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

การศึกษาสมบัติเชิงกลของแนวเชื่อมเหล็กหล่อเหนียวโดยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ GEMINI 680

Study of mechanical properties the welding ductile cast iron with Coated electrode Gemini 680

อดิศักดิ์ หาสูงเนิน *,ภัคพล ศรีภูมิพฤกษ์ [1],ธีรพล ผาใต้ [1] ชานนท์ มูลวรรณ [1] และ ประยูร สุรินทร์ [2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เกษมบัณฑิต
[2]สาขาวิชาการผลิตขั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
E-mail: towmmo@gmail.com *
Adisak Hasungnoen * Phakkhaphon Siphumphruek [1] Teerapol Patai [1] Charnont Moonwan[1] and Prayoon Surin[2]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University
[2]Department of Advence Manufacturing Technology,Pathumwan Institute of Technology
E-mail: towmmo@gmail.com *

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาในการเชื่อมเหล็กหล่อเหนียว FCD 50 โดยการนำเหล็กไปเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (GEMINI680) ใช้กระแสเชื่อม 230 แอมแปร์ และความต่างศักย์ 24 โวลต์ ความเร็วในการเชื่อมเดินตามแนวเชื่อม 300 มิลลิเมตร/นาที ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองนั้นมีอยู่ 2 เงื่อนไข ได้แก่ ชิ้นงานที่ให้ความร้อนหลังการเชื่อม 350 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง และชิ้นงานที่ปล่อยให้เย็นลงเองตามอุณหภูมิปกติ ผลการตรวจสอบแนวเชื่อมจากเอ็กซเรย์ RT พบว่าชิ้นงานทั้งสองเงื่อนไขไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ มีรอยแตกและรูพรุนทำให้ความแข็งแรงดึงเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 147 MPa

คำสำคัญ : การเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เหล็กหล่อเหนียว การตรวจสอบด้วยรังสี การทดสอบแรงดึง

ABSTRA

This research study on the welding of cast iron FCD 50 by electric welding steel to encase the weld wire with a flux (GEMINI680) welding-current230 amperes, 24 voltage welding speed as welding 300 mm/min. Workpiece used in the experiment there are 2 conditions include the workpiece to heat after welding 1 hour 3 5 0 degrees Celsius for a long and allowed to cool itself by the normal temperature. Welding inspection results from the x-ray RT found that piece of work, both in terms no

different. That is, there are cracks and porosity, making the average value of tensile strength comparable to approximately 147 MPa.

Keywords : Welding with Coated Electrode, Ductile cast iron, Radiographic Testing – RT, Tensile Testing

1. บทนำ

เครื่องจักรในงานอุตสาหกรรมบางส่วนจะใช้เหล็กหล่อเหนียว และเหล็กหล่อเทาเพราะมีความทนต่อแรงดึงและรับแรงกระแทกได้ดี จึงมีการนำไปใช้งาน เช่น เพลา ข้อเหวี่ยง แต่ถ้าถูกการใช้งานที่หนัก[1] และเป็นระยะเวลานานก็จะเกิดการชำรุดขึ้นเช่นการเกิดแรงเสียดสี การแตกร้าว สะสม ที่ถูกกระทำต่ออะไหล่ ดังนั้น เครื่องจักรจะเสีย ประสิทธิภาพในการทำงาน จึงอาจจะเกิดปัญหาตามมา คือจะต้องหยุดการทำงาน ของเครื่องจักร ในการแก้ปัญหาเราอาจต้องใช้การสั่งซื้อ หรือผลิตใหม่ ซึ่งปัญหาที่ตามมาอาจจะต้องเสียระยะเวลาในการผลิต และสิ้นเปลืองจากวัสดุที่มีราคาแพง

ทางผู้วิจัยจึงศึกษาเกี่ยวกับกาเชื่อมเหล็กหล่อเพื่อซ่อมแซมอะไหล่เครื่องจักรที่เกิดความเสียหายเพื่อค้นหากรรมวิธี การเชื่อมเพื่อซ่อมแซมที่ดีที่สุด โดยการนำเหล็กหล่อเหนียว FCD 50 มาวิจัยโดยวัตถุประสงค์หลัก คือเพื่อวัดคุณสมบัติความต้านทานของวัสดุต่อแรงดึงเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งาน ตรวจสอบด้วย แรงดึง และ เอกซเรย์ RT ของแนวเชื่อมชิ้นงานที่ให้ความร้อนหลังการเชื่อม และไม่ให้ความร้อนหลังการเชื่อม และจึงนำผลมาเปรียบเทียบ ขอบเขตของโครงงานวิจัยนั้นโดยนำเหล็กหล่อ FCD 50 มาให้ความร้อน (Preheat) ก่อนเชื่อมและนำมาเชื่อม แบบ full annealing ก่อนเชื่อมนำมาเชื่อมด้วยลวดเชื่อมGEMINI 680 เชื่อมตามมาตรฐานการเชื่อม AWSD หลังการเชื่อมนำมาเข้ากระบวนการหลังเชื่อม แบ่งออกเป็น 2แบบ คือ นำชิ้นงานมาเข้า กระบวนการให้ความร้อนหลังเชื่อม แบบ Full annealing ส่วนอีกชิ้นก็จะปล่อยให้อุณหภูมิความร้อนของชิ้นงานหลังเชื่อมเย็นตัวลงตามอุณหภูมิปกติ จากนั้นจึงนำมาทดสอบ ความต้านทานแรงดึง และเอกซเรย์ RT ด้วยรังสี X เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการเชื่อมเหล็กหล่อ

ปัญหาหลัก 3 ประการ การหดตัว ปริมาณคาร์บอนที่สูงของเหล็กหล่อและการเย็นตัวที่รวดเร็วของ Heat affected Zone จะส่งผลให้เกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์ หรือ คาร์ไบด์ และการแตกหักของชิ้นงาน

ดังนั้นเทคนิคที่จะทำให้การเชื่อมเหล็กหล่อสำเร็จได้ ก็จะต้องแก้ที่ต้นเหตุ จึงจะเป็นการแก้ปัญหาที่ตรงจุดมากที่สุด ดังนั้นการอุ่นชิ้นงาน เพื่อลดอัตราการเย็นตัวจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก หรือหากการ อุ่นชิ้นงานทำไม่ได้กรรมวิธีและเทคนิคการเชื่อมเพื่อลดความร้อนในแนวเชื่อม เช่น การเชื่อมแนวสั้นๆหรือ Skip welding หรือการเชื่อมด้วยลวดเส้นเล็กจะเป็นสิ่งที่พึงกระทำการอุ่นชิ้นงานอาจจะทำในบริเวณที่จะเชื่อมโดยการอบชิ้นงานทั้งชิ้นหากสามารถกระทำได้เมื่อชิ้นงานถูกอบทั้งชิ้น ที่อุณหภูมิมากกว่า 450 องศา แรงแค้นภายในจะคลายตัวลง เหล็กหล่อจะมีการยืดตัว ดีขึ้นการอบชิ้นงานทั้งชิ้นนี้จะทำให้การบิดงอลดลงและ

ความแข็งของรอยเชื่อมแนว Heat affected Zone ลดลง ด้วยเทคนิคสุดท้าย เป็นการอุ่นชิ้นงานทางอ้อม (Indirect heating) ดังแสดงในรูปที่ 1 การอุ่นชิ้นงานจะอุ่นที่อุณภูมิต่ำแต่เป็นแนวกว้าง [2]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

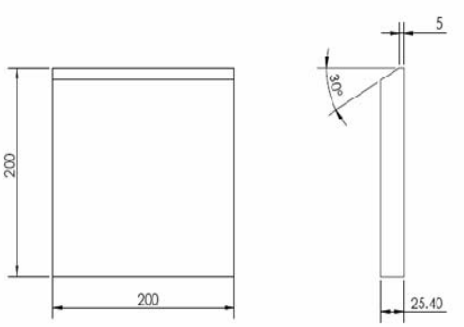
1) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเชื่อมเหล็กหล่อเหนียว เกรด FCD 50 โดยเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ GEMINI 680 การทดสอบหลังเชื่อมใช้สองเงื่อนไข ได้แก่อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 350 ℃ 1 ชั่วโมง และไม่อบ ผลการทดสอบโครงสร้างจุลภาคของทั้งสองเงื่อนไขไม่แตกต่างกัน บริเวณเนื้อโลหะเดิม(Base Metal) ประกอบด้วยเฟสของ เฟอร์ไรต์ เพิร์ลไลต์ และ กราไฟต์กลม บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน(HAZ) ประกอบด้วยเฟส เฟอร์ไรต์ เพิร์ลไลต์ และ กราไฟต์กลม บริเวณเนื้อเชื่อม(Weld Metal) ประกอบด้วยเฟส ออสเทนไนต์ กับเดนไดรท์ สมบัติเชิงกลด้านความแข็งไม่แตกต่างกัน ความแข็งเฉลี่ยบริเวณเนื้อโลหะเดิม(Base Metal) 370.8 HV บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน(HAZ) 351.36 HV บริเวณเนื้อเชื่อม(Weld Metal) 226.42 HV การอบและไม่อบหลังเชื่อมไม่มีผลต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของการเชื่อม [3]

2) งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมของเหล็กหล่อเหนียว โดยใช้กระบวนการเชื่อมแบบ TIG และเชื่อมแบบ SMAW ด้วยลวดเชื่อมที่มีส่วนผสม Ni 97,6% โดยเชื่อมต่อกับเหล็กดัดที่ต้องผ่านการอบด้วยความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม ชิ้นงานเชื่อม TIG มีความแข็งสูงกว่า แต่มีความเหนียวและความแข็งแรงลดลงเล็กน้อย สมบัติเชิงกลและความเหนียวของทั้งสองแบบไม่แตกต่างกันมาก การเชื่อมของTIG มีคุณสมบัติเชิงกลค่อนข้างน้อยแต่มีลักษณะโครงสร้างที่ดีมาก[4]

3.วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการเชื่อมชิ้นงาน

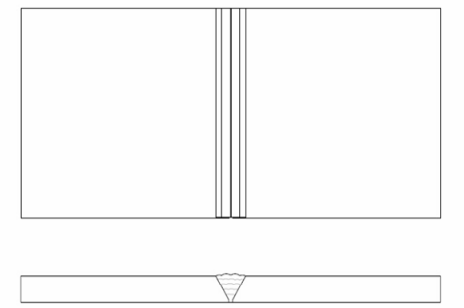
1) นำเหล็กหล่อ FCD 50 มาขึ้นรูปและปาดผิวด้านที่ต้องการเชื่อม 30 องศา จำนวน 4 ชิ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขนาดชิ้นงานก่อนเชื่อม

2) นำชิ้นงานทั้งหมดมาให้ความร้อน (Preheat) ที่ชิ้นงานที่อุณหภูมิ 150-250 ℃ ก่อนเชื่อม

3) กรรมวิธีการเชื่อมเหล็กหล่อ ลวดที่ใช้ในการเชื่อม คือ ลวดเชื่อม GEMINI 680 4.0 mm เป็นลวดเชื่อมสเตนเลสสารพอกหุ้มประเภทไทเทเนียม มีส่วนผสมของธาตุโครเมี่ยม 29% ธาตุนิเกิล 10% เนื้อเชื่อมมีความเหนียวทนต่อการแตกร้าวได้ดีมาก เป็นลวดเชื่อมมาตรฐาน AWS/SFA5.4 E312 -16ก่อนเชื่อม ต้องอบลวดเชื่อมเป็นเวลา 30-45 นาที ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จเรียบร้อย

นำมาเข้ากระบวนการหลังเชื่อมโดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ เพื่อมาเปรียบเทียบความแตกต่างมีดังนี้

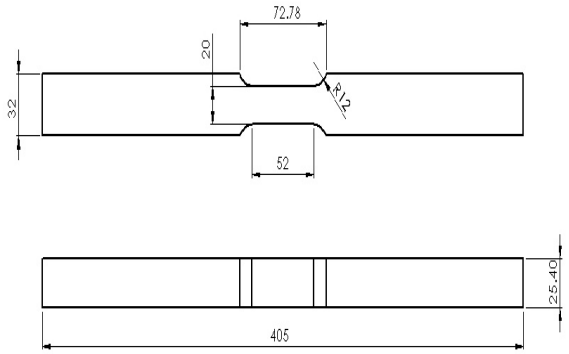
- นำชิ้นที่ 1 มาเข้าตู้อบและใช้อุณหภูมิ 350℃ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิชิ้นงานเย็นตัวลงภายในตู้อบ เป็นกระบวนการให้ความร้อนชิ้นงานแบบ full annealing
- ชิ้นที่ 2 ปล่อยให้อุณหภูมิความร้อนชิ้นงานเย็นตัวลงเองตามอุณหภูมิปกติของสภาพพื้นที่

3.2 การทดสอบชิ้นงาน

1) ทดสอบแรงดึง(Tensile Test)

นำชิ้นงานทั้ง 2 เงื่อนไขมาขึ้นรูปให้ได้ขนาดตามมาตรฐานการทดสอบแรงดึงตาม AWS D1.1 ดังภาพที่3 ซึ่งจะได้ทั้งหมด 6 ชิ้น

-ชิ้นงานที่ให้ความร้อนหลังเชื่อม 3 ชิ้น
-ชิ้นงานที่ไม่ให้ความร้อนหลังเชื่อม 3 ชิ้น

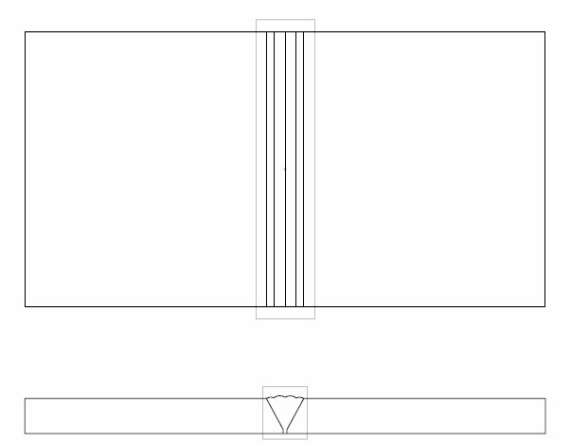


ภาพที่ 3 การทดสอบแรงดึงเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม

การทดสอบแรงดึงเพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมโดยการนำชิ้นงาน 2 เงื่อนไขนี้มาทดลองตามมาตรฐานAWS D1.1 แล้วนำมาสรุปผลการทดลองถึงความแตกต่างกันของชิ้นงานทั้งสองเงื่อนไขนี้

2) การตรวจสอบด้วยรังสี (Radiographic Testing – RT)

ตรวจเช็คความสมบูรณ์และความต่อเนื่องของแนวเชื่อมด้วยการตรวจสอบด้วยรังสี ในการตรวจเช็คนำชิ้นงานทั้ง 2 เงื่อนไขมาตรวจสอบแนวเชื่อมทั้งหมด ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชิ้นงานที่ตรวจด้วยการฉายรังสี RTของแนวเชื่อม

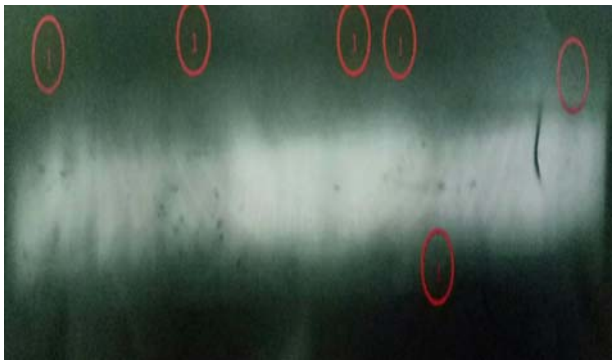
4. ผลการทดลอง

4.1 การแตกหักของชิ้นงานทดสอบ

ภาพที่ 5 การแตกหักการทดสอบแรงดึง

การแตกหักเกิดบริเวณผลกระทบความร้อน (HAZ)ทุกชิ้นงานทดสอบแสดงว่าความแข็งแรงบริเวณ HAZ มีความแข็งแรงต่ำกว่าเนื้อโลหะเดิม (Base Metal) แสดงว่าการเชื่อมไม่สมบูรณ์

4.2 ผลการทดสอบเอ็กซเรย์ RT



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบเอ็กซเรย์RT

ผลการทดสอบเอ็กซเรย์RT คือชิ้นงานที่อบและไม่อบชิ้นงานที่ไม่อบมีรอยแตกตามแนวยาวแล้วตามแนวขวางของแนวเชื่อมและมีปริมาณรูพรุนขนาด 18 มิลลิเมตร แต่ชิ้นงานที่ผ่านการอบหลังเชื่อมพบว่า ไม่มีรอยแตกเกิดขึ้นตามแนวเชื่อมและมีปริมาณรูพรุน 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่นำไปอบจะพบว่าดีกว่าเพราะมีความแข็งแรงดึงเฉลี่ยมากกว่าชิ้นงานที่ไม่อบ

4.3 กราฟแสดงผลการทดลองระหว่างชิ้นที่ปล่อยให้เย็นลงเองตามอุณหภูมิและชิ้นงานที่นำไปให้ความร้อนหลังการเชื่อม

ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานอบและไม่อบ

ความแข็งแรงดึงเฉลี่ยของชิ้นงานที่ผ่านการอบจะดีกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบ กล่าวคือ ชิ้นงานที่ผ่านการอบมีความแข็งแรงดึงเฉลี่ย 154.22 MPa และชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบมีความแข็งแรงดึงเฉลี่ย 140.32 MPa

5. สรุปผลการทดลอง

ชิ้นงาน As-weld ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ไม่ให้ความร้อนหลังเชื่อมและชิ้นงาน Postheat 350°C ที่ให้ความร้อนหลังเชื่อม 350°C 1 ชั่วโมง โครงสร้างชิ้นงานทั้งสองเงื่อนไขมีรอยแตกและรูพรุนความแข็ง แรงดึงเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 147 MPa

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากการให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำจากคณะครูอาจารย์ที่เคารพและการดูแลอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชานนท์ มูลวรรณ ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ ที่ช่วยแนะนำการค้นคว้าข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประยูร สุรินทร์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยแนะแนวทางในการวางแผนการปฏิบัติงานวิจัยในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] โลหการภาพ 3 อ.ดร.รัตน บริสุทธิกุล http://eng.sut.ac.th/metal/images/stories/pdf/malleable_iron.pdf

[2] ผศ.ดร.ฉัตรชัย สมศิริ ศึกษาทฤษฎีและเทคนิคการเชื่อมเหล็กหล่อและการเชื่อมรองพื้นด้วยลวดนิกเกิล จากหนังสือวิศวกรรมก้าวหน้า

[3] สลิตา เพชรสังข์,บวรโชค ผู้พัฒน์,อิศรทัต พึ่งอ้น จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้วิจัยเกี่ยวกับ

แนวเชื่อมของเหล็กหล่อ FCD50 ด้วยกระบวนการเชื่อม SMAW
http://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/ijst/article/viewFile/86/87

[4] COMPARATIVE STUDY OF TIG AND SMAW ROOT WELDING PASSES ON DUCTILE IRON CAST WELDABILITY BY J. CÁRCEL-CARRASCO, M. PASCUAL, M. PÉREZ-PUIG, F. SEGOVIA
www.semanticscholar.org/paper/Comparative-Study-of-Tig-and-Smaw-Root-Welding-on-DUCTILE-WELDABILITY/93d2849a44cf28cddf6147b043ac8a194aab4e97