



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

การออกแบบการทดลองงานเชื่อมท่อโลหะต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้วยโปรแกรมทางสถิติ  
Experimental design of various types of alloys to analyze factors affecting mechanical  
program in statistics

ธีระ สรรพอาษา<sup>1\*</sup>, กิตติภูมิ ทองคำ<sup>1</sup>, เกียรติศักดิ์ แก้วบริสุทธิ์<sup>1</sup>,  
ชานนท์ มุลวรรณ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

Tea Sanrpa-asa<sup>1\*</sup>, Kittipume Tongkum<sup>1</sup>, Kiatisak Kaeoborlsut<sup>1</sup> and Chanont moolwan<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University  
E-mail: Teera\_s@outlook.co.th<sup>1\*</sup>

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยการออกแบบการทดลองงานเชื่อมท่อโลหะต่างชนิดเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้วยโปรแกรมทางสถิติ กระบวนการเชื่อมใช้การเชื่อมแบบมิก ลวดเชื่อมสแตนเลส Speedarc308 Lsi\*1.2mm กระแสไฟเชื่อม 112A ความเร็วเชื่อม 2 m/s แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม อาร์กอน 80% + คาร์บอนไดออกไซด์ 20 % การทดสอบประกอบด้วยการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ได้ผลบริเวณเนื้อโลหะเดิม (Base Metal) ของเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ประกอบด้วยโครงสร้างออสเทนนิติก และ เดลต้าเฟอร์ไรต์ เหล็กคาร์บอน SS400 ประกอบด้วยโครงสร้าง ของเฟสเฟอร์ไรต์ และ เฟอร์ไลต์ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat-Affected Zone ,HAZ) ของเหล็กกล้าไร้สนิม ประกอบด้วยโครงสร้างออสเทนนิติก เดลต้าเฟอร์ไรต์ และ โครงสร้างเต็นไดรท์ และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat-Affected Zone ,HAZ) ของเหล็กกล้าคาร์บอน ประกอบด้วยโครงสร้าง เต็นไดรท์ เกรนทหายของเฟอร์ไรต์ชนิดเข็ม และเฟอร์ไลต์บางส่วน บริเวณเนื้อรอยเชื่อม (Weld Metal) ประกอบด้วย โครงสร้างเต็นไดรท์ เดลต้าเฟอร์ไรต์ ละเอียตบนพื้นของออสเทนไนท์ การทดสอบความแข็งมาตรฐาน ASTM E384-11 ได้ค่าความแข็งเฉลี่ย 166.23 HV การทดสอบความแข็งแรงดึงและการดัดโค้งมาตรฐาน ASME Section IX ได้ความแข็งแรงดึงเฉลี่ย 262.25 MPa การดัดโค้งพบว่าชิ้นงานไม่สามารถรับแรงดัดโค้งได้ การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ เมื่อกำหนดค่า  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 0.05 พิจารณาอันตรกิริยาจากค่า P-Value Strength ได้เท่ากับ 0.884 และค่าความแข็ง Hardness ได้เท่ากับ 0.227 การทดลองทั้งหมดมีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% ทำให้การทดลองครั้งนี้ไม่มีอิทธิพลต่อผลการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ

**คำสำคัญ:** เหล็กกล้าคาร์บอน SS400 , เหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 , การเชื่อมมิก , โปรแกรมทางสถิติ

#### ABSTRACT

This research is about experiment of welding between different type of metal to analyze the factors that affect the mechanical properties with statistical tools, MIG welding processes, stainless welding wire



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

Speedarc308 Lsi\*1.2 mm, welding electricity 112A, welding speed at 2 m/s, shielding gas Argon 80% + Carbon dioxide 20%. The testing of microstructure has shown that the base metal of stainless metal SUS304 is consisted of austenitic and delta ferrite structure while steel carbon SS400 is consisted of phosphorite and pearlite. The Heat Affected Zone (HAZ) of stainless steel is consisted of austenitic, delta ferrite and dendrite structure. The Heat Affected Zone (HAZ) of steel carbon is consisted of dendrite and rough grain of needle ferrite structure and partial of pearlite. The welded metal area is consisted of dendrite structure, soft grain of delta ferrite. The ASTM E384-11 standard average hardness was 166.23 HV. The ASME Section IX standard average stiffness and edge cutting was 262.25 MPa. It was found that the object could not resist edge cutting. When analyzing with statistical program, given that  $\alpha$  is equal to 0.05, when consider the interaction from P-Value strength will be equal to 0.884 and the hardness is equal to 0.227. From all of the experiment, the confidence interval of the experiment is equal to 95% which made the result of this experiment does not provide any significant effect.

**Keyword:** Carbon steel SS400, Stainless steel SUS304, MIG welding, statistical program.

## 1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมีการนำโลหะหลายชนิดเข้ามาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเพื่อต้องการนำข้อดีของโลหะแต่ละชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุดและทำให้โครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น สามารถรับแรงที่กระทำที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ การนำเอาโครงสร้างที่ประกอบด้วยโลหะต่างชนิดไปใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการเชื่อมเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความแข็งแรง อย่างไรก็ตามการเชื่อมวัสดุต่างชนิดนั้นเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากเนื่องจากวัสดุทั้งสองนั้นมีสมบัติทางกลทางกายภาพและทางเคมีต่างกันทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ขึ้นในเวลาทำการเชื่อม เช่น การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Expansion) ที่แตกต่างกันทำให้ยากลำบากในการควบคุมรูปร่างของชิ้นงาน จุดหลอมเหลว (Melting Temperature) ที่แตกต่างกันทำให้ความสม่ำเสมอในการหลอมละลายและการควบคุมบ่อหลอมเหลวทำได้ยากและการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ทำให้เมื่อรอยต่อวัสดุต่างชนิดเกิดการเย็นตัว (Cooling) เกิด

การถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างเกิดขึ้นในชิ้นงานได้ด้วยเหตุนี้ จึงมีจุดประสงค์ในการประยุกต์การเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมมิก(MIG) โดยมี กระแสไฟ, ความเร็ว ลวดเชื่อม, ก๊าซปกคลุม ในการเชื่อมรอยต่อเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 และ ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงตึง กับปัจจัยที่มีผลต่อแรงกด จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาความถูกต้องของทฤษฎีนี้ด้วยโปรแกรมทางสถิติ [2]

### 1.1 ขอบเขตและวิธีการทดลอง

1) วัสดุที่ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาด กว้าง 6 นิ้ว ยาว 150 mm.หนา 6 mm.

2) ลวดเชื่อมมาตรฐาน AWS A5.9 : ER308 LSI ใช้กระบวนการเชื่อมมิก กระแส DC เชื่อมชิ้นงานทดลอง กระแสเชื่อมให้ คือ 112 A , ความเร็วในการเชื่อม 2 เมตร/นาที ใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม คือ Ar 80% + CO<sub>2</sub> 20%



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

3) การเย็นตัวของชิ้นงานปล่อยให้เย็นตัวในอากาศหลังเชื่อมเสร็จ ตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยสารแทรกซึม

4) ทดสอบค่าแรงดึง (Tension Test) ตามมาตรฐาน ASME Section IX : 2017

5) ทดสอบค่าความแข็ง (Vickers Micro Hardness Testing) ใช้ภาระกด 100 gf.ตามมาตรฐาน ASTM E384-11

6) ทดสอบค่าการดัดโค้ง (Bend Test) ตามมาตรฐาน ASME Section IX : 2017

7) ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Metallurgical Examination) ตามมาตรฐาน ASM Handbook Vol.9-20

8) ใช้โปรแกรมทางสถิติในการคำนวณหาค่าความยอมรับ

## 2.ทฤษฎี

เหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 ที่ใช้ในการทดลอง เป็นเหล็กกล้าชนิด คาร์บอนต่ำใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อโครงสร้างต่าง ๆ ได้ง่าย ใช้ในการก่อสร้างตึกก่อสร้างสะพาน สร้างเรือ หรือใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 ที่ใช้ในการทดลอง เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่ต่ำ ไม่สามารถเพิ่มความแข็งโดยการชุบแข็งได้ มีส่วนผสมทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM A53 ส่วนผสมคาร์บอน(Carbon Max) 0.30, แมงกานีส (Manganese) 1.20, ฟอสฟอรัส (Phosphorus Max) 0.05, กำมะถัน (Sulphur) Max 0.05, ทองแดง (Copper) Max 0.40, นิกเกิล (Nickel) Max 0.40, โครเมียม (Chromium) Max 0.40, โมลิบดีนัม (Molybdenum) Max 0.15, วานาเดียม (Vanadium) Max 0.08 [9]

เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (Austenitic Grade) ที่ใช้กันมากจะผสมโครเมียม ประมาณ 17% (ช่วงของส่วนผสมของ Cr +/-1%) และนิกเกิล (Ni) ประมาณ 9% (ช่วงของส่วนผสม ของ Ni +/-1%) การผสมนิกเกิลทำให้เหล็กกลุ่มนี้ต่างจากกลุ่มเฟอร์ริติก โดยนิกเกิลจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อนและทำให้โครงสร้างจุลภาคเป็นออสเทนไนต์ เหล็กกลุ่มนี้บางเกรดจะผสม โครเมียม และนิกเกิลเพิ่มเพื่อให้สามารถทนต่อการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้สามารถใช้เป็น ส่วนประกอบของเตาหลอม เหล็กกลุ่มออสเทนนิติกนี้จะทนทานต่อการกัดกร่อนดีกว่าเหล็กกลุ่มเฟอร์ริติก ในด้านคุณสมบัติเชิงกล เหล็กกลุ่มออสเทนนิติกจะมีค่าความต้านทานแรงดึงที่จุดคราก (Yield Strength) ใกล้เคียงกับของกลุ่มเฟอร์ริติก แต่จะมีค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) และค่าความยืด (Elongation) สูงกว่าจึงสามารถขึ้นรูปได้ดีมาก [10]

การเชื่อม MIG เป็นขบวนการเชื่อมที่นำมาทดแทนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่สามารถเชื่อมโลหะต่าง ๆ ได้หลายชนิด โดยเฉพาะอลูมิเนียมหนา Metal Inert Gas (MIG) และขบวนการเชื่อม MIG นี้ได้พัฒนาไปอย่างไร้หยุดยั้งทำให้สามารถเชื่อมได้ทั้งชนิดที่ควบคุมการเชื่อมด้วยมือ และด้วยระบบอัตโนมัติ เป็นขบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากการอาร์กกระหว่างลวดเชื่อม (consumable electrode) กับชิ้นงาน สำหรับลวดเชื่อมที่ใช้เป็นลวดเชื่อมเปลือยแข็งที่ส่งป้อนอย่างต่อเนื่องไปยังบริเวณอาร์ก และทำหน้าที่เป็นโลหะเติมลงยังบ่อหลอมละลายอีกด้วย บริเวณบ่อหลอมละลายจะถูกปกคลุมไว้ด้วยแก๊สปกคลุมไม่ให้เกิดการรวมตัวกับอากาศ ซึ่งอาจจะเป็นแก๊สบริสุทธิ์ หรือแก๊สผสมก็ได้ [11]

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล C. Montgomery: Sixth edition กล่าวว่า เพื่อให้ผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นเป็นไปตาม

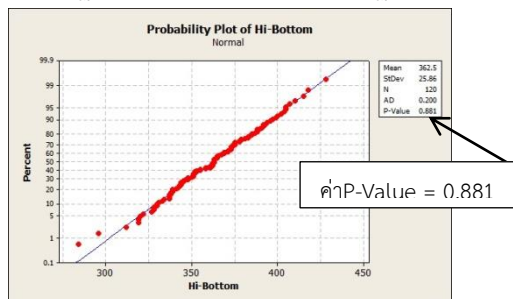


การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
 The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
 วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

วัตถุประสงค์ของการทดลอง เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ข้อสรุปที่ได้มีเหตุผลและความน่าเชื่อถือ การวิเคราะห์ผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นทดสอบ บันทึกผลการทดลอง สถิติที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งต้องใช้ในการวิเคราะห์ ค่าทดสอบของชิ้นงานที่ใช้ในงานวิจัย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิศวกรรม นำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพ ทฤษฎีความเชื่อมั่น ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ คือระดับความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่น [14]

**ค่าระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$  -Alpha)**ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งค่า  $\alpha$  คือค่าความเสี่ยงที่มากที่สุดยอมรับได้ในการปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งที่สมมติฐานเป็นจริง (Type I error) และเป็นค่าความน่าจะเป็นที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ค่า Alpha เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ค่าระดับนัยสำคัญ (Significance level) ค่า  $\alpha$  จะถูกกำหนดขึ้นก่อนการวิเคราะห์และนำมาใช้เปรียบเทียบกับค่า P-Value เพื่อบอกตัดสินใจเรื่องความมีนัยสำคัญ [14]

- 1) ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ค่า  $\alpha$  จะทำการปฏิเสธสมมติฐานและยอมรับสมมติฐานทางเลือก
- 2) ถ้าค่า P-Value มีค่ามากกว่า ค่า  $\alpha$  ให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักหรือต้องยอมรับสมมติฐานหลัก



ภาพที่ 1 แสดงค่า P-Value ที่มีค่ามากกว่า 0.05 [14]

ค่า  $\alpha$  ทั่วไปจะใช้เท่ากับ 0.05 ในค่าระดับนี้ไม่ได้หมายถึงว่าโอกาสในการพบว่าคุณสมบัติสำคัญนั้นจะมีเพียง 5% เท่านั้น ดังนั้นค่า Alpha ยิ่งน้อย ยิ่งทำให้

โอกาสในการเกิดความผิดพลาดในการปฏิเสธสมมติฐานหลักนั้นน้อยลงไปด้วย แต่ว่าค่า Alpha ยิ่งน้อย ยิ่งทำให้โอกาสในการตรวจเจอปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนองนั้นน้อยลง อำนาจแห่งการตรวจสอบ (Power) น้อยลง

### 3.ผลการทดลอง

ผลการทดลองสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 เกรด (Austenitic) มีผลดังนี้

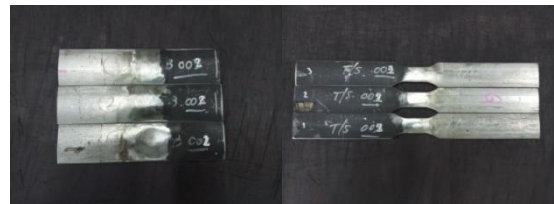
3.1 การตรวจสอบแนวเชื่อมโดยการทำความสะอาดแนว แล้วเชื่อมพ่นน้ำยาแทรกซึม SKD-S2 ที่แนวเชื่อม และใช้น้ำยาแรงปฏิกิริยา SK- SP2 ที่แนวเชื่อม แล้วใช้สายตาตรวจสอบว่ามีสารแทรกซึมสีแดงซึมออกมาจากแนวเชื่อมหรือไม่



ภาพที่ 2 การตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยสารแทรกซึม

3.2 ชิ้นงานทดสอบการทดสอบแรงดึงและการตัดโค้ง

นำชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมไปทำการ Milling ให้ได้ขนาดตามมาตรฐาน ASME IX: 2017 โดยชิ้นงานจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 ขนาด คือขนาดการทดสอบการตัดโค้ง และขนาดการทดสอบแรงดึง



ภาพที่ 3 ชิ้นงานเตรียมการทดสอบ

1) ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงดึง

Item	1	2	3	4	5	6	7
Load(kN)	33.38	25.69	27.30	38.14	23.53	31.30	42.07
Strength	273.2	219.9	229.7	315.6	189.3	264.6	343.1

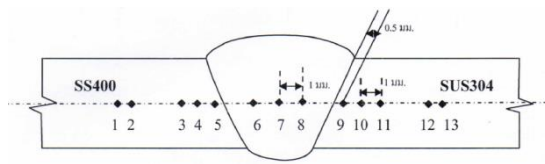


การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
 The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
 วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

2) ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการตัดโค้ง

Item	1	2	3
Test No.	Face Bend	Face Bend	Face Bend
Inclination	Broken	Broken	Broken

3) การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์(HV5)ของเหล็กSS400+SUS304หนา6mm อุณหภูมิทดสอบ 22.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60% ตามมาตรฐาน ASTM E384-11



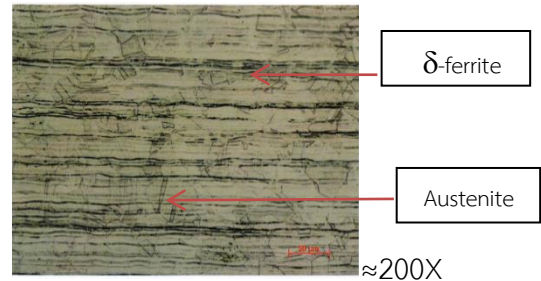
ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ (HV5)ของเหล็กSS400+SUS304หนา 6mm

ตารางที่ 3 แสดงค่าแรงกดแบบวิกเวอร์(HV)ของแต่ละตำแหน่ง

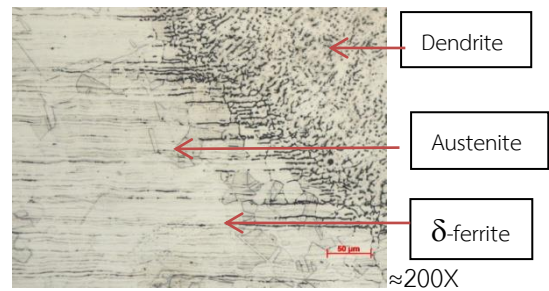
Item	1	2	3	4	5	6	7
ผล	142	140	147	150	172	158	156
Item	8	9	10	11	12	13	
ผล	155	169	175	185	206	206	

4) การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

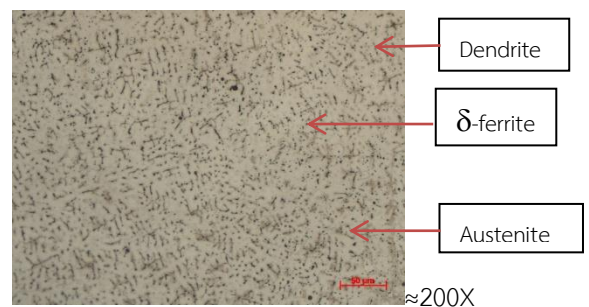
การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Metallurgical Examination) ตามมาตรฐาน ASM Handbook Vol.9-2004 ผลการทดลองสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิมSUS304 เกรด (Austenitic) มีผลดังนี้



ภาพที่ 4 แสดงบริเวณโลหะพื้นของSUS304 ประกอบด้วยโครงสร้างออสเทนไนต์(Austenite) และ เดลต้าเฟอร์ไรต์ ( $\delta$ -ferrite)เส้นดำในแนวแถบการแยกตัว



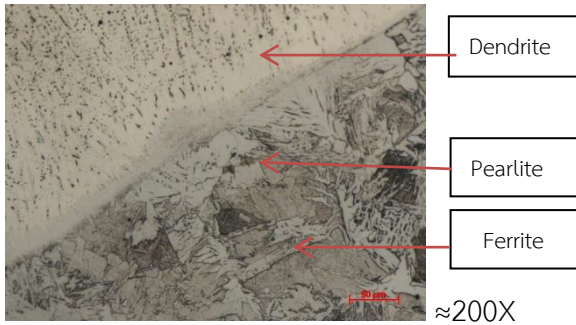
ภาพที่ 5 บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนSUS304 ประกอบด้วยเกรนหยาบของออสเทนไนต์(Austenite) เดลต้าเฟอร์ไรต์ ( $\delta$ -ferrite) บางส่วน และโครงสร้างเดนไดรต์ (Dendrite)



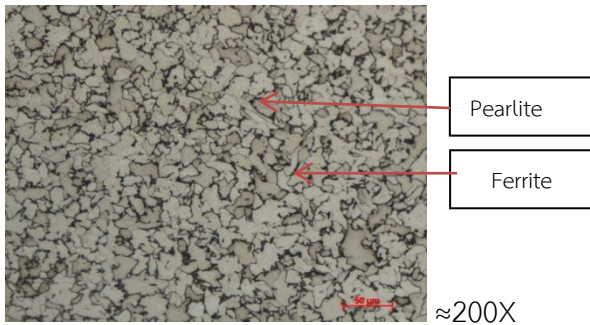
ภาพที่ 6 บริเวณเนื้อลวดเชื่อม ประกอบด้วยโครงสร้างเดนไดรต์ (Dendrite)เดลต้าเฟอร์ไรต์( $\delta$ -ferrite)ละเอียดบนพื้นของออสเทนไนท์ (Austenite)



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
 The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
 วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

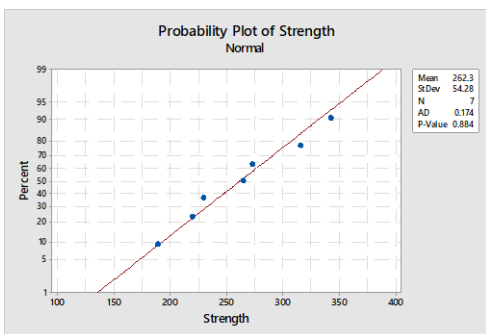


ภาพที่ 7 บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนSS400  
 โครงสร้างเต็นไดรท์(Dendrite)เกรนหยาบของเฟอร์ไรต์ชนิดเซ็น(Acicular ferrite)และเพิร์ลไลต์ (Pearlite)บางส่วน



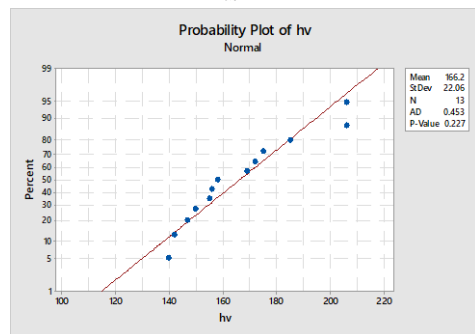
ภาพที่ 8 บริเวณโลหะพื้นของSS400  
 แสดงเกรนหลายขนาดของเฟอร์ไรต์ (Ferrite) และเพิร์ลไลต์ (Pearlite) เล็กน้อย

5) การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Strength และค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers HV5) ของรอยเชื่อมด้วยวิธีการทางสถิติโดยโปรแกรมทางสถิติ มีผลดังนี้



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลพิจารณา Normal Probability Plot of the Strength

พิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลเป็นเส้นตรง เนื่องจากข้อมูลมีน้อยกว่า 30 ตัว จึงพิจารณา Normal Probability Plot of the Strength ภาพที่ 9 จะเห็นว่าข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีบางจุดกระจายตัวออกนอกเส้นทำให้ไม่มั่นใจในการกระจายของข้อมูล จากข้อกำหนด Alpha  $\alpha = 0.05$  จากกราฟได้ค่าเบี่ยงเบน P-Value = 0.884 ค่า standard deviation = 54.2788 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  แต่เมื่อเปรียบเทียบกับภาพ 1 และข้อมูลข้างต้นของค่าความเชื่อมนั้นทำให้สามารถยอมรับในการทดลองนี้ได้ เนื่องจากข้อมูลผลการทดสอบ และความเชื่อมั่นอยู่ในรูปที่ 95% ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธผลการทดลองนี้ได้



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลพิจารณา Normal Probability Plot of the HV

พิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลเป็นเส้นตรง เนื่องจากข้อมูลมีน้อยกว่า 30 ตัว จึงพิจารณาจาก Normal Probability Plot of the HV จากภาพที่ 10 จะเห็นว่าข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีบางจุดกระจายตัวออกนอกเส้นทำให้ไม่มั่นใจในการกระจายของข้อมูล จากข้อกำหนด Alpha  $\alpha = 0.05$  จากกราฟได้ค่าเบี่ยงเบน P-Value = 0.227 ค่า standard deviation = 22.0611 N = 13 ทำให้มีข้อมูลสนับสนุนได้ว่าข้อมูลมี



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

การกระจายตัวเป็นแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  แต่เมื่อเปรียบเทียบจากภาพ 4-18 และข้อมูลข้างต้นของค่าความเชื่อมั่นนั้นทำให้สามารถยอมรับในการทดลองนี้ได้ เนื่องจากข้อมูลผลการทดสอบ และความเชื่อมั่นอยู่ในรูปที่ 0.95% ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธผลการทดลองนี้ได้

#### 4.สรุปผลการทดสอบ

##### 1) ผลการตรวจสอบรอยเชื่อม

จากการตรวจสอบแนวเชื่อมด้วยสารแทรกซึมไม่พบรอยบ่งชี้ใดๆ ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐานการตรวจสอบของรอยเชื่อม

##### 2) ผลการทดสอบเชิงกล

- ผลการทดสอบพบว่าชิ้นงานที่ทำการทดสอบนั้นแตกหัก (Broken) ทั้งหมด จึงสรุปได้ว่าชิ้นงานที่ทำการทดสอบนั้นไม่สามารถรับแรงดัดโค้งได้
  - ผลการทดสอบความแข็งมีค่าความแข็งสูงสุดพบที่บริเวณ SUS304 เนื่องจากเป็นบริเวณที่ไม่ได้รับความร้อนทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างมีค่าความแข็งเฉลี่ยทั้งหมด 166.23 HV
  - ผลการทดสอบความแข็งแรง มีค่าความแข็งเฉลี่ย 262.25 MPa บริเวณที่เกิดการขาดคือส่วนได้รับความร้อน(HAZ)ด้านSS400 เพราะมีความแข็งแรงต่ำและไม่เกิดการซึมลึกของเนื้อลวดเชื่อมจึงทำให้เกิดการฉีกขาดบริเวณดังกล่าว พิจารณาจากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค
- ##### 3) ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ
- การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Normal Sample t Test เมื่อกำหนดให้  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 0.05 พิจารณาอันตรายจากค่า P-Value ของค่า Strength เท่ากับ 0.884 และค่าความแข็ง Vickers HV5 เท่ากับ 0.227 ทำให้สรุป

ได้ว่าอันตรายกิริยา ไม่มีผลต่อการทดลอง และจำนวนการทดลองทั้งหมดมีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 95% ทำให้สรุปได้ว่าการทดลองครั้งนี้ไม่มีอิทธิพลต่อผลการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ

4) จากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริง และสามารถนำไปประยุกต์การใช้งานกับวัสดุอื่นได้

#### 5.กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาเอื้อเฟื้อจากบุคคลต่าง ๆ ในการให้ข้อมูล และอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำปรึกษาในทุก ๆ ด้านจนผลงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผศ. ชานนท์ มุลวรรณ และ ผศ. ดร.ประยูร สุรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ช่วยให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษาในการจัดทำโครงการ ช่วยเสนอแนะแนวทาง แนวคิดและแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอดจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

#### 6.เอกสารอ้างอิง

- [1] ญัฐกฤต แสงสว่าง และคณะ. คุณภาพงานเชื่อมความต้านทานแบบจุดของเหล็กกล้าปิวไนซ์กับอลูมิเนียมเกรด 5052 และเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304
- [2] พ.อ.อ.ศักดิ์ชัย จันทศรี และคณะ. การเชื่อมแก๊สปกคลุมรอยต่อเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าไร้สนิมใน งานโครงสร้างอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล
- [3] นางสาว อภินันท์ แต่ตระกูล. การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมทิก : กรณีศึกษาชิ้นส่วนเครื่องบิน



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

- [4] อุดุลย์ จิตรอารี. การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดขึ้นส่วนพลาสติก เอบีเอส
- [5] อนุสิทธิ์ อ่ำไพบูลย์. พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเชื่อมแบบแม่เหล็กสำหรับเหล็ก เอสที 37
- [6] ภูเมศวร์ แสงระยับ และคณะ. การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการเล่นประสานด้วยความต้านทานที่มีต่อความแข็งของรอยต่อระหว่างแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม 316L
- [7] ชลธิชา จำรัสพร บริษัท โซลูชั่น เซ็นเตอร์ จำกัด. การใช้งานโปรแกรมทางสถิติเบื้องต้น
- [8] ผศ.ดร.ประภาศ เมืองจันทร์บุรี. อิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติทางโลหะและสมบัติทางกลในการเชื่อมอะลูมิเนียมผสม A356 ซึ่งหล่อโดยเทคโนโลยีการหล่อกิ่งของแข็งด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานแบบ กวน
- [9] คุณสมบัติเหล็กคาร์บอน ASTM A53. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://th.shewesteelpipe.com/carbon-steel-pipe/astm-a53-steel-pipe.html>
- [10] คุณสมบัติเหล็กกล้าไร้สนิม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/>
- [11] กระบวนการเชื่อมมิก. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.jasicthailand.com/th98-mig/>
- [12] การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะแบบไม่ทำลาย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.dacon-inspection.com/th/services/inspection-services/conventional-ndt/penetrant-testing/>
- [13] Welding and Brazing Qualification, ASME Section IX.
- [14] การวิเคราะห์ผล Minitab. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก [http://ie.eng.cmu.ac.th/IE2014/elearnings/2015\\_01/183/Minitab.pdf](http://ie.eng.cmu.ac.th/IE2014/elearnings/2015_01/183/Minitab.pdf)
- [15] ความรู้เกี่ยวกับโลหะในทางทฤษฎี ทั้งโลหะที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็กโลหะที่เป็นเหล็กที่จะกล่าวก็คือเหล็ก และเหล็กกล้าโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น อลูมิเนียม ทองแดง แมกนีเซียม ฯลฯ [www.thummech.com](http://www.thummech.com)