

อิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมในการเชื่อมมิกต่อสมบัติรอยต่อ ระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS 400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 Effect of Current on MIG Welding Parameters on Joint Properties of Between SS400 Carbon Steel and 430 Stainless Steel

สุวัฒน์ ภูเภา^{1*} และอดิสร ปลิยนดิษฐ์²
Suwat Phoopao^{1*} and Adisorn Pliandist²

^{1,2}สาขาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2 ชัยนาท 17000

^{1,2}Mold and Die Technology Department, Chainat Technical College, Institute of Vocational
Education Central Region 2, Chainat 17000

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมในการเชื่อมมิกต่อสมบัติรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS 400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 โดยใช้กระแสเชื่อม 4 ระดับ คือ 90, 100, 110 และ 120 A ผลการทดลองจากการตรวจสอบมหภาคทุกกระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม 400 มม./นาที แก๊สปกคลุม Ar80% + CO₂20% ที่กระแส 110 A จะให้แนวเชื่อมที่มีลักษณะการซึมลึกดี ผิวรอยเชื่อมเป็นเกร็ดสวยงาม เหมาะสมต่อการเชื่อมที่สุด การเชื่อมด้วยกระแส 100 – 120 A แนวเชื่อม มีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นทดสอบเหล็ก SS400 เนื่องจากจุดขาดของชิ้นทดสอบแรงดึงไม่ได้ขาดที่บริเวณรอยเชื่อม แต่ขาดบริเวณขอบพื้นที่กระแทกร้อน (HAZ) บนเนื้อเหล็ก SS 400 โดยที่กระแส 110 A อิทธิพลของความร้อนส่งผลต่อโครงสร้างของชิ้นงานทำให้ได้ค่ารับแรงดึงสูงสุดที่ 448 MP ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ตัวแปรการเชื่อมดังกล่าวส่งผลต่อการหลอมละลาย และการถ่ายโอนน้ำโลหะระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานโดยกระแสไฟช่วยให้การอาร์กมีความสมบูรณ์ กระแสไฟต่ำส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม เนื่องจากการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ทำให้การขาดของชิ้นงานทดสอบแรงดึงจะขาดตรงบริเวณขอบแนวเชื่อมและให้ค่ารับแรงดึงต่ำสุดไม่จะขาดตรงบริเวณขอบแนวเชื่อมและให้ค่ารับแรงดึงต่ำสุดไม่เหมาะกับการเชื่อมทุกกระแสไฟเชื่อมจะให้ค่าความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกันโดยพบว่าบริเวณแนวเชื่อมจะให้ค่าความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น และค่าความแข็งแรงบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 การเชื่อมทุกกระแสไฟเชื่อมจะให้ ค่าความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกันโดยพบว่าบริเวณแนวเชื่อมจะให้ค่าความแข็งแรง

มากกว่าบริเวณอื่น และค่าความแข็งแรงบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 มีค่าความแข็งแรงมากกว่าบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน SS 400 และความแข็งแรงใกล้เคียงกับแนวเชื่อม โดยค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ได้มากที่สุดอยู่ที่ 309

คำสำคัญ : การเชื่อมมิก, เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าไร้สนิมกระแสไฟเชื่อม, รอยต่อ

Abstract

This article aimed to study the influence of current on MIG welding on the joint property between SS400 carbon steel and 430 grade stainless steel using four welding currents were; 90, 100, 110 and 120 A

The experimental results found that every macro welding current with welding speed 400 mm/min. gas cover Ar80% + CO₂20% at current 110 A. A weld excellent penetration, the surface ware was a good weld and suitable for most welding. Welding with current 100 - 120 A. was stronger than SS400 steel test pieces because the lack of tensile test pieces were not missing at the weld area. However, there was a lack of hot zone (HAZ) on SS400 steel. The effect at 110 A of heat on the structure of the work resulted in a maximum tensile strength of 448 MP. From the study, it was found that the welding parameters have an effect on the melting and metal water transfer between the welding wire and the work

*สุวัฒน์ ภูเภา

E-mail : Suwat18868@Hotmail.com

piece by electric current helps to complete the arc. Low current affects the welding strength of the weld. Due to incomplete melting, the lack of tensile test specimens were absent at the welding edge and low tensile strength were not suitable for welding. All welding currents gave similar hardness values. It was found that the welding area gave more hardness than other areas. The HAZ hardness of the AISI 430 specimens was higher than the HAZ of the SS 400 specimen and the hardness was similar to the welding. The maximum weld hardness is 309 HV.

Keywords : MIG Welding, Carbon Steel, Stainless Steel, Current Joint

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันมีการนำโลหะหลายชนิดเข้ามาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเพื่อต้องการนำข้อดีของโลหะแต่ละชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และทำให้โครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น สามารถรับแรงที่กระทำที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (Branes, T.A. and Pashyby, I.R. , 2002) การนำเอาโครงสร้างที่ประกอบด้วยโลหะต่างชนิดไปใช้งานจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความแข็งแรง การเชื่อมต่อโลหะต่างชนิดสามารถทำได้ด้วยวิธีการหลายรูปแบบ เช่น การเชื่อมด้วยวิธีทางกล (Mechanical joining) การติดยึดด้วยกาว (Adhesive) หรือการเชื่อม (Welding) เป็นต้น อย่างไรก็ตามในงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปโดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์พบว่า การเชื่อมเป็นวิธีการที่มีความนิยมนำมาใช้ในการติดยึดวัสดุต่างชนิดมากที่สุด โดยวิธีการเชื่อมที่มีปริมาณการใช้ (Resistance spot welding) การเชื่อมทิก (Tungsten Inert Gas) หรือการเชื่อมมิก (Metal Inert Gas) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเชื่อมวัสดุต่างชนิดนั้นเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากเนื่องจากวัสดุทั้งสองนั้นมีสมบัติทางกลทางกายภาพ และทางเคมีที่ต่างกันส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ขึ้นในเวลาทำการเชื่อม เช่น การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal expansion) ที่แตกต่างกันทำให้ยากลำบาก ในการควบคุมรูปร่างของชิ้นงานจุดหลอมเหลว (Melting temperature) ที่แตกต่างกันทำให้ความสม่ำเสมอในการหลอมละลายและการควบคุมบ่อหลอมเหลวทำได้ยาก และการนำความร้อน (Thermal conductivity) ทำให้เมื่อรอยต่อวัสดุต่างชนิดเกิดการเย็นตัว

(Cooling) ลงสู่อุณหภูมิห้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างทำให้เกิดการแตกร้าวเนื่องจากความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานได้ ด้วยเหตุนี้การเลือกวิธีการเชื่อมจึงต้องพิจารณาด้วยความละเอียดเพิ่มขึ้น ในอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทย เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลมีการนำวัสดุต่างชนิดเข้ามาใช้งานเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดราคาค่าใช้จ่าย และเหตุผลทางด้านการออกแบบทางวิศวกรรมหนึ่งในรอยต่อของวัสดุต่างชนิดที่นิยมใช้ คือ รอยต่อระหว่างเหล็กโครงสร้างและเหล็กกล้าไร้สนิม เนื่องจากการความสามารถในการป้องกันการเกิดการกัดกร่อนของโลหะที่ใช้เมื่อสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล แต่หากจะใช้ทุกชิ้นส่วนเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งหมดโดยเฉพาะบริเวณโครงสร้างอาจเกิดความไม่เหมาะสมในการออกแบบได้

การเชื่อมรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าไร้สนิมในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลอาจแบ่งออกได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shielded metal arc welding : SMAW) และการเชื่อมการเชื่อมอาร์กโลหะก๊าซคลุม (Gas metal arc welding : GMAW) แต่เนื่องจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์นั้น มีกระบวนการเชื่อมที่ยุ่งยากกว่า ด้วยเหตุนี้การเชื่อมอาร์กโลหะก๊าซคลุมจึงมีความนิยมนำมาใช้งานมากกว่าการเชื่อมอาร์กโลหะก๊าซคลุมเป็นหนึ่งในกรรมวิธีการเชื่อมที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นที่มีลักษณะเด่น คือ ถูกนำมาใช้แทนกรรมวิธีการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ซึ่งสามารถทำการเชื่อมได้รวดเร็วและต่อเนื่องประหยัดเวลาในการทำ ความสะอาดเพราะไม่มีสแลก (Slag) ปกคลุมแนวเชื่อม และเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีคุณภาพสูง (ยงยุทธ ดุลยกุล, นกิสพร มิ่งมงคล และประภาส เหมืองจันทร์บุรี, 2551) นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะแนวเชื่อมมีความแข็งแรง เกิดข้อบกพร่องในแนวเชื่อมน้อย เมื่อใช้กระบวนการเชื่อมนี้แล้วมีผลต่อสมบัติของชิ้นงาน ต่อรอย และโครงสร้างของแนวเชื่อม (Brandon, D. and Kaplan, W.D. , 1997).

อย่างไรก็ตามการศึกษาลักษณะเกี่ยวกับตัวแปรการเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติของโลหะเชื่อมของรอยต่อระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลนั้นมีผลการทดลองที่ผ่านการนำเสนอในปริมาณน้อยมาก ด้วยเหตุนี้หากมีการศึกษาเพื่อหาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อสมบัติโลหะเชื่อมจะทำให้เกิดประโยชน์ต่องานอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคตได้เป็นอย่างดี คณะผู้วิจัยจึงมีจุดประสงค์ในการประยุกต์การเชื่อมด้วยลวดเชื่อม

หุ้มฟลักซ์ในการเชื่อมรอยต่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 และทำการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 ศึกษาอิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมในการเชื่อมมิกที่เกิดต่อโครงสร้างทางโลหะวิทยาบริเวณแนวเชื่อมพื้นที่กระพร้อนของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก AISI430

2.2 ศึกษาอิทธิพลของกระแสไฟเชื่อม การเชื่อมมิกต่อสมบัติทางกล ด้านค่าการรับ แรงดึง และค่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อมพื้นที่กระพร้อนของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก AISI430

3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 อิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมส่งผลต่อโครงสร้างทางโลหะวิทยาบริเวณแนวเชื่อม และพื้นที่กระพร้อนของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก AISI430

3.2 อิทธิพลของกระแสไฟเชื่อมมีผลต่อสมบัติทางกล ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงในการรับแรงดึง และค่าความแข็งแรงของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก AISI430

3.3 เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเพราะผลการวิจัยเป็นข้อมูลในการเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดในการเชื่อมประสานเหล็กต่างชนิดต่างเกรด

3.4 เป็นความรู้ใหม่ที่จะช่วยในการพัฒนาการเชื่อมและเป็นข้อมูลในการวิจัยต่อไป

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

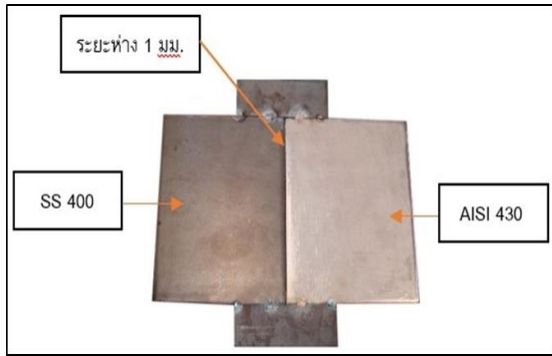


5. วิธีการดำเนินการวิจัย

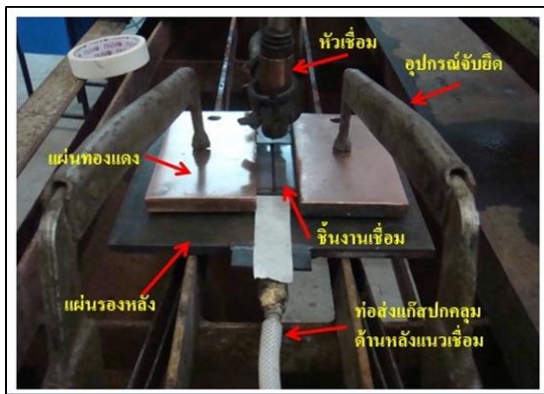
การทดลองครั้งนี้ได้กำหนดกระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม 4 ระดับ คือ 90, 100, 110 และ 120 A ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 400 มม. ต่อนาที แก๊สปกคลุม Ar80% + CO220% โดยใช้อัตราการใช้ของแก๊สปกคลุมที่ 12 ลิตร/นาที่ และใช้แก๊สชนิดด้านหลังแนวเชื่อมที่อัตรา 5 ลิตร/นาที่ ตัวแปรในการทดลองเหล่านี้จะมีผลโดยตรงต่อวัสดุ และสมบัติของแนวเชื่อมค่ากระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกันส่งผลต่อการหลอมละลาย และการซึมลึกของแนวเชื่อม ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมมีผลต่อลักษณะของแนวเชื่อมและอัตราการเติมเนื้อโลหะสู่บ่อหลอมละลาย และแก๊สปกคลุมแนวเชื่อมมีผลต่อการอาร์กต่อสมบัติของรอยเชื่อม

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาจะใช้โลหะ 2 ชนิด คือ เหล็กกล้าคาร์บอน เกรด SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิม เฟอร์ริติก AISI 430 ความหนา 3 มิลลิเมตร โดยนำวัสดุทั้งสองชนิดมาตัดให้ได้ชิ้นงานทดสอบ ที่มีขนาดเท่ากัน คือ 65 x 80 x 3 มม. ทำการบากหน้างานให้ได้ตามมาตรฐาน AWS D1.1 D1.1 M:2600 เมื่อบากหน้างานเรียบร้อยแล้วชิ้นงานเชื่อมยึดบริเวณหัวท้ายของรอยต่อด้วยแผ่นยึดที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ กว้าง 20 มม. ยาว 50 มม. หนา 3 มม. แสดงดังภาพที่ 1 ลวดเชื่อมสำหรับเชื่อมชนิดลวดเปลือยตัน เป็นลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 ตามมาตรฐาน AWS A 5.9 : ER430 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มม. ความเร็วในการป้อนตามค่าพารามิเตอร์การเชื่อม

กระบวนการเชื่อมที่ใช้ในการทดลองคือการเชื่อมแบบแก๊สปกคลุม (GMAW : Gas Metal Arc Welding) โดยใช้เครื่องเชื่อมมิก (MIG) แบบแรงดันคงที่ วัฏจักร การทำงาน 100 % ขนาด 300 แอมแปร์ ลักษณะในการเชื่อมเป็นแบบต่อเนื่อง โดยประยุกต์เอาหัวเชื่อมมิกประกอบติดตั้งเข้ากับเครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงเพื่อให้การเชื่อมเป็นแบบอัตโนมัติ ปรับแต่งเครื่องเชื่อม และองศาของหัวเชื่อมตามค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด วางชิ้นงานเชื่อมในตำแหน่งท่าราบ ใช้แผ่นทองแดงวางประกบชิ้นงานด้านบน จับยึดให้แน่นด้วยอุปกรณ์จับยึด แสดงดังภาพที่ 2 แล้วทำการเชื่อมเดินแนวชิ้นงานด้วยเทคนิคการเดินลวดเชื่อมแบบแบ็คแอนด์ฟอรัว ตามตัวแปรที่กำหนดให้ครบ ทุกตัวแปร และเพื่อให้ผลการทดลองมีระเบียบแบบแผนผลออกมาเป็นที่น่าสนใจ จึงสามารถทดลองทำซ้ำ และนำชิ้นงานไปทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าที่ถูกต้อง

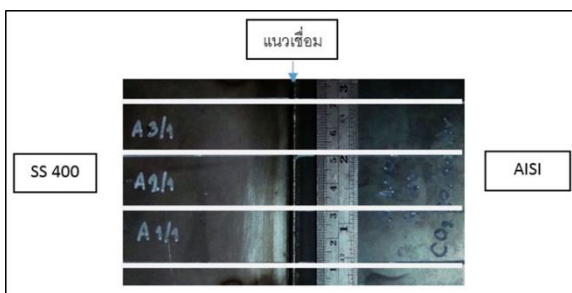


ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการเชื่อมยึดหัวท้ายชิ้นงาน



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการจับยึดชิ้นงานเชื่อม

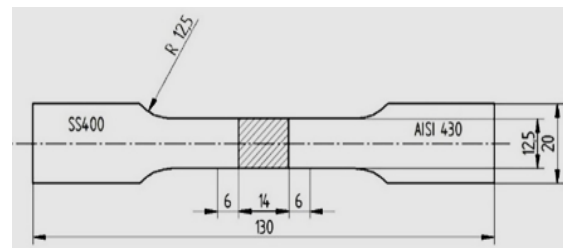
การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาโดยใช้กล้องไมโครสโคปกำลังขยายสูง การสังเกตรูปร่างเม็ดเกรนเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างและโครงสร้างจุลภาคใช้เครื่องจักรกลช่วยในการเตรียมชิ้นงานทดสอบ อุปกรณ์ทดสอบทางโลหะวิทยา ตามมาตรฐานการใช้งานทดสอบ โดยมีอุปกรณ์ทดสอบ โครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาค โดยนำชิ้นงานเชื่อมมาตัดเป็นชิ้นตามมาตรฐาน DIN 50351 แสดงดังภาพที่ 3 โดยแบ่งชิ้นงานออกเป็น 5 ชิ้น ตัดชิ้นหัวท้ายที่จะเหลือ 3 ชิ้น 2 ชิ้นขอบนำไปทดสอบแรงดึง ชิ้นตรงกลางนำไปตรวจสอบโครงสร้างมหภาค จุลภาค และทดสอบความแข็ง



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการตัดชิ้นงานทดสอบ

ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการตรวจสอบโครงสร้างหลังจากนำชิ้นงานเชื่อมมาเลื่อยให้ได้ตามมาตรฐานแล้ว นำชิ้นที่จะใช้ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคมาทำมาส์ตังโดยการนำเรซิน หรือพลาสติกมาหล่อทับชิ้นงานเพื่อใช้จับยึดในการตัด จากนั้นนำชิ้นงานเข้าเครื่องขัดเรียงขนาดตามความหยาบของกระดาษทราย ก่อนนำไปกัดกรด และนำไปส่องดูโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องไมโครสโคปกำลังขยายปรับให้ได้ขนาดที่สามารถเห็นเม็ดเกรนได้อย่างชัดเจน

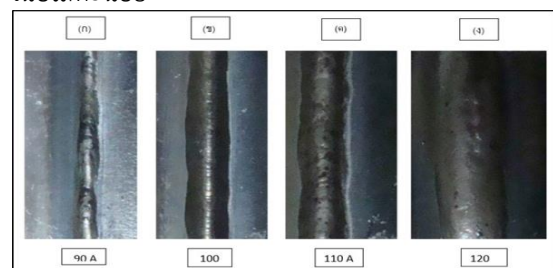
การทดสอบทางกลในการทดลองนี้ได้กำหนดการทดสอบทางกล 2 อย่าง คือ การทดสอบความแข็ง ใช้การทดสอบแบบวิกเกอร์ (Vickers Hardness Test) โดยชิ้นงานที่ใช้ทดสอบความแข็งจะใช้ชิ้นงานอันเดียวกันกับชิ้นงานที่ใช้ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค และการทดสอบแรงดึง หาค่าแรงดึงสูงสุด การทดสอบชิ้นงานที่ใช้ตามมาตรฐานการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานภาคตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะชิ้นงานทดสอบแรงดึง

6. ผลการวิจัย

การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาได้ทำการตรวจสอบสองแบบคือแบบมหภาค กับแบบจุลภาค โดยการตรวจสอบแบบมหภาค พบว่ากระแสเชื่อมที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะของแนวเชื่อม ทั้งขนาดความโต ระยะการซึมลึก ความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม โดยที่กระแสไฟ 90 A แนวเชื่อมเล็กนูน การหลอมละลายต่ำ มีการซึมลึกไม่สมบูรณ์ลักษณะการซึมลึกน้อย รอยซึมลึกแคบ ดังภาพที่ 5 (ก) การอาร์กในการเชื่อมต่ำอัตราการเติมเนื้อโลหะน้อย



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการซึมลึกของแนวเชื่อม

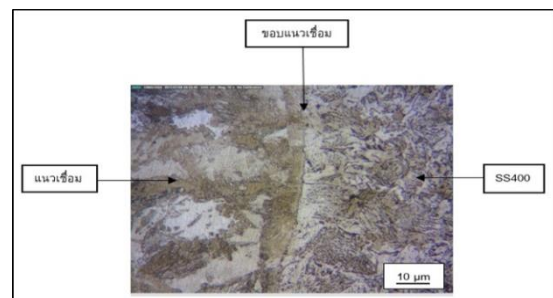
ควบคุมการหลอมละลายยาก เพราะกระแสต่ำซึ่งแตกต่างจากรอยซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟขนาดอื่นในภาพที่ 5 (ข) ที่กระแสไฟ 100 A ลักษณะการซึมลึกสมบูรณ์ความนูนของแนวเชื่อมไม่นูนเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด การหลอมละลายที่ขอบงานเป็นไปในลักษณะที่สวยงามไม่มีรอยกัดแหว่งในการเชื่อมสามารถควบคุมการเชื่อมได้ง่ายในภาพที่ 5 (ค) กระแสไฟ 110 A ลักษณะรอยเชื่อมและการซึมลึกสมบูรณ์การหลอมละลายระหว่างชิ้นงานกับลวดเชื่อมเป็นไปอย่างสมบูรณ์อัตราการผลิตดี ควบคุมการหลอมละลายง่าย ไม่มีรอยกัดแหว่งที่ขอบรอยเชื่อมเมื่อเปรียบเทียบกับกระแส 100 A มีความใกล้เคียงกันของแนวเชื่อมในภาพที่ 5 (ง) ที่กระแสไฟ 120 A ลักษณะรอยเชื่อมและการซึมลึกมากขึ้นไป การหลอมละลายสูงอัตราการเพิ่มลวดสูงการเชื่อมทำได้ยากไม่สามารถควบคุมการอาร์กและการเติมเนื้อโลหะได้อย่างสมบูรณ์อันเนื่องมาจากอัตราความเร็วและปริมาณกระแสไฟไม่สัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการทะลุบนผิวงาน และเกิดแอ่งบน ผิวรอยเชื่อมเพราะปริมาณความร้อนของกระแสไฟสูงเกินไป การซึมลึกของแนวเชื่อมมีลักษณะรอยซึมลึกมากเกิดการกองรวมตัวของลวดเชื่อมทำให้รอยซึมลึกใหญ่และมีรอยกัดแหว่งที่ขอบของ แนวเชื่อมเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของแนวเชื่อมและการซึมลึกของภาพที่ 5 (ข) และ (ค) พบว่ามีลักษณะที่เหมาะสมและมีความใกล้เคียงของแนวเชื่อม ส่วนภาพที่ 5 (ก) และ (ข) จะเห็นว่าแนวเชื่อมหลอมละลายไม่สมบูรณ์เพราะกระแสไฟต่ำเกินไปและสูงเกินไปตามลำดับ จากลักษณะรอยซึมลึกของแนวเชื่อมตลอดแนวทุกระดับกระแสไฟพบว่าลักษณะผิวและการซึมลึกที่ระดับกระแส 100 A และ 110 A มีความสมบูรณ์ที่สุดทำให้สรุปได้ว่าที่กระแสไฟทั้งสองมีความเหมาะสมในการเชื่อม

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของแนวเชื่อมบริเวณกระแทก (HAZ) พบว่า มีความแตกต่างของเม็ดเกรนในบริเวณแนวเชื่อมเมื่อเทียบกับกระแสไฟแต่ละระดับพบว่ากระแส 90 A ซึ่งให้ค่ารับแรงดึงต่ำสุดและชิ้นงานทดสอบแรงดึงขาดบริเวณขอบแนวเชื่อมฝั่ง AISI 430 พบว่าแนวเชื่อมมีลักษณะของเม็ดเกรนเป็นแบบเดนไดรฟ์ซึ่งเมื่อนำโครงสร้างของแนวเชื่อมเทียบกับโครงสร้างบริเวณกระแทกของเหล็ก SS 400 และ AISI 430 พบว่าลักษณะโครงสร้างแนวเชื่อมมีความหยาบมากกว่าโครงสร้างพื้นที่กระแทกของชิ้นงานทั้งสองชนิดเมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นที่กระแทกทั้งสองฝั่งพบว่าลักษณะเม็ดเกรน ฝั่งชิ้นงาน AISI 430 มีความหยาบมากกว่าฝั่งชิ้นงาน SS400 โดยเมื่อพิจารณาขอบของรอยเชื่อมที่ขาดเมื่อนำไปทดสอบแรงดึงพบว่าเม็ดเกรนของแนวเชื่อมกับชิ้นงานแยกกันอยู่อย่างอิสระอันเนื่องมาจากกระแสไฟ

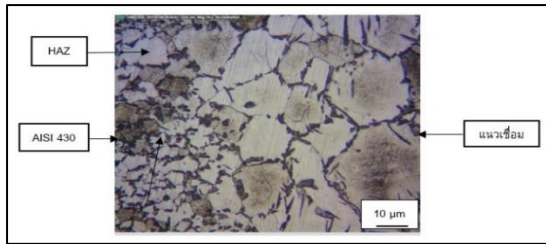
ที่อ่อนเกินไปทำให้การหลอมรวมกันระหว่างชิ้นงานกับแนวเชื่อมไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดการฉีกขาดบริเวณนี้เมื่อได้รับแรงดึง

ที่กระแสไฟ 110 A ซึ่งเป็นกระแสที่รับแรงดึงได้สูงสุดและชิ้นงานไม่ขาดบริเวณแนวเชื่อมเมื่อนำไปทดสอบแรงดึง โครงสร้างของเม็ดเกรนบริเวณแนวเชื่อมมีลักษณะเดนไดรฟ์โครงสร้างจะหยาบกว่าโครงสร้างชิ้นงาน SS400 และ AISI 430 ซึ่งลักษณะโครงสร้างแบบนี้จะทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงาน เมื่อตรวจสอบบริเวณพื้นที่กระแทกฝั่ง SS 400 จะเห็นลักษณะเม็ดเกรนเรียงตัวละเอียดกว่า AISI 430 โครงสร้างจะหยาบกว่าเมื่อพิจารณาขอบของรอยเชื่อมพบมีการแยกส่วนของเม็ดเกรนวัสดุและเม็ดเกรนแนวเชื่อมอย่างชัดเจนแต่ลักษณะการรวมตัวของเม็ดเกรนกระจายตัวไปการหลอมรวมกันของเม็ดเกรนกลมกลืน อันเนื่องมาจากอัตราการเพิ่มลวดความเร็วในการเดินและกระแสไฟมีความเหมาะสม

เมื่อนำโครงสร้างทุกระดับกระแสไฟเปรียบเทียบกันพบว่าบริเวณกระแทก (HAZ) กับบริเวณแนวเชื่อมมีลักษณะของเม็ดเกรนที่แบ่งเขตของชิ้นงานที่เป็นวัสดุต่างชนิดกันอย่างชัดเจนถึงแม้จะมีการหลอมละลายของเนื้อโลหะผสมกันอย่างสมบูรณ์ก็ตามก็将会เห็นขอบแนวเชื่อมกับชิ้นงานชัดเจนทุกระดับกระแสไฟ แสดงดังภาพที่ 6 และ 7 และโครงสร้างบริเวณแนวเชื่อมจะเป็นลักษณะเดนไดรฟ์ทุกระดับกระแสไฟเช่นกัน ความแตกต่างของเม็ดเกรนบริเวณแนวเชื่อมกับชิ้นงานมีลักษณะของเม็ดเกรนที่ไม่เหมือนกันโดยแนวเชื่อมมีลักษณะเม็ดเกรนที่หยาบกว่าเม็ดเกรนของพื้นที่กระแทกและโครงสร้างพื้นฐานของวัสดุโลหะทั้งสองชนิด ในส่วนของการหลอมละลายของ เนื้อโลหะกับลวดเชื่อมพบว่าฝั่งทางชิ้นงาน AISI 430 จะหลอมละลายรวมตัวกับแนวเชื่อมได้ดีกว่าขอบแนวเชื่อมฝั่งทางชิ้นงาน SS400 เหตุที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะลวดเชื่อมที่ใช้เชื่อมเป็นลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกเกรด 430 ซึ่งเป็นเกรดเดียวกับชิ้นงาน AISI 430 จึงทำให้ การหลอมรวมตัวของเนื้อโลหะบริเวณของแนวเชื่อมดีกว่าฝั่งชิ้นงาน SS400



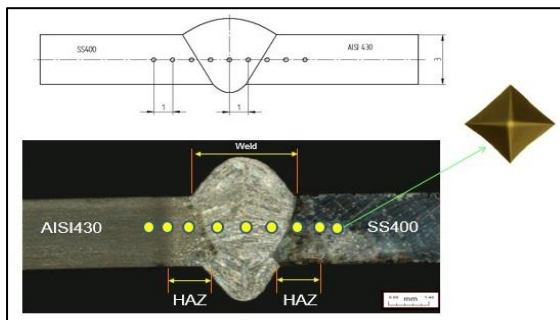
ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างขอบแนวเชื่อม SS 400 กระแส 110 A



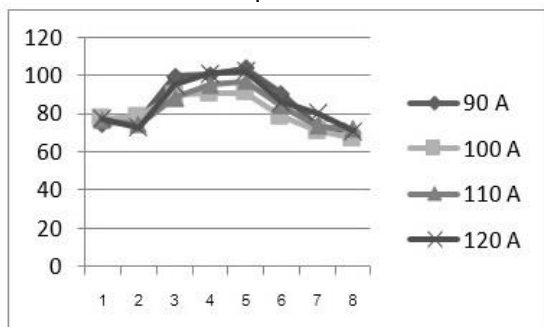
ภาพที่ 7 แสดงโครงสร้างขอบแนวเชื่อม AISI 430 กระแส 110 A

การทดสอบสมบัติทางกลได้กำหนดการทดสอบไว้ 2 วิธีคือการทดสอบความแข็ง และการทดสอบแรงดึง โดยพิจารณาจากตัวแปรการเชื่อมที่ระดับของกระแสไฟที่แตกต่างกัน

การทดสอบความแข็งใช้การทดสอบแบบวิกเกอร์ดที่บริเวณกึ่งกลางรอยเชื่อมและชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทุกกระแสเชื่อมพบว่ามีความแข็งบริเวณรอยเชื่อมที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งพบว่าบริเวณแนวเชื่อมให้ค่าความแข็งสูงสุด เปรียบเทียบค่าความแข็งของแต่ละพื้นที่พบว่าบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับแนวเชื่อม ส่วนบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน SS 400 จะให้ค่าความแข็งน้อยกว่ารอยเชื่อมและ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 แต่จะให้ค่าความแข็งมากกว่าความแข็งพื้นฐานของวัสดุทั้ง 2 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 9

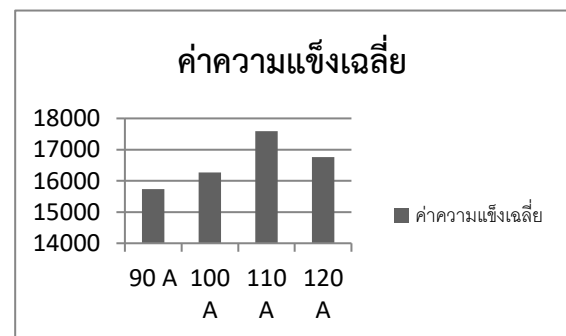


ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการกำหนดระยะและตำแหน่งจุดกด



ภาพที่ 9 แสดงผลเปรียบเทียบการทดสอบความแข็งของกระแสเชื่อม 90, 100, 110 และ 120 A

การทดสอบหาค่ารับแรงดึงสูงสุดของแนวเชื่อมเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงโดยในการทดสอบการเชื่อมแต่ละกระแสเชื่อมใช้ชิ้นงานในการทดสอบ 4 ชิ้น เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่น่าเชื่อถือ จากการตรวจสอบรอยขาดของชิ้นงานทดสอบด้วยสายตาพบว่าที่กระแส 90 A ชิ้นงานทดสอบจะขาดบริเวณขอบแนวเชื่อมฝั่งชิ้นงาน AISI 430 ส่วนที่กระแส 100–120 A ชิ้นงานจะขาดบนเหล็ก SS400 ห่างจากแนวเชื่อม 10 มม. ตรงบริเวณขอบพื้นที่ที่กระทบร้อนกับเนื้อโลหะชิ้นงาน ทุกกระแสเชื่อมเมื่อนำค่าแรงดึงขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาเปรียบเทียบจะได้ค่ารับแรงดึงที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 10 ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าความร้อนของกระแสเชื่อมส่งผลต่อโครงสร้างของชิ้นงานเชื่อมบริเวณพื้นที่ที่กระทบร้อน (HAZ) และการเชื่อมด้วยกระแส 100 – 120 A แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงาน เหล็ก SS400 เพราะการขาดของชิ้นงานทดสอบของทั้ง 3 กระแสไม่ได้ขาดที่บริเวณแนวเชื่อมดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยการรับแรงดึงสูงสุดของชิ้นงานแต่ละกระแส



ภาพที่ 11 ตำแหน่งการพังทลาย

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการประยุกต์การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ในการเชื่อมรอยต่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 430 และทำการศึกษาอิทธิพลของกระแสเชื่อมที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อ ผลการทดลองที่ได้มีดังนี้

7.1.1 จากการตรวจสอบมหภาคในทุกกระแสเชื่อมการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 430 ด้วยกระบวนการเชื่อมการเชื่อมอาร์กโลหะก๊าซคลุมความเร็วในการเชื่อม 400 มม./นาที แก๊สปกคลุม Ar80% + CO₂20% ที่กระแส 110 A จะให้แนวเชื่อมที่มีลักษณะการซึมลึกดี ผิวรอยเชื่อมเป็นเกร็ดสวยงามเป็นกระแสที่เหมาะสมที่สุด

7.1.2 การเชื่อมด้วยกระแส 100 – 120 A แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นทดสอบที่เป็นเหล็ก SS400 เนื่องจากจุดขาดของชิ้นทดสอบแรงดึงไม่ได้ขาดที่บริเวณรอยเชื่อม แต่ขาดบริเวณขอบพื้นที่กระแทกร้อน (HAZ) บนเนื้อเหล็ก SS400 โดยที่กระแส 110 A อิทธิพลของความร้อนส่งผลต่อโครงสร้างของชิ้นงานทำให้ค่ารับแรงดึงได้สูงสุดที่ 448 MP ซึ่งเหมาะสมกับการเชื่อมที่สุด

7.1.3 กระแสไฟฟ้าส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม เนื่องจากการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ทำให้การขาดของชิ้นงานทดสอบแรงดึงจะขาดตรงบริเวณขอบแนวเชื่อมและให้ค่ารับแรงดึงต่ำสุดไม่เหมาะกับการเชื่อม

7.1.4 ทุกกระแสเชื่อมจะให้ค่าความแข็ง ที่ใกล้เคียงกันโดยพบว่าบริเวณแนวเชื่อมจะให้ค่าความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น และค่าความแข็งบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 มีค่าความแข็งมากกว่าบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน SS 400 และโดยความแข็งใกล้เคียงกับแนวเชื่อมโดยความแข็งของแนวเชื่อมสูงสุดอยู่ที่ 309 HV

7.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 430 ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สปกคลุม (GMAW) ซึ่งเกิดปัญหาในระหว่างการทดลองเนื่องจากเป็นวัสดุโลหะที่ต่างชนิดกันผลที่ได้ จึงต้องมีการปรับปรุงหรือใช้ในการทดลองในคราวต่อไปโดยมีข้อเสนอแนะไว้ในการศึกษาครั้งนี้

7.2.1 ในการทดลองต้องมีอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่พร้อมและมีประสิทธิภาพพอถึงจะได้ผลการทดลองที่ได้มาตรฐาน

7.2.2 ในการทดลองศึกษาครั้งต่อไปควรทดลองเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมที่หลากหลาย และเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้กันโดยแพร่หลายในปัจจุบันเพื่อ

เปรียบเทียบสมบัติทางกลต่อ และโครงสร้างจุลภาคต่อตัวแปรในกระบวนการเชื่อมตัวอื่น ๆ

7.2.3 ในระหว่างการเชื่อมเกิดกระแสไฟไม่คงที่เนื่องจากลักษณะการใช้ไฟของโรงงานไม่สมดุลเกิดไฟตกทำให้การอาร์กของชิ้นงานเกิดข้อขัดข้องของกระแสไฟส่งผลต่อการหลอมละลายในระหว่างการอาร์กในการเชื่อม

7.2.4 ในการเชื่อมที่ใช้กระแสในการเชื่อมสูงแต่ความเร็วในการเชื่อมต่ำ จะทำให้เกิดการทะลุของชิ้นงานทดลองได้ เพื่อช่วยให้การทดลองไม่เกิดปัญหาควรต้องเพิ่มความหนาของหน้างานและระยะของรอยต่อให้แคบลง

8. อภิปรายผลการวิจัย

8.1 จากการตรวจสอบมหภาคในทุกกระแสเชื่อมการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 กับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 430 ด้วยกระบวนการเชื่อมการเชื่อมอาร์กโลหะก๊าซคลุม ความเร็วในการเชื่อม 400 มม./นาที แก๊สปกคลุม Ar80% + CO₂20% การเชื่อมด้วยกระแส 100-120 A แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นทดสอบที่เป็นเหล็ก SS400 โดยที่กระแส 110 A อิทธิพลของความร้อนส่งผลต่อโครงสร้างของชิ้นงานทำให้ค่ารับแรงดึงได้สูงสุดที่ 448 MP ซึ่งเหมาะสมกับการเชื่อมที่สุดเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะกระแส 110 A มีผลต่อการหลอมละลายและการถ่ายโอนน้ำโลหะระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานโดยมีแก๊สปกคลุมและความเร็วในการเชื่อมมีความสัมพันธ์กันอย่างลงตัวทำให้แนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ส่งผลต่อสมบัติทางกลของชิ้นงาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ จงกล ศรีธรร (2558) ได้ศึกษาผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมพอก ผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสแตนคาร์ไบด์ หลอมเหลว พบว่าที่กระแส 110 A จะให้แนวเชื่อมที่มีลักษณะการซึมลึกดีผิวรอยเชื่อมเป็นเกร็ดสวยงามเหมาะสมต่อการเชื่อมที่สุด

8.2 กระแสไฟฟ้าเชื่อม 90 A เป็นกระแสที่ต่ำเกินไปส่งผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม เนื่องจากกระแสที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการหลอมละลายและการถ่ายโอนน้ำโลหะระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานอย่างเหมาะสมส่งผลให้งานที่ได้ไม่สมบูรณ์ทำให้การขาดของชิ้นงานทดสอบแรงดึงจะขาดตรงบริเวณขอบแนวเชื่อมเพราะการหลอมละลายไม่สมบูรณ์และให้ค่ารับแรงดึงต่ำสุดไม่เหมาะกับการเชื่อมขาดความแข็งแรงต่อการใช้งานสำหรับกระแสนี้

8.3 ทุกกระแสเชื่อมจะให้ค่าความแข็ง ที่ใกล้เคียงกันโดยพบว่าบริเวณแนวเชื่อมจะให้ค่าความแข็งมากกว่าบริเวณอื่น และค่าความแข็งบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน AISI 430 มีค่าความแข็งมากกว่าบริเวณ HAZ ของชิ้นงาน SS400 และโดยความแข็งใกล้เคียงกับแนวเชื่อม โดยความแข็งของ

แนวเชื่อมสูงสุดอยู่ที่ 309 HV ซึ่งจากการศึกษา พบว่า แก๊สปกคลุมซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอน เมื่อได้รับความร้อนจากกระแสเชื่อมที่สูงจะทำให้คาร์บอนรวมตัวกับโครเมียม บริเวณรอยเชื่อมทำให้เกิดลักษณะคล้ายโครเมียมคาร์ไบด์ กระจายอยู่รอบ ๆ บริเวณขอบเกรน ซึ่งเกิดขึ้นโดยทั่วแนวเชื่อม ทำให้เกิดความแข็งขึ้นซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดำรงค์มิตร เขียนขุนทด และคณะ (ม.ป.ป. : 1530) ได้ศึกษา อิทธิพลกระแสเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมต่อ ความแข็งแรงกระแทกเหล็กกล้า JIS SKD 11 พบว่ารอยเชื่อม ที่ได้ถูก นำไปทำการทดสอบความแข็งแรงกระแทกและการตรวจสอบโครงสร้างโลหะวิทยา โดยสรุปพบว่าการเพิ่มขึ้นของกระแสไฟส่งผลทำให้เกิดการลดความแข็งแรงกระแทก ลดลง

9. เอกสารอ้างอิง

- จงกล ศิริธร. (2558). ผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมพอก ผิวแข็ง เหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสแตนคาร์ไบด์ หลอมเหลว สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ดำรงค์มิตร เขียนขุนทด , สุริยา ประสมทอง , สุวัฒน์ ภูภา เจริญ แก้ววิชิต และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์ อิทธิพลกระแสเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมต่อ ความแข็งแรงกระแทกเหล็กกล้า JIS SKD 11. (ม.ป.ป.) การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10. https://esd.kps.ku.ac.th/kuk-conference/img/gallery/article_10/pdf/o_eng37.pdf : หน้า 1530 – 1538

ยังยุทธ ดุลยกุล, นกิสพร มีมงคล และประภาส เหมืองจันทร์บุรี. (2551). การศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยาและสมบัติทางกลของการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยกระแสเชื่อมและส่วนผสมของแก๊สคลุมที่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีการเชื่อมแม็ก. งานประชุมวิชาการ IE NATEWORK 2007 ครั้งที่ 6 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 8-9 พฤษภาคม 2551. หน้า 89.

Branes, T.A. and Pashyby, I.R. (2002).

Joining Techniques for Aluminum Spaceframes used in Automobiles Part I- Solid and Liquid Phase Welding. J. Materials Processing Technology. 99 (20), pp 62-71.

Brandon, D. and Kaplan, W.D. (1997).

Joining Processes : An introduction. New York: John Wiley&Sons.