยาบผิว ทำการทดลองตัดชิ้นงานด้วยเส้นลวดอิเล็กโทรดทองเหลืองขนาด 0.25 mm ทำการศึกษา 3 ปัจจัย คือ แรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และความเร็วในการป้อนลวดพบว่า ค่ากระแสไฟฟ้า มีผลต่อค่าความหยาบผิวอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับแรงดันไฟฟ้าและความเร็วในการป้อนลวด ไม่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิว นอกจากนี้ [3] ยังได้ทำการสร้างเครื่องซีเอ็นซีตัดโลหะด้วยระบบพลาสมา เพื่อวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่เหมาะสมของค่าความหนาและความตั้งฉากด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนคือ ความเร็วการตัด กระแสไฟ ความดันและความหนา ทดลองตัดแผ่นโลหะมีความหนาแตกต่างกันคือ 2 4 และ 6 mm ผลจากการทดลองพบว่า ปัจจัยตอบสนองที่ส่งผลต่อค่าความหนามากที่สุดคือ ความเร็วที่ 300 mm/min ความดันที่ 80 psi กระแสไฟฟ้าที่ 40 A และความหนาที่ 6 mm เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดของความหนาน้อยสุดที่ 0.50 mm และปัจจัยตอบสนองที่ส่งผลต่อค่าความตั้งฉากมากที่สุดคือ ปัจจัยความเร็วที่ 400 mm/min ความดันที่ 70 psi กระแสไฟที่ 35 A และความหนาที่ 2 mm เนื่องจากมีค่าความผิดพลาดความตั้งฉากมากที่สุดที่ 0.24 mm

จากการรวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยของ [4] - [8] ที่ผ่านมาผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงการศึกษาหาค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความหนาพิวที่เหมาะสมในการตัด ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 โดยทำการ ศึกษาปัจจัยทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ ค่าแรงดัน ค่าระยะห่างของหัวตัดกับชิ้นงาน และค่าความเร็วตัด เพื่อการ ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการตัดโลหะแผ่นในวงการอุตสาหกรรมให้สูงขึ้นไปในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ทำการออกแบบการตัดโลหะแผ่นเกรด SS400 ขนาด 120 x 240 cm หนา 5 mm ให้ได้ขนาด 50 x 50 mm ดังรูปที่ 1 ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 ซึ่งเป็นเครื่องตัดที่รองรับ การตัดด้วยระบบแก๊สและพลาสมา ตัวเครื่องมีขนาด 220 x 160 cm มีความสามารถในการตัดชิ้นงานได้ ขนาดพื้นที่ 160 x 340 cm กำลังไฟฟ้าเข้า 220V, Single Phase, 50 Hz สามารถตัดโลหะแผ่นด้วยระบบตัด พลาสมาได้ที่มีความหนา 3 - 16 mm



รูปที่ 1 การออกแบบการตัดโลหะแผ่น เกรด SS400

2. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาโดยกำหนดตัวแปรดังนี้ 1) ค่าแรงดันลม 3 ระดับ คือ 4.5 5 และ 6 bar 2) ค่าระยะห่างของหัวตัด 3 ระดับ คือ 30 35 และ 40 mm และ 3) ความเร็วในการตัด 3 ระดับ คือ 150 200 และ 250 mm/s ทำการศึกษาโดยการควบคุมตัวแปรหลักในกระบวนการ และหาสภาวะที่เหมาะสมของการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธีทากูชิ เนื่องด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ เป็นเทคนิคที่สามารถ หาค่าอิทธิพลที่มีผลกระทบในแต่ละระดับปัจจัยของตัวแปรหลักได้ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการทำ การทดลองได้ ผู้วิจัยเลือกการจัดวางแบบ Orthogonal Array (OA) จะทำให้สามารถหาอิทธิพลของตัวแปร ที่มีหลายปัจจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรและระดับปัจจัยในการทดลอง

ตัวแปรหลัก	ระดับของปัจจัย		
	1	2	3
ค่าแรงดันลม (A)	4.5	5.0	6.0
ค่าระยะห่างของหัวตัด (B)	30	35	40
ความเร็วในการตัด (C)	150	200	250

3. การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ

การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ (Taguchi DOE) เป็นเทคนิคที่ใช้ออกแบบการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ในงานทางด้านวิศวกรรมควบคุม ซึ่งเทคนิคที่ใช้ควบคุมคุณภาพของระบบวิศวกรรมคุณภาพมี 2 แบบ คือ การควบคุมคุณภาพเฉพาะการออกแบบการทดลอง (Offline Quality Control) เป็นการควบคุมคุณภาพของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผน การออกแบบ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยรวมถึงขั้นตอนการออกแบบระบบ (System Design) การออกแบบพารามิเตอร์ (Parameter Design) และการออกแบบช่วงที่กระบวนการยอมรับได้ (Tolerance Design) ซึ่งเป็นรูปแบบของเทคนิคทากูชิ ในทางกลับกันการควบคุมคุณภาพที่ขึ้นกับขั้นตอนการออกแบบ (Online Quality Control) เป็นการควบคุมคุณภาพของกิจกรรมทั้งหมดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตรวมถึงกระบวนการวัดเพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ การนำไปปรับค่าเพื่อแก้ไขใหม่ การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าและนำไปแก้ไขให้ถูกต้อง

เครื่องมือที่ใช้สำหรับวิธีการทากูชิคือ OA เป็นระบบเมทริกซ์ของจำนวนข้อกำหนดในระดับแถวและคอลัมน์ วิธีการทากูชิคือ การใช้อัตราส่วนแบบ Signal-to-Noise (SN) จะหาจำนวนของตัวแปรที่มีอยู่ คือ ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวัดของผลกระทบของปัจจัย Noise ตามลักษณะของสมรรถนะของตัวแปร และจะทำการวัดค่าทั้งสองคือ SN ของจำนวนตัวแปรในข้อมูลของผลตอบสนองและเพื่อให้เข้าใจค่าเฉลี่ยผลตอบสนองของเป้าหมายที่ต้องการที่สุด

เป้าหมายของการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ ในกระบวนการผลิต คือ

3.1 เพื่อให้ได้ค่า SN ที่ดีที่สุด แบ่งเป็น

1) ปัญหาชนิด Larger the Better เป็นการสมมุติ อัตราส่วน SN เป้าหมายคือ ค่าสูงสุดของผลตอบและเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายละเอียดเฉพาะพิภัก ความเพื่อกำกักด้านล่าง หาได้จากสมการที่ (1)

$$SN_L = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1)$$

2) ปัญหาชนิด Smaller the Better เป็นการสมมุติ อัตราส่วน SN ของค่าเป้าหมายนั้น ๆ สำหรับผลตอบที่เป็นศูนย์และเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อแสดงรายละเอียดเฉพาะพิภักความเพื่อกำกักด้านบน หาได้จากสมการที่ (2)

$$SN_s = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

3) ปัญหาชนิด Target the Best เป็นการสมมุติ อัตราส่วน SN ให้ค่าเป้าหมาย คือค่าดีที่สุด และเป็นค่าที่เหมาะสมเมื่อค่าเป้าหมายเป็นค่าเป้าหมายกับค่าพิภักความเพื่อกำกักด้านบนและด้านล่างหาได้จากสมการที่ (3)

$$SN_N = 10 \log \left(\frac{\bar{y}^2}{s^2} \right) \quad (3)$$

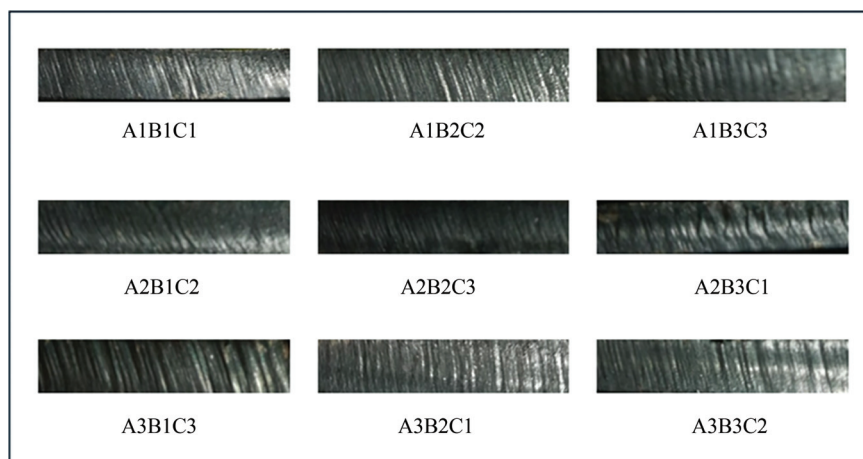
3.2 เพื่อทำนายค่าที่เหมาะสมที่สุดในทฤษฎี ทากูชิ หาได้จากสมการที่ (4)

$$Y_{optimal} = m + \sum_{j=1}^n [(m_{i,j})_{\min} - m] \quad (4)$$

[9] มีการประยุกต์ใช้วิธีทากูชิในกระบวนการกดขีดผิวเรียบอะลูมิเนียมผสม 5052 โดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของเครื่องจักรพบว่าการใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิเป็นที่ยอมรับได้ อีกทั้ง [10] ยังพบว่าวิธีของทากูชิ ได้รับการยอมรับและถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมญี่ปุ่น

ผลการทดลอง

จากการออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบ OA จะได้จำนวนการทดลองที่น้อยที่สุด คือ 8 การทดลอง เมื่อพิจารณาร่วมกับตาราง Standard Orthogonal Array พบว่า L8 สามารถกำหนดปัจจัยได้เพียง 2 ระดับปัจจัย ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การออกแบบ L9 เนื่องด้วยการทดลองมี 3 ตัวแปรหลัก และ 3 ระดับปัจจัย ซึ่งมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 9 การทดลองมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ ทำการเก็บข้อมูลค่ากระแสไฟฟ้า และวัดค่าความหนาผิว โดยทำการทดลอง 3 ครั้ง โดยใช้ค่าตัวแปรและระดับปัจจัยในการทดลองตาม ดังตารางที่ 1 และทำการตัดชิ้นงานได้รอยตัดชิ้นงานดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รอยตัดชิ้นงาน

ตารางที่ 2 อัตราส่วน SN ของค่ากระแสไฟฟ้าจากการทดลองชนิด Smaller the Better

ลำดับ	A	B	C	Trial1	Trial2	Trial3	Mean	SN
1	1	1	1	17.20	17.44	17.34	17.33	-24.77
2	1	2	2	20.39	20.37	20.35	20.37	-26.18
3	1	3	3	26.39	24.04	25.04	25.16	-28.02
4	2	1	2	17.62	16.48	16.52	16.87	-24.55
5	2	2	3	21.49	19.84	20.84	20.72	-26.33
6	2	3	1	27.57	24.21	25.21	25.66	-28.20
7	3	1	3	18.05	17.02	17.52	17.53	-24.88
8	3	2	1	21.06	20.46	20.66	20.73	-26.33
9	3	3	2	25.33	24.47	24.85	24.88	-27.92

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ANOM (The Analysis of Mean) ของค่ากระแสไฟฟ้า โดยหาค่า SN แต่ละการทดลองชนิด Smaller-the-Better ดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าแรงดันลมที่ 5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 30 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 200 mm/s มีค่า SN น้อยที่สุด

ตารางที่ 3 อัตราส่วน SN ของค่าความหยาบผิวจากการทดลองชนิด Smaller the Better

ลำดับ	A	B	C	Trial1	Trial2	Trial3	Mean	SN
1	1	1	1	6.80	6.82	6.79	6.80	-16.65
2	1	2	2	7.81	8.20	8.00	8.00	-18.07
<u>3</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>5.20</u>	<u>5.10</u>	<u>5.36</u>	<u>5.22</u>	<u>-14.36</u>
4	2	1	2	7.53	7.50	7.52	7.52	-17.52
5	2	2	3	7.92	7.94	7.95	7.94	-17.99
6	2	3	1	13.25	13.36	13.34	13.32	-22.49
7	3	1	3	14.41	14.28	14.49	14.39	-23.16
8	3	2	1	9.92	9.91	9.76	9.86	-19.88
9	3	3	2	8.73	8.90	8.70	8.78	-18.87

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ANOM ของค่ากระแสไฟฟ้า โดยหาค่า SN แต่ละการทดลองชนิด Smaller-the-Better ดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าแรงดันลมที่ 4.5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 40 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 250 mm/s มีค่า SN น้อยที่สุด

ตารางที่ 4 อิทธิพลของแต่ละระดับปัจจัยจากค่า SN ของค่ากระแสไฟฟ้าชนิด Smaller the Better

Level	A	B	C
1	-26.32	-24.73	-26.43
2	-26.36	-26.28	-26.22
3	-26.38	-28.05	-26.41
Δ	0.05	3.31	0.22
Rank	3	1	2

จากการจัดลำดับอิทธิพลระดับปัจจัยจากค่า SN ของค่ากระแสไฟฟ้า ดังตารางที่ 4 พบว่า ค่าตัวแปร B คือ ค่าระยะห่างของหัวตัดมีค่ามากที่สุด จึงสรุปได้ว่า ค่าระยะห่างของหัวตัดมีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่ากระแสไฟฟ้าที่สุด

ตารางที่ 5 อิทธิพลของแต่ละระดับปัจจัยจากค่า SN ของค่าความหยาบผิวชนิด Smaller the Better

Level	A	B	C
1	-16.36	-19.11	-19.67
2	-19.33	-18.65	-18.15
3	-20.64	-18.57	-18.50
Δ	4.28	0.54	1.52
Rank	1	2	3

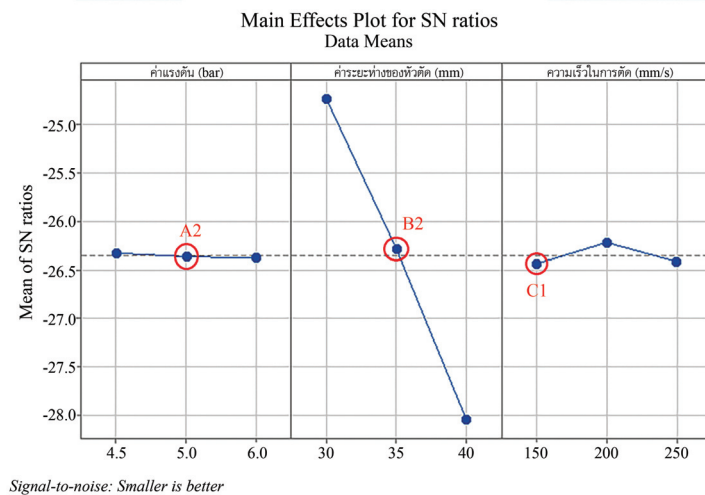
จากการจัดลำดับอิทธิพลระดับปัจจัยจากค่า SN ของค่าความหยาบผิว ดังตารางที่ 5 พบว่า ค่าตัวแปร A คือ ค่าแรงดันลมมีค่ามากที่สุด จึงสรุปได้ว่า ค่าแรงดันไฟฟ้ามีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่าความหยาบผิวที่สุด

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 และ 4 ทำการเลือกระดับปัจจัยที่เป็นกรณีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) จะได้ A2 B2 C1

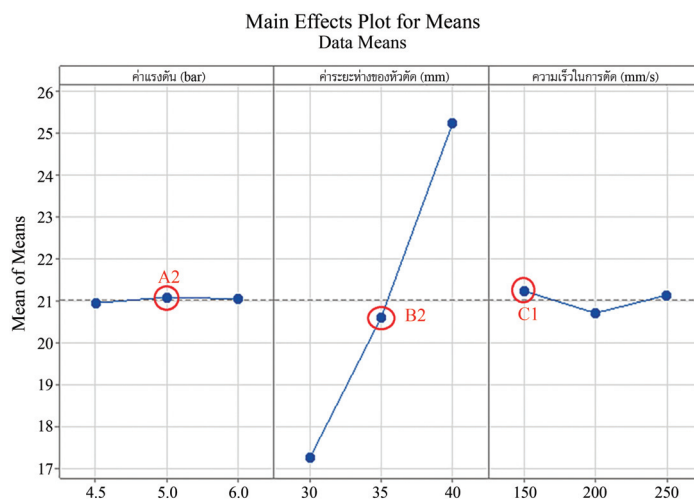
เหตุผลที่เลือก A2 เพราะค่าเฉลี่ย SN และค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ A2 มีค่าใกล้เคียงค่า Mean มากที่สุด

เหตุผลที่เลือก B2 เพราะค่าเฉลี่ย SN และค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ B2 มีค่าใกล้เคียงค่า Mean มากที่สุด

เหตุผลที่เลือก C1 เพราะค่าเฉลี่ย SN มีค่าใกล้เคียงค่า Mean ที่สุด และค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ C1 มีค่ามากที่สุด



รูปที่ 3 อิทธิพลของแต่ละระดับของแต่ละปัจจัย จากค่า SN ของค่ากระแส



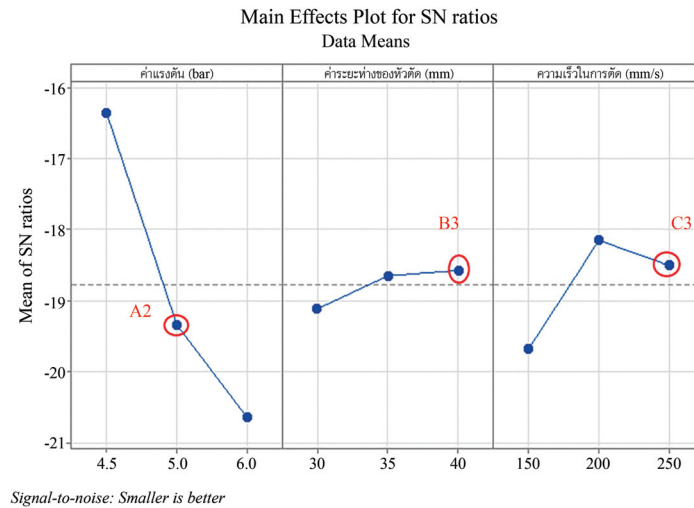
รูปที่ 4 อิทธิพลของแต่ละระดับของแต่ละปัจจัย จากค่าเฉลี่ยตอบสนอง (Y) ของค่ากระแส

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5 และ 6 ทำการเลือกระดับปัจจัยที่เป็นกรณีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) จะได้ A2 B3 C3

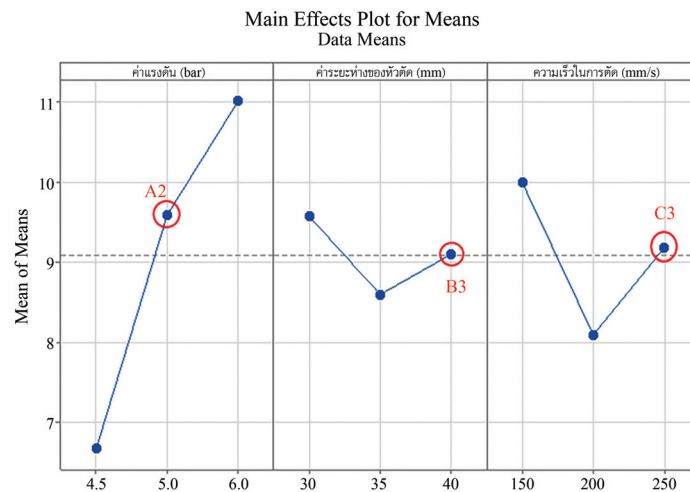
เหตุผลที่เลือก A2 เพราะค่าเฉลี่ย SN และค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ A2 มีค่าใกล้เคียงค่า Mean มากที่สุด

เหตุผลที่เลือก B3 เพราะค่าเฉลี่ย SN ของ B2 และ B3 มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ B3 มีค่ามาก จึงเลือก B3

เหตุผลที่เลือก C3 เพราะค่าเฉลี่ย SN และค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ตอบสนองของ C3 มีค่าใกล้เคียงค่า Mean มากที่สุด



รูปที่ 5 อิทธิพลของแต่ละระดับของแต่ละปัจจัย จากค่า SN ของค่าความหยาบผิว



รูปที่ 6 อิทธิพลของแต่ละระดับของแต่ละปัจจัย จากค่าเฉลี่ยตอบสนอง (Y) ของค่าความหยาบผิว

ตารางที่ 6 ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทำนายของค่ากระแสไฟฟ้า ระดับปัจจัยที่เป็นกรณีมีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) ของค่ากระแสไฟฟ้าจะได้ A2 B2 C1 นำไปทำนายค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ดังสมการที่ (5) และสมการที่ (6)

$$m = \frac{21.09 + 20.61 + 21.24}{3} = 20.98 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n [(m_{i,j})_{\min} - m] &= (A2 - m) + (B2 - m) + (C1 - m) \\ &= 0.11 + (-0.37) + 0.26 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{ดังนั้น } Y_{\text{optimal}} = 20.98 + 0 = 20.98$$

ตารางที่ 6 ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทำนายของค่ากระแสไฟฟ้า

Level	A	B	C
1	20.95	17.24	<u>21.24</u>
2	<u>21.09</u>	<u>20.61</u>	20.71
3	21.05	25.23	21.14
$(m_{i,j})_{\min} - m$	0.11	-0.37	0.26

จากตารางที่ 7 ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทำนายของค่าความหยาบผิว ระดับปัจจัยที่เป็นกรณีมีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) ของค่าความหยาบผิวจะได้ A2 B3 C3 นำไปทำนายค่าที่เหมาะสมที่สุด ได้ดังสมการที่ (7) และสมการที่ (8)

$$m = \frac{9.59 + 9.10 + 9.18}{3} = 9.29 \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n [(m_{i,j})_{\min} - m] &= (A2 - m) + (B3 - m) + (C3 - m) \\ &= 0.3 + 0.28 + (-0.11) \\ &= 0.47 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{ดังนั้น } Y_{\text{optimal}} = 9.29 + 0.47 = 9.76$$

ตารางที่ 7 ค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทำนายของค่าความหยาบผิว

Level	A	B	C
1	6.68	9.57	9.99
2	<u>9.59</u>	8.60	8.10
3	11.01	<u>9.10</u>	<u>9.18</u>
$(m_{i,j})_{\min} - m$	0.3	0.28	-0.11

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการตัดเหล็กเหนียวเกรด SS400 ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 ด้วยวิธีทางสถิติในการออกแบบการทดลองโดยใช้การออกแบบ Orthogonal Array ภายใต้ตัวแปรหลัก 3 ตัวแปร ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าแรงดันลม ค่าระยะห่างของหัวตัดชิ้นงาน และค่าความเร็วในการตัดชิ้นงาน โดยทำการตัดชิ้นงานที่มีความหนา 5 mm ให้ได้ขนาด 50 x 50 mm พบว่า ตัวแปรที่ทำให้ค่าการใช้กระแสไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ ค่าแรงดันที่ 5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 30 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 200 mm/s ใช้กระแสไฟฟ้าในการตัด 16.87 A ตัวแปรที่ทำให้ค่าความหยาบผิวต่ำที่สุดคือ ค่าแรงดันที่ 4.5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 40 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 250 mm/s มีค่าความหยาบผิวที่ 5.22 μm

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ANOM โดยเลือกใช้กรณีมีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) ของค่ากระแสไฟฟ้า โดยหาค่า SN ที่ค่าแรงดันลมที่ 5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 30 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 200 mm/s มีค่าน้อยที่สุด และค่า SN ของค่าความหยาบผิว พบว่าค่าแรงดันที่ 4.5 bar หัวตัดห่างจากชิ้นงาน 40 mm ใช้ความเร็วตัดที่ 250 mm/s มีค่าน้อยที่สุด เมื่อนำผลของอิทธิพลของแต่ละตัวแปรมาจัดลำดับพบว่า ค่าระยะห่างของหัวตัดมีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันลมมีอิทธิพลมากที่สุดต่อค่าความหยาบผิว

จากการทำนายค่าที่เหมาะสมที่สุดกรณีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better) สรุปได้ว่า ในการตัดเหล็ก SS400 ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 โดยใช้ค่าแรงดันลม 5 bar ค่าระยะห่างของหัวตัด 35 mm ความเร็วในการตัด 150 mm/s จะใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 20.98 A ในส่วนของค่าความหยาบผิวที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 9.76 μm โดยใช้ค่าแรงดัน 5 bar ค่าระยะห่างของหัวตัด 40 mm ความเร็วในการตัด 250 mm/s

ในการศึกษาครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าการตัดเหล็กเหนียวเกรด SS400 ด้วยเครื่องตัดพลาสมา ยี่ห้อ Thermatech รุ่น TM1634 ระยะห่างของหัวตัดชิ้นงานมีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันลมมีผลต่อค่าความหยาบผิว จึงสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการตัดโลหะแผ่นในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้า และควบคุมค่าความหยาบผิวได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการพัฒนาศักยภาพอาจารย์ด้านวิชาการและการวิจัยเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่สนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณ สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] Sato, M. (2017). **A Study of Parameters that Effect to Wear of Plasma Nozzle Made from Cutting Low Carbon Steel IRSM-41**. Master of Engineering Thesis, Department of Industrial Systems and Environmental Engineering, Suranaree University of Technology (in Thai)
- [2] Chatmuangpak, A., Wongwian, C., and Kangsantia, S. (2003). Experimental Design Using the Taguchi Method for Determining the Optimal Parameters of the Cutting Process by Wire Cutting Machine. **Thai Industrial Engineering Network Journal**. Vol. 9, No. 2, pp. 66-74 (in Thai)
- [3] Bangphan, S., Bangphan, P., Nangmor, N., and Chantathi, P. (2016). Application of Taguchi Method for Optimizing Shaft Work Piece Assembly Turning Process by the Effects of Machining Parameters. **UBU Engineering Journal**. Vol. 9, No. 1, pp. 1-10 (in Thai)
- [4] Ruksorn, P. and Deepradit, S. (2019). The Prediction of Surface Roughness in the S45C Medium Carbon Steel Turning Process by Using Response Surface Methodology. **Thai Journal of Operations Research**. Vol. 7, No. 2, pp. 13-19 (in Thai)
- [5] Charoenrat, S., Pookamnerd, Y., and Prasomthong, S. (2022). Optimization of Medium Carbon Steel Welding Joint by Hot-Wire Gas Tungsten Arc Welding Using the Taguchi Method. **Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University**. Vol. 12, No. 2, pp. 43-55 (in Thai)
- [6] Krishankant, Taneja, J., Bector, M., and Kumar, R. (2012). Application of Taguchi Method for Optimizing Turning Process by the Effects of Machining Parameters. **International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)**. Vol. 2, Issue 1, pp. 263-274
- [7] Timata, M. (2021). Optimization on P20-steel Taper Cutting with Wire Electrical Discharged Machine. **SAU Journal of Science & Technology**. Vol. 7, No. 1, pp. 15-21 (in Thai)
- [8] Hantang, S., Khanthirat, W., Lawong, A., Warorot, W., and Sudsuansee, T. (2023). Optimizing the Surface Roughness of ST37 Steel using CNC Turning Machinery through the Taguchi Technique. **Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University**. Vol. 1, No. 5, pp. 27-39 (in Thai)

- [9] Namkaew, S. and Prasomthong, S. (2021). Application of Taguchi Method for Burnishing Process of AA5052 Aluminum Alloy by Studying the Optimization of Production Machining Parameters. **The Journal of Industrial Technology**. Vol. 17, No. 1, pp. 82-94 (in Thai)
- [10] Eiamsa-ard, K., Chaipukdee, N., Boonlerdcharoensak, N., Liou, F., Raksiri, C., and Rodkwan, S. (2007). Taguchi Method for Material Deposition Process using LASER. In **Proceedings of the 21th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand (ME-NETT 21)**. Chonburi, 17-19 October 2007