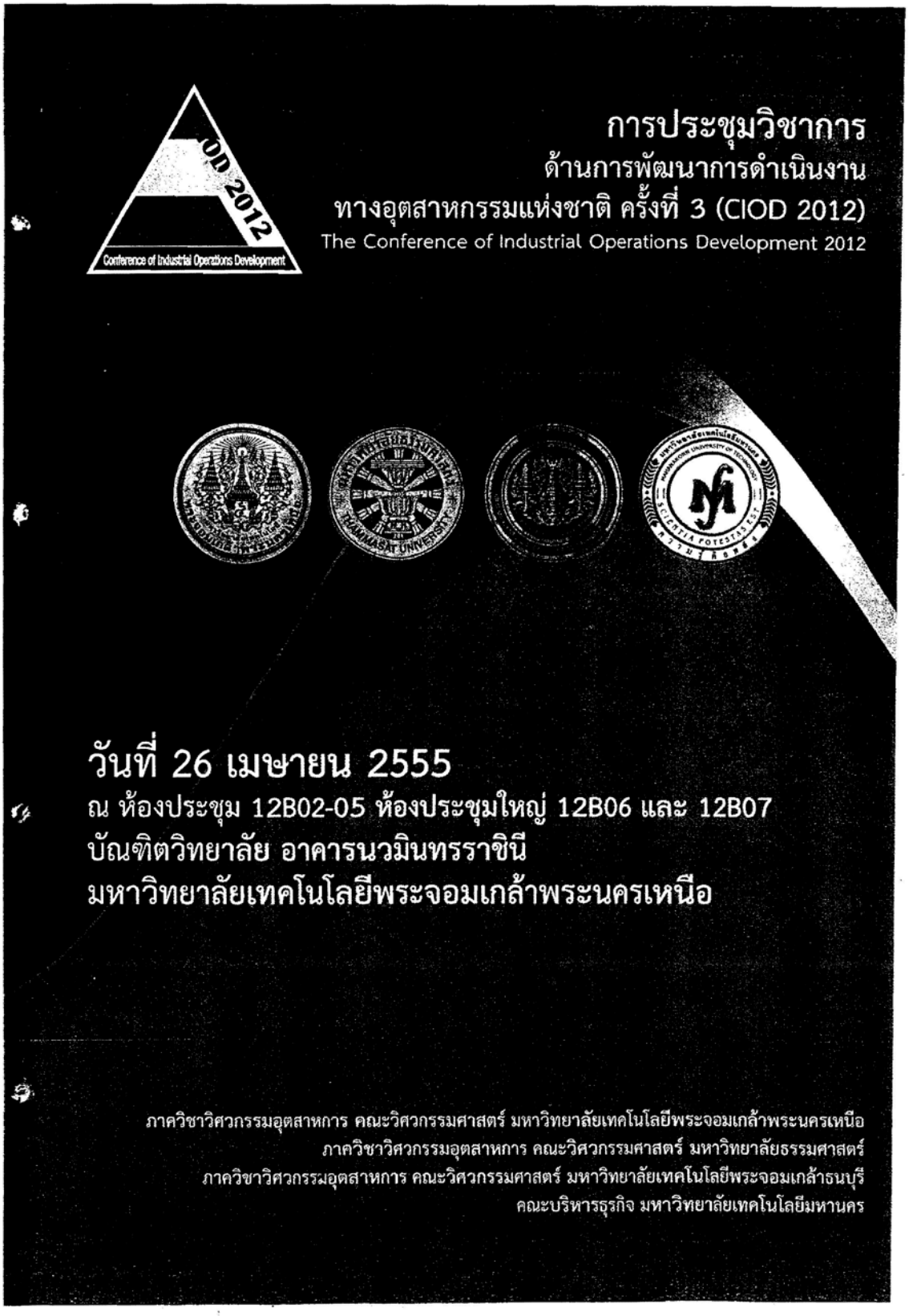
ภาคผนวก ค.

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการเผยแพร่


OD 2012
Conference of Industrial Operations Development
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
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

สารบัญ

	หน้า
สาส์นจาก อธิการบดี	ก
สาส์นจาก หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	ข
สาส์นจาก ประธานจัดการประชุม	ค
คณะกรรมการดำเนินงาน	ง
กำหนดการ การประชุมวิชาการ	ช

บทความ

1.	การประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก *มนัสนันท์ พูลสอน และ สิรางค์ กลั่นคำสอน*	1
2.	ผลสำเร็จด้านการยอมรับของประชาชนรอบโรงไฟฟ้าต่อการจัดการระบบปล่อยทิ้งอากาศเสียจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะ *ณัฐวรรณ ธรรมวัชรากร, อาทิตย์ โสตรโยม และ วันชัย ริจิรวนิช*	11
3.	การจัดเส้นทางเดินที่เหมาะสมของเครื่องมือเครื่องจักรควบคุมเชิงตัวเลขในกระบวนการเจาะรูตามระบบมดประดิษฐ์ *นพดล สุขกล่อมชีพ, เกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย และ คทา ประดิษฐวงศ์*	18
4.	แผงแสดงข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจแบบเวลาจริงของโรงงานผลิตน้ำบางเขน *ประยุทธ์ พันธุ์อายุวัฒน และ เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี*	27
5.	การศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กชายและหญิงอายุ 4-12 ปี ในภาคใต้ของประเทศไทย *สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, จักรนรินทร์ ฉัตรทอง และ วรพงศ์ บุญช่วยแทน*	37
6.	การกำหนดมาตรฐานขนาดเก้าอี้สำนักงานที่เหมาะสมกับร่างกายของคนไทยโดยอ้างอิงข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของคนไทยจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม *ภัศรา ศรีทอง, นริศ เจริญพร และ มณฑลี ศาสนนันทน์*	46
7.	การปรับปรุงสถานีงานตรวจสอบคุณภาพแบบถ่ายภาพลายวงจรอิเล็กทรอนิคส์ โดยใช้หลักการยศาสตร์ กรณีศึกษาในโรงงานผลิตแผ่นวงจรไฟฟ้าชนิดอ่อน *วิรัลพัชร ศิรกิตติวรพงษ์, จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และ นริศ เจริญพร*	56

8. Evaluating Profitability Performance of Projects and Assets by Intrinsic Worth Valuation Model 68
Thanakornn Phansawadhi

9. การลดความไม่พึงพอใจของลูกค้าโดยลดเวลานำการส่งมอบสินค้า: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น 75
พสิษฐ์ อมรพิทักษ์พันธ์ และ กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ

10. การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศสำรวจข้อมูลสถานบริการน้ำมัน 82
ขรรค์ชัย บุญเพียร และ ณัฐพล ศิริสว่าง

11. การพัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มูลค่าต้นทุนของเสียในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 90
ภัทรศยา ตันติวัฒนกูล และ อรรถกร เก่งพล

12. การปรับปรุงกระบวนการบริการในอุตสาหกรรมร้านอาหารโดยการออกแบบระบบการให้คำแนะนำ 98
ชัยวัฒน์ เจริญรัตน์ และ กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ

13. การพยากรณ์ความต้องการอะไหล่ กรณีศึกษา: โรงงานอุตสาหกรรมพลาสติกบรรจุภัณฑ์ 105
ชญาสิทธิ์ ลีลาดี และ กัญจนา ทองสนิท

14. การบริหารจัดการคลังสินค้าและออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับการลำเลียงและขนถ่าย กรณีศึกษา: โรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ 115
สิริรักษ์ ภู่ริยะพันธ์ และ ชิดชนก อินทอง

15. การพัฒนาระบบการตรวจนับสินค้าสำหรับธุรกิจตลับพระ 121
นิติพันธุ์ ชื่นชอบ และ ณัฐพล ศิริสว่าง

16. การศึกษา ปัญหา อุปสรรค และประโยชน์ในการใช้ระบบการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ 130
ณัฐชภรณ์ วิจิตรบัญชร, วสุธิดา ภูมิอมร, ธราธร กุลภัทรนิรันดร์ และ สุวัจน์ ด่านสมบูรณ์

17. อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 136
ยุทธนา บรรเทิงใจ, สันติรัฐ นันสะอาง และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล

การประชุมวิชาการด้านการพัฒนาการดำเนินงานทางอุตสาหกรรมแห่งชาติ ครั้งที่ 3 (CIOD 2012)
26 เมษายน 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803

Capital Letters Influence of Heat Treatment Processing on Microstructures and Properties of Duplex Steel UNS S31803

ยุทธนา บรรเทิงใจ[1] สันติรัฐ นันสะอาง[2] และ สิทธิชัย แก้วเกื้อกูล[2]

[1]ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]รองศาสตราจารย์, ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail: kob72359@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเหล็กซ์เกรด UNSS31803ด้วยกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สปกคลุมGTAW (Gas Tungsten Arc Welding) ตัวแปรในการศึกษาคือ การทำการบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging)มี 3 ระดับ ที่อุณหภูมิ 650^{o}C ,750^{o}C ,850 ^{o}C เวลาบ่มแข็งชิ้นงานมี 3 ระดับ คือ 1,4, 8 ชั่วโมง ผลการทดลองวัดความแข็ง พบว่าอิทธิพลทางความร้อนทำการบ่มแข็งที่อุณหภูมิ 850^{o}C ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ส่งผลให้ชิ้นงานทดสอบบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มีความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 327.006 HV

คำสำคัญ : การบ่มแข็งด้วยอายุ เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNSS 31803 สมบัติทางกล โครงสร้างจุลภาค

Abstract

The objective of this research. To study the influence of the thermal structure and properties of welding of duplex stainless steel grades. UNSS31803 by the process of welding gases covered GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) variables in the study is to be cured hardened with age (Aging) has three levels of temperature, 650^{o}C, 750^{o}C, 850^{o}C for mature, hard work, there are 3 levels: 1,. 4, 8 hours of testing to measure the hardness. The influence of heat or ice at temperatures above 850^{o}C for 8 hours resulted in the specimen material (Base Metal) has the highest average hardness equal to 327.006 HV.

Keyword: Aging, Stainless steel UNSS31803, Mechanical property, Microscopic structure

1. บทนำ

เทคโนโลยีการเชื่อมถือเป็นหนึ่งเทคโนโลยีหลัก ที่ใช้ในกระบวนการผลิตและก่อสร้างรวมทั้งการซ่อมบำรุงรักษาในหลายๆ ภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้การผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคต่างๆยังอาศัยเทคโนโลยีงานเชื่อมเข้าไปเกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ในทางการซ่อมบำรุงรักษา เทคโนโลยีงานเชื่อมถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นจำนวนมาก การซ่อมบำรุงรักษาสะพาน เช่น รอยแตกร้าว หรือการบิดงอตัวของสะพาน รวมทั้งการเสริมความแข็งแรงให้กับตัวสะพานเอง การซ่อมบำรุงเครื่องบินเครื่องจักร ไม่ว่าจะเป็นเชิงพาณิชย์หรือทางด้านความมั่นคง ล้วนแต่อาศัยกระบวนการเชื่อมประสานเข้าร่วมด้วยเช่นกัน และยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายด้านที่ได้ประยุกต์การเชื่อมในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ได้รวมเอาคุณสมบัติด้านความเหนียว(Toughness)ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนติก(Austenitic Stainless Steel) และคุณสมบัติด้านความแข็งแรงทนต่อแรงดึง(Strength)และการต้านทานการกัดกร่อนของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอริติก (Ferrite Stainless Steel)ไว้ เนื่องมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ประกอบไปด้วยโครงสร้างจุลภาค 2 เฟสคือ ออสเทนไนต์ และเฟอร์ไรท์ที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยที่สัดส่วนของทั้งสองเฟสนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติทางกลและการต้านทานการกัดกร่อนและยังมีปริมาณธาตุ Cr และ Mo อยู่สูง ทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์มีความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อน(Corrosion)ได้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมและหล่อได้ง่าย กระบวนการเชื่อมที่กำเนิดความร้อนที่ได้จากพลังงานไฟฟ้า จะทำให้เกิดวัฏจักรของความร้อน (Thermal Cycle) ขึ้นกับเนื้อโลหะงานที่อยู่ใกล้ชิดกับรอยเชื่อม ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่เพียงแต่จะทำให้เกิดการหลอมละลายของโลหะตรงรอยต่อของชิ้นงานเท่านั้น มันยังมีผลต่อโครงสร้างของโลหะงานที่อยู่ใกล้กับบ่อหลอมละลายของรอยเชื่อม โดยแบ่งออกได้สามส่วน ดังนี้ คือ 1) ส่วนของรอยเชื่อม (Weld Metal) เป็นส่วนที่เกิดจากการเย็นตัวของบ่อหลอมละลาย 2) บริเวณได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affect Zone) อันได้แก่ส่วนของโลหะงานซึ่งอยู่ใกล้ชิดกับรอยเชื่อม ความร้อนจากบ่อหลอมละลายและการเย็นตัวของงานมีผลกระทบโดยตรงต่อโครงสร้างของโลหะงานในส่วนนี้มาก 3) บริเวณที่ถัดจากบริเวณกระทบร้อน โครงสร้างของโลหะตลอดจนส่วนผสมทางเคมีในส่วนนี้ยังคงเดิม จากอิทธิพลของความร้อนที่ได้รับจากการเชื่อมอันเป็นผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในโลหะงานมากมายที่เกินจะควบคุมได้ เช่น การบิดตัวของชิ้นงาน

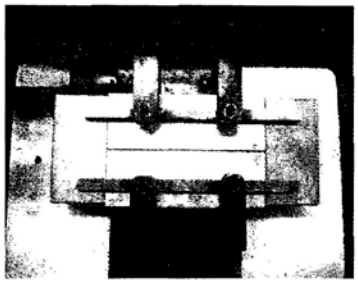
กระบวนการเชื่อมทิกเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยมีการพัฒนาเครื่องเชื่อมและวิธีการเชื่อมใหม่ๆ ขึ้นให้สามารถเชื่อมต่อโลหะได้เกือบทุกชนิด รวมทั้งโลหะผสมเหล็กกล้าไร้สนิม อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสม ทองแดงและทองแดงผสม เป็นต้น ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเชื่อมหรือช่างเชื่อมจะต้องปรับวิธีการทำงานของตนเองให้สามารถทำงานกับวิธีการเชื่อมนี้ให้ได้ ดังนั้นช่างเชื่อมจะต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงการปรับตั้งค่าตัวแปรแต่ละตัวว่า เมื่อทำการปรับแล้วแนวโน้มของผลการเชื่อมจะเป็นอย่างไร โดยเฉพาะระยะการหลอมละลายลึก ระยะความกว้าง และระยะความสูงของแนวเชื่อมจากการศึกษาข้างต้น ในปัจจุบันเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี, อุตสาหกรรมอาหาร, เรือเดินสมุทรและอุตสาหกรรมการเกษตร และยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายด้านที่ได้ประยุกต์การเชื่อมในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ได้รวมเอาคุณสมบัติด้านความเหนียว(Toughness)ของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนเนติก(Austenitic Stainless Steel) มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงทนต่อแรงดึง(Strength)การต้านทานการกัดกร่อน และตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อสัดส่วนเฟสออสเทนไนท์และเฟอร์ไรท์ของชิ้นงานเชื่อม คือ อัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันภายในชิ้นงานเชื่อม ซึ่งอัตราการเย็นตัวภายในชิ้นงานเชื่อมนั้นขึ้นอยู่กับความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงาน การให้ความร้อนหลังการเชื่อม และที่สำคัญ คือ วัฏจักรอุณหภูมิ (Thermal Cycle)ของการเชื่อมโดยเฉพาะบริเวณเขตอิทธิพลความร้อน เมื่ออัตราการเย็นตัวของรอยเชื่อมต่ำ จะทำให้ออสเทนไนท์เกิดได้มากขึ้นและขยายขนาดใหญ่ขึ้นด้วยทำให้พบออสเทนไนท์เป็นจำนวนมากในบริเวณเนื้อรอยเชื่อม (Weld Metal) แต่กลับลดลงเหลือเพียงเล็กน้อยในเขตอิทธิพล

ความร้อน (HAZ) โดยเฉพาะบริเวณแนวเชื่อมราดหน้า เนื่องจากมีอัตราการเย็นตัวที่สูง กรณีงานเชื่อมที่ต้องเชื่อมทับหลายครั้ง นอกจากนี้อัตราการเย็นตัวที่แตกต่างกันภายในชิ้นงานเชื่อม ยังส่งผลให้เกิดการรวมตัวของธาตุต่างๆได้ง่าย เกิดเป็นเฟสโลหะผสม (Intermetallic Phase) หรือ คาร์ไบด์ เนื่องจากในเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์มีธาตุที่ผสมอยู่ปริมาณสูง เช่น Cr ซึ่งบางครั้งรวมตัวกับเหล็ก (Fe) เกิดเป็นเฟสที่มีความเป็นอันตรายต่อชิ้นงานเชื่อม คือ ซิกมาเฟส (σ) การตกผลึกของซิกมาเฟสส่งผลให้คุณสมบัติด้านความเหนียวและการต้านทานการกัดกร่อนลดลง การบ่มแข็งเป็นกระบวนการทำให้เกิดความแข็งแรง โดยการตกตะกอน (Strengthening Precipitates) และควบคุมเฟสที่สองอื่นๆ ซึ่งรวมไปถึงคาร์ไบด์ และเฟสที่เป็นอันตราย (Detrimental Topologically Closed-packed; TCP Phase)ด้วย และการ Precipitation Treating นั้นยังสามารถคายความเค้น(Stress)ได้ ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้เหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel) เกรด S31803 มาทำการเชื่อมและบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging) ที่อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิ 650°C, 750°C และ 850°C โดยจะใช้เวลาบ่มแข็งชิ้นงานคือ 1, 4 และ 8 ชั่วโมง เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อคุณสมบัติทางกลของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ในการดำเนินงานทดทองเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมเป็นบรรทัดฐานให้การทดลองมีความเที่ยงตรงและ น่าเชื่อถือ จึงได้มีปฏิบัติการทดลองเบื้องต้นโดยการออกแบบPilot Study เพื่อหาระดับ ตัวแปรที่สำคัญได้แก่ การบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging)ที่มี 3 ระดับคืออุณหภูมิ 650°C 750°C และ 850°C ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการศึกษา ทั้งนี้ตัวแปรอื่นๆ เช่น ความแข็ง และเทคนิคการเชื่อมกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ค่าระดับของตัวแปรกำหนดเป็นค่าเบื้องต้นที่ใช้ในการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม GTAW และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อม (Weld Metal)และบริเวณกระทบร้อน(HAZ) ได้แก่ อุณหภูมิในการบ่มแข็งและเวลาการบ่มแข็ง ซึ่งกำหนดการทดลอง 2 ปัจจัย

การเตรียมชิ้นงานเชื่อมเพื่อการทดลอง การเตรียมชิ้นงานเพื่อการทดสอบด้วยแรงดึง และการทดสอบความแข็งได้กำหนดตามมาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers (ASME) 2001 Edition 2 โดยมีขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานทดลอง ดังนี้ 1. ตัดเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยเครื่องเลื่อยกลหล่อเย็นด้วยน้ำ ขนาด 105×280 มม. จำนวน 2 ชิ้น 2 บากหน้างานทั้ง 2 ด้านด้วยเครื่องกัด มุมเอียง (Bevel Angle) ด้านละ 30°C 3. ประกอบรอยต่อชิ้นงานแบบต่อชน (Butt Joint) ก่อนการเชื่อมโดยการเชื่อมยึดบริเวณหัวท้ายของรอยต่อด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด กว้าง 210 มม. ยาว 280 มม. หนา 10 มม. ให้ได้ชิ้นงานจำนวน 1ชิ้น



รูปที่ 1 การจับยึดชิ้นงานกับอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

3. การดำเนินการทดลอง

เตรียมชิ้นงาน และทำความสะอาดบริเวณรอยบากเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เช่น คราบน้ำมันไขมัน และ สิ่งสกปรกและเตรียมเครื่องเชื่อมพร้อมอุปกรณ์ วางชิ้นงานเชื่อมในตำแหน่ง ท่าราบ บนแผ่นรองงานเชื่อม และวางแผ่นประกบชิ้นงานด้านบน พร้อมกับยึดชิ้นงานด้วยอุปกรณ์จับยึดให้แน่นและ เริ่มต้นเชื่อมจากแผนยึดชิ้นงาน จนไปสิ้นสุดที่แผ่นยึดชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง โดยใช้เทคนิค การเชื่อมแบบเดินไปข้างหน้า (Fore Hand) เสร็จแล้วนำชิ้นงานไปตัดชอยชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ ด้วยเครื่องตัดแบบ Wire-Cut ที่มีการหล่อเย็นด้วยน้ำให้ได้ขนาด 10×70 มม. จำนวน 18 ชิ้นแล้วนำชิ้นงานไปทดสอบโดยการบ่มแข็งอุณหภูมิที่ทำการบ่มแข็งด้วยอายุ (Aging) มี 3 ระดับคือ 650°C ,750°C และ 850°C เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็งชิ้นงานมี 3 ระดับ คือ 1,4 และ 8

ชั่วโมงวัด ค่าความแข็งของแนวเชื่อม ภายหลังการนำชิ้นงานผ่านการบ่มแข็ง ตามค่าตัวแปรที่กำหนด

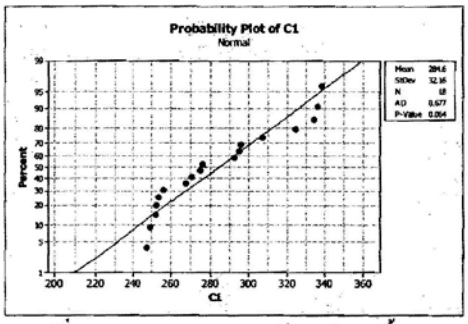
รูปที่ 2 การตัดชิ้นงานทดลองด้วยเครื่องตัด Wire-Cut

เครื่องทดสอบสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลแบบการทดสอบความแข็ง สเกลที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบ Vickers Testing เครื่องหมายการค้า TESTOMETRIC รุ่น MICRO เป็นเครื่องทดสอบสามารถทดสอบความแข็งได้ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 การทดสอบความแข็งของชิ้นงานด้วยเครื่อง Mitutoyo AVK Hardness Test

4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิและเวลามีผล ต่อความแข็งบริเวณเนื้องาน โดยทำการวัดค่าความแข็งด้วยหน่วยหน่วย Vickers (HV) ค่าที่ได้จากการทดสอบ จะนำมาหาค่าเฉลี่ยได้ค่าความแข็งบริเวณเนื้องานของชิ้นงานทดสอบ ภายใต้เงื่อนไขการทดลองตามแผนการทดลอง ,แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ดังรายละเอียด ดังต่อไปนี้ การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลของค่าความแข็งดังแสดงในรูปที่ 4.8 เมื่อกำหนดนัยสำคัญเท่ากับ .05 (ระดับความเชื่อมั่น 95 %) ค่าความแข็งมีการแจกแจงแบบปกติ และ ทำการทดสอบการกระจายข้อมูลของค่าความแข็ง พิจารณาการกระจายของข้อมูลแล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง ที่มีผลต่อความแข็งบริเวณ เนื้องาน (ดังรูปที่4)



รูปที่ 4 การทดสอบการแจกแจงข้อมูลบริเวณเนื้องาน

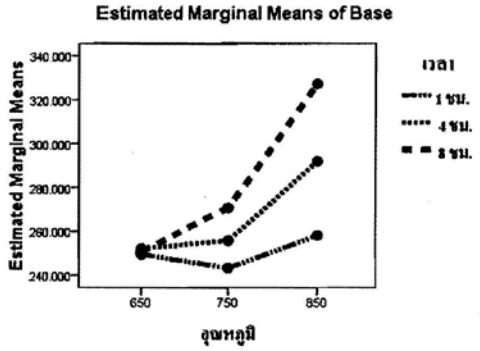
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ต่อความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal)

Tests of Between-Subjects Effects
Dependent Variable:Base

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11589.712*	8	1448.714	965.242	.000
Intercept	1279134.369	1	1279134.369	8.523E5	.000
อุณหภูมิ	6085.486	2	3042.743	2.027E3	.000
เวลา	3167.343	2	1583.672	1.055E3	.000
อุณหภูมิ * เวลา	2336.883	4	584.221	389.252	.000
Error	13.508	9	1.501		
Total	1290737.588	18			
Corrected Total	11603.220	17			

R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)
* ระดับนัยสำคัญ05

จากตารางที่ 1 พบว่าค่า F (อุณหภูมิ*เวลา) เท่ากับ 389.252, Sig(อุณหภูมิ * เวลา)= .000 Sig (อุณหภูมิ*เวลา) มีค่าน้อยกว่า a =.05 แสดงว่าปฏิเสธHo นั่นคือการบ่มแข็งด้วยอายุมีผลต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรด UNS S31803 ต่อความแข็งบริเวณเนื้องานทดสอบ (Base Metal) ที่ระดับนัยสำคัญ.05



รูปที่ 5 กราฟอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal)

จากรูปที่ 5 ปัจจัยร่วม (Interaction) มีผลกระทบต่อความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal)ที่ระดับ นัยสำคัญ .05 และพบว่า ความแข็งบริเวณเนื้องาน(Base Metal) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 327.066 HV คือ อุณหภูมิที่850^{o}C เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง 8 ชั่วโมง และค่าความแข็งเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 244.275 HV คือ อุณหภูมิที่ 750^{o}C เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง 1 ชั่วโมง และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งของชิ้นงานทดลองบริเวณเนื้องานทดสอบ(Base Metal)เพิ่มมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5

จากการทดลองวัดค่าความแข็งบริเวณเนื้องานทดสอบ พบว่า ปัจจัยร่วม (Interaction) มีผลกระทบต่อความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal) ที่ระดับ นัยสำคัญ.05 และพบว่าความแข็งบริเวณเนื้องาน (Base Metal) มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 327.006 HV คือ อุณหภูมิที่850^{o}C เวลาที่ใช้ในการบ่มแข็ง 8 ชั่วโมง และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ความแข็งของชิ้นงานทดลองบริเวณเนื้องาน (Base Metal) เพิ่มมากขึ้น

5. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์เกรดUNSS31803 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปพัฒนาการวิจัยต่อไป ดังนี้

1. การกัดกรดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเฟอร์ไรท์ ควรทำในตู้ดูดควันเพื่อป้องกันการสูดดมสารเคมีที่ระเหยออกจากบีกเกอร์ และต้องรีบกัดกรดให้เสร็จก่อนการระเหยของกรดจะหมดเพราะต้องผสมกรดใหม่อีกครั้ง

2. การบ่มแข็งอาจมีข้อผิดพลาดของเตาอบ ดังนั้นควรควบคุมและเฝ้าเตาตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานทดสอบ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีและแผนกวิชาชีพช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม แผนกวิชาช่างโลหะการ วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้ครุภัณฑ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1 พรชัย เทพพันธ์กุลงาม. ,โลหะวิทยาของแนวเชื่อมจากกระบวนการเชื่อม TIG ของอะลูมิเนียมผสม และเหล็กกล้าไร้สนิม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2 สุภชัย ประเสริฐสกุล, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์, โลหะวิทยากายภาพ 1, สำนักพิมพ์ไชน์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง, อุบลราชธานี, หน้า 66, 80-81, 97-98.

3 เกรียงไกร วโนทยาน. ,2550, การศึกษาผลกระทบของกระแสไฟเชื่อมต่อโครงสร้างจุลภาคในเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ เกรด S31803 ด้วยกระบวนการเชื่อมทิก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี