http://jeet.siamtechu.net Research Article

ผลกระทบของการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าที่มีต่อความแข็งแรงของรอยต่อท่อเหล็กบางจากการปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อม

THE EFFECTIVE OF ELECTRIC ARC WELDING ON THE STRENGTH OF WELDED THIN STEEL PIPES JOINTED BY ADJUSTING VARIOUS PARAMETERS INVOLVED IN WELDING

ประหยัด มีบุญเกิด[1*], เพชรรัตน์ จันทรทิณ[2], อนุรักษ์ จันทร์ศรี[3],พิทักษ์ เกียรติพันธ์[4]
Prayat Meeboongirt[1*], Petcharut Chuntaratin[2], Anurak Chansri[3], Pithuk Keattipun[4]

[1*]อาจารย์ประจำสาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
[2,3]อาจารย์ ดร. สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี
[4]พลโท ดร.สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

[*] *Corresponding author, Email:* prayat.mee@bkkthon.ac.th

Received: March 14, 2023
Revise: June 6, 2023
Accepted: June 6, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการเชื่อมท่อบางให้มีความแข็งแรง โดยการทดลองใช้ท่อเหล็กบางที่มีขนาด Ø20.50 มม. หนา 1.60 มม. ยาวท่อนละ 100 มม. มาเชื่อมต่อกันด้วยวิธีการเชื่อมอาร์คไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม Ø2.0 และ Ø2.6 มม., เปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ใน 2 รูปแบบได้แก่ รูปแบบการเดินแนวเชื่อมเป็นแบบเดินเป็นแนวตรง และแนวซิกแซก, และการปรับกระแสไฟเชื่อมที่ใช้กับสวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 ปรับตั้งค่ากระแสไฟเป็น 3 ช่วงเป็น 50, 60 และ 70 แอมแปร์ และลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 ปรับตั้งค่ากระแสไฟที่ใช้เชื่อมเป็น 60, 75 และ 90 แอมแปร์ ตามค่ามาตรฐานการปรับตั้งค่ากระแสไฟเชื่อมของลวดเชื่อมแต่ละขนาด จากนั้นนำไปทดสอบแรงดึงโดยเครื่อง Universal Testing Machine เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่า การปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้ง 2 ด้านนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการปรับเปลี่ยนกระแสไฟเชื่อม และรูปแบบการเดินแนวเชื่อม

คำสำคัญ: การเชื่อมอาร์คไฟฟ้า, ท่อเหล็กบาง, กระแสไฟเชื่อม

Abstract

The purpose of this research is to study and find the suitable methods for welding thin steel pipe to be strongest by experimenting with the thin steel pipes Ø20.50 mm., thickness 1.60 mm., each piece 100 mm. length connected together by Electric arc welding method as a sample by adjusting 2 parameters, welding feed patterns, straight and zigzag lines, and adjust the welding current of 2 sizes of welding electrodes for 3 current ranges, The welding electrode size Ø2.0 can be set to 3 ranges of current, 50, 60 and 70 amperes, and the electrode size Ø2.6 can be set to the current of 60, 75 and 90 amperes according to the standard value for setting the welding current of each size of welding electrode. After that, conduct the tensile strength test by the Universal Testing Machine in order to compare the strength of each welding line by changing the above

http://jeet.siamtechu.net

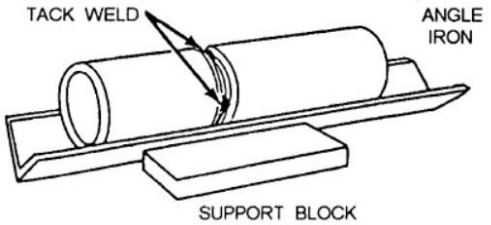
parameters. The results of the research revealed that by adjust above 2 parameters could not be affected the strength of the welding line with the statistically significant.

Keywords: electric arc welding, thin steel pipe, welding current

1. บทนำ

งานเชื่อมอาร์คไฟฟ้า เป็นกระบวนการเชื่อมโดยใช้การอาร์คของกระแสไฟฟ้า ซึ่งในการอาร์คนี้ จะเกิดความร้อนสูงมากพอที่จะทำให้เกิดการหลอมละลายระหว่างปลายลวดอิเล็กโตรด กับชิ้นงานที่เป็นโลหะเหล็ก ปัจจุบันนี้ งานเชื่อมอาร์คไฟฟ้าเป็นที่นิยมแพร่หลายในแทบทุกอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมาก และไม่ยุ่งยาก หากเปรียบเทียบกับวิธีการประกอบอื่นๆ การเชื่อมอาร์คไฟฟ้านี้ยังสามารถใช้ได้ดีกับชิ้นส่วนที่มีพื้นผิวราบเรียบตลอดจนชิ้นส่วนที่มีผิวโค้ง เช่น ท่อตันและท่อกลวงที่มีความหนาพอสมควร ไม่เหมาะกับการเชื่อมชิ้นส่วนที่บางมากๆ เพราะความร้อนจากการอาร์คไฟฟ้าระหว่างปลายลวดเชื่อมกับผิวชิ้นงานจะสูงมาก ทำให้ชิ้นงานที่มีความบางมากๆ เกิดการหลอมละลายเป็นของเหลวเกิดเป็นรูทะลุได้ จึงทำให้การเชื่อมโลหะเหล็กที่มีความบางมากๆ นั้นจะควบคุมคุณภาพของการเชื่อมได้ยากมาก และหากพื้นผิวเหล็กทั้งบาง และโค้งไม่แบนเรียบ เช่น ท่อเหล็กกลมบาง ก็ยิ่งจะควบคุณคุณภาพของการเชื่อมได้ยากยิ่งขึ้น อาจมีปัญหาด้านคุณภาพของรอยเชื่อม ที่พบบ่อยๆ ในการเชื่อมท่อเหล็กกลมบางได้แก่ มีรูทะลุจากความร้อนในการเชื่อม เกิด under cut แนวเชื่อมไม่ต่อเนื่อง เกิดปัญหาการซึมลึกไม่เพียงพอ แนวรอยต่อท่อไม่มีการละลายเชื่อมต่อกัน ทำให้ขาดความแข็งแรง หากทดสอบโดยใช้แรงดึงหรือแรงดัดแล้วมักจะขาดหรือแตกหักตรงบริเวณแนวเชื่อม ทำให้การเชื่อมต่อท่อบางไม่มีคุณภาพ

จากปัญหาการเชื่อมชิ้นส่วนดังกล่าว ทำให้ชิ้นงานเกิดความบกพร่องด้านคุณภาพของชิ้นงาน ส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของสินค้า และชื่อเสียงของบริษัทผู้ผลิตสินค้า สร้างความเสียหายต่อธุรกิจได้ในอนาคต ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะหาวิธีในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยจะทำการทดลองปรับค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมในหลายๆ ด้าน เช่น ขนาดลวดเชื่อม กระแสไฟเชื่อม (Welding Current) รูปแบบในการเดินแนวเชื่อม ฯลฯ เพื่อทำการทดลองและสรุปผลที่ได้ ไปใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิง สามารถนำมาใช้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมท่อเหล็กบาง ดังแสดงในรูปที่ 1 ที่ใช้การเชื่อมอาร์คไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง มีคุณภาพและประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 1 แสดงการเชื่อมท่อเหล็กบางโดยวางชิ้นงานบนรางตัววีเพื่อให้เป็นแนวตรงกันระหว่างชิ้นงานทั้งสองชิ้น แล้ว Tack เป็นจุดยึดโดยรอบก่อน [7]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับการเชื่อมท่อบางให้มีความแข็งแรงโดยไม่เกิดข้อบกพร่อง

2.2 เพื่อกำหนดมาตรฐานวิธีการเชื่อม จากการทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับวิธีการเชื่อมไฟฟ้ากับเหล็กท่อบางได้

http://jeet.siamtechu.net

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการเชื่อมท่อเหล็กบางให้มีความแข็งแรง โดยมีวิธีการขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการเชื่อมโลหะด้วยวิธีอาร์คไฟฟ้า ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อมาประยุกต์ในการเชื่อมท่อเหล็กบางให้มีความแข็งแรง

3.2 จัดเตรียมวัสดุที่ใช้ทำเป็นชิ้นส่วนตัวอย่าง ซึ่งเป็นท่อเหล็กบาง ST37, Seamless Steel Pipe, Black surface ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 20.50 มม. หนา 1.60 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2 เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Iweld รุ่น NMA200, DC Invertor arc welder กำลังไฟฟ้าเชื่อม input 230 V, 20A/20.8V – 200A/28V ลวดเชื่อมขนาด Ø 2.0 มม. และ Ø 2.6 มม.

รูปที่ 2 แสดงท่อเหล็กบางที่ใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่างในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้า

3.3 ตัดท่อเหล็กยาวท่อนละ 100 มม. จำนวนทั้งสิ้น 48 ชิ้น เพื่อนำมาเชื่อมอาร์คไฟฟ้าต่อกันใน Condition ต่างๆ ให้ได้ 24 ชุด

3.4 ทำการเชื่อมท่อเหล็กบาง โดยใช้เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบดีซีอินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ Iweld รุ่น NMA200, DC Invertor arc welder กำลังไฟฟ้าเชื่อม input 230 V, 20A/20.8V – 200A/28V ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 ขนาดลวดเชื่อมไฟฟ้า ใช้ 2 ขนาด ได้แก่ Ø 2.0 มม. และ Ø 2.6 มม.

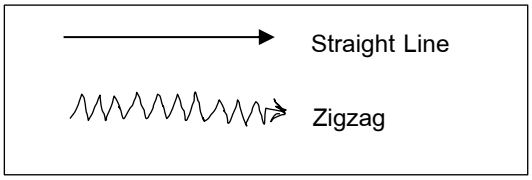
3.4.2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมตามเงื่อนไขที่ระบุใช้ตามขนาดของลวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาดเล็ก Ø 2.0 มม. ตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อม 50, 60, และ 70 แอมแปร์ ตามลำดับ ลวดเชื่อมขนาดใหญ่ Ø 2.6 มม. ตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อม 60, 75, และ 90 แอมแปร์ ตามลำดับ

รูปที่ 3 เครื่องเชื่อมอาร์คไฟฟ้าแบบ ดีซี อินเวอร์เตอร์

3.4.3 จากการปรับตั้งพารามิเตอร์ในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ให้ใช้การเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรง (Straight line) และเดินแนวแบบซิกแซก (Zigzag) ดังแสดงในรูปที่ 4 ดังนั้น จึงมีการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. รวม 18

http://jeet.siamtechu.net

ชุดตัวอย่าง และใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. อีก 18 ชุดตัวอย่าง รวมเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างที่เชื่อมตามการเปลี่ยนพารามิเตอร์ จำนวน 36 ชุดตัวอย่าง



รูปที่ 4 รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่ใช้ในการวิจัย

3.5 หลังจากทำการเชื่อมตามเงื่อนไขต่างๆ แล้ว นำไปทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-11 และวิธีการทดสอบตาม มอก. 244 เล่ม 6-2525 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง [10] สำหรับวัสดุท่อโลหะนั้นในการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม จะใช้วิธีการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength Test) เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมชิ้นงานแต่ละชุด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine) ยี่ห้อ Shun Yen Model CY-6040A12, Max. Load 100 Tons จากบริษัท Chun Yen Testing Machines Co.,Ltd., Taiwan (R.O.C) ใน Workshop ของสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ Universal Testing Machine

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ใหญ่ คือ

3.5.1 แบบ Non-destructive testing เป็นการทดสอบความแข็งแรงและรูปร่างลักษณะภายนอกทั่วไปของแนวเชื่อมแบบไม่ทำลาย เช่น การใช้สายตาตรวจสอบดูแนวเชื่อม (Visual) การใช้ Vernier Caliper วัดขนาดแนวเชื่อม, ใช้ไฟฉายส่องดูความเรียบร้อยของแนวเชื่อม, ฯลฯ

3.5.2 แบบ Destructive testing เป็นการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมแบบทำลาย มี 4 วิธี คือ

1) การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

2) การทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test)

3) การสดสอบทนแรงกระแทก (Impact Test)

4) การทดสอบความแข็ง (Hardness Test)

ในการทดสอบความแข็งแรงแนวเชื่อมท่อเหล็กกล้ามีหลายวิธี แต่ในการวิจัยนี้จะใช้วิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เนื่องจากการใช้งานโดยทั่วไปของท่อเหล็กกล้านั้น มักใช้กับงานที่มีแรงดันภายในท่อตามแนวแกน อาจเป็นแรงดันน้ำ แรงดันอากาศ ซึ่งแรงดันดังกล่าวนี้สามารถทำให้แนวเชื่อมที่เชื่อมไว้รอบๆ ท่อเกิดการหลุดหรือฉีกขาดจากกันได้ จึงใช้วิธียืนยันความแข็งแรงของแนวเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความแข็งแรงต่อการต้านทานแรงดึง (Tensile Stress) ได้จากสูตร

ความเค้น, Stress (σ) = F/A (1)

เมื่อ F = แรงภายนอกที่มากระทำ มีหน่วยเป็น (kgf)

A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น (mm^2)

3.6 บันทึกผลการทดสอบ Tensile Strength จากที่วัดได้ แล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบ สรุปผลการวิจัย

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างชุดใด มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมเพียงมากน้อยเพียงใดนั้น จะยึดถือจากผลการทดสอบความเค้นแรงดึง หรือแรงต้านทานการดึง (Tensile Stress) หากมีค่า Tensile Stress สูง แสดงว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมมาก หากมีค่า Tensile Stress ต่ำ แสดงว่าชิ้นงานเชื่อมตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงของแนวเชื่อมต่ำ และจะต้องทำการคำนวณทดสอบเพื่อหาระดับความน่าเชื่อถือในเชิงสถิติของการยืนยันผลการวิจัยด้วย

4. ผลการวิจัย

การเชื่อมท่อเหล็กบางด้วยลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. มีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

4.1 กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมตาม Spec. ที่ระบุใช้ตามขนาดลวดเชื่อม โดยลวดเชื่อมขนาดเล็ก Ø 2.0 มม. ปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อม 50, 60, และ 70 แอมแปร์ ตามลำดับ ลวดเชื่อมขนาดใหญ่ Ø 2.6 มม. ปรับตั้งค่ากระแสไฟฟ้าเชื่อม 60, 75, และ 90 แอมแปร์ ตามลำดับ

4.2 จากการปรับตั้งพารามิเตอร์ในข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 ให้ใช้การเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรง (Straight line) และเดินแนวแบบซิกแซก (Zigzag) โดยใช้เทคนิคการเดินแนวเชื่อมแบบ เชื่อม-ยก-เชื่อม-ยก ไปจนเสร็จสิ้นแนวเชื่อมรอบท่อเหล็ก ไม่เดินแนวเชื่อมยาวตลอด เพื่อป้องกันการสะสมความร้อนทำให้ท่อเหล็กทะลุเป็นรูได้ ดังแสดงในรูปที่ 6

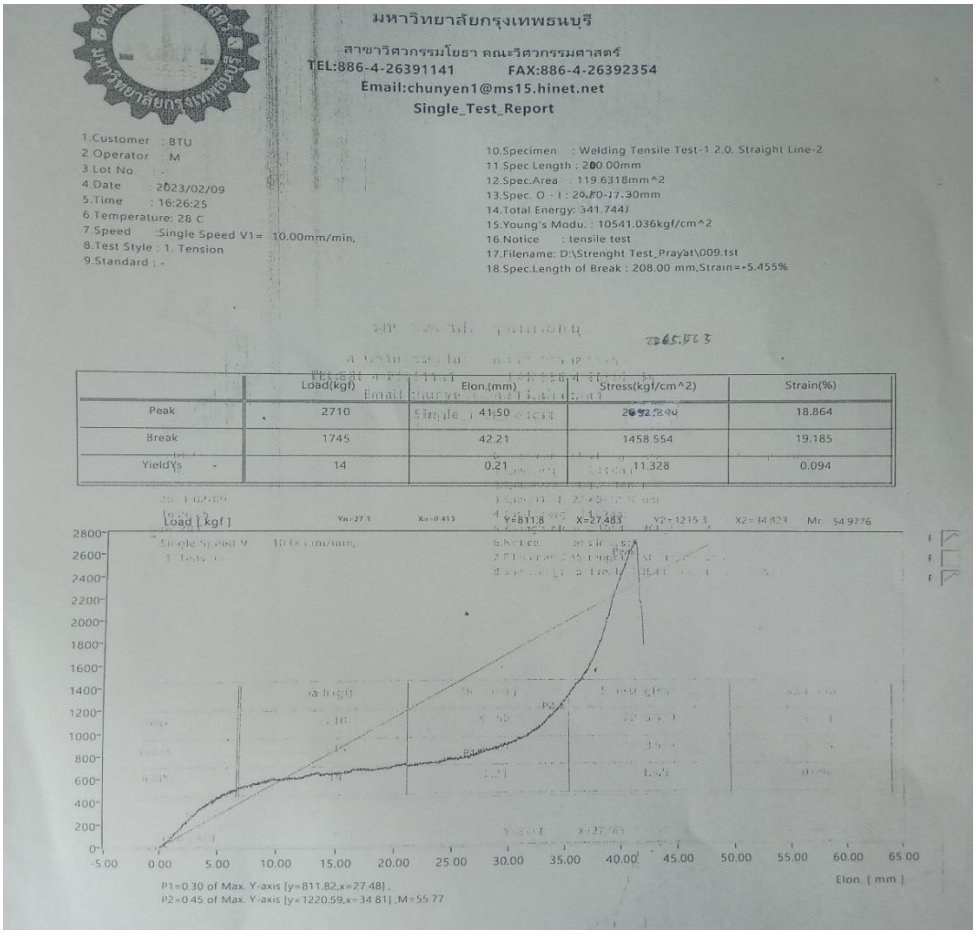
ในการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.0 มม. จะมีการใช้ชิ้นงานรวม 18 ชุด หรือ 36 ชิ้น (1 ชุด หมายถึงชิ้นงาน 2 ชิ้นที่นำมาเชื่อมต่อกัน) และใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. อีก 18 ชุด หรือ 36 ชิ้น รวมเป็นชิ้นส่วนตัวอย่างที่เชื่อมตามการเปลี่ยนพารามิเตอร์ จำนวน 36 ชุด

รูปที่ 6 แสดงวิธีการเชื่อมท่อตามการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป

4.3 หลังจากเชื่อมชิ้นงานตัวอย่างตามการปรับตั้งพารามิเตอร์ต่างๆ แล้ว นำไปเข้าเครื่อง Universal Testing Machine ทำการทดสอบ Tensile Strength เปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 การทดสอบ Tensile Strength เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อม

จะได้ผลการทดสอบ Tensile Strength แล้วนำค่าที่ได้จากกราฟมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อที่จะหาว่าวิธีการใดที่กำหนดในพารามิเตอร์ จะส่งผลทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงตัวอย่างผลการทดสอบ Tensile Strength ของแนวเชื่อมท่อเหล็กบางตาม Condition ต่างๆ

ในการทดลองนี้ เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine จะต่อพ่วงกับหน้าจอคอมพิวเตอร์สำหรับแสดงผลออกมาเป็นกราฟ Stress-Strain Curve, ค่าแรงดึงสูงสุดที่วัสดุทนได้ (Peak Load หรือ Maximum Load), ค่าแรงดึงจุด

http://jeet.siamtechu.net

ที่วัสดุขาดเสียหาย (Break Load), ค่าที่วัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปและไม่สามารถกลับมามีสภาพดังเดิมได้ (Yield point), และค่าต่างๆ

แต่หากเครื่องไม่ได้คำนวณค่าต่างๆ ออกมาได้ และไม่มีกราฟแสดงผลออกมา ดังนั้นก็สามารถคำนวณค่า Stress และสร้างกราฟออกมาได้จาก

Stress (σ) = F/A (1)

เมื่อ F = แรงดึงสูงสุด (kgf)

A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุที่ตั้งฉากกับแรงที่มากระทำ (mm^2)

จากผลการทดสอบชิ้นงานที่ 1 มีค่า Peak Load หรือ Max Load เท่ากับ 1289 kgf. และท่อกลวงมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ OD, Outside Diameter – ID, Inside Diameter,

OD = 20.50 มม.

ID = 17.30 มม.

พื้นที่หน้าตัดท่อเป็นวงแหวน (A) = $\pi(R^2 - r^2)$

= $\pi(10.25^2 – 8.65^2)$

= 95.0018 มม.^{2}

แทนค่าสูตร Tensile Stress = 1289/95.0018

= 13.5682 kgf/mm^2 หรือ = 1356.82 kgf/cm^2

ทำการคำนวณเช่นนี้ ไปจนครบทุกชุดชิ้นงานตัวอย่าง

ค่า Tensile Stress ที่ได้นี้จะเป็น Tensile strength (σ max) ที่เป็น stress ที่แรงสูงสุดที่จะทำให้เกิดการขาดบริเวณแนวเชื่อมหรือใกล้แนวเชื่อม โดยจะเกิด necking ทำให้ใช้แรงน้อยลง และ Stress ลดลง จุดที่เกิด necking นี้จะเป็น Maximum tensile strength จะเป็นค่าแรงที่มากระทำกับผิวหน้าท่อเหล็กที่เชื่อมต่อกัน ตาม condition ต่างๆ ที่กำหนดไว้ หากค่า Tensile Strength ที่ได้มีค่ามาก ก็จะหมายถึงแนวเชื่อมของชิ้นส่วนตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงมากด้วย ในทำนองเดียวกัน หากค่า Tensile Strength ที่ได้มีค่าน้อย ก็จะหมายถึงแนวเชื่อมของชิ้นส่วนตัวอย่างนั้น มีความแข็งแรงน้อยด้วย ทำเช่นนี้ไปจนครบทุกชิ้นส่วนตัวอย่าง แล้วนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อวิเคราะห์สรุปผลว่า ชิ้นส่วนใดมีแนวเชื่อมที่แข็งแรงที่สุด จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าว

ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงแนวเชื่อมของท่อเหล็กบาง ด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางดังกล่าว เพื่อให้มีความแข็งแรงมากที่สุด โดยเกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด หรือไม่เกิดข้อบกพร่องเลย ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile Strength ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด **Ø 2.0 มม.** (ค่ามาตรฐานกระแสไฟเชื่อม 50-70 A.)

รูปแบบการเดินแนวเชื่อม	กระแสไฟเชื่อม (A)	Tensile Strength Test Results (kgf/mm²)				หมายเหตุ
		ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1*	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 2	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
เดินลวดเชื่อมแนวตรง	50	13.57	31.39	32.61	25.86	*ชิ้นงานทด สอบชุดที่ 1 มีค่า Tensile Strength ต่ำกว่าชุดอื่นๆ เนื่องจากมีการเปลี่ยนผู้ปฏิบัติงานเชื่อมและเครื่องเชื่อม
	60	28.52	39.80	38.10	35.47	
	70	33.01	37.37	37.81	36.06	
ค่าเฉลี่ย		25.03	36.19	36.17	32.46	
เดินลวดเชื่อมแบบซิกแซก	50	20.95	41.08	39.45	33.83	
	60	35.71	41.13	40.99	39.28	
	70	33.45	43.29	40.01	38.92	
ค่าเฉลี่ย		30.04	41.83	40.15	37.34	

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่า Tensile Strength ที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการเชื่อมอาร์คไฟฟ้ากับท่อเหล็กบางโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด **Ø 2.6 มม.** (ค่ามาตรฐานกระแสไฟเชื่อม 45-95 A.)

รูปแบบการเดินแนวเชื่อม	กระแสไฟเชื่อม (A)	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)				หมายเหตุ
		ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 1*	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 2	ชิ้นงานทดสอบชุดที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
เดินลวดเชื่อมแนวตรง	60	36.65	35.82	36.86	36.44	*ชิ้นงานทด สอบชุดที่ 1 มีค่า Tensile Strength ต่ำกว่าชุดอื่นๆ เนื่องจากมีการเปลี่ยนผู้ปฏิบัติงานเชื่อมและเครื่องเชื่อม
	75	37.04	37.31	37.59	37.31	
	95	37.26	36.85	37.09	37.07	
ค่าเฉลี่ย		36.98	36.66	37.18	36.94	
เดินลวดเชื่อมแบบซิกแซก	60	38.14	37.59	37.31	37.68	
	75	36.49	38.54	38.61	37.88	
	95	33.23	37.84	37.63	36.23	
ค่าเฉลี่ย		35.95	37.99	37.85	37.26	

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบที่มีต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมท่อจากการเปลี่ยนแปลง 2 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม (Welding current) และรูปแบบการเดินแนวเชื่อม (Welding pattern) แบบเดินตรง (Straight line) และแบบซิกแซก (Zigzag) โดยใช้ลวดเชื่อม 2 ขนาด Ø2.0 มม. และ Ø2.6 มม.

ในการทดสอบเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นทางสถิตินั้น จะทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ โดยใช้เทคนิควิธีการทางสถิติแบบ t-test ในการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Hypothesis Testing เนื่องจากมีขนาดตัวอย่างน้อยไม่เกิน 100 ตัวอย่าง และใช้ S แทน δ เนื่องจากไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม ตามรายละเอียดข้างล่าง

ปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม

1) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 60 A. เป็น 50 A.ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 50 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

http://jeet.siamtechu.net

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$ (ไม่มีผลกระทบ)

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$ (มีผลกระทบ)

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\frac{\alpha}{2} = 0.025$

คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูลแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่ 1 : กระแสไฟเชื่อม 50 A., S1 = (13.57+31.39+32.61)/3 = 25.85

(13.57-25.85), (31.39-25.85), (32.61-25.85) = -12.28, 5.54, 6.76

$(-12.28)^2 = 150.7984$, $(5.54)^2 = 30.6916$, $(6.76)^2 = 45.6976$

150.7984 + 30.6916 + 45.6976 = 227.1876

= 227.1876/(3-1) = 227.1876/2 = 113.5938

S1 = $\sqrt{113.5938}$ = 10.6580 = 10.66

กลุ่มที่ 2 : กระแสไฟเชื่อม 60 A., S2 = (28.52+39.80+38.10)/3 = 35.47

(28.52-35.47), (39.80-35.47), (38.10-35.47) = -6.95, 4.33, 2.63

$(-6.95)^2 = 48.3025$, $(4.33)^2 = 18.7489$, $(2.63)^2 = 6.9169$

48.3025 +18.7489 + 6.9169 = 73.9683

= 73.9683/(3-1) = 73.9683/2 = 36.98415

S2 = $\sqrt{36.98415}$ = 6.08145952876 = 6.08

$\ddot{\bar{X}}1 = 25.86$ $\ddot{\bar{X}}2 = 35.47$

$S_1^2 = 113.5930$ $S_2^2 = 36.9842$

n1 = 3 n2 = 3

$S^2 = (S_1^2 + S_2^2)/2$ = (113.5930+36.9842)/2 = 75.2886

$S_{\ddot{\bar{X}}1-\ddot{\bar{X}}2} = \sqrt{2S^2/n} = \sqrt{(2)(75.2886)}/3 = 7.0847$

t = $(\ddot{\bar{X}}1 - \ddot{\bar{X}}2)/ S_{\ddot{\bar{X}}1-\ddot{\bar{X}}2}$ = (25.86 – 35.47)/7.0847 = -1.3564

I t I = 1.3564, d.f. = (n+n) -2 = (3+3)-2 = 4, 2-sides p-value = 0.025

เปิดตาราง t , ได้ = 2.776, $t_{1.3564}$ < 2.776 ยอมรับ H0

แสดงว่า การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 50 A.ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจาก 60 A. เป็น 70 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

http://jeet.siamtechu.net

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติตามวิธีการข้างต้นแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 0.154 <2.776 ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจาก 60 A. เป็น 50 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 50 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 1.329 < 2.776 ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจาก 60 A. เป็น 70 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 0.1059 < 2.776 ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 60 A. เป็น 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 60 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 2.450 < 2.776 ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบตรง เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจากค่ากลาง 75 A. เป็น 95 A.

http://jeet.siamtechu.net

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 1.208 < 2.776$ ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ลดลงจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 60 A.

โจทย์วิจัย : การปรับลดกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.2714 < 2.776$ ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อมที่เกิดจากการปรับตั้งกระแสไฟฟ้าเชื่อมที่เพิ่มขึ้นจากค่ากลางมาตรฐาน 75 A. เป็น 95 A.

โจทย์วิจัย : การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. มีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมหรือไม่

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.9964 < 2.776$ ยอมรับ H0 แสดงว่า การปรับเพิ่มกระแสไฟฟ้าเชื่อมท่อเหล็กจาก 75 A. เป็น 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปรับเปลี่ยนวิธีการเดินแนวเชื่อม

1) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับการเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก โดยใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 50 A.

http://jeet.siamtechu.net

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{X}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	13.57	31.39	32.61	25.86
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	20.95	41.08	39.45	33.83

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 50 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

$\ddot{\bar{X}}1$ = 25.86 $\ddot{\bar{X}}2$ = 33.83

S_1^2 = 113.5930 S_2^2 = 125.0215

n1 = 3 n2 = 3

S^2 = $(S_1^2+S_2^2)/2$ = (113.5930+125.0215)/2 = 119.3073

$S_{\ddot{\bar{X}}1-\ddot{\bar{X}}2}$ = $\sqrt{2}S^2/n$ = $\sqrt{(2}(119.3073))/3$ = 8.9185

t = $(\ddot{\bar{X}}1 - \ddot{\bar{X}}2)/ S_{\ddot{\bar{X}}1-\ddot{\bar{X}}2}$ = (25.86 – 33.83)/8.9185 = -0.8936

I t I = 0.8936, d.f. = (n+n) -2 = (3+3)-2 = 4, 2-sides p-value = 0.025

เปิดตาราง t , ได้ = 2.776, $t_{0.8936}$ < 2.776 ยอมรับ H0

แสดงว่า รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 50 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 60 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{X}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	28.52	39.30	38.10	35.47
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	35.71	41.13	40.99	39.28

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 0.9894 < 2.776 ยอมรับ H0

แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

http://jeet.siamtechu.net

3) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 70 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{x}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	33.01	37.37	37.81	36.06
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	33.45	43.29	40.01	38.92

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 70 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 0.2669 $<$ 2.776 ยอมรับ H0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.0 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 70 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 60 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{x}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	36.65	35.82	36.86	36.44
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	38.14	37.59	37.31	37.68

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า t = 3.098 $<$ 2.776 ดังนั้นปฏิเสธ H0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 60 A. จะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 75 A.

http://jeet.siamtechu.net

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{x}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	37.04	37.31	37.59	37.31
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	36.49	38.54	38.61	37.88

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 75 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.7922 < 2.776$ ดังนั้น จึงยอมรับ H0 แสดงว่าเมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 75 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6) ใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เปรียบเทียบผลกระทบต่อความแข็งแรงแนวเชื่อม ที่เกิดจากการเดินแนวเชื่อมแบบตรง กับเดินแนวเชื่อมแบบซิกแซก ปรับใช้กระแสไฟฟ้าเชื่อมที่ 95 A.

	Tensile Strength Test Results (kg/mm²)			
	ชิ้นทดสอบที่ 1	ชิ้นทดสอบที่ 2	ชิ้นทดสอบที่ 3	$\ddot{\bar{x}}$
เดินแนวเชื่อมตรง	37.26	36.85	37.09	37.07
เดินแนวเชื่อมซิกแซก	33.23	37.84	37.63	36.23

โจทย์วิจัย : รูปแบบการเดินแนวเชื่อมที่กระแสไฟเชื่อม 95 A. จะส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมแตกต่างกันอย่างไร

สมมติฐานทางสถิติ :

H0 : $\mu 1 = \mu 2$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2$

คำนวณค่าทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ระดับนัยสำคัญ 0.05 ใช้ Hypothesis testing, t-test แบบ Two ways ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$

ทำการคำนวณทดสอบสมมติฐานทางสถิติแล้วสรุปผล ได้ค่า $t = 0.5571 < 2.776$ ดังนั้น จึงยอมรับ H0 แสดงว่า เมื่อใช้ลวดเชื่อมขนาด Ø2.6 มม. เดินแนวเชื่อมแบบแนวตรงและแบบซิกแซก ที่กระแสไฟเชื่อม 95 A. ไม่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากตารางเปรียบเทียบความแข็งแรงของแนวเชื่อมท่อเหล็กบาง ด้วยการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ขนาดลวดเชื่อม, รูปแบบลักษณะการเดินแนวเชื่อม, และกระแสไฟเชื่อม โดยพิจารณาจากค่าของความทนทานต่อการต้านแรงดึง (Tensile Strength) พบว่า การปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม โดยให้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานตามขนาดลวดเชื่อมนั้น ไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม ส่วนรูปแบบลักษณะการเดินแนวเชื่อมนั้น เทคนิคการเดินแนวเชื่อมทั้งแบบเดินแนวตรง และเดินแนวแบบซิกแซก ไม่ส่งผลกระทบต่อความ

http://jeet.siamtechu.net

แข็งแรงของแนวเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ดังนั้น เราสามารถปรับตั้งค่ากระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมได้ตามย่านที่ระบุไว้ตามมาตรฐานค่ากระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมแบบท่าราบปกติ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในการวิจัยนี้ ใช้ชิ้นงานตัวอย่างค่อนข้างน้อย หากมีการทำวิจัยในเรื่องนี้ต่อไปในอนาคต คณะผู้วิจัยเห็นว่า ควรมีการเพิ่มจำนวนชิ้นงานตัวอย่าง และอาจเพิ่มตัวแปรต่างๆ ให้มากขึ้น เช่น ขนาดของท่อเหล็กอาจมีหลายๆ ขนาด หลายความหนา, Specification ของท่อเหล็ก, ยี่ห้อของลวดเชื่อม, ระยะอาร์คของลวดเชื่อม, ฯลฯ

6.2 ในการเชื่อมชิ้นส่วนตัวอย่างท่อเหล็กบางนั้น ควรทำการเชื่อมโดยผู้เชื่อมคนเดียวกันทุกชิ้น เพื่อลดความแตกต่างของแนวเชื่อม ซึ่งถ้าหากให้หลายคนเชื่อม จะเกิดความแตกต่างของแนวเชื่อมและส่งผลทำให้ความแข็งแรงของแนวเชื่อม มีความแตกต่างกันอย่างมาก อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

6.3 การเชื่อมท่อเหล็กที่มีบางมากนั้น จะต้องลดขนาด Ø ของลวดเชื่อมลงจากขนาดปกติ และใช้เทคนิคการเชื่อมแบบเชื่อม-ยก, เชื่อม-ยก สลับกันอย่างนี้ไปจนเสร็จ เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมมากจนเกินไปจนทำให้ท่อเหล็กหลอมละลายได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมงานวิจัยปี 2565 จากสำนักวิจัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ในการจัดทำงานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้จากประสบการณ์ในการทดลองทำงานจริง, ด้วยความร่วมมือของผู้ร่วมวิจัยอีก 3 ท่าน ที่ได้ร่วมมือกันวิเคราะห์ และปฏิบัติงานวิจัยเชิงทดลองนี้ จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ได้ผลออกมาใช้อ้างอิงสำหรับการพิจารณายึดถือเป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมท่อเหล็กบางได้ต่อไป

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.บังอร เบ็ญจาธิกุล อธิการบดีมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ที่ได้มีนโยบายในการพัฒนาบุคลากรอาจารย์ในมหาวิทยาลัยโดยสนับสนุนอนุมัติงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณาจารย์และนักวิจัยประจำสำนักมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรีทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจ และเกิดประโยชน์ในการนำไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงานเชื่อมท่อเหล็กบางในวงกว้างต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

[1] TM Thermal Mechanics. *การเชื่อมอาร์คโดยใช้อิเลคโตรดหุ้มฟลักซ์.* สืบค้นจาก https://thermal-mech.com/.

[2] *จุดบกพร่องในงานเชื่อม (Defects of Welding),* [Online] Available: https://www.craftskill. co/post/welding-Defects.

[3] สมบูรณ์ เต็งหงส์เจริญ**.** *วิศวกรรมการเชื่อม.* สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ (ศสว.).

[4] เสกศักดิ์ อัศวะวิสิทธิ์. (2550). *การทดสอบแรงดึง.* โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. กรุงเทพฯ.

[5] metalsteelok.com. *เชื่อมเหล็กกล่องบางอย่างไรไม่ให้ทะลุ*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://metalsteelok.com/2021/03/02/เชื่อมเหล็กกล่องบาง/.

[6] University of Phayao (2559, มกราคม 26). *การทดสอบกำลังดึงของรอยเชื่อม.* Manual of Civil Engineering Materials and Testing Laboratory. School of Engineering, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://engineeringmaterialsproject.blogspot.com/2015/12/9.html.

[7] *Tack welding pipe*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา : https://www.wcwelding.com/welding-techniques.html.

[8] *การทดสอบแรงดึงวัสดุโลหะ.* (2013, February). American Society for Testing and Material, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.E8/E8M-11. In Annual book of ASTM standard

http://jeet.siamtechu.net

Vol.03.01 West Conshohocken : ASTM,2012, p.65-91, Tensile Testing, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: http://www.asminternational.org/pdf/spotlights/5106_01.pdf

[9] *Strength of Materials.* [ระบบออนไลน์] Available: https://sites.google.com/site/opasmuongyot2540/

[8] การทดสอบเชิงกล สมบัติเชิงกลและการเพิ่มความแขงแรงของวัสดุ, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://ces.wu.ac.th/news/08/n23379.pdf

[9] การทดสอบแรงดึง (Tensile Testing), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/MY318-6.pdf

[10] Tension Test, [Online] Available: file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/f20090909sukangkanal28.pdf

[11] BHRC Research Weekly, *รู้จักกับความหมายของ ค่านัยสำคัญทางสถิติ (STATISTICAL SIGNIFICANT)*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.bangkokhealth.com/v2/research-weekly-28.html

[12] การหา P-Value, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://m.facebook.com/1812255885675524/posts/1856824494551996/

[13] Walker, H. W. *Degrees of Freedom ทางสถิติ*, Degrees of Freedom, [Online] Available: Journal of Educational Psychology. 31(4), (1940), pp. 253-269.

[14] t-test (การทดสอบที) [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: file:///C:/Users/Administrator/Desktop/tTestText57.pdf

[15] จรัญ จันทลักขณา. 2549. *สถิติการวิเคราะห์และการวางแผนงานวิจัย.* สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[16] สันติชัย ชิวสุทธิศิลป์. 2551. *การหาค่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขบวนการเชื่อมโลหะ.* มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[17] Fabricating Metal Welding "The Business of Metal Manufacturing". (2021, September 14) *What Is Weld Tensile Testing and Why Is It Important?,* [Online] Available: https://www.fabricatingandmetalworking.com/2021/09/what-is-weld-tensile-testing-and-why-is-it-important/

[18] บทความโดย ครูสุริยนต์ ฉิ่งแก้ว. *เครื่องมือการทดสอบความแข็งงานเชื่อมโลหะ*, [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Documents/021-59.pdf

[19] สมบูรณ์ เต็งหงส์เจริญ และ บัณฑิต ใจชื่น. *การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2541.

[20] ซิเกะอากิ ยามาโมโต้. *วิศวกรรมการเชื่อม.* กรุงเทพฯ : ไทยโกเบเวลดิ้ง, ม.ป.ป.

[21] ขจรศักดิ์ ศิริมัย. (2538). *โลหะวิทยางานอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตซินเคท.