

## การศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงกระแทกของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ที่กระแสเชื่อมอาร์กโลหะผสมฟลักซ์แตกต่าง

### Comparative of Impact Strength of Butt Joint between AISI1015 Carbon Steel and AISI304 Stainless Steel Produced by Different Shielded Metal Arc Welding Currents

ณัฐวีร์ สอกจะบก<sup>1\*</sup> สุริยา ประสมทอง<sup>2</sup> เจษฎา แก้ววิชิต<sup>3</sup> และกิตติพงษ์ กิมะพงษ์<sup>3</sup>

Natthavee Sokjabokg<sup>1\*</sup> Suriya Plasomthong<sup>2</sup> Jesada Kaewwichit<sup>3</sup> and Kittipong Kimapong<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สุพรรณบุรี 72130

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

<sup>1\*</sup> Graduate student in Master of Engineering (Industrial Engineering), Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Pathumthani 12110

<sup>2</sup> Lecturer in Master of Engineering (Industrial Engineering), Faculty of Industrial Education,

Rajamangala University Suwanaphumi, Supanburi 72130

<sup>3</sup> Lecturer in Master of Engineering (Industrial Engineering), Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Pathumthani 12110

\* Corresponding author, E-mail: Natthavee.so@gmail.com

#### บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของบทความนี้คือการศึกษาความแข็งแรงกระแทกของรอยต่อชนระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI1015 และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ที่ถูกทำการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อมอาร์กโลหะผสมฟลักซ์ที่กำหนด รอยต่อชนบากร่องวีมุมรวม 60 องศา และแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนถูกเชื่อมเสริมแนวร่องพื้นด้วยลวดเชื่อม AWS-E309 และรอยต่อร่องวี 60 องศาถูกเชื่อมอาร์กโลหะผสมฟลักซ์ด้วยลวดเชื่อม AWS-E308 และกระแสเชื่อมระหว่าง 80-120 A ชิ้นงานเชื่อมถูกนำไปทำการตรวจสอบโครงสร้างมหภาค ความแข็งแรงกระแทก ลักษณะการพังทลาย และความแข็งแรงของรอยเชื่อม ผลการทดลองโดยมีสรุปดังนี้ 1) การเพิ่มขึ้นของกระแสเชื่อมส่งผลต่อค่าความแข็งแรงกระแทกลดลง 2) สภาวะการเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุดประมาณ 92 J คือ กระแสเชื่อม 100 A 3) ลักษณะการพังทลายพบรอยบวมขนาดเล็กมีผลต่อค่าความแข็งแรงกระแทกสูง 4) ความแข็งแรงบริเวณโลหะเชื่อมมีแนวโน้มสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะฐาน

คำสำคัญ: เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก ร่องพื้น

## Abstract

Objective of this paper was to study the impact strength of butt joints between AISI1015 carbon steel and AISI304 stainless steel that were welded by various welding current of shielded metal arc welding. Faying area of the butt joint was machined 60° V-groove and the butter layer was produced using AWS E309 electrode with a shielded metal arc welding at carbon steel side. AWS-E308 electrode was applied as a welding material to produce a shielded weld arc weld between the 60° V-groove faying surfaces of the butt joint with a welding current of 50-120 A. Welded butt joint was prepared and investigated for macrostructure, impact strength, fracture characteristic and hardness. The summarized results are as follows; 1) increasing the welding current affected to decreased the impact strength. 2) optimum welding current that showed maximum impact strength of 92 J was at 100 A. 3) fractured characteristic showed a small dimple pattern that affected to increase impact strength. 4) the hardness of weld metal tended to be higher than that of the base metal.

**Keywords:** low carbon steel, austenitic stainless steel, buttering

## 1. บทนำ

ปัจจุบันรอยต่อโลหะต่างชนิดมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากรอยต่อโลหะต่างชนิดมีข้อได้เปรียบสามารถให้สมบัติทางกลที่ดี และสามารถถูกนำไปใช้กับงานที่กว้างขวางกว่า (Anawa and Olabi, 2008, Paventhan, Lakshminarayanan et al. 2012, Javadi and Najafabadi, 2013) อย่างไรก็ตามในการนำรอยต่อวัสดุต่างชนิดไปใช้งาน ปัญหาในการต่อยึดวัสดุต่างชนิดด้วยวิธีการเชื่อมหลอมละลายเข้าด้วยกันมักเกิดขึ้นโดยมีสาเหตุมาจาก เช่น ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุที่แตกต่าง ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์ทางความร้อน ความยากลำบากการให้ความร้อนก่อนการเชื่อม และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนในรอยเชื่อม (Sarkari Khorrami et al. 2014) ตัวอย่างการใช้งานรอยต่อวัสดุที่ทำให้เกิดการประหัดโดยที่สมบัติของรอยต่อไม่ส่งผลต่อระบบการผลิต เช่น รอยต่อวัสดุต่างชนิดของชุดลำเลียงอ้อยในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลที่ถูกออกแบบให้มี

ชิ้นส่วนของเหล็กกล้าไร้สนิมในส่วนที่สัมผัสกับอ้อย เพื่อป้องกันการเกิดสนิมเมื่อโลหะสัมผัสกับอ้อย อย่างไรก็ตามในส่วนที่เป็นโครงสร้างรับแรงของชุดลำเลียงหากออกแบบและสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมราคาค่าใช้จ่ายค่าวัสดุอาจสูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีการนำเอาเหล็กกล้าคาร์บอนมาทดแทนในชิ้นส่วนการรับแรง เพราะไม่ต้องกังวลถึงการเกิดสนิมในกระบวนการผลิตด้วยเหตุนี้การศึกษาและพัฒนากระบวนการเชื่อมโลหะต่างชนิด (Dissimilar metal welding : DMW) จึงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้รอยต่อมีความสามารถในการใช้งานกว้างขวางมากขึ้น และทำให้เกิดการประหัดในการผลิต

ที่ผ่านมามีการศึกษาและพัฒนาวิธีการเชื่อมรอยต่อวัสดุต่างชนิดที่น่าสนใจที่สามารถนำไปเป็นแนวคิดในการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์เหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าไร้สนิมที่น่าสนใจ เช่น การเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์รอยต่อเหล็กกล้าไร้สนิมมาแทนซิกติกและออสเทนเนติกด้วยลวดเชื่อมหลาย

ชนิด (Kaçar and Baylan 2004) หรือการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยเหล็กเข้ากับเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยการเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์เกรด E2209 และ E309 (Srinivasan et al. 2006) หรือการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก 310 เข้ากับอินโคเนล 657 โดยการเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์ (Naffakh et al. 2009) หรือการเชื่อมวัสดุต่างชนิดโดยทำการเชื่อมโลหะนิกเกิลผสมกับเหล็กกล้าไร้สนิม 304L โดยมีกรเติม Ti ลงไปในโลหะเชื่อมขณะทำการเชื่อมเพื่อศึกษาผลกระทบต่อความสามารถในการเชื่อมโครงสร้างและสมบัติทางกลของรอยต่อ (Lee et al., 2004) โดยการทดลองส่วนใหญ่ นั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบการเพื่อหาชนิดลวดที่เหมาะสมในการเชื่อมรอยต่อวัสดุต่างชนิด

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาอิทธิพลของกระแสเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์ที่มีผลต่อความแข็งแรงกระแทกของรอยต่อชนระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเชื่อมรอยต่อวัสดุต่างชนิดในอุตสาหกรรมที่มีการใช้รอยต่อของโลหะทั้งสองในการผลิตต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาความแข็งแรงกระแทกของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ที่กระแสเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์แตกต่าง
2. ศึกษาและเปรียบเทียบรอยแตกหักของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ที่กระแสเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์แตกต่าง

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ

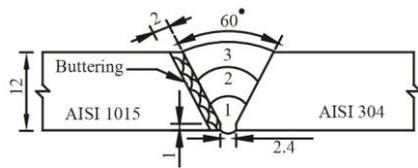
วัสดุทดลองเชื่อมใช้เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 ตัด

ให้มีขนาดกว้าง 75 mm ยาว 150 mm หนา 12 mm ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E309 เชื่อมรองพื้น และเชื่อมด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ E308 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 mm สมบัติทางเคมีดังตารางที่ 1

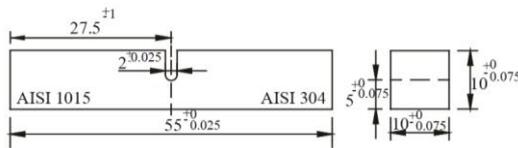
ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุ, ลวดเชื่อมรองพื้น E309 และลวดเชื่อม E308 (wt%)

ธาตุผสม	AISI 1015	AISI 304	E309	E308
%C	0.17	0.03	0.06	0.03
%Si	0.23	0.65	0.70	0.70
%Mn	0.54	1.67	1.20	1.10
%P	0.01	0.043	0.02	0.025
%S	0.05	0.025	0.012	-
%Cr	-	18.84	24.2	18.9
%Ni	-	8.74	-	-
%Mo	-	-	-	-
%V	-	-	-	-

ใช้กระบวนการเชื่อมอาร์กหลอดหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding : SMAW) โดยช่างเชื่อมที่ผ่านการสอบวัดฝีมือจากสถาบันพัฒนาฝีมือและแรงงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมในระดับที่ 1 เชื่อมด้วยกระแส 80-120 A โดยบากร่องวิมุรวม 60 องศา (Mosneaga et al., 2002) ทำการเชื่อมรองพื้น (buttering) ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E309 บนวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ด้วยกระแสเชื่อม 100 A และบากร่องวิมุอีกครั้งให้เนื้อเชื่อมรองพื้นหนา 2 mm ด้วยเครื่องกัดอัตโนมัติ โดยมีความสูงของหน้าฐาน (root face) 1 mm (Kaçar and Baylan, 2004) มีระยะห่างของรอยต่อชิ้นงาน (root opening) 2.4 mm แสดงดังรูปที่ 1 และทำการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E308 จำนวน 3 ชั้น (Lee et al. 2004) และทำการทดสอบสมบัติของรอยเชื่อมต่อไป

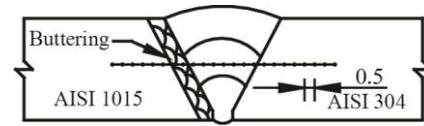


รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการออกแบบการเชื่อมโลหะต่างชนิด (หน่วย: mm)



รูปที่ 2 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM E23-00 Type C (หน่วย: mm)

ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมถูกทำการตัดด้วยเครื่องตัด ชิ้นงานมีระบบหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นและทำการกัดชิ้น ทดสอบแรงกระแทกด้วยเครื่องจักรอัด โนมัติ ตาม มาตรฐาน ASTM E23-00 Type C บากร่องแบบ U-Notch บริเวณโลหะเชื่อม (Mukherjee and Pal, 2012) แสดงดัง รูปที่ 2 และทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ แรงกระแทก (impact testing machine) โดยใช้ความเร็ว ในการกระแทก (impact speed) 5.2 m/mim และ น้ำหนักในการกระแทก (impact Load) 350 J บันทึก วิเคราะห์ผลการทดสอบแรงกระแทกการทดสอบความ แข็งทำการตัดชิ้นงานทดสอบตั้งฉากกับแนวเชื่อมและ ขัดกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 240-1200 และทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM E 92 โดยใช้เครื่องทดสอบแบบ ไมโครวิกเกอร์กดลากผ่านเป็นเส้นตรงขวางแนวเชื่อม ทางด้านวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ผ่านบริเวณ รอยเชื่อมมาทางด้านวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทน เนติก AISI 304 มีระยะห่างของรอยกด 0.5 mm โดยใช้ แรงในการกด 100 gf และเวลาในการกดแช่ 10 วินาที ดัง รูปที่ 3

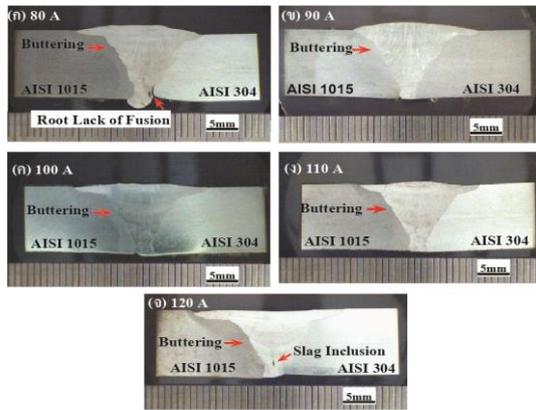


รูปที่ 3 ตำแหน่งทดสอบความแข็งตามมาตรฐาน ASTM E92 (หน่วย: mm)

การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและการพังทลาย นำ ชิ้นงานทดสอบทำการขัดกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 240-1200 และผงเพชรขนาด 1 mm และทำการกัดกรด โครงสร้างมหภาค (macroetching) ด้วยสารละลายที่ ประกอบด้วยไฮโดรคลอริก (HCL) ปริมาณ 50 mL และน้ำกลั่น (H<sub>2</sub>O) ปริมาณ 50 mL ตามมาตรฐาน ASTM E 340 ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแรงกระแทก ถูกตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง กวาด (Scanning Electron Microscope : SEM)

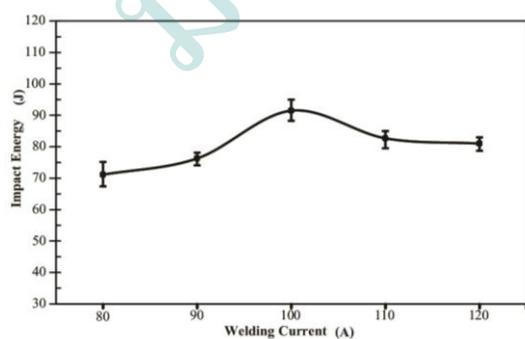
#### 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงผลการตรวจโครงสร้างมหภาค ที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 80-120 A เพื่อจุดประสงค์ใน การตรวจสอบความสมบูรณ์ของโลหะเชื่อม พบว่าที่ กระแสเชื่อม 80 A พบจุดบกพร่องการหลอมไม่ติด บางส่วน (lack of fusion) ของรอยเชื่อมที่ไม่ติดกัน ระหว่างโลหะเชื่อมกับโลหะชิ้นงานตรงฐานเชื่อมด้าน เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 แสดงดัง ลูกศรรูปที่ 4 (ก) มีขนาดของจุดบกพร่องกว้างเฉลี่ย 0.198 mm และยาวประมาณ 1.975 mm แสดงในรูปที่ 4 (ข)-(ง) อย่างไรก็ตามเมื่อเชื่อมด้วยกระแสที่มีค่าสูง คือ 120 A ที่แนวเชื่อมแรกแนวแรก เกิดการฝังในของ สแลก (slag inclusion) จากการเชื่อมขึ้นดังแสดงในรูป ที่ 4 (จ) ขนาดของสแลกฝังในนี้มีค่าความกว้าง 0.359 mm ยาว 1.051 mm

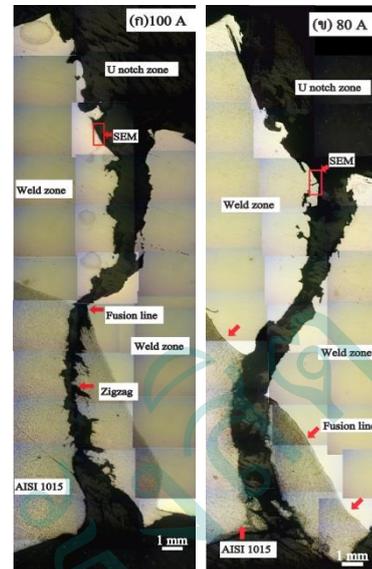


รูปที่ 4 โครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่กระเชื่อมต่างๆ (ก) 80 A (ข) 90 A (ค) 100 A (ง) 110 A และ (จ) 120 A

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกระแทกและกระแสเชื่อมต่างๆ ผลการทดสอบพบว่า ที่กระแสเชื่อมเริ่มต้น 80 A มีค่าความแข็งแรงกระแทกต่ำซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคดังแสดงใน รูปที่ 4 (ก) ที่พบจุดบกพร่องการหลอมไม่ติดบางส่วน ขณะที่ให้กระแสเชื่อมเพิ่มสูงขึ้นที่ 90 A พบว่าค่าความแข็งแรงกระแทกมีค่าเพิ่มสูงขึ้นและมีแนวโน้มสูงขึ้นและค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุดที่กระแสเชื่อม 100 A มีค่าความแข็งแรงกระแทกประมาณ 92 J และเมื่อเพิ่มกระแสเชื่อมสูงขึ้นที่ 110-120 A พบว่าค่าความแข็งแรงกระแทกมีแนวโน้มลดต่ำลง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของแรงกระแทกและกระแสเชื่อม



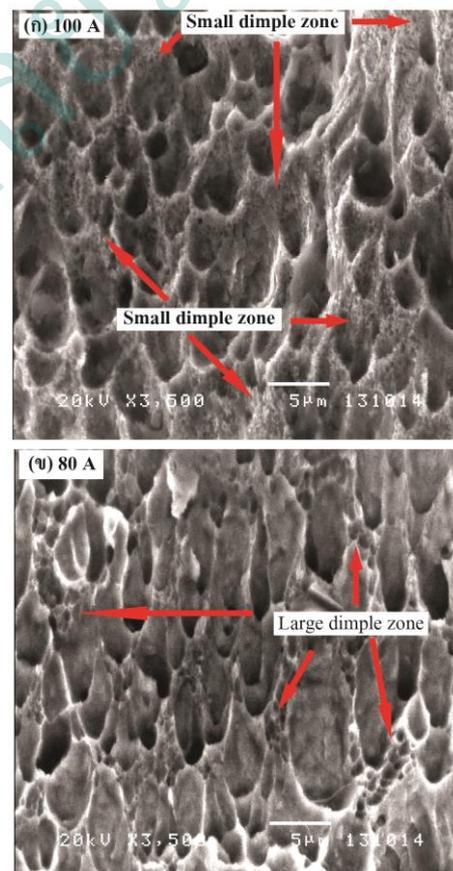
รูปที่ 6 โครงสร้างมหภาครอยแตกหักของชิ้นงานทดสอบแรงกระแทก (ก) กระแสเชื่อม 100 A และ (ข) กระแสเชื่อม 80 A

รูปที่ 6 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะการพังทลายบริเวณด้านข้างรอยเชื่อมโดยเปรียบเทียบชิ้นงานที่มีค่าแรงกระแทกสูงสุดกับความแข็งแรงกระแทกต่ำสุด พบว่า ลักษณะการพังทลายจุดเริ่มต้นเกิดขึ้นมุมบากร่อง U notch ทั้ง 2 และทิศทางการแตกหักวิ่งผ่านเส้นหลอมละลาย (fusion line) ขอบเขตรอยต่อแนวเชื่อมทางโลหะขึ้นงานทางด้านเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 แสดงดังลูกศรชี้ และพบรอยฉีกขาดมีลักษณะสลับฟันปลา (zigzag) ที่ชิ้นงานทดสอบมีค่าแรงกระแทกสูงบริเวณเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 แสดงดังลูกศรสีแดงชี้ รูปที่ 6 (ก) ขณะที่ชิ้นทดสอบที่มีค่าแรงกระแทกต่ำแสดงดัง รูปที่ 6 (ข) ไม่พบรอยฉีกขาดลักษณะสลับฟันปลาที่บริเวณเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Jang et al., 2008) ในการจำลองการแตกหักทดสอบแรงกระแทกบากร่องด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มีทิศทางรอยแตกหักไปในทิศทางโลหะขึ้นงาน (base metal) และบริเวณกระทบร้อน (Heat Affect Zone : HAZ)

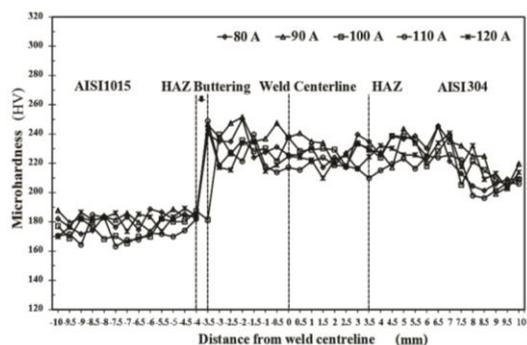
รูปที่ 7 แสดงการตรวจสอบรอยแตกหักบริเวณรอยเชื่อมของชิ้นงานทางด้านเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 แสดงจุดตรวจสอบดังลูกศรสีแดง รูปที่ 7 (ก) (ข) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope :SEM) ชิ้นงานที่มีค่าแรงกระแทกสูงกับค่าความแข็งแรงกระแทกต่ำสุดพบว่า ที่กระแสเชื่อม 100 A ที่มีค่าความแข็งแรงกระแทกสูงแสดงดังรูปที่ 7 (ก) พบพื้นที่รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมสลับพื้นปลาและมีบริเวณรอยนูนขนาดเล็ก (small dimples zone) เป็นรูปร่างกลมหรือวงรีปริมาณมาก ดังนั้นผู้วิจัยคาดว่าเกิดการรอยนูนที่มีขนาดเล็กส่งผลต่อค่าความแข็งแรงกระแทกสูงดัง รูปที่ 5 และ (Qinglei et al. 2011) ได้อธิบายการเกิดรอยนูนรูปร่างกลมหรือวงรี เป็นลักษณะการพังทลายแบบเหนียว (ductile) ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับ รูปที่ 7 (ข) ชิ้นงานทดสอบที่มีค่าแรงกระแทกต่ำที่กระแสเชื่อม 80 A พบพื้นที่ที่มีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมสลับพื้นปลาแต่มีรอยนูนขนาดใหญ่ (large dimples zone) เป็นรูปร่างกลมหรือวงรีบางส่วนอยู่ในบริเวณพื้นที่รูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมสลับพื้นปลาแสดงดังลูกศรสีแดง

รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบความแข็งไมโครวิกเกอร์บริเวณหน้าตัดของแนวเชื่อมรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 โดยเชื่อมรองพื้น (Buttering) ทางด้านเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ดังรูปที่ 8 พบว่า ค่าความแข็งบริเวณเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 โลหะชิ้นงานค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ใกล้เคียงกับบริเวณโลหะเชื่อม (Weld Metal : WM) อยู่ในช่วงระหว่าง 210-250 HV แต่ที่บริเวณพื้นที่เชื่อมรองพื้น ใกล้เคียงกับบริเวณกระแทกร้อน ทางด้านเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 และค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงใกล้เคียงกับบริเวณโลหะเชื่อม (Weld Metal : WM) อยู่ในช่วงระหว่าง 210-250 HV แต่ที่บริเวณพื้นที่เชื่อมรองพื้น ใกล้เคียงกับบริเวณกระแทกร้อน ทางด้านเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ที่จุดทดสอบตำแหน่ง -3 ถึง ตำแหน่ง

ทดสอบที่-4 ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกับโลหะชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 (Wu, et al. 2014) ได้อธิบายว่าสาเหตุเกิดจากการได้รับความร้อนซ้ำ จากการเชื่อมหลายชั้น (Multi-layer) และเชื่อมซ้อนแนว (multi-pass) และ Jafarzadegan, et al. (2013) ได้อธิบายสาเหตุความแตกต่างของความแข็งเนื่องจากการมีอยู่ของปริมาณเพอร์ไรต์และเฟลไรต์กับความแข็งที่แตกต่างกัน และบริเวณพื้นที่เชื่อมรองพื้นอย่างไรก็ตามโลหะชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 มีค่าความแข็งต่ำกว่าโลหะชิ้นเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304



รูปที่ 7 ลักษณะรอยแตกหักของชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ก) กระแสเชื่อม 100 A และ (ข) กระแสเชื่อม 80 A



รูปที่ 8 ผลการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ของรอยเชื่อมต่อชน AISI 1015- AISI304

## 5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความแข็งแรงกระแทกของรอยต่อชนเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 และเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304 ที่มีผลต่อกระแสเชื่อมอาร์กเลดหุ้มฟลักซ์สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของกระแสเชื่อมต่ำหรือสูงเกินไปส่งผลต่อจุดบกพร่องบริเวณรอยเชื่อมรอยของต่อ
2. การเพิ่มขึ้นของกระแสเชื่อมส่งผลต่อค่าความแข็งแรงกระแทกลดลง สภาวะการเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุดประมาณ 92 J คือ กระแสเชื่อม 100 A
3. การพังทลายที่มีความแข็งแรงกระแทกสูงมีรอยนูนขนาดเล็กและรอยแตกหักมีลักษณะสลับฟันปลาขณะที่ความแข็งแรงกระแทกต่ำมีรอยนูนมีขนาดใหญ่และความแข็งแรงบริเวณรอยเชื่อมมีค่าใกล้เคียงกับเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก AISI 304

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

การ คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักรในการทำวิจัยครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

- Anawa, E. M. and A. G. Olabi (2008). "Using Taguchi method to optimize welding pool of dissimilar laser-welded components." *Optics & Laser Technology* 40(2): 379-388.
- Jafarzadegan, M., A. Abdollah-zadeh, A. H. Feng, T. Saaid, J. Shen and H. Assadi (2013). "Microstructure and Mechanical Properties of a Dissimilar Friction Stir Weld between Austenitic Stainless Steel and Low Carbon Steel." *Journal of Materials Science & Technology* 29(4): 367-372.
- Jang, Y. C., J. K. Hong, J. H. Park, D. W. Kim and Y. Lee (2008). "Effects of notch position of the Charpy impact specimen on the failure behavior in heat affected zone." *Journal of Materials Processing Technology* 201(1-3): 419-424.
- Javadi, Y. and M. A. Najafabadi (2013). "Comparison between contact and immersion ultrasonic method to evaluate welding residual stresses of dissimilar joints." *Materials & Design* 47(0): 473-482.
- Kaçar, R. and O. Baylan (2004). "An investigation of microstructure/property relationships in dissimilar welds between martensitic and austenitic stainless steels." *Materials & Design* 25(4): 317-329.

- Lee, H. T., S. L. Jeng, C. H. Yen and T. Y. Kuo (2004). "Dissimilar welding of nickel-based Alloy 690 to SUS 304L with Ti addition." *Journal of Nuclear Materials* 335(1): 59-69.
- Mosneaga, V. A., T. Mizutani, T. Kobayashi and H. Toda (2002). "Impact Toughness of Weldments in Al-Mg-Si Alloys." *Materials Transactions* Vol. 43(No. 6): 1381 - 1389.
- Mukherjee, M. and T. K. Pal (2012). "Influence of Heat Input on Martensite Formation and Impact Property of Ferritic-Austenitic Dissimilar Weld Metals." *Journal of Materials Science & Technology* 28(4): 343-352.
- Naffakh, H., M. Shamanian and F. Ashrafizadeh (2009). "Dissimilar welding of AISI 310 austenitic stainless steel to nickel-based alloy Inconel 657." *Journal of Materials Processing Technology* 209(7): 3628-3639.
- Paventhana, R., P. R. Lakshminarayanan and V. Balasubramanian (2012). "Optimization of Friction Welding Process Parameters for Joining Carbon Steel and Stainless Steel." *Journal of Iron and Steel Research, International* 19(1): 66-71.
- Qinglei, J., L. I. Yajiang, W. Juan and Z. Lei (2011). "Characterization on strength and toughness of welded joint for Q550 steel." *Bulletin of Materials Science* 34(1): 161-167.
- Sarkari Khorrani, M., M. A. Mostafaei, H. Pouraliakbar and A. H. Kokabi (2014). "Study on microstructure and mechanical characteristics of low-carbon steel and ferritic stainless steel joints." *Materials Science and Engineering: A* 608: 35-45.
- Srinivasan, P. B., V. Muthupandi, W. Dietzel and V. Sivan (2006). "An assessment of impact strength and corrosion behaviour of shielded metal arc welded dissimilar weldments between UNS 31803 and IS 2062 steels." *Materials & Design* 27(3): 182-191.
- Wu, Q., F. Lu, H. Cui, X. Liu, P. Wang and X. Tang (2014). "Role of butter layer in low-cycle fatigue behavior of modified 9Cr and CrMoV dissimilar rotor welded joint." *Materials & Design* 59: 165-175.