

ภาคผนวก ง.

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่



การประชุมวิชาการ
ด้านการพัฒนาการดำเนินงาน
ทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 3 (CIOD 2012)
The Conference of Industrial Operations Development 2012



วันที่ 26 เมษายน 2555

ณ ห้องประชุม 12B02-05 ห้องประชุมใหญ่ 12B06 และ 12B07

บัณฑิตวิทยาลัย อาคารนวมินทรราชินี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

สารบัญ

	หน้า
สารบัญจาก อธิการบดี	ก
สารบัญจาก หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม	ข
สารบัญจาก ประธานจัดการประชุม	ค
คณะกรรมการดำเนินงาน	ง
กำหนดการ การประชุมวิชาการ	ช
บทความ	
1. การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก มนัสนันท์ พูลสอน และ สิริวงศ์ กลั่นคำสอน	1
2. ผลสำเร็จด้านการยอมรับของประชาชนรอบโรงไฟฟ้าต่อการจัดการระบบปล่อยทิ้งอากาศเสีย จากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ณัฐวรรณ ธรรมวัชรกร, อาทิตย์ ไสครโยม และ วันชัย ริจิรวนิช	11
3. การจัดเส้นทางเดินที่เหมาะสมของเครื่องมือเครื่องจักรควบคุมเชิงตัวเลขในกระบวนการเจาะรู ตามระบบมัลติเพล็กซ์ นพพล สุขกล่อมชีพ, เกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย และ คทา ประคิมฐวงศ์	18
4. แผลงแสดงข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจแบบเวลาจริงของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ประยุทธ์ พันธุ์อุทัยวน และ เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี	27
5. การศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กชายและหญิงอายุ 4-12 ปี ในภาคใต้ของประเทศไทย สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, จักรนรินทร์ ฉัตรทอง และ วรพงศ์ บุญช่วยแทน	37
6. การกำหนดมาตรฐานขนาดเก้าอี้สำนักงานที่เหมาะสมกับร่างกายของคนไทยโดยอ้างอิงข้อมูล ขนาดสัดส่วนร่างกายของคนไทยจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม ภัสรา ศรีทอง, นริศ เจริญพร และ มณฑล ศาสนนันท์	46
7. การปรับปรุงสถานีงานตรวจสอบคุณภาพแบบถ่ายภาพลายวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ หลักการยศาสตร์ กรณีศึกษาในโรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน วิรัชพัชร ศิริกิตติวรพงษ์, จิรวรรณ คล้อยกยันต์ และ นริศ เจริญพร	56

18.	ศึกษาผลกระทบทางกระบวนการความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 โดยผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ชาวลิต ราชแก้ว, สันติรัฐ นันสะอาจ และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกุล	141
19.	การศึกษาอิทธิพลของแรงดันของเหลวที่มีต่อแรงลากขึ้นรูปในการลากขึ้นรูปเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น SPCC ด้วยการเคลื่อนที่ของของเหลว กฤษดา บรรเทาพิษ และ ศิริชัย ค่อสกุล	147
20.	การวางแผนการผลิตเพื่อประกอบตามคำสั่งโดยใช้การโปรแกรมแบบพอสสิบิลิติก สุภากร ศรีสาคร และ บุญบา พุกษาพันธุ์รัตน์	155
21.	การหาค่าความหยาบผิวที่เหมาะสมในกระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้าด้วย โครงข่ายประสาทเทียม จิรวรรณ กล้อยกยันต์, วุฒิชัย วงษ์ทัศนียกร และ จุราพรพรรณ ทองชั้น	163
22.	การแก้ปัญหาข้อจำกัดการผลิตสาร์กติกส์ไร้ฟลายได้เงื่อนไขทางการเงินและคุณภาพ โดยวิธีการค้นหาแบบกักขังและวิธีแบบ จุฑารัตน์ บุญแปลง และ วุฒิชัย วงษ์ทัศนียกร	171
23.	การจัดการปัญหาการขนส่งรถยนต์สำเร็จรูปด้วยรถขนส่งหลายชนิด โดยระเบียบ วิธีพาร์ทิเคิลสวอร์มออปติไมเซชัน ชนวีร์ เกากัน และ สวัสดิ์ ภาระราช	179
24.	การหาปัจจัยและค่าที่เหมาะสมในกระบวนการจัดร่อนนำบอลของวงแหวนชั้นใน ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง เขาวนา เจริญพร และ จิรวรรณ ชีระวราพฤกษ์	186
25.	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดชิ้นงานหนึ่งมิติแบบทั่วไป จตุพร ใจคำรงค์ และ ปิยวิทย์ สุวรรณ	193
26.	การพัฒนาวิธีการเชื่อมโยงดัชนีวัดผลสมรรถนะระบบบริหารการผลิตด้วยเมตริกซ์ ความสัมพันธ์ เจนจิรา สุขมณี และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง	200
27.	การจัดลำดับงานซ่อมบำรุงอากาศยานด้วยตารางเมตริกซ์โครงสร้างการออกแบบ ภัทรวิทย์ ศรีเมือง และ กุศล พินาพันธุ์ศรี	210

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 3 (CIOD 2012)

26 เมษายน 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**ศึกษาผลกระทบทางกระบวนการความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติงานเชื่อม
เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด UNS S31803 โดยผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน**

**A Study of Heat Process Effect on Microstructure and Mechanical Property of Welding
Stainless Steel Duplex Grade UNS S31803 by Annealing Process**

เขวาลิต ราชแก้ว^{1*} สันติรัฐ นันสะอาจ² และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

E-mail: ratkaeo@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบทางกระบวนการความร้อนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด UNS S31803 โดยผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิและ เวลา ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย มีผลกระทบต่อสมบัติทางกล ด้านความแข็งแรงบริเวณเนื้องาน บริเวณเขตอิทธิพลความร้อนและบริเวณแนวเชื่อม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคประเมินความสมดุลของเฟอร์ไรต์ พบว่าบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน เมื่อผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน ที่อุณหภูมิ 1,050°C ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ยังส่งผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ ทำให้อัตราส่วนเฟอร์ไรต์และ ออสเทนไนต์ที่สมดุลกัน

คำสำคัญ: กรรมวิธีการอบอ่อน อุณหภูมิและเวลา ค่าความแข็ง ปริมาณเฟอร์ไรต์

Abstract

The objective of the thesis was to study the effect no heat process to microstructure and the property of welding stainless steels Duplex grade UNS S31803 by annealing process. The factors studied are temperature and time. Result revealed that interaction effect between temperature and time was showed significant different to mechanical property at the level .05. The hardness of work piece, area of heat affected zone and welded, showed the significant difference at the level .05. The analysis of microstructure by assessment equal of ferrite is the heat affected zone that using heat process at the temperature 1,050°C takes 1 hour and result to the quantity of ferrite and ratio of quantity of ferrite and austenite are equal.

Keywords : Annealing Process, Temperature and Time, Hardness, Quantity of Ferrite

1. บทนำ

ในสภาพปัจจุบันงานเชื่อมโลหะ เป็นงานที่มีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่ใช้ในครัวเรือน วัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างหรืออุตสาหกรรมใหญ่ๆก็ล้วนแต่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ ในการนำเอาโลหะ มาประกอบกันเป็นผลิตภัณฑ์นั้น ต้องอาศัยการเชื่อมโลหะเป็นส่วนใหญ่ การใช้กรรมวิธีการเชื่อมโลหะเมื่อเทียบกับการประสานโลหะแบบอื่นๆ ถือว่าการเชื่อมโลหะมีความแข็งแรงและใช้งานได้นานกว่า

การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิค มักพบปัญหาที่สำคัญในการเชื่อม เพราะวัสดุส่วนใหญ่ของเฟอร์ไรต์ ในเนื้อโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลง ของปริมาณเฟอร์ไรต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของมานิชย์ ปานเจียงและคณะ ได้ศึกษาผลของปริมาณพลังงานความร้อนต่อจำนวนเฟอร์ไรต์ในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ออสเทนนิค พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับปริมาณพลังงานความร้อนจะมีผลต่อปริมาณเฟอร์ไรต์ภายในแนวเชื่อมในขณะที่ยกระดับปริมาณพลังงานความร้อน 81 KJ/cm โดยมีทั้งการเชื่อมหรือจำนวนรอยเชื่อม 6 รอยเชื่อม ซึ่งเป็นระดับที่สามารถ ควบคุมจำนวนเฟอร์ไรต์ ได้มากที่สุดคือ มีจำนวนเฟอร์ไรต์ 42 เปอร์เซ็นต์ภายในรอยเชื่อมจึงทำให้มีความสามารถในการรับแรงดึงและต้านทานแรงกระแทกได้ดี การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิค มีข้อควรระวังในการควบคุมจำนวนเฟอร์ไรต์ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับจุลภาค ของโครงสร้างและสมบัติทางกลที่เกิดขึ้นบริเวณ Base Metal บริเวณ Heat Affected Zone และ บริเวณ Welded Metal ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจะต้องมีเทคนิคและวิธีการเชื่อมตามกรรมวิธีการเชื่อมแบบ GTAW นี้ได้จะต้องเข้าใจค่าตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อมและยังต้องคำนึงถึงคุณภาพของรอยเชื่อม

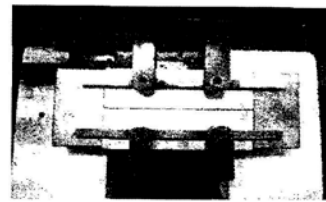
2. การดำเนินการทดลอง

2.1 การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม

เตรียมชิ้นงาน เหล็กกล้าไร้สนิม ออสเทนนิค เกรด UNS S31803 นำมาตัดให้ได้ขนาดกว้าง×ความยาว×หนา เท่ากับ

105 × 280 × 10 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยทินเนอร์ เพื่อขจัดคราบน้ำมันและสิ่งสกปรกอื่นๆ นำเหล็กกล้าไร้สนิม จำนวน 2 ชิ้น บากร่องตัว V เชื่อมอิตหัวและท้าย เชื่อมในตำแหน่งต่อชนทำราบ

นำอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดชิ้นงานทดลอง วางประกอบชิ้นงานให้ได้ระดับและเสมอกันทั้งชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การจับยึดชิ้นงานเชื่อมกับอุปกรณ์จับยึด

2.2 วิธีดำเนินการเชื่อม

เชื่อมซึมลึกแนวที่ 1 และเชื่อมซ้อทับ 6 แนวเชื่อมโดยควบคุม Heat Input ด้วย 12 KJ/inch ใช้เครื่องเชื่อม TIG เชื่อมด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ ได้ชิ้นงานเชื่อมที่สมบูรณ์ 1 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชิ้นงานทดลองเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม TIG

ตัดด้วยเครื่อง Wire - Cut ให้ได้ขนาด 10 × 70 × 10 mm ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชิ้นงานทดลองเชื่อมตัดด้วยเครื่อง Wire - Cut

2.3 วิธีดำเนินการอบอ่อน

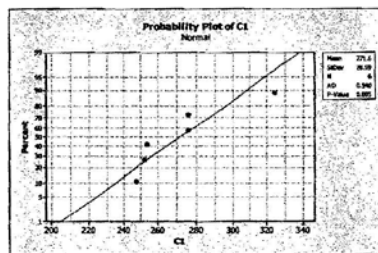
นำชิ้นงานเชื่อมกว้าง $\times$ ยาว $\times$ หนา ขนาดเท่ากับ $10 \times 70 \times 10$ มิลลิเมตร คัดด้วยเครื่อง Wire-Cut เสร็จสมบูรณ์ จำนวน 18 ชิ้น ไปอบอ่อนด้วยเตาอบ (Heat Treatment) ที่อุณหภูมิ 850°C 950°C และ $1,050^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในเตาอบ (Heat Treatment)

2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เตาอบชิ้นงานยี่ห้อ HITACHI เครื่องขัด (Polishing) ยี่ห้อ BUEHLE รูน ECOMET 6 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง วิเคราะห์โครงสร้างและหาสัดส่วน เฟอไรต์ (Image Analyzers) และเครื่องทดสอบความแข็ง (Micro Hardness Test) ยี่ห้อ TESTOMETRIC รูน MICRO

3. ผลการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม เป็นบรรทัดฐานในการทดลองมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ จึงได้ออกแบบการทดลองเบื้องต้น เพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม ในการทดลอง ได้ออกแบบการทดลองระหว่างความสัมพันธ์ทั้ง 2 ตัวแปร ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ชิ้นงานทดลอง จำนวน 18 ชิ้น ในการศึกษา ทำการทดลองเบื้องต้น ใช้อุณหภูมิในการอบอ่อน ชิ้นงานที่ต่ำสุด 850°C และอุณหภูมิสูงสุด $1,050^{\circ}\text{C}$ แล้วเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 3 ระดับ คือ 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง เพื่อหาค่าของตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการทดลอง มีการแจกแจงแบบปกติค่า $P\text{-Value} = .095 > .05$ ดังแสดงในรูปที่ 4



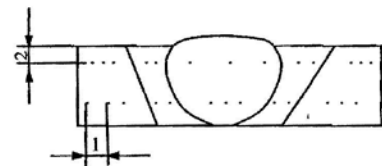
รูปที่ 4 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded)

หลังจากทดลองได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมและสัมพันธ์กัน จึงทำการออกแบบการทดลองใน ขั้นตอนต่อไป

4. ผลการทดลองทางสถิติ

การทดลอง นำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนด้วยเตาอบ ที่อุณหภูมิ 850°C 950°C และ $1,050^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในเตาอบ จนครบจำนวนชิ้นงานทดลอง จำนวน 18 ชิ้น เก็บรวบรวมข้อมูล จากการทดสอบค่าความแข็ง ด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง จำนวน 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และแนวเชื่อม (Welded) จำนวน 16 ตำแหน่งต่อชิ้น ระยะห่างตำแหน่งทดสอบ เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ห่างจากขอบชิ้นงาน 2 มิลลิเมตร

ดังแสดงในรูปที่ 5



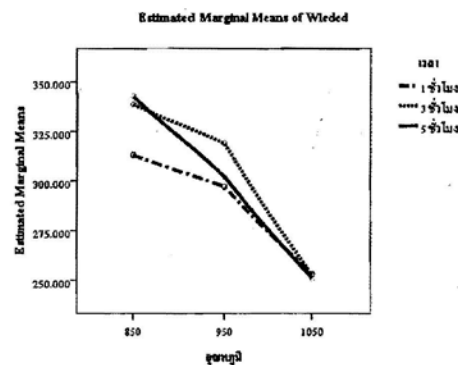
รูปที่ 5 ตำแหน่งบริเวณที่ตรวจสอบค่าความแข็ง

จากนั้นนำค่าความแข็งที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความแข็ง บริเวณแนวเชื่อม (Welded)

Variable	SS	df	MS	F	Sig.
อุณหภูมิ	19560.632	2	9780.316	192.958	.000
เวลา	755.290	2	377.645	7.451	.012
อุณหภูมิ * เวลา	786.703	4	196.676	3.880	.042
Error	456.177	9	50.686		
Total	1605145.949	18			

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 1 พบว่าปัจจัยร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded) เหล็กกล้าไร้สนิม ดุเพล็กซ์เกรด UNS S31803 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งที่ส่งผลในระดับต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงกราฟปฏิสัมพันธ์อิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่าง อุณหภูมิและเวลาของ ความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded)

จากรูปที่ 6 พบว่าปัจจัยร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลา ส่งผลต่อค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded) เหล็กกล้าไร้สนิม ดุเพล็กซ์เกรด UNS S31803 ที่ความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded) สูงสุด ได้แก่ปัจจัยร่วมของ อุณหภูมิที่ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง จะให้ค่าความแข็งที่มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 342.517 HV

ผลการเปรียบเทียบค่าความแข็งชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบอ่อน การอบอ่อนและชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C พบว่าเมื่ออบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง ทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งมากที่สุด มากกว่าการใช้เวลา 1 ชั่วโมงและ 3 ชั่วโมงและมีค่าความแข็งมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบอ่อน และตรงบริเวณแนวเชื่อม (Welded) มีค่าความแข็งมากที่สุด มากกว่าบริเวณเนื้องาน (Base Metal) และบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ)

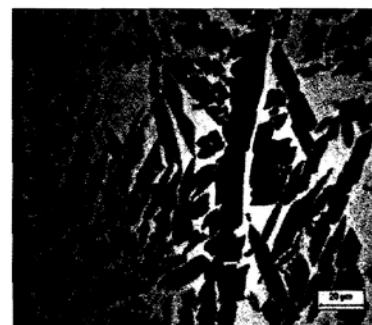
ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจาก อัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อมจะต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ในขณะทำการเชื่อม และเมื่อผ่านกรรมวิธีการอบอ่อนที่อุณหภูมิค่า ใช้เวลาในการอบอ่อนนานขึ้น จะทำให้มี ออสเทนไนท์ เกิดขึ้น ได้มาก และขยายขนาดใหญ่ขึ้นทำให้พบ ออสเทนไนท์มากในบริเวณแนวเชื่อม (Welded) จึงทำให้มีค่าความแข็งในบริเวณแนวเชื่อมมากกว่าบริเวณอื่น

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบค่าความแข็งที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง

บริเวณตรวจสอบ	ค่าความแข็งก่อนผ่านกระบวนการอบอ่อน	ค่าความแข็งหลังผ่านกระบวนการอบอ่อน
บริเวณเนื้องาน	248.633 HV	329.234 HV
บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน	266.175 HV	313.850 HV
บริเวณแนวเชื่อม	257.933 HV	342.517 HV

5. ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบอ่อนบริเวณแนวเชื่อม (Welded)

ผลของการตรวจสอบ โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) บริเวณแนวเชื่อม (Welded) ที่ไม่ผ่านการอบอ่อน มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 257.933 HV ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างของออสเทนไนท์จับตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ตามแนวตั้งขวางคามริค ซึ่งมีจำนวนของออสเทนไนท์มากกว่าและอยู่อย่างหนาแน่นไม่เป็นระเบียบ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 บริเวณแนวเชื่อม (Welded) ที่ไม่ผ่านการอบอ่อน

6. ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน ที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง

ผลของการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) บริเวณแนวเชื่อม (Welded) ที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 342.517 HV ที่อุณหภูมิที่ 850°C เวลาที่ใช้ในการอบอ่อน 5 ชั่วโมง มีโครงสร้างประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์ และโครงสร้างออสเทนไนต์ มีสัดส่วนเฟอร์ไรต์น้อยกว่าออสเทนไนต์ โครงสร้างออสเทนไนต์ รูปร่างลักษณะคล้ายใบไม้ วาดตามแนวยาวและขวางไม่เป็นระเบียบกระจาย จับตัวเป็นก้อนกลุ่มขนาดต่างกันมีการเกาะกลุ่มใหญ่และกลุ่มเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 บริเวณแนวเชื่อม (Welded) อบอ่อนที่อุณหภูมิ 850°C 5 ชั่วโมง

7. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์เชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไปว่า แต่ละเงื่อนไขของการเชื่อมมีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง อุณหภูมิและเวลาในการอบอ่อนมีลำดับความสำคัญ ต่อการเปลี่ยนแปลงของอย่างไร

ในการตรวจสอบค่าความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ของชิ้นงานเพื่อหาค่าเฉลี่ย ต้องมีความละเอียดและแม่นยำในการวัดและตรวจสอบ

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ทำให้มองเห็นประโยชน์ในด้านการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ในการอบอ่อน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและ

สมบัติทางกล อย่างไม่มีขอบเขตจำกัด แต่ทุกกรณี อยู่ภายใต้หลักวิชาการที่นำมาใช้อ้างอิง เป็นข้อเท็จจริงที่สามารถพิสูจน์ได้

8. บทสรุป

อิทธิพลของปัจจัยมีผลกระทบต่อค่าความแข็ง เมื่อพิจารณาค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA พบว่าปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลา มีผลต่อ ค่าความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal) บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) และบริเวณแนวเชื่อม (Welded) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และพบว่าค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (Welded) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด 342.517 HV ที่อุณหภูมิ 850°C ใช้เวลาอบ 5 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบอ่อนสูงขึ้นที่ระดับ 950°C และ 1,050°C ทำให้ชิ้นงานทดลองมีค่าความแข็งลดลง

9. อภิปรายผล

จากการทดลองพบว่า ในบริเวณที่มีค่าความแข็งสูงสุด คือบริเวณแนวเชื่อม (Weld Metal) มีค่าความแข็งเท่ากับ 342.517 HV ใช้อุณหภูมิในการอบอ่อนที่ 850°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เนื่องจากว่า เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนต่ำลง และใช้เวลาในการอบอ่อนมากขึ้น จะส่งผลทำให้มีอัตราการเย็นตัวของชิ้นงานต่ำลง ทำให้ออสเทนไนต์ เกิดได้มากขึ้น ขยายเฟสออสเทนไนต์มีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้บริเวณแนวเชื่อม (Welded) มีค่าความแข็งสูงที่สุด แต่กลับไปพบออสเทนไนต์ต่ำที่บริเวณเขตอิทธิพลความร้อน (HAZ) ซึ่งมีค่าความแข็งเท่ากับ 323.340 HV ดังนั้นเมื่ออบอ่อนด้วยอุณหภูมิค่าใช้เวลานานการอบมากขึ้นจะทำให้โครงสร้างออสเทนไนต์เกิดได้มาก บริเวณแนวเชื่อม (Welded) จึงทำให้มีค่าความแข็งมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงไกรวโนทยาน [6]

10. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ดำเนินการสำรวจด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาช่วยเหลือ ตลอดจนได้รับคำแนะนำและ

ชี้แนะ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอน และควบคุมการวิจัย ที่ได้กรุณาให้แนวคิดและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยตลอดจนแก้ไขปัญหาดังกล่าวในขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย

อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

เอกสารอ้างอิง

- 1 สมบูรณ์ เค็งหงส์เจริญ. งานเชื่อมโลหะ 2, ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2544. หน้า 87-94.
- 2 คณะนย์ วรณโท, การเชื่อมโลหะในระบบGMAW. ฝ่ายปฏิบัติการทางเทคนิค2 สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ, 2538. หน้า 5-1 - 5-19.
- 3 S.K. Ghosh and S. Mondal. "ศึกษาอุณหภูมิในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ พบว่า จากการอบละลาย เฟสที่อุณหภูมิ 1,300°C และเย็นตัวอย่างรวดเร็วในน้ำ." 2008.
- 4 วิสพล นันทประยูร. "การเชื่อมท่อเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ มาตรฐาน ASTM A790 เกรด UNS S31803 ด้วยกระบวนการเชื่อมทั้งสแตนอาร์คอาร์กอน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.
- 5 Nowacki and A. Lukojc. "ศึกษาอิทธิพลของการตกตะกอนของออกซิเจนในท่อเชื่อมใน HAZ ของการเชื่อมรอยเชื่อมต่อชนในเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ ด้านความแข็งแรง ความต้านทานการกัดกร่อน," 2005.
- 6 เกรียงไกร วโนทยาน. "ได้ศึกษาผลกระทบ ของกระแสไฟฟ้าเชื่อมต่อ โครงสร้างจุลภาคในเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรดS31803," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.
- 7 เกรียงไกร แสงอำนาจเดช และคณะ. "ศึกษาอิทธิพลของการอบบ่มที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของ โลหะเงินผสม 93.7Ag-6.0Cu-0.3Sn." วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรม