

วารสารวิชาการ

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

The Journal of Welding Institute of Thailand

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2558

Vol. 1, No. 2, July – December 2015

ISSN : 2465-406X



WIT 02

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

www.wit.kmutnb.ac.th/

Better than yesterday, everyday



บริษัท เอ็ม.ซี.เอส.สตีล จำกัด (มหาชน)

เป็นผู้ผลิต และติดตั้งงานโครงสร้างที่มีกำลังการผลิต 5,000-6,000 ตัน/เดือน โดยเราได้ผลิตให้กับลูกค้าโดยตรงในประเทศ และส่งออกไปยังประเทศกัมพูชา ร้อยละ 90 สินค้าของเราได้รับการรับรองมาตรฐานสากล เป็นที่ยอมรับในประเทศไทย และประเทศญี่ปุ่น ตามนโยบายคุณภาพที่ว่า



“เราเป็นผู้ผลิต ติดตั้งและทดสอบ
งานโครงสร้างเหล็กที่มีคุณภาพ
ได้มาตรฐานสากล เป็นที่พึงพอใจของลูกค้า”

เจ้าของ ที่ปรึกษา	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	
	ศาสตราจารย์ ดร.ธีรวิทย์ บุญยโสภณ	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
บรรณาธิการ ผู้ช่วยบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิ	รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเลง ศรีนิล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธีพงษ์ พัฒนศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	Prof. Dr. Ing. Fritz Hartung	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ พัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร. พิเชษฐ ศรีธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต สุขสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ	ภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม
	รองศาสตราจารย์ ศิริพร ดาวพิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา แก้วมณี	สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาญ ช่วยพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุคล จุลอุทัย	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวิทย์ แก้วสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
	ดร.สมนึก ฉัตรจิ๋ว	บริษัท เอ็กซ์เพ็คทีฟ จำกัด
	นายวิรัตน์ ชนะสิทธิ์	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
ฝ่ายประสานงาน	นายสมพงษ์ เมธาสิทธิสุข	สมาคมผู้ก่อสร้างงานเหล็กไทย
	นายสุชิน คราวุธ	สมาคมการเชื่อมและการตรวจสอบแห่งประเทศไทย
	นายธานี โมสกุล	บริษัท ลอยด์ รียิสเตอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด
	นายมนุศักดิ์ ฤกษ์ปาดิ	บริษัท ไอเอส อินดัสทรี จำกัด
	นางสาวสุภาภรณ์ เลขพัฒน์	
	นางสาวอโนนวิดา ทิมทรัพย์	
วัตถุประสงค์	นางสาวกนกวรรณ จิตต์งามขำ	
	1. เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้มีการเขียนผลงานทางวิชาการ	
	2. เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยฯ	
การส่งบทความ	3. เพื่อเป็นสื่อกลางทางการศึกษา ค้นคว้า และเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ	
	1. ส่งทาง E-mail เป็น Microsoft Word Document และ PDF ไฟล์ไปที่ welding@kmutnb.ac.th, anwida.t@tfii.kmutnb.ac.th	
กำหนดการออกวารสาร	2. ส่งต้นฉบับทางไปรษณีย์ไปที่สำนักงาน	
	กำหนดการออกวารสาร ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม	
ลักษณะบทความ	1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น ๆ	
	2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้าง	
สำนักงาน	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	
	1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800	
	โทร 02 555 2512 โทรสาร 02 585 3810 E-mail: anbthailand@gmail.com, welding@kmutnb.ac.th	

วารสารวิชาการสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

The Journal of Welding Institute of Thailand

ISSN : 2465-406X

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2558

Vol. 1, No. 2, July – December 2015

การประชุมสามัญประจำปีของสถาบันการเชื่อมสากล IIW Annual Assembly บรรเลง ศรีนิล และ พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล	1
---	---

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบรูปแบบการเชื่อมมุม Box Column ผังหน้าด้วยกระบวนการ SAW Comparison of SAW Pass Scheme for Joining Thick Skin Plates Box Column Corner ปริญญ์ สายจันทร์, ไพรัตน์ วิวัฒน์บรรจง, บัณฑิต สุขสวัสดิ์	6
--	---

บทความวิชาการ

การควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Edition 2015 Boiler and Pressure Vessel Code Section IV Rules for construction of heating boilers วีรพล ทับแก่น และ อรรถพล แก้ววิลัย	14
การศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมการเชื่อม Welding Engineering ณ the Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา Master's Degree and Doctoral Degree Education in Welding Engineering at the Ohio State University, USA กิตติชัย ไชยพันธุ์	24
ความปลอดภัยด้านงานเชื่อมในการปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง Safety of Welding for Offshore Operation สมนึก ฉัตรจำ	29
การเชื่อมรางรถไฟ-พื้นฐานด้านเทคโนโลยีและโลหวิทยา Welding of rail: Technology and Metallurgy บรรเลง ศรีนิล, กอบบุญ หล่อทองคำ, Fritz Hartung	37

การประชุมสามัญประจำปีของสถาบันการเชื่อมสากล (IIW Annual Assembly)

บรรเลง ศรีนิล และพนาฤทธิ์ เศรษฐกุล

การจัดประชุม Annual Assembly เป็นการประชุมสามัญประจำปีของคณะกรรมการบริหาร (Board of Director) ของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding-IIW) เพื่อรายงานผลการดำเนินงานประจำปี การอนุมัติประเทศใหม่เข้าเป็นสมาชิก การกำหนดแผนการประเมิน (Assessment) และรายงานผลการประเมิน ANB ของประเทศสมาชิกต่างๆ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนหรือฝึกอบรม ข้อสอบและการสอบวัดผล เป็นต้น รวมทั้งการประชุมของคณะกรรมการด้านเทคนิค (Technical Working Units) กลุ่มคณะทำงาน (Working Unit) ในระยะเวลา 3 วัน โดยจะดำเนินการจัดประชุมของคณะกรรมการพร้อม ๆ กันทุกชุด ซึ่งการประชุม Annual Assembly จะกำหนดไว้ในช่วงประมาณเดือนกรกฎาคมของทุกปี โดยในช่วงต้นปีระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ IIW ได้กำหนดจัดประชุมคณะกรรมการ Intermediate meetings ที่สำนักงานเลขานุการของ IIW ประเทศฝรั่งเศส เพื่อกำหนดวาระและพิจารณาเรื่องที่จะนำเสนอในการประชุม Annual Assembly

การประชุมนี้มีมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1948 โดย IIW ได้เชิญผู้แทนของประเทศสมาชิกร่วมประชุมระยะเวลา 3 วัน การประชุมแบ่งออกเป็นการประชุมของคณะกรรมการเทคนิค (Technical Working Units) กลุ่มคณะทำงาน (Working Unit) โดยจะกำหนดการประชุมในระยะเวลาเดียวกัน และมีการกำหนดหัวข้อของการประชุมวิชาการนานาชาติ (International Conference) อีกจำนวน 2 วัน เพื่อนำเสนอผลงานวิชาการ ซึ่งในปี ค.ศ.2014 จัด ณ ประเทศเกาหลี มีผู้ร่วมงานมากถึง 800 คน จาก 46 ประเทศ และตามข้อกำหนดของ IIW แล้ว ประเทศสมาชิกจะต้องส่งผู้แทนเข้าร่วมประชุมเพื่อรับทราบความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดต่าง ๆ ของ IIW ด้วย

สมาชิกของ IIW ที่ต้องการสมัครเป็นเจ้าภาพจัดประชุม Annual Assembly โดยการส่งแบบฟอร์ม RD 302 ไปให้เลขานุการของ IIW ได้พิจารณา ก่อนล่วงหน้าอย่างน้อย 5 ปี ทั้งนี้เพื่อขอให้ IIW Board of Director อนุมัติ จากนั้น CEO ของ IIW จะต้องไปสำรวจความพร้อมของสถานที่จัดงานของประเทศนั้น ๆ ก่อน โดยวิธีการจัดงานจะกำหนดรายละเอียดวิธีปฏิบัติ เช่น กำหนดการจัดงานจัดกี่วัน มีกิจกรรมจัดประชุมคณะกรรมการชุดใดบ้าง ค่าลงทะเบียน ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน IIW RD301 (GUIDELINES FOR THE PLANNING AND ORGANISATION OF AN IIW ANNUAL ASSEMBLY AND INTERNATIONAL CONFERENCE)

กำหนดการจัดงานนั้นเจ้าภาพจะจัดทำ Circular No.1 ล่วงหน้า 1 ปี เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้แก่สมาชิกบนเว็บไซต์ของสถาบันการเชื่อมสากล สำหรับสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยโดยคณะกรรมการ Governing Board ได้มอบหมายให้ CEO และประธาน Governing Board ได้มอบให้ ผศ.ดร.พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล เป็นผู้แทนเข้าร่วมประชุม พร้อมด้วยผู้แทนของคณะกรรมการ Governing Board ได้เดินทางไปเข้าร่วมประชุม Annual Assembly ตั้งแต่ปี ค.ศ.2013 ณ เมืองเอสเซน (ESSEN) ประเทศเยอรมนี ปี ค.ศ.2014 ณ กรุงโซล ประเทศเกาหลี สำหรับในปี ค.ศ.2015 ได้เดินทางไปเข้าร่วมงาน ณ เมืองเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์



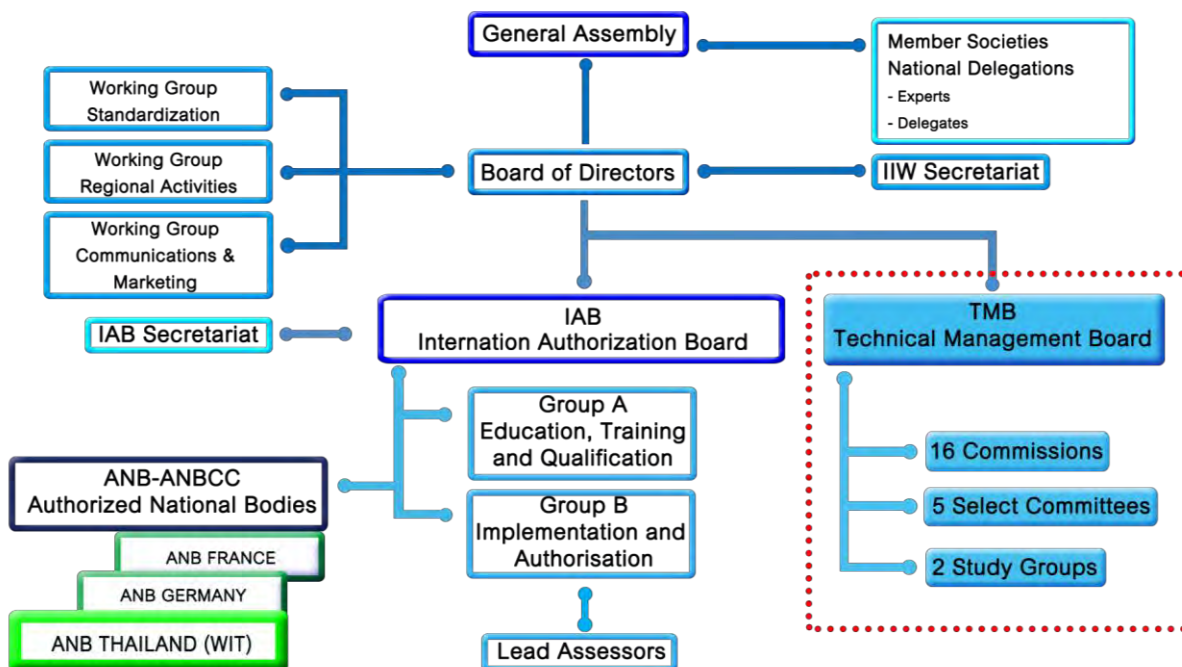


การวางแผนเข้าร่วมประชุม Annual Assembly จะต้องเริ่มจากการสมัครเข้าร่วมงานผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งเว็บไซต์ของงานถูกกำหนดให้เป็น www.iiw.com เช่น www.iiw2014.com คือเว็บไซต์ของงาน Annual Assembly ปี 2014 ทั้งนี้ค่าลงทะเบียนจะแยกออกเป็นประเภทของผู้เข้าร่วมงาน และกำหนดวันลงทะเบียนเป็น Early bird และ Regular รวมทั้งสมัครเข้าร่วมประชุมในคณะกรรมการชุดต่าง ๆ ด้วย ต่อจากนั้นจะต้องจองที่พัก จองตั๋วเครื่องบิน หรือรถไฟ เพื่อเดินทางไปยังสถานที่จัดงานก่อนวันลงทะเบียน และดำเนินการอนุมัติตัวบุคคลและงบประมาณค่าใช้จ่าย

เมื่อใกล้ถึงกำหนดการเดินทางไปเข้าร่วมงานประชุม Annual Assembly จะต้องเข้าไปในเว็บไซต์ของ IIW เพื่อตรวจสอบเอกสารที่จะใช้สำหรับการเข้าร่วมประชุม ซึ่ง IIW จะเริ่มนำเอกสารประกอบการประชุมลงในเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้เตรียมศึกษาเอกสารสำหรับการประชุม และตรวจสอบวาระการประชุมที่เกี่ยวข้องกับประเทศของตน โดยเฉพาะเรื่องที่จะนำไปพิจารณาของคณะกรรมการด้านเทคนิค (Technical Working Units) นั้นถือได้ว่าเป็นความสำคัญอย่างยิ่ง อาจกล่าวได้ว่าเป็นกำลังที่สำคัญ (Backbone) ของ IIW ในการถ่ายทอดความรู้ให้กับอุตสาหกรรม โดยอยู่ภายใต้ Technical Management Board

(TMB) ดังได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย 16 Commissions, 5 Selected committees และ 2 Study groups ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นเวทีให้นักอุตสาหกรรม นักวิชาการ ตลอดจนผู้ที่สนใจในด้านเทคโนโลยี Welding and Joining Processes การควบคุมและบริหารงานคุณภาพตามมาตรฐานสากล ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม และเรื่องเฉพาะสาขาต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ได้เข้าร่วมประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผลการศึกษาค้นคว้า วิจัยและนวัตกรรมใหม่ ๆ ร่วมกัน

แผนภูมิที่ 1 ผังองค์กรและการบริหารงานของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding-IIW)



ตารางที่ 1 Technical Working Topics ทั้ง 16 Commissions

Commissions	Technical Working Topics
C-I	Additive Manufacturing, Surfacing and Thermal Cutting
C-II	Arc Welding and Filler Metals
C-III	Resistance Welding, Solid State Welding and Allied Joining Processes
C-IV	Power Beam Processes
C-V	Non-destructive Testing and Quality Assurance of Welded Products
C-VI	Terminology
C-VIII	Health, Safety and Environment
C-IX	Behaviour of Metals Subjected to Welding
C-X	Structural Performances of Welded Joints–Fracture Avoidance
C-XI	Pressure Vessels, Boilers and Pipelines
C-XII	Arc Welding Processes and Production Systems
C-XIII	Fatigue of Welded Components and Structures
C-XIV	Education and Training
C-XV	Design, Analysis and Fabrication of Welded Structures
C-XVI	Polymer Joining and Adhesive Technology
C-XVII	Brazing, Soldering and Diffusion Bonding

ตารางที่ 2 Technical Working Topics ทั้ง 5 Selected Committees

Selected Committee	Technical Working Topics
SC-AIR	Permanent Joints in New Materials and Coatings
SC-AUTO	Automotive and Road Transport
SC-MICRO	Research Developments and Applications in Micro- and Nano-Joining Technologies
SC-QUAL	Quality Management in Welding and Allied Processes
SC-SHIP	Shipbuilding

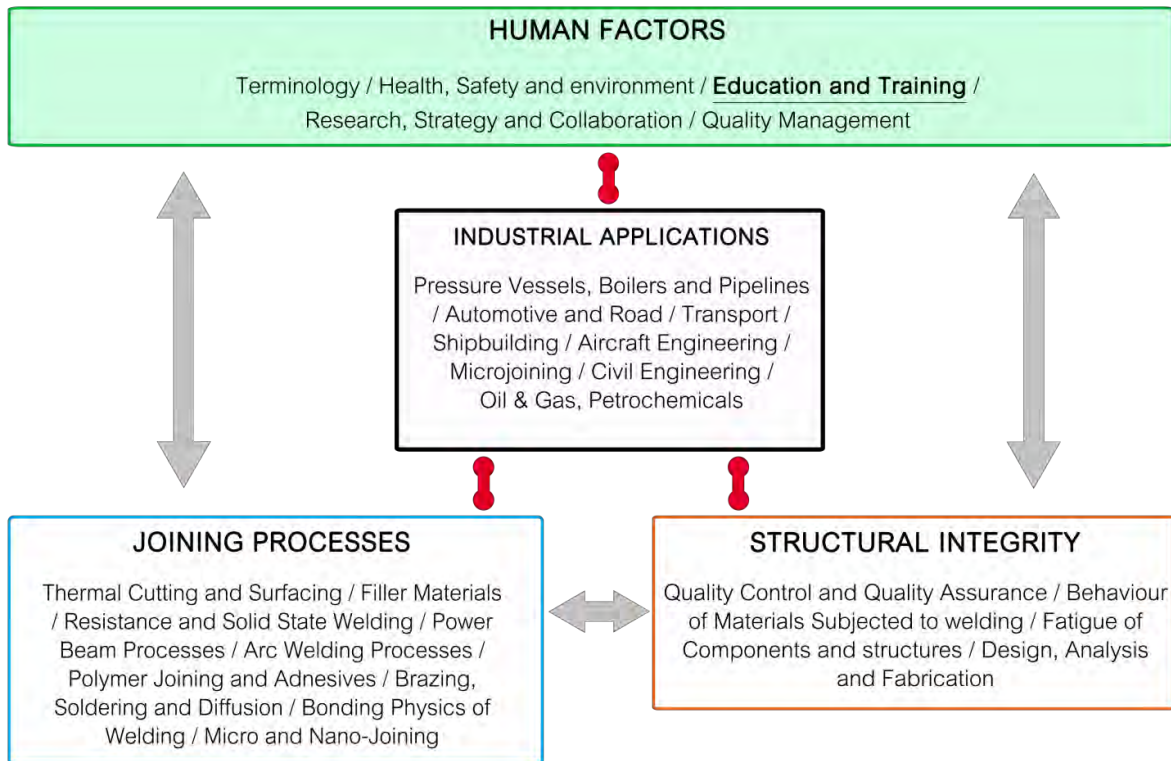
ตารางที่ 3 Technical Working Topics ทั้ง 2 Study Groups

Study Group	Technical Working Topics
SG-212	The physics of Welding
SG-RES	Welding Research Strategy and Collaboration

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ภายใต้ Technical Management Board (TMB) จะประกอบไปด้วย Technical Working Units ที่ทำหน้าที่เสมือนเป็น “Think Tanks” และเป็นเครื่องมือเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านวิชาการให้กับ นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย การพัฒนาและการประยุกต์ใช้งานของเทคโนโลยีการเชื่อมวัสดุ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ในระดับชั้นนำของโลก (World-leading products) นั้น ภาคอุตสาหกรรมจะต้องบูรณาการความเชี่ยวชาญจากหลากหลายด้านของการเชื่อมวัสดุ (Materials joining) ดังนั้นใน 23

Technical Working Units นี้จึงได้จำแนกออกเป็น 4 ด้าน ซึ่งได้แก่ 1) ปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับบุคลากรด้านงานเชื่อม (Human factors) 2) กระบวนการเชื่อม (Welding processes) 3) ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Structural integrity) และ 4) การประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม (Industrial applications) ดังได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2 Technical Working Units ทั้ง 4 ด้าน พร้อมรายละเอียดที่สำคัญในแต่ละด้าน



การประชุมสามัญประจำปีของสถาบันการเชื่อมสากลจึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญเพื่อช่วยสนับสนุนนโยบายที่กล่าวว่า **"To act as the world-wide network for knowledge exchange of joining technologies to improve the global quality of life"** ได้อย่างแท้จริง จึงใคร่ขอเชิญชวนผู้ที่ทำงานหรือผู้ที่มีความสนใจในแวดวงวิชาการด้าน Welding and Joining Technology เข้าร่วมการประชุม Annual Assembly และ International Conference ของ IIW ซึ่งมีกำหนดการประชุมดังแสดงในตารางที่ 4 และใน ปี ค.ศ. 2016 มีกำหนดจัดการประชุมในวันที่ 10 – 15 กรกฎาคม ณ เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย โดยสามารถศึกษารายละเอียดได้ที่ www.iiw2016.com

ตารางที่ 4 กำหนดการประชุม Annual Assembly

Year	Place	Date
2016	Melbourne - AUSTRALIA	10 – 15 July
2017	Shanghai, People's Republic of China	25 – 30 June
2018	Turkey	July
2019	Slovakia (Bratislava)	July

*อ้างอิงข้อมูลจาก IIW Annual Assembly 2014



รูปที่ 1 เว็บไซต์ <http://www.iw2016.com/> สำหรับการจัดงาน IIW Annual Assembly ครั้งที่ 69

ตารางที่ 5 กำหนดการประชุม Annual Assembly ครั้งที่ 69

Sunday 10 July 2016	Wednesday 13 July 2016
08:30-13:30 IIW Board of Directors Meeting	08:30-18:00 IAB Board
08:30-17:00 IIW Working Units	08:30-17:00 IIW Working Units
14:00-16:00 General Assembly	08:30-17:00 National Delegation Meetings
16:30-17:30 Ice Breaking Event – Young Professionals	19:00-23:00 IIW Closing Celebration (formerly Gala Banquet), MCEC
17:30-18:30 IIW Opening Ceremony	
18:30-20:00 Welcome Reception	
Monday 11 July 2016	Thursday 14 July 2016
08:30-18:00 IAB-A	08:30-18:00 IIW International Conference
08:30-17:00 IIW Working Units	08:30-17:00 IIW Working Units
08:30-17:00 National Delegation Meetings	16:00-18:00 Chair – TMB
18:30-22:00 Australian Evening, Melbourne Public	
Tuesday 12 July 2016	Friday 15 July 2016
08:30-18:00 IAB-B	08:30-17:00 IIW International Conference
08:30-17:00 IIW Working Units	09:00-11:00 TMB
08:30-17:00 National Delegation Meetings	11:00-17:00 IIW Board of Directors Meeting
16:00-17:30 Young Professionals Networking Event	
19:00-23:00 IIW Board of Directors Dinner, MCEC	

*อ้างอิงข้อมูลจาก <http://www.iw2016.com/>



การเปรียบเทียบรูปแบบการเชื่อมมุม Box Column พังหน้าด้วยกระบวนการ SAW

Comparison of SAW Pass Scheme for Joining Thick Skin Plates Box Column Corner

ปริญญ์ สายจันทร์^{1*}, ไพรัตน์ วิวัฒน์บรรจง¹, บัณฑิต สุขสวัสดิ์²

¹ แผนกวิจัยและพัฒนา ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท เอ็ม.ซี.เอส. สตีล จำกัด (มหาชน)

อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13290

² ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Prin Saichan^{1*}, Phairat Viwatborvornwong¹, Bandit Suksawat²

¹ Division of Research and Development, Department of Research and Development

M.C.S. Steel Public Company Limited, Bangsai, Ayutthaya 13290

² Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

E-mail: rdstaff@mcssteel.co.th*

บทคัดย่อ

ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบการเชื่อมที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมประกอบมุมเสาสีเหลี่ยมที่มีขนาดความหนาผนังเสา 40, 50 และ 55 mm โดยกำหนดให้มีรูปแบบการเชื่อม 3 แบบได้แก่ รูปแบบ A เป็นการเชื่อมพอกหลายชั้นโดยการเชื่อม SAW ใช้ลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm รูปแบบ B เป็นการเชื่อมพอกหลายชั้นโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm และ รูปแบบ C เป็นการเชื่อมพอกหลายชั้นโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm และเชื่อมทับด้านบนโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm การทดสอบการเชื่อมได้ควบคุมให้ค่าความร้อนเข้าไม่เกิน 25,000 J/cm และทำการควบคุมอุณหภูมิความร้อนแต่ละชั้นของการเชื่อมพอก 250°C การพิจารณาผลจากการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่าการดูดกลืนพลังงานแรงกระแทกบริเวณ DEPO BOND และ HAZ ตามมาตรฐาน JIS Z 2241:2011 และ JIS Z 2242 : 2005

ผลจากการวิจัยพบว่ารูปแบบการเชื่อมแบบ A ด้วยจำนวนแนวเชื่อมมากที่สุด 13, 18 และ 20 แนว สำหรับผนังงาน Box Column หนา 40, 50 และ 55 mm ตามลำดับด้วยค่าความร้อนเข้าในช่วง 22,325 – 24,261 J/cm โดยการควบคุมอุณหภูมิความร้อนแต่ละชั้นของการเชื่อมพอกประมาณ 180°C เป็นรูปแบบการเชื่อมที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด และมีค่าการ

ดูดกลืนพลังงานแรงกระแทกบริเวณ BOND และ HAZ สูงกว่ารูปแบบการเชื่อมอื่น

คำสำคัญ: การเชื่อมมุม, การเชื่อมใต้ผิวงปลั๊ก, เสาสีเหลี่ยม, รูปแบบการเชื่อม, สมบัติทางกล

Abstract

This research aimed to investigate the optimal welding pass scheme for 40, 50 and 55 mm box column corner welding skin plate thickness. Three welding pass schemes including Type A using solid wire 4.8 mm of diameter for multi pass SAW, Type B using solid wire 5.6 mm of diameter for multi pass SAW and Type C using solid wire 4.8 mm of diameter for multi pass SAW and solid wire 5.6 of diameter for one run SAW were determined. The welding condition limited 25,000 J/cm of the maximum heat input and controlled the inter pass temperature 250°C. The experiment results were considered in term of tensile strength and impact absorbed energy at DEPO, BOND and HAZ following JIS Z 2242 : 2011 and JIS Z 2242 : 2005, respectively.

The research results founded that the welding pass scheme type A was the optimal welding pass scheme by using heat input in range 22,325 – 24,261

J/cm and control inter pass temperature 180°C approximately for 12, 18 and 20 number of welding pass of skin plate thickness 40, 50 and 55 mm, respectively. Because, this welding pass scheme performed highest maximum tensile strength and absorbed impact energy at BOND and HAZ when comparing with the other welding pass schemes.

Keyword: Corner Jointed, SAW, Box Column, Welding Pass Schemes, Mechanical Properties

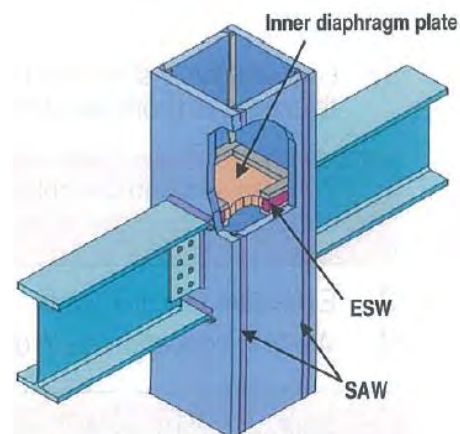
1. บทนำ

ปัจจุบันงานก่อสร้างอาคารส่วนใหญ่ในประเทศไทยปูนจะนิยมใช้โครงสร้างเหล็กเป็นหลัก [1] ซึ่งลักษณะโครงสร้างจะถูกประกอบเป็นเสาสี่เหลี่ยม (Box Column) โดยจะใส่แผ่นค้ำยันด้านใน (Inner Diaphragm Plate) ไว้ด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยผนังของเสาสี่เหลี่ยม (Skin Plate) จะนำแผ่นเหล็กที่ตัดได้ขนาดแล้วมาประกอบกันแล้วทำการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมใต้ผองฟลักซ์ (SAW; Submerged Arc Welding) และทำการเชื่อมแผ่นค้ำยันด้านในกับผนังเสาสี่เหลี่ยมด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าสแลกคลูม (ESW; Electroslag Welding) ในกระบวนการผลิตชิ้นงาน Box Column อาจจะมีลำดับขั้นตอนการเชื่อม ESW และ SAW และการเตรียมชิ้นงานสำหรับเชื่อมมุม Box Column ในรูปแบบต่าง ๆ [2] โดยแบ่งเป็น 1) การเชื่อมยึดไว้ด้วยกระบวนการเชื่อมด้วยแก๊สพลาสมา (GMAW; Gas Metal Arc Welding) และเชื่อมปิดหน้าด้วย SAW 2) เชื่อม SAW ในร่องแคบ 3) เชื่อมในร่องแคบและปิดหน้าด้วย SAW 4) เชื่อมเดินแนวครั้งเดียวเต็มแนวด้วย SAW 3 หัวเชื่อม 5) เชื่อมแนวหลายครั้งด้วย SAW จากกระบวนการเชื่อมดังกล่าวข้างต้นเป็นเพียงแนวปฏิบัติที่ผู้ผลิตชิ้นงาน Box Column สามารถทำการเลือกใช้ได้ตามเหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุชิ้นงาน การออกแบบชิ้นงาน ขั้นตอนการเชื่อมที่กำหนดโดยผู้ว่าจ้างทำงาน และเครื่องมืออุปกรณ์ที่ผู้ผลิตมีอยู่ แต่ในการปฏิบัติงานจริงผู้ผลิตจำเป็นต้องคำนึงถึงวิธีการและเงื่อนไขการเชื่อม ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความเร็ว วัสดุชิ้นงานและค่าความร้อนเข้า (Heat Input) [3] ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของรอยต่อ (Welded Joint) [4] โดยในการเชื่อมชิ้นงาน Box Column ที่มีผนังหนามากจะมีปัญหาในการเชื่อมจึงเป็น

การยากที่จะเชื่อมได้ด้วยเงื่อนไขและวิธีการเชื่อมแบบปกติ [2]

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการผลิต Box Column โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงกระบวนการเชื่อม SAW บริเวณมุมของ Box Column ที่ทำจากแผ่นเหล็กหนาขนาดความหนามากกว่า 40 mm ขึ้นไป จึงจำเป็นต้องทำการทดลองหารูปแบบการเชื่อม (Pass Scheme) ให้มีความเหมาะสมกับการผลิตจริง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อหาารูปแบบการเชื่อม SAW บริเวณมุม Box Column ผนังหนาในช่วง 40, 50 และ 55 mm
2. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน Box Column ที่เชื่อมจากรูปแบบการเชื่อมต่าง ๆ ที่กำหนดในการทดลอง
3. เพื่อเปรียบเทียบระยะการโก่งตัวของชิ้นงาน Box Column ที่เชื่อมจากรูปแบบการเชื่อมต่าง ๆ ที่กำหนดในการทดลอง



รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างเหล็กและกระบวนการเชื่อม [1]

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การกำหนดรูปแบบการเชื่อมและชิ้นงาน

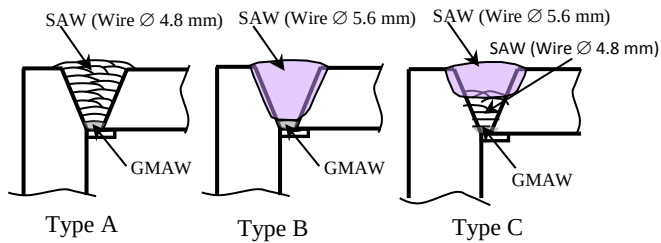
งานวิจัยนี้กำหนดให้มีการใช้รูปแบบการเชื่อม 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Type A กำหนดให้มีการใช้การเชื่อมแนวเชื่อมแนวแรก (Root Pass) ด้วย GMAW และเชื่อมทับด้วย SAW เดินแนวหลายครั้งโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm

Type B กำหนดให้มีการใช้การเชื่อมแนวเชื่อมแนวแรก (Root Pass) ด้วย GMAW และเชื่อมทับด้วย SAW เดินแนวหลายครั้งโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm

Type C กำหนดให้มีการใช้การเชื่อมแนวเชื่อมแนวแรก (Root Pass) ด้วย GMAW และเชื่อมทับด้วย SAW เดินแนวหลายครั้งโดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm และเชื่อม

ปิดหน้าด้วย SAW ใช้ลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm ชี้นงานทดสอบมีขนาด 500 mm × 500 mm ขนาดชิ้นงานยาว 4,000 mm ความหนาของแผ่น Skin Plate มี 3 ขนาด ได้แก่ 40, 50 และ 55 mm ทำจากวัสดุ SN 490



รูปที่ 2 รูปแบบแนวเชื่อม (Pass Scheme)

2.2 การกำหนดเงื่อนไขการเชื่อม

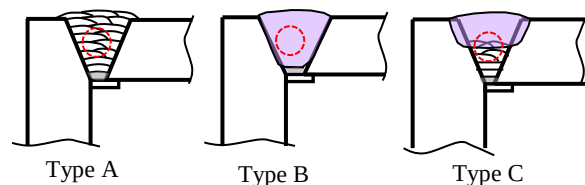
การเชื่อมชิ้นงานทดสอบแต่ละแบบกำหนดให้มีการควบคุม Inter Pass Temperature 250 °C โดยในการทดลองได้นำค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความเร็วในการเคลื่อนที่เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยความร้อนเข้า (Heat Input) และค่าเฉลี่ย Inter Pass Temperature จำนวนแนวเชื่อมทั้งหมดในแต่ละรูปแบบ (Number of Pass) ในการทดลอง ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 เป็นค่าที่บันทึกได้ในขณะทำการทดลอง เนื่องจากในการทดลองเป็นการทดลองในสภาพการผลิตจริงโดยให้ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมเป็นผู้ควบคุมจำนวนแนวเชื่อม พิจารณาจากจำนวนแนวเชื่อมจากการเติมลวดเชื่อมจนเต็มแนวปากรูปตัววีมุม 35° ในภาพรวมจำนวนแนวเชื่อมจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความหนาของ Skin Plate เพิ่มขึ้น

2.3 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกลและวัฏระยะโค้ง

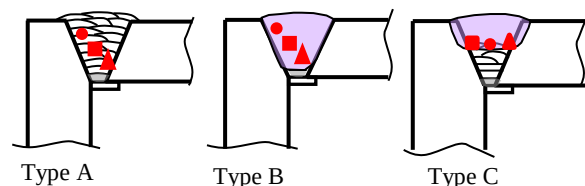
การทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ประกอบไปด้วย ค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation) ค่าการดูดกลืนพลังงานแรงกระแทก (Absorbed Impact Energy) บริเวณ HAZ BOND และ DEPO ชิ้นงานทดสอบแต่ละแบบใช้จำนวน 3 ชิ้น เพื่อวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ของรูปแบบการเชื่อมทั้ง 3 แบบ ตำแหน่งตัดชิ้นงานทดสอบ Tensile แสดงในรูปที่ 3 ตามมาตรฐาน JIS Z 2241 : 2011 และตำแหน่งชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปีดังแสดงในรูปที่ 4 ตามมาตรฐาน JIS Z 2242 : 2005

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนเข้าของชิ้นงานขณะทดลอง

Type	Thickness (mm)	Test Piece	Number of Pass	Average Inter Pass Temperature (°C)	Average Heat Input (J/cm)
A	40	1A	13	180.56	22,325
	40	2A	12		
	50	1A	18	179.28	23,079
	50	2A	18		
	55	1A	20	181.02	24,261
	55	2A	19		
B	40	1A	9	160.09	23,483
	40	2A	9		
	50	1A	17	151.32	24,962
	50	2A	18		
	55	1A	18	160.53	23,936
	55	2A	17		
C	40	1A	12	152.86	18,951
	40	2A	13		
	50	1A	16	163.83	24,976
	50	2A	16		
	55	1A	18	162.23	20,320
	55	2A	19		



รูปที่ 3 ตำแหน่งการตัดชิ้นงานทดสอบ Tensile Strength



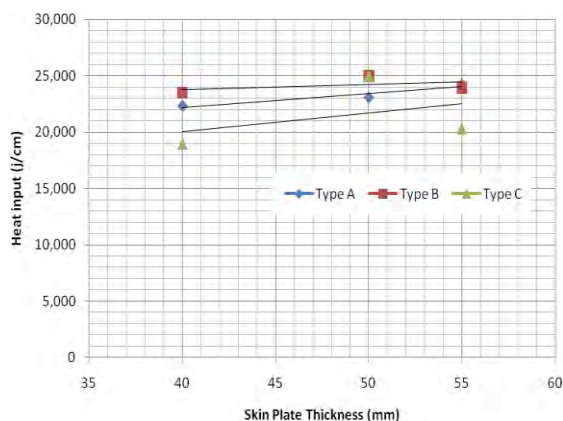
รูปที่ 4 ตำแหน่งการตัดชิ้นงานทดสอบการกระแทกแบบชาร์ปี

การวัดระยะโก่ง (Distortion) ของชิ้นงานแต่ละรูปแบบใช้วิธีการตวัดเส้นตรงหัวท้ายชิ้นงาน Box Column เปรียบเทียบก่อนเชื่อมกับหลังเชื่อม โดยแสดงผลอยู่ในรูปค่าเฉลี่ยสมบูรณ์ (Absolute) ไม่พิจารณาทิศทางการโก่งของชิ้นงาน

3. ผลการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์ค่าความร้อนเข้าที่ใช้ในแต่ละการทดสอบ

จากการทดลองพบว่าค่าจำนวนแนวเชื่อมจะเพิ่มขึ้นตามค่าความหนาของ Skin Plate ที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 2 ส่วน Heat input มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความหนาของ Skin Plate บางเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5 แต่จากผลการทดสอบ ANOVA ในตารางที่ 2 พบว่าทุกการทดลองใช้ค่า Heat input ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F < F_{crit}$) ไม่ว่าจะเป็นกรณีรูปแบบการเชื่อมแตกต่างกันและความหนาแตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่าค่าความร้อนเข้าทั้งหมดที่ใช้ในทุกการทดลองมีค่าในช่วงเดียวกัน



รูปที่ 5 ค่าความร้อนเข้าที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ ANOVA การใช้ค่าความร้อนเข้าของการทดลองทั้งหมด

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	1.970	0.254	6.944
Plate Thickness	1.964	0.255	6.944

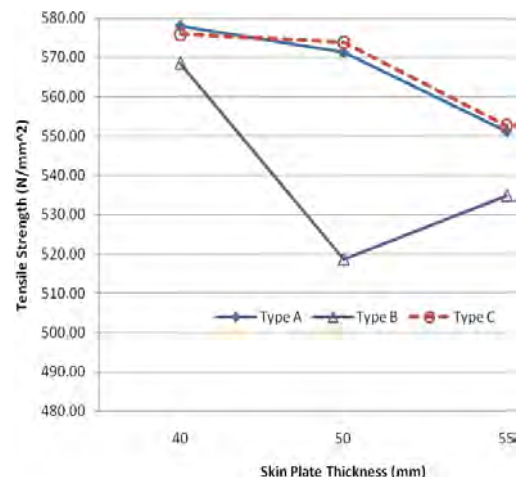
3.2 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึง

จากผลการทดสอบ Tensile พบว่า วิธีการเชื่อมแบบ Type B จะมีค่า Tensile ต่ำกว่าวิธีการเชื่อมแบบ Type A และ Type C โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการเชื่อมแบบ Type B กับชิ้นงานหนา 50 mm จะมีค่า Tensile ต่ำที่สุด 520 N/mm² แต่สำหรับค่า Tensile ของวิธีการเชื่อมแบบ Type

A และ Type C มีค่าใกล้เคียงกันมาก นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อค่าความหนาเพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มว่าค่า Tensile จะลดลง ซึ่งแปรผกผันกับขนาดความหนาของแผ่น Plate ดังแสดงในรูปที่ 6

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 3 พบว่าวิธีการเชื่อมแบบต่างๆ และความหนาของ Skin Plate แตกต่างกันจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงแตกต่างกันด้วย และยังพบว่าตัวแปรทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเชื่อมแบบ Type A และ C โดยแยกแต่ละขนาดความหนาของ Skin Plate พบว่าทุก ๆ ขนาดความหนาของ Skin Plate จะมีค่า Tensile ไม่แตกต่างกัน แต่ค่า Tensile Strength จะแตกต่างกันเมื่อค่าความหนาของ Skin Plate แตกต่างกัน

จากผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้นกล่าวได้ว่ารูปแบบการเชื่อม Type A และ Type C ให้ค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากันทุกความหนา Skin Plate และมีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่ารูปแบบการเชื่อม Type B



รูปที่ 6 ค่า Tensile Strength จากการทดลอง

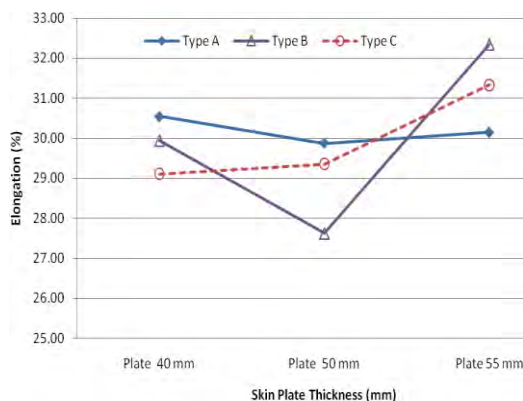
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าการทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength)

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	16.293	0.000	3.555
Plate Thickness	14.292	0.000	3.555
Interaction	4.542	0.010	2.927

3.3 ผลการทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

ค่า Elongation การเชื่อมแบบ Type A ที่ Plate ความหนา 40 mm จะมีค่ามากกว่า Plate หนา 50 และ 55 mm แต่ที่ความหนา 50 และ 55 mm จะมีค่า Elongation แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สำหรับการเชื่อมแบบ Type B นั้น ที่ Plate ความหนา 50 mm จะมีค่า Elongation ต่ำที่สุด ประมาณ 28 % และที่ความหนา 55 mm จะมีค่า Elongation มากที่สุด ประมาณ 32 % สำหรับการเชื่อมแบบ Type C พบว่า จะมีค่า Elongation แปรผันตามขนาดความหนา Skin Plate ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ Plate หนา 40 และ 50 mm พบว่ามีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 7 รูปแบบการเชื่อม Type A จะส่งผลให้ค่า Elongation ในแต่ละขนาดความหนาแตกต่างกันน้อยมากที่สุดประมาณ 1 %

จากผลการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 4 พบว่า ตัวแปรการเชื่อม Type ต่าง ๆ ไม่มีผลต่อความแตกต่างของค่า Elongation แต่ตัวแปรความหนา Plate จะส่งผลให้ค่า Elongation แตกต่างกัน และนอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรทั้งสองนี้ไม่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน



รูปที่ 7 ค่า Percent Elongation จากการทดลอง

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

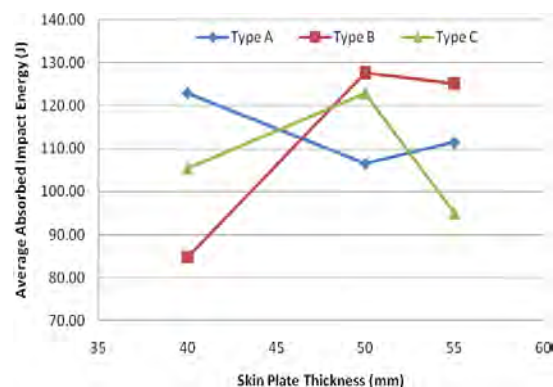
Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	0.088	0.917	3.555
Plate Thickness	6.346	0.008	3.555
Interaction	2.368	0.091	2.928

3.4 ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงกระแทก

1) บริเวณ DEPO

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ Charpy Impact Testing บริเวณ DEPO ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่าค่า Absorbed

Energy จากกระบวนการเชื่อมแบบ Type A จะมีแนวโน้มค่า Absorbed Impact Energy ลดลง เมื่อค่าความหนาของ Skin Plate เพิ่มขึ้น โดยมีค่า Absorbed Impact Energy ที่ความหนา 50 และ 55 mm มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม Type B พบว่ามีแนวโน้มค่า Absorbed Impact Energy เพิ่มขึ้นตามค่าความหนาของ Skin Plate โดยค่า Absorbed Impact Energy ที่ความหนา 50 และ 55 mm มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเช่นกัน สำหรับการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม Type C จะมีค่า Absorbed Impact Energy สูงที่สุดที่ความหนา Skin Plate เท่ากับ 50 mm และมีค่า Absorbed Impact Energy น้อยที่สุดที่ค่าความหนา Skin Plate เท่ากับ 55 mm ส่วนค่าความหนา Skin Plate 40 mm จะมีค่า Absorbed Impact Energy ประมาณเท่ากับค่า Absorbed Impact Energy ระหว่างความหนา Skin Plate 50 และ 55 mm



รูปที่ 8 ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ DEPO

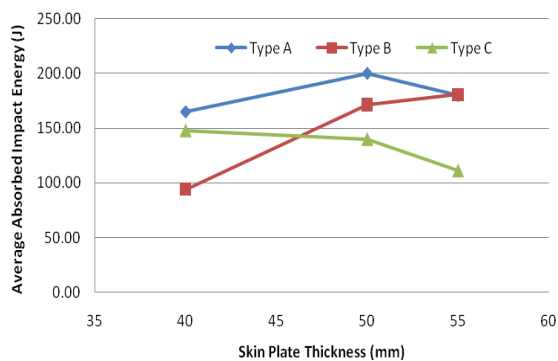
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ DEPO

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	0.619	0.550	3.555
Plate Thickness	0.113	0.894	3.555
Interaction	1.309	0.304	2.928

ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 5 พบว่า กระบวนการเชื่อมแต่ละ Type และขนาดความหนาของ Skin Plate ไม่มีอิทธิพล ($F < F_{crit}$) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Absorbed Energy บริเวณ DEPO และค่าตัวแปรชนิดของกระบวนการเชื่อมและความหนาของ Skin Plate ต่างไม่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ($F < F_{crit}$)

2) บริเวณ BOND

ผลการทดสอบค่า Charpy Impact Testing บริเวณ Bond ดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าค่า Absorbed Energy จากกระบวนการเชื่อม Type A จะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเชื่อมแบบอื่น ๆ ที่ทุกขนาดความหนา Skin Plate และพบว่าค่า Absorbed Impact Energy มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความหนา Skin Plate เพิ่มขึ้นในช่วงขนาดความหนา Skin Plate 40 ถึง 50 mm ส่วนที่ค่าความหนา Skin Plate 55 mm จะมีค่า Absorbed Energy อยู่ระหว่างค่า Absorbed Impact Energy ของ Skin Plate หนา 40 กับ 50 mm กระบวนการเชื่อมแบบ Type B พบว่ามีค่า Absorbed Impact Energy มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามค่าความหนา Skin Plate ที่เพิ่มขึ้น ส่วนกระบวนการเชื่อม Type C พบว่าค่า Absorbed Impact Energy มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าความหนา Skin Plate เพิ่มขึ้น



รูปที่ 9 ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ BOND

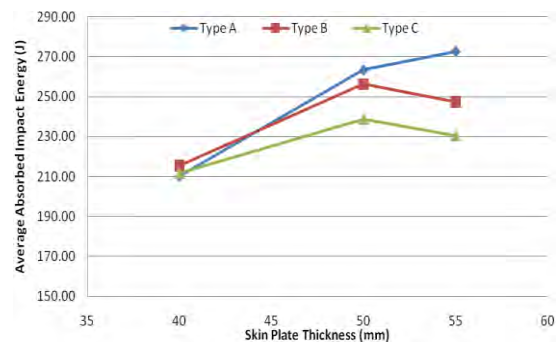
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ BOND

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	3.880	0.040	3.555
Plate Thickness	7.660	0.004	3.555
Interaction	4.160	0.015	2.928

ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 6 พบว่ากระบวนการเชื่อมแต่ละ Type และขนาดความหนาของ Skin Plate ต่างมีอิทธิพล ($F > F_{crit}$) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Absorbed Impact Energy บริเวณ BOND และค่าตัวแปรชนิดของกระบวนการเชื่อมและความหนาของ Skin Plate ต่างมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ($F > F_{crit}$)

3) บริเวณ HAZ

ผลการทดสอบ Charpy Impact Testing บริเวณ HAZ ดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่า กระบวนการเชื่อม Type A มีแนวโน้มค่า Absorbed Impact Energy เพิ่มขึ้นตามค่าความหนา Skin Plate ที่เพิ่มขึ้น แต่จะมีค่ามากที่สุดที่ความหนา 55 mm ส่วนกระบวนการเชื่อม Type B และ Type C มีแนวโน้มที่เหมือนกันคือ ในช่วงความหนา Skin Plate 40 ถึง 50 mm มีแนวโน้มว่าค่า Absorbed Impact Energy จะเพิ่มขึ้นตามค่าความหนาของ Skin Plate แต่ในช่วงความหนา 50 ถึง 55 mm พบว่าค่า Absorbed Impact Energy จะลดลงตามค่าความหนาของ Skin Plate และจากการทดลองพบว่าที่ความหนา Skin Plate 50 mm ค่า Absorbed Impact Energy จากกระบวนการเชื่อม Type A และ Type B มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 10 ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ HAZ

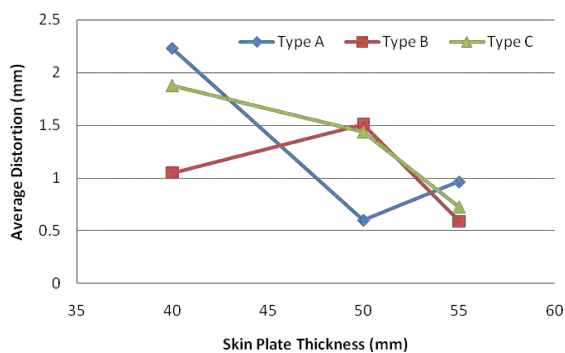
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ HAZ

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	8.490	0.003	3.555
Plate Thickness	1.985	0.166	3.555
Interaction	0.726	0.586	2.928

ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 7 พบว่ากระบวนการเชื่อมแต่ละ Type มีอิทธิพล ($F > F_{crit}$) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Absorbed Impact Energy บริเวณ HAZ แต่ขนาดความหนาของ Skin Plate ไม่มีอิทธิพล ($F < F_{crit}$) ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Absorbed Impact Energy บริเวณนี้ และค่าตัวแปรชนิดของกระบวนการเชื่อมและความหนาของ Skin Plate ต่างมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ($F < F_{crit}$)

3.5 ผลการวัดค่าระยะโก่ง

ผลการวัดแสดงในรูปที่ 11 ความหนา Skin Plate 40 mm รูปแบบการเชื่อม Type B จะมีค่าความโก่งเฉลี่ยน้อยกว่า รูปแบบการเชื่อม Type A และ C ส่วน Skin Plate หนา 50 mm รูปแบบการเชื่อม Type A จะมีค่าความโก่งเฉลี่ยน้อยกว่ารูปแบบอื่นๆ ส่วนความหนา Skin Plate หนา 55 mm รูปแบบการเชื่อมแบบ Type B จะมีค่าความโก่งเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาค่าความโก่งเฉลี่ยรวมของแต่ละรูปแบบการเชื่อมพบว่า รูปแบบ Type A Type B และ Type C มีค่าเท่ากับ 1.267mm 1.050 mm และ 1.347 mm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแนวโน้มพบว่าการโก่งจะมีค่าลดลงเมื่อค่าความหนา Skin Plate เพิ่มขึ้น



รูปที่ 11 ค่าความโก่งของชิ้นงานจากการเชื่อมรูปแบบต่างๆ

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ค่าความโก่งของชิ้นงานจากการเชื่อมรูปแบบต่างๆ

Source of Variation	F	P-value	F crit
Welding Type	0.613	0.563	4.256
Plate Thickness	5.984	0.022	4.256
Interaction	2.540	0.113	3.633

ผลจากการวิเคราะห์ ANOVA ในตารางที่ 8 พบว่า Welding Type ไม่มีอิทธิพล ($F < F_{crit}$) ต่อการโก่งของ Box Column แต่ขนาดความหนา Skin Plate จะมีอิทธิพลต่อความโก่งของ Box Column ($F > F_{crit}$) ดังนั้น รูปแบบการเชื่อมแต่ละ Type จะไม่ส่งผลต่อความโก่งของ Box Column

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบการเชื่อมมุม Box Column ด้วยรูปแบบการเชื่อม 3 แบบ คือ Type A เป็นการเชื่อมพอกด้านล่างโดยการเชื่อม MAG และเชื่อมพอกหลายชั้นโดยการเชื่อม SAW ใช้ลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm ด้วยจำนวน Pass ที่น้อยที่สุด Type B เป็นการเชื่อมโดยการ

เชื่อม MAG และเชื่อมพอกด้านบนโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm ด้วยจำนวน Pass ที่น้อยที่สุด และ Type C เป็นการเชื่อมพอกด้านล่างโดยการเชื่อม MAG และเชื่อมพอกหลายชั้นโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 4.8 mm และเชื่อมทับด้านบนโดยการเชื่อม SAW ด้วยลวดเชื่อมขนาด 5.6 mm ด้วยจำนวน Pass ที่น้อยที่สุด โดยการทดลองได้ทำการเชื่อมกับวัสดุ SN 490 ความหนาของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำผนังชิ้นงาน Box Column ขนาด 40, 50 และ 55 mm ผลจากการเชื่อมมีค่าความร้อนเข้าที่ใช้ในการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 18,951 – 24,976 J/cm และทำการควบคุมอุณหภูมิ Inter Pass Temperature ในช่วง 151°C – 181°C

ผลจากการทดสอบ Tensile พบว่ากระบวนการเชื่อม Type A และ Type C ให้ค่าความต้านทานแรงดึงเท่ากันทุกขนาดความหนา Skin Plate และมีค่าความต้านทานแรงดึงมากกว่ากระบวนการเชื่อม Type B สำหรับความหนาของ Skin Plate จะมีอิทธิพลต่อค่า Tensile Strength และ Elongation โดยค่า Tensile Strength จะลดลงเมื่อค่าขนาดของความหนา Skin Plate เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวน Pass ที่เพิ่มขึ้นตามขนาดความหนาด้วยเช่นกัน ผลการทดสอบ Charpy Impact Test พบว่ากระบวนการเชื่อมแต่ละ Type และแต่ละขนาดความหนาของ Skin Plate ไม่มีอิทธิพลทำให้เกิดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Absorbed Impact Energy บริเวณ DEPO และ HAZ แต่จะมีอิทธิพลเฉพาะบริเวณ BOND เพียงอย่างเดียว และจากการวิเคราะห์ ANOVA พบว่ารูปแบบการเชื่อมจะไม่ส่งผลกระทบต่อการโก่งของ Box Column แต่จะมีผลมาจากขนาดความหนาของ Skin Plate ทั้งนี้เป็นผลมาจากจำนวน Pass ที่เพิ่มขึ้นตามขนาดความหนาด้วยเช่นกัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารูปแบบการเชื่อม Type A เป็นวิธีการเชื่อมที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการผลิต Box Column เนื่องจากจะทำให้ได้ผลการทดสอบค่า Tensile Strength สูงสุดและค่า Percent Elongation เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดที่ทุกขนาดความหนา และมีค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ BOND และ HAZ สูงกว่ารูปแบบอื่น โดยมีค่า Absorbed Impact Energy บริเวณ DEPO และค่าระยะโก่งไม่แตกต่างกับรูปแบบการเชื่อมอื่น

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Matsushita and H. Shimokaw, "Weld Joining," Japanese Society of Steel Construction, Lecture Note, pp.1-93, Dec. 2008.
- [2] I. Shinji, M. Masatoshi and K. Yuji, "Application of Narrow Gap Welding Process with High Speed Rotating Arc to Box Column Joints of Heavy Thick Plates," JFE Technical Report, no. 14, pp. 16-21, Dec. 2009.
- [3] A. Kojima, K. Yoshii, T. Hada, O. Saeki, K. Ichikawa, Y. Yoshida, Y. Shimura and K. Azuma, "Development of High HAZ Toughness Steel Plates for Box Column with High Heat Input Welding," Nippon Steel Technical Report, no. 90, pp. 39-44, July 2004.
- [4] N. Singh, K. Sandepp and D. Sgingh, "Investigating the Effect of Saw Parameters on Hardness of Weld Metal," International Journal of Advance Industrial Engineering, vol. 3 no. 2, pp.68-74, June 2015.



ปริญญ์ สายจันทร์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เมื่อปี พ.ศ.2544 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมการเชื่อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ.2557

เริ่มปฏิบัติงานที่บริษัท เอ็ม.ซี.เอส.สตีล จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายประมาณราคา



ไพรัตน์ วิวัฒน์บวรพงษ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ เมื่อปี พ.ศ.2536 เริ่มปฏิบัติงานที่บริษัท เอ็ม.ซี.เอส.สตีล จำกัด (มหาชน) ในปี พ.ศ. 2540 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง กรรมการผู้อำนวยการ



รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต สุขสวัสดิ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ค.อ.บ. สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2542 ระดับปริญญาโท วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี พ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท M.Eng. และปริญญาเอก D.Eng. สาขาวิชา Precision Engineering จาก Chuo University ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2549 และ 2551 ตามลำดับ ปัจจุบันเป็นพนักงาน

มหาวิทยาลัยสายวิชาการ ระดับตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Edition 2015 Boiler and Pressure Vessel Code Section IV Rules for construction of heating boilers

วีรพล ทับแก่น และ อรรถพล แก้ววิสัย

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

1. บทนำ

หม้อไอน้ำ (Boiler) เป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรม ในประเทศไทยมีการใช้หม้อไอน้ำมากกว่า 3,000 ลูก ที่ได้จดทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เนื่องจากหม้อไอน้ำจะต้องให้ความร้อนในปริมาณสูง และมีความดันที่สูงจากไอน้ำ เมื่อบริษัทผู้ผลิตมีการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำใช้งานไม่ถูกต้อง และการบำรุงรักษาไม่ถูกวิธี จึงเป็นสาเหตุทำให้มีการระเบิดของหม้อไอน้ำขึ้น สาเหตุส่วนใหญ่ของการระเบิดที่เกิดขึ้น เกิดจากการสร้างและการใช้งานหม้อไอน้ำอย่างไม่ถูกวิธี ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุอะไรที่ก่อให้เกิดการระเบิดย่อมต้องเกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน เมื่อมีการระเบิดของหม้อไอน้ำ บริษัทผู้ผลิตจึงได้นำมาตรฐานเข้ามาควบคุมการผลิตหม้อไอน้ำ เพื่อให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานในการควบคุมการสร้างหม้อไอน้ำ และในทางกฎหมายตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 [1] ได้มีการกำหนดการควบคุมการใช้งาน หรือแม้แต่ตัวผู้ควบคุมเองต้องผ่านการอบรมการใช้งานหม้อไอน้ำ ในส่วนของการผลิตหม้อไอน้ำ ได้มีมาตรฐานของหลายประเทศเข้ามาควบคุมการผลิต แต่ที่เป็นที่นิยมคือมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา คือมาตรฐานของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา American Society of Mechanical Engineering (ASME) ว่าด้วยเรื่องของหม้อไอน้ำและภาชนะความดัน (Boiler and Pressure Vessel) เพื่อจัดทำารควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Section IV 2015 Edition (Boiler and Pressure Vessel Code) Rules for construction of heating boilers [2] โดยการควบคุมการออกแบบ (Design) และอุปกรณ์ ข้อต่อ และตัวควบคุม (Instrument Fitting and Controller) โดยบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอขั้นตอนการผลิตและการออกแบบ

และการวางแผนการตรวจและทดสอบ (Inspection and Test Plan) ให้ได้ตามมาตรฐานสากล

2. การดำเนินงาน

2.1 การออกแบบและการคำนวณ

การออกแบบและการรับรองการออกแบบ: การออกแบบหม้อไอน้ำที่ดีควรมีโครงสร้างที่ง่ายไม่ซับซ้อนและแข็งแรง ก่อนที่จะนำเอาแบบหม้อไอน้ำมาทำการผลิตจะต้องได้รับการรับรองโดยผู้ที่มีความรู้หรือผู้ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบ เช่น ASME ผู้ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASME คือ Authorize Inspector (AI) ซึ่งจะเป็นผู้เซ็นรับรองการออกแบบหม้อไอน้ำได้และในประเทศไทยได้มีข้อบังคับดังต่อไปนี้

ผู้ประกอบการโรงงานสร้างหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อนต้องจัดให้มีการออกแบบและคำนวณหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อนที่จะทำการสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสากล ได้แก่ มาตรฐาน ASME, JIS, EN หรือมาตรฐานเทียบเท่า และต้องจัดให้มีหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง หรือซ่อมหม้อน้ำหรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อนทำการตรวจสอบและรับรองแบบพร้อมทั้งเก็บรักษาแบบและหนังสือรับรองแบบนั้นไว้ในโรงงาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบได้ ความในวรรคแรกมิให้ใช้บังคับกับหม้อน้ำประเภทไหลผ่านทางเดียว (One Through Boiler) ที่มีพื้นที่ผิวรับความร้อนไม่เกิน 10 ตารางเมตร ความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Allowable Working Pressure) ไม่เกิน 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่การคำนวณ การออกแบบ ให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรมโดยมีหน่วยรับรองวิศวกรรมด้านหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อทำความร้อน หรือวิศวกรควบคุมการสร้าง

หรือซ่อมหม้อน้ำ หรือหม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อนทำการตรวจสอบและรับรองแบบ

- Design calculation sheet: เมื่อผู้ที่ทำหน้าที่รับรองการออกแบบจะตรวจสอบผลการออกแบบว่าเป็นไปตามข้อกำหนด จึงลงชื่อรับรองรับรองและในการออกแบบ Heating Boiler อ้างอิงจาก ASME Section IV [2]

- การออกแบบ (Drawing): เมื่อออกแบบแล้วต้องถูกรับรอง และนำไปพิจารณาร่วมกับแบบเพื่อรับรองแบบต่อไป หากมีการแก้ไขจะต้องเสนอให้มีการพิจารณาและรับรองทุกครั้ง และในการใช้งานแบบจะต้องไม่นำแบบที่ไม่มีการรับรองไปใช้ในการผลิตโดยเด็ดขาด ในการใช้งานจะต้องแน่ใจว่าแบบที่ถูกใช้งานเป็นแบบที่แก้ไขล่าสุด

2.2 การควบคุมวัสดุ (Material control)

การตรวจสอบวัสดุคงเหลือ (Check stock) และการตรวจสอบวัสดุ รวมทั้งตรวจสอบสมบัติของวัสดุว่าสามารถใช้ได้หรือไม่ โดยตรวจสอบใบจัดซื้อ (Purchase Specification Requisition-PSR) ที่ถูกบันทึกไว้ จากนั้นส่งข้อมูลวัสดุคงเหลือให้กับฝ่ายจัดซื้อ (Procurement) ตรวจสอบใบจัดซื้อ วัสดุที่ได้รับจากผู้ควบคุมวัสดุ (Material controller) และจัดทำใบสั่งซื้อ (Purchase Order-PO) เพื่อส่งให้กับบริษัทผู้จำหน่ายวัสดุ

การตรวจรับวัสดุเข้า (Incoming material inspection) จะตรวจสอบตามรายการ ดังนี้

1. ความหนาว่าตรงตามที่ระบุหรือไม่
2. ตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ความหนา ความยาว
3. ตรวจสอบความกว้าง ความยาวของแผ่นเหล็กให้ตรงตามระบุ
4. ตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ เช่น หน้าแปลน เป็นต้น

5. เมื่อวัสดุที่ผ่านการตรวจสอบแล้วให้ทำเครื่องหมาย เพื่อให้ทราบและง่ายต่อการใช้งาน

6. ตรวจสอบจำนวนเพื่อเป็นการป้องกันการขาดแคลนของวัสดุจำเป็นต้องตรวจสอบจำนวนให้ถูกต้องตามที่ได้ทำการสั่งซื้อไป อีกทั้งเป็นการป้องกันการจัดส่งสินค้าไม่ครบสุดท้าย ตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุทั้งตัววัสดุและบันทึกการทดสอบวัสดุ ตรวจสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานของวัสดุที่ระบุในมาตรฐานที่อ้างอิง ASME-II A [3] เทียบส่วนผสมทางเคมี ค่าความเค้นต่างๆ ที่มาตรฐานกำหนด และนำตัวอย่างของวัสดุไปตรวจสอบ เช่น ทดสอบแรงดึง (Tension Test) ทดสอบความแข็ง (Hardness Test) ทดสอบความเหนียว (Impact Test) หรือกรรมวิธีอื่น และวัสดุได้ทำการตรวจสอบทั้งหมดแล้วก็จัดส่งสู่ขั้นตอนการทำงานชิ้นส่วนของหม้อไอน้ำต่อไป

2.3 การเตรียมชิ้นส่วน

เมื่อรับวัสดุจากผู้ควบคุมวัสดุแล้วขั้นตอนต่อไปคือการจัดทำชิ้นส่วนตามแบบ (Cutting Plan Drawing) และวัสดุที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีการระบุว่าเป็นวัสดุที่ใช้ในส่วนใดของหม้อไอน้ำ และวัสดุจะต้องสับกลับได้โดยเอกสารที่ระบุถึงที่เรียกว่า รายงานการระบุวัสดุ (Material Identification Report) ดังรูปที่ 1

2.4 การเตรียมชิ้นส่วนก่อนการประกอบ

เมื่อรับวัสดุจากผู้ควบคุมวัสดุแล้วขั้นตอนต่อไปคือการจัดทำชิ้นส่วนตามแบบ และวัสดุที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีการระบุว่าเป็นวัสดุที่ใช้ในส่วนใดของหม้อไอน้ำและวัสดุจะต้องสับกลับได้โดยเอกสารที่ระบุถึงที่เรียกว่า รายงานการระบุวัสดุ (Material Identification Report-MIR) การเตรียมชิ้นส่วนถูกแยกออกเป็น ส่วน ๆ เช่น เปลือก (Shell), ตัวเตา (Furnace), การขึ้นตัวท่อ (Tube Sheet), Endplate, ห้องเผาเตา (Chamber box), ภูเขา (Nozzle), การเสริมแรง (Reinforce pat), Stay Bolt, Stay tube

MATERIAL IDENTIFICATION REPORT				DATE :	1 of 4
CUSTOMER :				JOB NO. :	
PROJECT NAME :				SERIAL NO. :	
ITEM NAME / NO. : V-23602 / STORAGE TANK				REPORT NO. : GE07M110.2/ MIR / 001	
				DWG&REV.NO. :	
PART NO.	DESCRIPTION	SIZE	MATERIAL	HEAT NO.	PAGE NO.
1	2:1 ELLIPSOIDAL HEAD IN TWO PIECE	OD2024 Thk 12.7 h60	SA516 Gr.70	HTC8419A52705 MC3530702804	01-04
2	STEEL PLATE ROLL (I & III COURSE)	OD2024 Thk 12.7 L 1600	SA516 Gr.70	HTC8419A52705 MCC3530302804	01-04
3	STEEL PLATE ROLL (II COURSE)	OD2024 Thk 12.7 L 1800	SA516 Gr.70	MC353030702804	01-02
5	FLANGE (DETAIL"A") (N4)	6" WN RF 150# Sch.40	SA105	36581	05
6	PIPE (DETAIL"A") (N4)	OD 168.28 Thk. 7.11	SA106 B	42593	06-07
	REINFORCING PAD (DETAIL"A") (N4)	OD300 Thk.12.7	SA516 Gr.70	C8419A 5-2705	03-04
8	PLATE FOR VORTEX BREAKER (DETAIL"A") (N4)	320 x 120 Thk.12.7	SA516 Gr.70	C8419A 5-2705	03-04
9	PLATE FOR VORTEX BREAKER (DETAIL"A") (N4)	149 x 120 Thk.	SA516 Gr.70	C8419A 5-2705	03-04
11	FLANGE (N14)	2" WN RF 150# Sch.160	SA105	75741	08
12	PIPE (N14)	OD 60.3 Thk 8.74	SA105	J5LB946	09-10
14	PIPE (N20)	OD 88.9 Thk 7.62	SA106 B	P623402	11-12
16	FLANGE (N20)	3" WN RF 300# Sch. 80	SA105	D7508	13
19	PLUG (DETAIL"L") (N20)	Thk.12	SA516 Gr.70	C8419A 5-2705	03-04
21	PIPE (N15A/B)	OD 60.3 Thk 8.74	SA106 B	J5LB946	09-10
22	FLANGE (N15A/B)	2" WN RF 300# Sch.160	SA105	78044	14
23	PIPE (N16A/B)	OD 60.3 Thk 8.74	SA106 B	J5LB946	09-10
24	FLANGE (N16A/B)	2" WN RF 300# Sch.160	SA106 B	78044	14
26	PIPE (N17A/B)	OD 26.67 Thk. 7.82	SA106 B	M96780	15
27	FLANGE (N17A/B)	3/4" WN RF 150# Sch=XXS	SA105	75345	16
29	PIPE (N12A/B)	OD 48.26 Thk. 7.14	SA106 B	515544	17-20
30	FLANGE (N12A/B)	1-1/2" WN RF 150# Sch=160	SA105	73848	21
32	PIPE (N23/N24)	OD 33.40 Thk. 9.09	SA106 B	2-34474	22
33	FLANGE (N23/N24)	1" WN RF 150# Sch.160	SA105	76150	23
NOTE :					
INSPECTED BY :			APPROVED BY :		
WITNESSED BY :			OTHER		
			WITNESSED/REVIEWED BY : (		

รูปที่ 1 การบันทึกแบบฟอร์มรายงานรายการวัสดุ

ตัวอย่างการตรวจสอบ

เปลือก (Shell)

- การม้วน
- ตรวจสอบความกลม
- ตรวจสอบความยาวและผ่านศูนย์กลางวัดใน
- ตรวจสอบเส้นรอบวง



รูปที่ 2 การม้วนชิ้นงาน

การขึ้นตัวท่อ (Tube Sheet)

- ตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง
- การเตรียมรอยต่อ
- ความกลม
- เจาะรูสำหรับท่อไฟ



รูปที่ 3 การเจาะขึ้นงาน

2.5 การประกอบ

เมื่อเตรียมชิ้นส่วนที่ต้องใช้ทั้งหมดแล้วจึงนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาทำการประกอบเข้าด้วยกันและจะต้องวางตำแหน่งของชิ้นส่วนตามที่ถูกระบุไว้ในหมายเลขรายงาน (ID.Report)

เปลือก (Shell to Shell)

- ตรวจสอบขนาด
- การเชื่อมยึด
- การเชื่อมตามแนวขวางของเปลือก (Shell)

ห้องเผาเตา (Chamber box to Furnace)

- ตรวจสอบขนาด
- การเชื่อมยึด
- การเชื่อม

รูเจาะผนังถังบนเปลือกถัง (Nozzle to Shell)

- ร่างจุดที่ประกอบของรูเจาะผนังถังบนเปลือกถัง
- เจาะรูบนเปลือกถังและเตรียมรอยเชื่อม
- ประกอบรูเจาะผนังถังบนเปลือกถังและตรวจสอบ

ขนาด

- ทำการเชื่อม



รูปที่ 4 การประกอบและเชื่อมเปลือก



รูปที่ 5 การประกอบท่อไฟกับ Chamber Box

2.6 การเชื่อม

2.6.1 ก่อนการเชื่อม

ในการเชื่อมแต่ละครั้ง สิ่งที่ต้องตรวจสอบก่อนทุกครั้ง และจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดคือข้อกำหนดต่าง ๆ ในการทำการเชื่อมและข้อกำหนดต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องถูกบันทึกไว้เป็นเอกสารสามารถสอบกลับได้และจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASME IX [4] , ASME II C [5], ASME IV และเอกสารต่าง ๆ ที่จะต้องมีการจัดเตรียมดังนี้

Welding Procedure Specification (WPS)

จัดทำข้อกำหนดทางการเชื่อมให้ตรงตามมาตรฐาน ASME Section IX, IV ตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาข้อกำหนดของงานเชื่อมถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ตัวแปรสำคัญ ตัวแปรเสริม และตัวแปรไม่สำคัญ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ถูกกำหนดให้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแต่ละกระบวนการเชื่อม นั้น ๆ

Procedure Qualification Record (PQR)

การรับรองมาตรฐานแต่ละแนวเชื่อมแต่ละรอยต่อถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อสนับสนุนข้อกำหนดของงานเชื่อม (WPS) โดยจะต้องจัดทำทดสอบและบันทึกการคัดเลือกข้อกำหนดให้ได้วิธีการเชื่อมที่ถูกต้อง และได้สมบัติของชิ้นงานเชื่อมเป็นไปตามมาตรฐาน ASME Section IX และการนำชิ้นงานตัวอย่างไปทำการทดสอบ (Test Specimen) การทดสอบจะจัดทำได้โดยชิ้นงานที่นำมาทำการทดสอบจะต้องไม่มีข้อบกพร่อง คือ ชิ้นงานต้องทำการตรวจสอบแบบการถ่ายภาพรังสี (Radio Graphic Test-RT) ก่อนที่จะนำชิ้นงานไปทดสอบดังนี้

การทดสอบโดยการดัดงอ (Band Test): ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบจะต้องไม่ปรากฏร่องรอยความเสียหาย เช่น รอยฉีกขาด รอยแตกที่บ่งบอกถึงความไม่เข้ากันของรอยเชื่อมและวัสดุเดิม ดังที่ปรากฏในรูปที่ 6 ชิ้นงานที่ผ่านการดัดทั้งด้านหน้า (Face bend) ด้านหลัง (Root bend) จะต้องไม่ปรากฏร่องรอยความเสียหายที่ถูกกำหนดตาม ASME Section IX (QW-163 Acceptance Criteria – Bend Test)

การทดสอบโดยการดึง (Tension Test): ในการทดสอบแรงดึงจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของ ASME section IX ทั้งการเตรียมชิ้นงานก่อนการทดสอบ ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบจะถูกดึงจนขาด และค่าที่ยอมรับได้ของการทำการทดสอบ คือ จะต้องไม่น้อยกว่าค่าการทนต่อแรงดึงต่ำสุดของวัสดุชิ้นงาน และความเสียหายที่เกิดขึ้นจะต้องเกิดที่ชิ้นงาน ไม่เกิดที่รอยเชื่อม ดังรูปที่ 7 รูปตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแรงดึง ค่าที่มีการยอมรับได้ถูกกำหนดใน ASME Section IX QW-153 Acceptance Criteria-Tension Tests

Welder Performance Qualification (WPQ) และ

Welding Operator Performance Qualification (WOPQ)

ก่อนทำการเชื่อมนั้น นอกจากข้อกำหนดจะถูกกำหนดไว้แล้วนั้น ช่างเชื่อม (Welder) ผู้ควบคุมการเชื่อม (Welding Operator) จะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดและในการ Qualify ช่างเชื่อมจะต้องเป็นไปตาม ASME IX และข้อกำหนดของงานเชื่อม



รูปที่ 6 ชิ้นงานการทดสอบดัดงอ



รูปที่ 7 ชิ้นงานการทดสอบแรงดึง

จัดทำเอกสารที่ระบุสมบัติของวัสดุงานเชื่อม

เมื่อได้ข้อกำหนดที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาจัดทำเอกสารเพื่อระบุสมบัติวัสดุที่จะนำมาทำการเชื่อมและจะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASME – II C, IX ดังนี้

1) ทำการตรวจสอบวัสดุคงเหลือ (Check Stock) เมื่อได้รับใบจัดซื้อแล้วนำมาตรวจหาวัสดุคงคลัง ที่สามารถใช้ได้จากนั้นส่งข้อมูลให้กับฝ่ายจัดซื้อ

2) จัดซื้อ (Procurement) ตรวจสอบใบจัดซื้อ (Purchase Specification Requisition-PSR) และจัดทำใบสั่งซื้อ (Purchase Order-PO) และส่งไปยังตัวแทนจำหน่ายและผู้ควบคุมวัสดุ (Material controller)

3) ตรวจรับวัสดุ (Incoming Material Inspection) ตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุ ได้แก่ จำนวน ความเสียหาย ความเสื่อมสภาพของวัสดุ และทำเครื่องหมายการตรวจสอบ

4) ตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุ (Verity Material Specification) ตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุที่ใช้ให้ตรงตามมาตรฐาน ASME – II C, IX สิ่งที่ต้องมีการตรวจสอบคือ ส่วนผสมทางเคมี และสมบัติทางกล

2.6.2 ขณะทำการเชื่อม

การตรวจสอบให้ถูกต้องของการเชื่อมในทุกๆ จุดที่มีการเชื่อม ดังนี้

- 1) ลวดเชื่อมที่นำมาใช้ตรงตามข้อกำหนด
- 2) ตรวจสอบให้แน่ใจว่ารอยต่อที่ถูกเชื่อมยึดได้ ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
- 3) ลวดเชื่อมไฟฟ้ามีการอบเพื่อกำจัดความชื้นและได้รักษาอุณหภูมิไว้ตลอดการทำการเชื่อม
- 4) ช่างเชื่อมมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด และ ทำการเชื่อมตามขอบเขตที่มีการรับรอง

ในการระบุคุณสมบัติของช่างเชื่อม การทำเอกสารประจำตัวและระบุขอบเขตที่สามารถทำงานเชื่อมได้และอ้างอิงถึงใบบันทึกทำการรับรองหมายเลขใด

2.6.3 หลังทำการเชื่อม

ดำเนินการตรวจสอบรอยเชื่อมตามที่กำหนดไว้ และจดบันทึกประวัติของรอยเชื่อมที่ได้กระทำการเชื่อมในรอยต่อนั้นๆ โดยมีการจัดทำเป็นเอกสารดังรูปที่ 8

2.7 การแก้ไขสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

การแก้ไขสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด หมายถึง การแก้ไขสิ่งที่ไม่ดีผลที่เกิดขึ้นกับหม้อไอน้ำ เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีการแก้ไขซึ่งข้อผิดพลาดนี้ทางผู้ผลิตหม้อไอน้ำจะทราบดี ยกตัวอย่าง เช่น การเจาะรูผิด หรือการกระทำใด ๆ ที่ไม่เป็นไปตามแบบและส่งผลที่จะก่อให้เกิดอันตรายหรือความเสียหายแก่หม้อไอน้ำ ภายหลังการแก้ไขห้ามมิให้ทางผู้ผลิตแก้ไขเองโดยไม่ได้รับความเห็นชอบจากตัวแทนผู้สั่งซื้อหรือการตรวจสอบก่อนที่จะทำการแก้ไข ควรมีเอกสารเพื่อขอการแก้ไขสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ในเอกสารจะต้องอธิบายถึงวิธีที่จะทำการแก้ไข ขั้นตอนในการแก้ไข แล้วนำเอกสารนี้ เสนอแก่ตัวแทนผู้สั่งซื้อ เพื่อขอความเห็นชอบ เมื่อมีการรับรองการแก้ไขนี้จึงจะสามารถแก้ไขได้ และจะต้องเก็บเอกสารทั้งหมด จัดส่งให้กับลูกค้า เมื่อมีการส่งมอบสินค้า

2.8 การตรวจสอบแบบไม่ทำลายสภาพ (Non Destructive Examination-NDE)

คุณสมบัติของบุคลากรที่ปฏิบัติการทดสอบโดยไม่ทำลายสภาพ (NDE Operator) จะต้องผ่านคุณสมบัติ และได้รับการรับรองมาตรฐาน SNT-TC-1A (Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing) หรือ ANSI/ASNT CP-189 (ASNT Standard for Qualification and Certification in Nondestructive Testing Personnel) ผู้ปฏิบัติงานอาจเป็นบุคลากรภายในของผู้ผลิต หรืออาจใช้การจ้างต่อ หากเป็นการจ้างช่วง จะต้องมียุทธศาสตร์รับรองการแต่งตั้งและใบรับรอง และจะต้องจัดเก็บให้สามารถตรวจสอบได้

2.9 การปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

ในการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนหลังการเชื่อม ค่าที่ยอมรับได้ถูกกำหนดไว้ใน QW.407 สิ่งที่ต้องมีการควบคุมคือ

- การอบให้ความร้อน (Heating Rate) และให้ลดอุณหภูมิในการเย็นตัว (Cooling Rate) ต้องไม่เกินตามข้อกำหนดตามมาตรฐานที่กำหนด
- การอบให้ความร้อน (Holding Temperature) ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนด ถ้ามีช่วงใดที่ต่ำกว่ากำหนดต้องยืดเวลาออกไป
- การอบให้ความร้อน (Holding Temperature) ในระดับที่กำหนดโดยตามข้อกำหนดมาตรฐาน
- การอบให้ความร้อนหลังการเชื่อม (PWHT Chat) จะต้องจัดเก็บเพื่อส่งให้ลูกค้า

2.10 การทดสอบด้วยความดัน (Pressure Test)

การทดสอบด้วยความดันมี 2 แบบ คือ การทดสอบโดยใช้แรงดันอากาศ (Pneumatic Test) และ การทดสอบโดยใช้แรงดันน้ำ (Hydrostatic Test) สำหรับการทดสอบทั้งสองแบบนี้ การเลือกจะใช้การทดสอบแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณของความดัน ออกแบบตามมาตรฐาน ASME Section IV คือ การทดสอบโดยใช้แรงดันอากาศ (HF-204) และการทดสอบโดยใช้แรงดันน้ำ (HG-510) โดยต้องทำการตรวจสอบดังต่อไปนี้

WELDING HISTORY SHEETS															DATE : 2 of 7			
CUSTOMER :															JOB NO. :			
PROJECT NAME :															SERIAL NO. :			
ITEM NO. / NAME : V-23602 / STORAGE TANK															REPORT NO. :			
DRAWING NO. :																		
Item No.	Joint No.	Thk. (mm.)	Base Metal		WPS No.	Process		Welder No.	Weld Date	VT Date	RT			MT/PT		UT	Remark	
			A	B		Root	Cover				Original	R1	R2	Original	R1			
13	NSB-1	12	SA387	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	-	-	-	ACC	-	-	-	
14	NSB-2	12	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	27/03/97	-	-	-	ACC	-	-	-	
15	NSB-3	12	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	27/03/97	-	-	-	ACC	-	-	-	
16	WL-NSB	12	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	27/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
17	N6A-1	8.56	SA387	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
18	N6A-2	8.56	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
19	N6B-1	8.56	SA387	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
20	N6B-2	8.56	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
21	N12A-1	7.14	SA387	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	Call off
22	N12A-2	7.14	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
23	N12B-1	7.14	SA387	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	
24	N12B-2	7.14	SA387C	SA387C	WPS-GTAW-ST-48	GTAW	GTAW	WR-004	1603/97	11/03/97	ACC	-	-	ACC	-	-	-	

(OTR) INSPECTED BY : DATE : CLIENT OR 3 rd PARTY APPROVED DATE :	(QA/QC) APPROVED BY : DATE : OTHER (WITHHOLD REVIEWED BY :
--	---

รูปที่ 8 ตัวอย่างบันทึกประวัติการเชื่อม Welding History Sheets

- การสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดัน (Pressure Gauge Calibration)
- เครื่องมือวัดแรงดัน (Pressure Gauge) ควรมีความสามารถวัดสูงสุดไม่เกิน 4 เท่าของความดันทดสอบ แต่ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความดันทดสอบ
- เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (Hold time)
- ความดันที่ใช้ในการทดสอบ (Test Pressure)
- เกจวัดความดันจะต้องชี้ที่ค่าเดียวกันเสมอตลอดการทดสอบ
- เมื่อจบการทดสอบเกจวัดความดันทุกตัวจะต้องชี้ที่ 0 psi เสมอ

2.11 การหุ้มฉนวน

การหุ้มฉนวนนั้นไม่มีผลต่อความดันของหม้อไอน้ำ และไม่ผลต่อความแข็งแรงของหม้อไอน้ำ แต่จะช่วยให้การสูญเสียความร้อนของหม้อไอน้ำ ฉนวนมีหลายประเภท จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ในการเลือกชนิดของฉนวนนอกจากเรื่องอุณหภูมิแล้ว ยังมีสิ่งที่ต้องพิจารณาอีกมากมาย เช่น ดัดไฟ กำลังเชิงกล ติดตั้ง ทนทาน ราคา ความเสียหายเมื่อโดนน้ำ และการอมความชื้น อุณหภูมิการใช้งาน ช่วง 100 ถึง 500 องศาเซลเซียส สามารถเลือกจากแคลเซียมซิลิเกต โยแก้ว โยหิน และเอิร์ชแพนเด็คเพอไลต์ ช่วง 500 ถึง 800 องศาเซลเซียส สามารถเลือกจาก

แคลเซียมซิลิเกต โยหิน และเอิร์ชแพนเด็คเพอไลต์ และโยเซรามิก

เมื่อตัดสินใจใช้ฉนวนแบบใดแบบหนึ่งแล้ว อันดับต่อไปต้องพิจารณาเลือกความหนาที่จะใช้ โดยควรเลือกความหนาขนาดที่เหมาะสมที่สุด โดยจากประสบการณ์และกลไกการตลาดทำให้เรารู้ว่า ถ้าไม่ต้องการสูญเสียพลังงานมากจากการถ่ายเทความร้อน ฉนวนที่เลือกควรหนาซึ่งราคาก็จะแพง แต่ผลที่ได้กลับคืนมาในรูปของเงินมีการประหยัดพลังงานมากขึ้นคิดเป็นจำนวนเงินได้ ดังนั้นความหนาที่ควรเลือกจะต้องทำการคำนวณเพื่อความหนาที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อรวมราคาฉนวนและราคาพลังงานที่สูญเสียตลอดช่วงอายุการใช้งานของฉนวนแล้ว ทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จึงจะถือว่าเป็นความหนาที่ควรใช้

ในการติดตั้ง ควรพิจารณาว่าจะต้องมีแผ่นสังกะสีหรืออะลูมิเนียมมาหุ้มป้องกันฉนวนหรือไม่ ฉนวนที่มีกำลังเชิงกลต่ำอาจจะถูกกดจนเสียรูปทรงได้ จึงควรถูกหุ้ม แต่ถ้าเป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายในและไม่มีส่วนมาทำความเสียหายได้ ก็อาจจะไม่ต้องหุ้มโลหะ แต่ก็ต้องพิจารณาอีกว่า ฉนวนจะตกห้องข้างหรือไม่ แล้วหาวิธีรัดหรือรองรับให้ดี ฉนวนที่ติดตั้งกลางแจ้งต้องป้องกันไม่ให้โดนฝน

2.12 การตรวจสอบขั้นสุดท้าย

ในการตรวจสอบขั้นสุดท้ายจะทำการตรวจความเรียบร้อยทั้งหมดของหม้อไอน้ำ

- การเจียรไนผิวและรอยเชื่อมที่ทำการเชื่อมชั่วคราว
- ตรวจสอบขนาดขั้นสุดท้ายและบันทึกผล
- ตรวจสอบเอกสารทั้งหมด เช่น บันทึกข้อมูลการเชื่อม
- ตรวจสอบก่อนการจัดส่ง

3. ผลการดำเนินงาน

จากข้อมูลและกรรมวิธีการควบคุมคุณภาพ จึงมีการจัดทำแผนในการตรวจสอบและทดสอบการผลิตหม้อไอน้ำ โดยจัดทำเป็นเอกสารแผนในการตรวจสอบและทดสอบ (Inspection and Test Plan-ITP) และแผนในการตรวจสอบและทดสอบนี้จะต้องมีการลงชื่อรับรองจากผู้มีอำนาจก่อนนำมาใช้และอาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอ

ผู้ที่มีอำนาจในการลงชื่อรับรองประกอบไปด้วยผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานควบคุมคุณภาพ เช่น ลงชื่อผู้จัดเตรียม ITP และมีการรับรองโดยผู้จัดการฝ่ายผลิต และตัวแทนลูกค้า หรือ ผู้มีอำนาจตรวจสอบ (Authorized Inspector -AI) และก่อนจะลงชื่อรับรองนั้นผู้ที่มีอำนาจตรวจสอบจะกำหนดจุดที่จะทำการตรวจสอบ ยกตัวอย่างเช่น จุดที่จะมีการเจาะรูบนผนังของหม้อไอน้ำ ก่อนทำการเจาะจะต้องให้ผู้ตรวจสอบทำการตรวจสอบความถูกต้องและลงชื่อรับรองก่อน หรือ บางจุดอาจเป็นการตรวจสอบเพียงเอกสารย้อนหลัง

4. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการที่ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการสร้างหม้อไอน้ำ (Boiler) ทำให้ทราบถึงขั้นตอนการผลิตและตรวจสอบว่าอย่างไรจึงจะปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพควบคุมความปลอดภัย เพราะภายในการผลิตจะต้องทำงานตาม

มาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งจะทำให้การผลิตนั้นมีคุณภาพงานตามที่ต้องการและความปลอดภัยสูง เพราะในการนำหม้อไอน้ำไปใช้งานนั้นจะเป็นอันตรายอย่างมากถ้าเกิดข้อบกพร่องจากการผลิตและตรวจสอบ เช่น การระเบิดเนื่องจากความบกพร่องของรอยเชื่อม ซึ่งจะเป็นความบกพร่องทั้งในส่วนของการผลิต และการตรวจสอบที่ไม่ถูกต้อง จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบที่มีความถูกต้อง ทำให้นำหม้อไอน้ำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย โดยมีการควบคุมการผลิตตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Mechanical Engineering-ASME) ว่าด้วยเรื่องของหม้อไอน้ำและภาชนะความดัน เพื่อจัดทำกรควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Section IV 2015 Edition (Boiler and Pressure Vessel Code) Rules for construction of heating boilers [2]

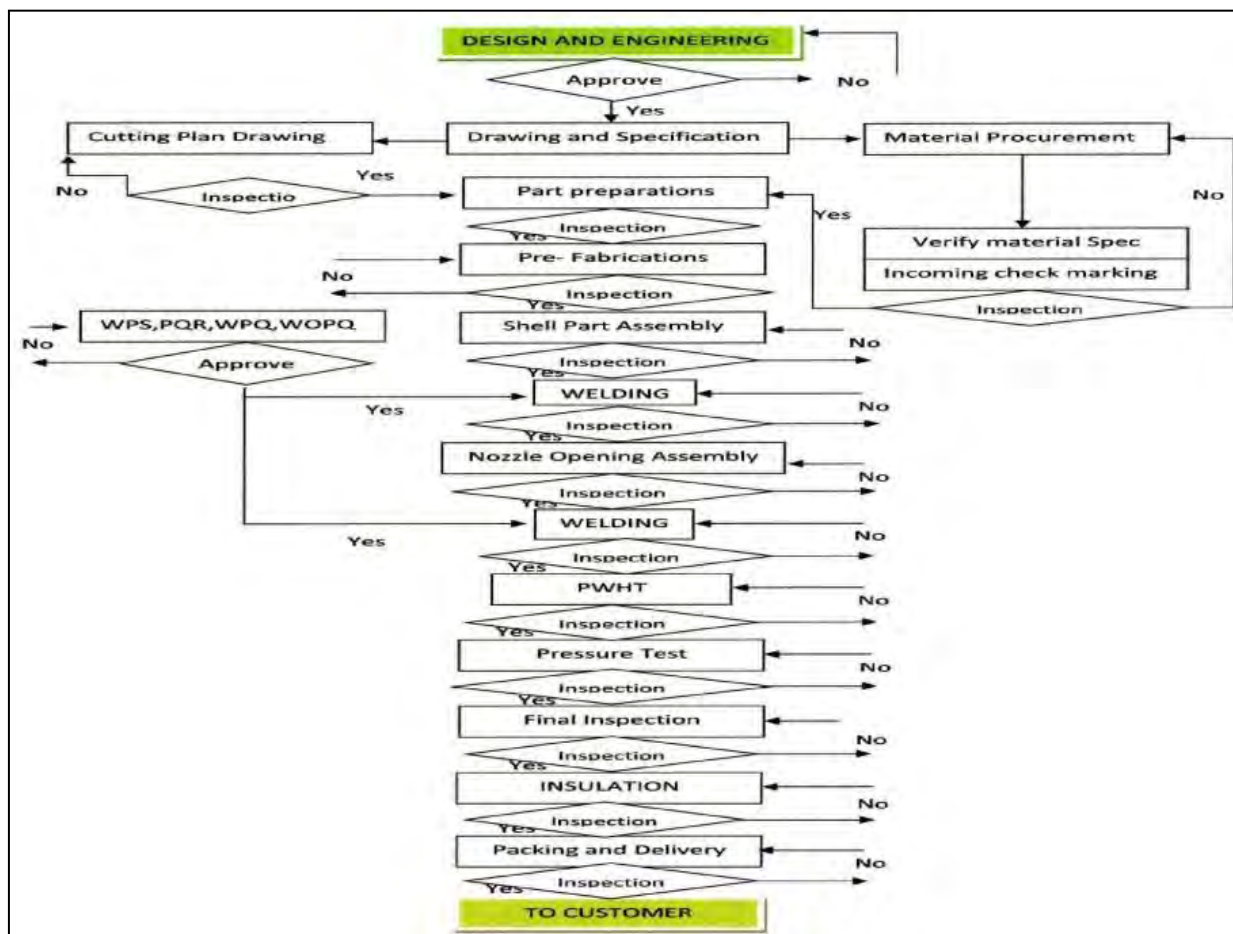
4.1 ความรับผิดชอบของบุคลากรด้านการควบคุมคุณภาพ

การที่จะทำให้หม้อไอน้ำมีคุณภาพได้จะต้องอาศัยบุคลากรด้านงานคุณภาพ ผู้ปฏิบัติงานด้านคุณภาพควรมีข้อกำหนดที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ผู้ตรวจสอบและผู้ปฏิบัติงานควรทำงานร่วมกันเพื่อให้งานมีคุณภาพ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องไม่ปฏิบัติงานนอกเหนือข้อกำหนดและไม่ปิดบังข้อผิดพลาดและเช่นเดียวกันผู้ตรวจสอบควรตรวจสอบตามข้อกำหนดอย่างแท้จริง ไม่ตำหนินงานโดยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และเมื่อปฏิบัติงานร่วมกันอย่างจริงจังก็จะทำให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพและไม่เสียเวลาในการปฏิบัติงาน

4.2 การจัดเก็บเอกสาร

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจะต้องถูกเก็บและจัดทำหมายเลขเอกสารเพื่อว่าต้องการเรียกดูรายละเอียดต่าง ๆ ในการผลิต พร้อมทั้งจะต้องจัดทำเอกสารข้อมูลการผลิตส่งมอบให้กับลูกค้า 1 ชุด

4.3 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Edition 2015



รูปที่ 9 แผนภูมิการควบคุมคุณภาพในการผลิตหม้อไอน้ำแบบท่อไฟตามมาตรฐาน ASME Edition 2015

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535. <http://www.industry.go.th/samutsakhon/index.php/2013-11-22-12-30-42/2013-12-09-08-36-50/item/282-2535>
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section IV Rules for Construction of Heating Boiler. New York: The American Society of Mechanical Engineer, edition 2015
- [3] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section II Part A Ferrous Material Specifications. New York: The American Society of Mechanical Engineer, edition 2015
- [4] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section IX qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators. New York: The American Society of Mechanical Engineer, edition 2015
- [5] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Section II Part C Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals Materials. New York: The American Society of Mechanical Engineer, edition 2015



วีรพล ทับแก้ว สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปริญญาโท สาขาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปี พ.ศ.2524-2544 ดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำแผนกช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระหว่างปี พ.ศ.2544 – 2546 หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาการเชื่อม สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ.2544 – 2549 หัวหน้าแผนกช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระหว่างปี พ.ศ.2550 – 2555 หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



อรรถพล แก้ววิลัย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปี พ.ศ.2550 – 2557 ดำรงตำแหน่งนักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างปี พ.ศ.2554 – 2555 อาจารย์พิเศษ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และปี พ.ศ.2554 – 2558 อาจารย์พิเศษ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมการเชื่อม Welding Engineering ณ The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา Master's Degree and Doctoral Degree Education in Welding Engineering at The Ohio State University, USA

กิตติชัย โสจิพันธุ์^{1*}

¹ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 114 อุทยานวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120 โทร 0 2564 6500 ต่อ 4713

E-mail: kittichai.soj@outlook.com*

1. บทนำ

ปัจจุบัน ประเทศไทย กำลังตื่นตัวกับการให้ความสำคัญต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อยกระดับสถานะทางเศรษฐกิจของประชาชนและประเทศชาติ ซึ่งหนึ่งในกลยุทธ์หลัก คือ การพัฒนากำลังคน โดยใช้การเรียนการสอนแบบ STEM หรือ Science Technology Engineering and Mathematics Education มากขึ้น บทความฉบับนี้ได้เขียนขึ้นมาเพื่อเผยแพร่ความรู้ และแบ่งปันประสบการณ์ของผู้เขียน จากการที่ได้มีโอกาสศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกในสาขาวิชาวิศวกรรมการเชื่อม หรือ Welding Engineering ที่ The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา [1,2] ซึ่งเป็นสถานศึกษาเพียงแห่งเดียวในโลกที่มีหลักสูตรการเรียนการสอนในสาขานี้ในระดับปริญญาเอก และได้รับการยอมรับจาก ABET หรือ The Accreditation Board for Engineering and Technology ซึ่งในประเทศไทยเองยังมีความต้องการในการพัฒนาบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมการเชื่อม ซึ่งเป็นทั้งศาสตร์และทักษะที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการยกระดับขีดความสามารถทางด้านการออกแบบและวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนและรองรับการขยายตัวของภาคการผลิต และภาคอุตสาหกรรมของประเทศและประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนต่อไป

2. หลักสูตรการศึกษา สาขาวิศวกรรมการเชื่อม ที่ The Ohio State University

ตามหลักสูตรของสถาบันการเชื่อมสากล หรือ International Institute of Welding (IIW) [3] ได้ระบุไว้ว่า บุคลากรที่ทำงานในภาคอุตสาหกรรมด้านงานเชื่อมนั้น จะต้องผ่านการรับรองมาตรฐานจาก IIW ก่อน โดยแบ่งกลุ่มผู้ทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่

วิศวกรการเชื่อมสากล (International Welding Engineer, IWE), นักเทคโนโลยีการเชื่อมสากล (International Welding Technologist, IWT), ผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมสากล (International Welding Specialist, IWS), ผู้ปฏิบัติการการเชื่อมสากล (International Welding Practitioner, IWP), ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมสากล (International Welding Inspection Personnel, IWIP), และช่างเชื่อมสากล (International Welder, IW) ซึ่งในปัจจุบัน จะสังเกตได้ว่า กลุ่มคนที่ทำงานในอุตสาหกรรมด้านงานเชื่อมมีพื้นฐานการศึกษามาจากหลายสาขา เช่น วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมโลหะ วิศวกรรมวัสดุ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมเคมี ช่างเชื่อม ช่างท่อ ช่างประกอบ ช่างกล ช่างยนต์ เป็นต้น ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าบุคลากรที่จบการศึกษาจากมหาวิทยาลัย หรือวิทยาลัยในประเทศนั้น ส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อม หรือมีทักษะความสามารถที่จะปฏิบัติหน้าที่ในอุตสาหกรรมด้านงานเชื่อมได้อย่างเต็มที่ และต้องมาศึกษาอบรมเพิ่มเติมเพื่อให้ได้รับการรับรองจากสถาบันการเชื่อมสากล หรือสถาบันอื่นๆ ในด้านงานเชื่อมหลังจากทำงานแล้ว เนื่องจากการศึกษาส่วนมากจะเน้นผลิตบุคลากรที่มีความรู้กว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่แต่ละสาขาในด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมนั้นได้มีการเติบโตและขยายสาขาออกไปมากกว่าเดิม ส่งผลให้ประเทศไทยขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญและความชำนาญด้านงานเชื่อมไปทำงานในภาคการผลิต และภาคอุตสาหกรรมอีกเป็นจำนวนมาก

สำหรับตัวผู้เขียนเอง ได้มีโอกาสไปศึกษาต่อในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก [4] ในสาขาวิชาวิศวกรรมการเชื่อม (Welding Engineering) ที่ The Ohio State University หลังจากจบการศึกษาในระดับปริญญาตรีใน

สาขา Materials Science and Engineering และปริญญาตรี สาขา Manufacturing Engineering จาก Northwestern University ประเทศสหรัฐอเมริกา สิ่งแรกที่ประทับใจผู้เขียนเกี่ยวกับภาควิชา Welding Engineering ที่ The Ohio State University คือ การที่มหาวิทยาลัยได้เปิดหลักสูตรวิศวกรรมเชื่อม ในระดับปริญญาตรี เป็นครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1948 หรือ 67 ปีมาแล้ว และต่อมาเปิดหลักสูตรปริญญาโทเมื่อปี ค.ศ. 1956 และ หลักสูตรปริญญาเอกเมื่อปี ค.ศ. 1985 ซึ่งนับถึงปัจจุบันเป็นมหาวิทยาลัยแห่งเดียวในโลกที่เปิดสอนหลักสูตร Welding Engineering ในระดับปริญญาเอก มาแล้วถึง 30 ปี และยังคงเป็นที่เดียวที่บุคลากรในวงการดำเนินงานเชื่อมมีความใฝ่ฝันที่จะไปศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก อันเป็นการศึกษาในระดับสูงที่สุดของการศึกษาในปัจจุบัน

สิ่งต่อมาที่ผู้เขียนประทับใจ ก็คือ คณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญที่มารวมตัวกันเพื่อเปิดหลักสูตรนี้ขึ้นมา นั้นมาจากบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมที่แตกต่างกันออกไป เช่น วัสดุศาสตร์ (Materials Engineering) การผลิต (Manufacturing Engineering) และการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Evaluation/Inspection) ซึ่งถือเป็นหัวใจหลักของการเรียนการสอนวิชา Welding Engineering และต่อมาก็ได้เพิ่มศาสตร์ในสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้องเข้ามาจนกลายเป็น 5 หมวดวิชาหลักในสาขานี้ ได้แก่ วัสดุศาสตร์และโลหะวิทยาเชื่อม (Materials and Welding Metallurgy), กระบวนการเชื่อมและกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องและการควบคุมกระบวนการเชื่อม (Welding/Joining and allied Processes, and Welding Process Control), การออกแบบงานเชื่อมและการสร้างแบบจำลองด้านงานเชื่อม (Welding Design and Simulation), การตรวจสอบงานเชื่อมและการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (Welding Inspection and Non-Destructive Evaluation), และ การเชื่อมต่อวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์ พลาสติกและคอมโพสิท (Polymer, Plastics and Composite Joining)

ปัจจุบันหลักสูตรวิศวกรรมเชื่อมได้เข้าไปผนวกร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมวัสดุศาสตร์ (Department of Materials Science and Engineering) ตั้งแต่นั้นปี ค.ศ. 2010 และทางคณาจารย์จากทั้งสองภาควิชาได้มีการทำกิจกรรมวิจัยและการเรียนการสอนร่วมกันมาตลอด ในแต่ละปี มีผู้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีสาขาวิชา Welding Engineering โดยประมาณ 20-40 คนต่อปี รวมตลอด

ระยะเวลาตั้งแต่เปิดภาควิชา Welding Engineering Program มีผู้จบหลักสูตรการศึกษาจากภาควิชามากกว่า 1,000 คน โดยที่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ได้สำเร็จการศึกษาในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ผู้ที่จบการศึกษาหลักสูตรดังกล่าวมักจะได้รับการติดต่อจ้างงานจากบริษัทผู้ผลิตชั้นนำในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ออกสำเร็จการศึกษาและได้รับค่าตอบแทนที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับวิศวกรที่จบในสาขาอื่นๆ



รูปที่ 1 รูปถ่ายของผู้เขียนที่บริเวณหน้าภาควิชา

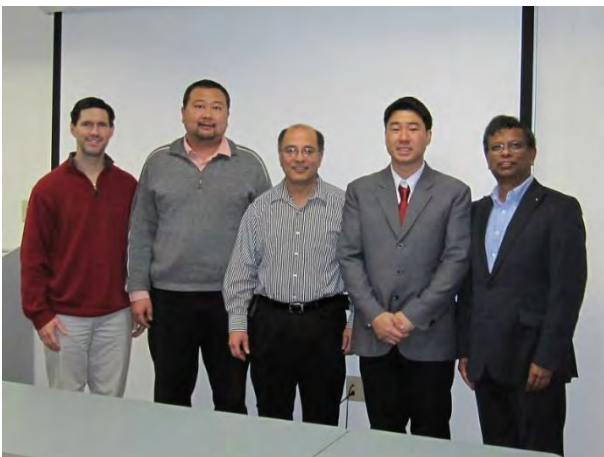
3. การทำวิทยานิพนธ์ในหลักสูตรวิศวกรรมเชื่อม ระดับปริญญาโทและปริญญาเอก

ในการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทสาขา Welding Engineering นักศึกษาสามารถเลือกศึกษาได้สองรูปแบบ คือ แบบทำวิทยานิพนธ์ (Master's with thesis degree) หรือ แบบไม่ทำวิทยานิพนธ์ (Master's non-thesis degree) ซึ่งการศึกษาแบบไม่ทำวิทยานิพนธ์นั้น จะเน้นหนักไปที่การเรียนการสอนเป็นรายวิชา โดยที่นักศึกษาจะต้องทำการศึกษาหัวข้อที่สนใจด้วยตัวเอง หรือที่เรียกกันว่าวิชา Individual Study และจะต้องเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ส่งและผ่านการประเมินจากอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ นักศึกษาจะต้องทำการสอบ Master's Examination ซึ่งจะรวบรวมข้อสอบจากวิชาหลักและวิชาเลือก เป็นเวลารวมทั้งหมด 4 ชั่วโมง และจะต้องสอบผ่านถึงจะจบการศึกษา ระดับปริญญาโทแบบไม่ทำวิทยานิพนธ์

ในส่วนของการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกสาขา Welding Engineering นักศึกษาจะเรียนจำนวนวิชาน้อยกว่า แต่ต้องเริ่มทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ภาคการศึกษาแรกที่เริ่มหลักสูตร โดยที่นักศึกษาปริญญาโทจะต้องเสนอหัวข้อวิทยานิพนธ์และเขียนข้อเสนอโครงการฉบับย่อต่ออาจารย์ที่ปรึกษาภายในภาคการศึกษาแรก และนักศึกษาปริญญาเอกจะต้องผ่านการสอบข้อเสนองานโครงการ

วิทยานิพนธ์ หรือ Qualifying Examination ซึ่งนักศึกษาจะต้องเตรียมเอกสารข้อเสนอโครงการฉบับสมบูรณ์ และจะต้องผ่านการนำเสนอข้อเสนอโครงการต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการสอบด้วย ซึ่งนักศึกษาควรจะต้องสอบในปีแรกของการศึกษา และจะต้องเรียนรายวิชาให้ครบตามที่หลักสูตรกำหนดและทำการสอบ Candidacy Examination ซึ่งคล้าย ๆ กับ Master's Examination ของนักศึกษาปริญญาโทแบบไม่ทำวิทยานิพนธ์ แต่จะมีจำนวนรายวิชาและจำนวนคำถามมากกว่า คือสอบข้อเขียนทั้งหมด 8 ชั่วโมง แบ่งเป็นวิชาหลักในสาขา 4 ชั่วโมง วิชารองในสาขา 2 ชั่วโมง และวิชาเลือกนอกสาขาที่เกี่ยวข้องอีก 2 ชั่วโมง และจะต้องทำการสอบปากเปล่า หรือ Oral portion เป็นเวลา 2 ชั่วโมงอีกด้วย

ในส่วนของการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอกจะทำการสอบปากเปล่า หรือ Defense Examination รวม 2 ชั่วโมง ซึ่งในระดับปริญญาโทจะมีกรรมการสอบอย่างน้อย 2 ท่านรวมอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และในระดับปริญญาเอกมีกรรมการสอบอย่างน้อย 4 ท่านรวมอาจารย์ที่ปรึกษาหลักและผู้ทรงคุณวุฒิที่แต่งตั้งโดยบัณฑิตวิทยาลัย 1 ท่าน โดยจะอนุญาตให้นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจเข้าร่วมการสอบและถามคำถามได้ในช่วงประมาณ 45 นาทีแรก หลังจากนั้นจะเหลือแก่นักศึกษาที่สอบอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการ อยู่ในห้อง เพื่อซักถามหรือสอบถามประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอต่อไป หลังจากทำการสอบผ่านแล้ว นักศึกษาจะต้องทำการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์อีกครั้ง เพื่อให้อาจารย์ที่ปรึกษา คณะกรรมการวิทยานิพนธ์ และบัณฑิตวิทยาลัยตรวจสอบและอนุมัติ ก่อนที่จะส่งฉบับสุดท้ายแบบอิเล็กทรอนิกส์ เข้าสู่ระบบสืบค้นของมหาวิทยาลัย เพื่อเผยแพร่ต่อสาธารณะต่อไป



รูปที่ 2 ผู้เขียนกับอาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



รูปที่ 3 รูปถ่ายของผู้เขียนที่บริเวณหน้าอาคารของภาควิชา

4. การศึกษาหลักสูตรปริญญาโทวิศวกรรมเครื่องผ่านทางระบบออนไลน์

นอกจากการศึกษาในภาคปกติแล้ว ทางมหาวิทยาลัยได้เปิดหลักสูตรปริญญาโทภาคพิเศษแบบเรียนผ่านระบบออนไลน์ หรือ Distance Education in Welding Engineering [5] ซึ่งผู้เรียนสามารถเลือกได้ทั้งแบบเรียนเป็นหลักสูตรปริญญาโทสาขา Welding Engineering หรือเรียนเป็นหลักสูตรแบบใบประกาศนียบัตร หรือ Certificate program in Welding Engineering ซึ่งรายวิชาที่เปิดสอนจะเป็นรายวิชาที่มีการเรียนการสอนในภาคปกติ และมีการบันทึกรูปและบันทึกเสียงไว้ เพื่อให้ นักศึกษาสามารถเรียนจากที่บ้านหรือที่ทำงานได้ ถึงแม้ผู้เขียนเองไม่ได้มีข้อมูลมากนักเกี่ยวกับเนื้อหาส่วนนี้ แต่มีความเห็นและได้ยินมาว่า การศึกษาผ่านทางระบบออนไลน์นั้นทำให้ทางภาควิชาสามารถรับนักศึกษาได้ในจำนวนที่มากขึ้น และเป็นที่รู้จักและที่ยอมรับ ไม่ใช่เฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น แต่ยังเป็นที่ยอมรับและสนใจโดยมีผู้เรียนมาจากหลายประเทศทั่วโลก ข้อดีอีกประการหนึ่งของการศึกษาผ่านทางระบบออนไลน์ก็คือ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการศึกษาภาคปกติ ซึ่งจะช่วยให้คนในวัยทำงานสามารถศึกษาต่อในสาขา Welding Engineering เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของตน พร้อมไปกับการทำงานหาเลี้ยงตนเองและครอบครัวได้อีกด้วย โดยที่นักศึกษาทางไกลจะต้องทำการศึกษแบบ Master's non-Thesis option หากเลือกศึกษาเพื่อขอรับใบปริญญา

5. ความร่วมมือในการศึกษาวิจัยด้านวิศวกรรมการเชื่อมระหว่างมหาวิทยาลัยต่าง ๆ และหน่วยงานวิจัยอื่น ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ในการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอก สาขา Welding Engineering ในปัจจุบันทางอาจารย์ที่ปรึกษาและนักศึกษาส่วนมากจะได้รับเงินทุนเพื่อสนับสนุนการทำโครงการวิจัยตลอดหลักสูตรจนสำเร็จการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับปริญญาเอก [6,7] อาจารย์ที่ปรึกษาจะต้องเขียนข้อเสนอโครงการเพื่อหาเงินหรือแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัยและค่าใช้จ่ายกับนักศึกษา เช่น จาก National Science Foundation หรือ NSF ของประเทศสหรัฐอเมริกา ทุน Graduate Research Associate หรือ Graduate Teaching Associate จากมหาวิทยาลัย รวมถึงทุนจากบริษัทหรือภาคเอกชน เว้นแต่กรณีที่นักศึกษาได้รับทุนมาแล้วจากแหล่งทุนอื่น เช่น ทุนรัฐบาลไทย อาจไม่จำเป็นต้องมีแหล่งทุนวิจัยสนับสนุนจากอาจารย์เหมือนนักศึกษาทั่วไป ซึ่งจากประสบการณ์ของผู้เขียนเอง พบว่านักศึกษาที่เข้ามาศึกษาในปัจจุบันโดยมากแล้วจะเป็นนักศึกษาระดับปริญญาเอก ซึ่งปัจจุบันเปิดรับทั้งผู้สมัครที่จบปริญญาตรี และสามารถเรียนต่อในระดับปริญญาเอกได้เลย โดยไม่ต้องเรียนปริญญาโทก่อน ปัจจุบันมีอาจารย์และนักศึกษาหลายคนเข้าโปรแกรมวิจัยที่เรียกว่า Industry & University Cooperative Research Centers หรือ I/UCRC [8] ซึ่งเป็นเครือข่ายวิจัยของหลายมหาวิทยาลัยที่ร่วมมือกันทำวิจัยกับบริษัทหรืออุตสาหกรรมที่สนใจเพื่อศึกษาโจทย์วิจัยร่วมกัน ซึ่งจุดแข็งของโปรแกรมนี้นักศึกษาได้โจทย์วิจัยที่มีความชัดเจนตามความต้องการของอุตสาหกรรม และนำโจทย์ที่ได้มาเขียนข้อเสนอโครงการวิจัย เพื่อทำวิทยานิพนธ์ต่อไป

สำหรับผู้เขียนเองนั้นได้มีโอกาสทำงานร่วมกับวิศวกรของสถาบันการเชื่อม EWI (Edison Welding Institute) [9] ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยด้านเทคโนโลยีการเชื่อมที่ใหญ่ที่สุดในทวีปอเมริกาเหนือ ระหว่างทำวิจัยในระดับปริญญาเอก โดยผู้เขียนได้มีโอกาสทำงานด้านการเชื่อมโลหะในสภาวะของแข็งโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง หรือ Ultrasonic Additive Manufacturing เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานจากเทปอะลูมิเนียมบาง ให้เป็นชิ้นงานที่มีความหนามากขึ้น ซึ่งผู้เขียนได้นำชิ้นงานที่เตรียมที่ EWI ซึ่งในปัจจุบันได้ทำการ spin off เทคโนโลยีดังกล่าวออกมาเป็นบริษัทใหม่ชื่อว่า Fabrisonic [10] มาศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกด้วย นอกจากนี้ ผู้เขียนก็ได้มีโอกาสไปใช้

ลำแสงนิวตรอนเพื่อศึกษาโครงสร้างผลึกของชิ้นงาน ที่ร่วมกับนักวิทยาศาสตร์ ที่ Los Alamos National Laboratory มลรัฐ New Mexico ประเทศสหรัฐอเมริกา [11] อีกด้วย ซึ่งในปัจจุบัน ก็เริ่มมีนักศึกษาระดับปริญญาเอกจำนวนมากขึ้นไปทำงานวิจัยที่สถาบันวิจัยแห่งชาติหรือในต่างประเทศ โดยเอาโจทย์ที่ได้รับจากภาคอุตสาหกรรมไปศึกษา ทำให้เห็นแนวโน้มของการทำงานวิจัยแบบสหสาขาวิชา หรือ Interdisciplinary disciplines หรือ interdisciplinary research ที่มีความก้าวล้ำมากขึ้น



รูปที่ 4 ผู้เขียนพร้อมมารดา กับอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน คือ Professor Avraham Benatar (ซ้าย) และ Professor Sudarsanam Suresh Babu (ขวา)

6. สมาคมศิษย์เก่านักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมการเชื่อม

อีกสิ่งหนึ่งที่ผู้เขียนอยากจะแบ่งปันเกี่ยวกับภาควิชา Welding Engineering ที่ The Ohio State University ก็คือ สมาคมศิษย์เก่า หรือ Alumni Association [12] ที่เข้มแข็งซึ่ง เป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการสร้างความเข้มแข็งให้กับภาควิชา เนื่องจาก ในแต่ละปีจะมีการพบปะกันของสมาชิกหรือสมาคมศิษย์เก่า ที่งานนิทรรศการและประชุมวิชาการประจำปีของ American Welding Society หรือ AWS เป็นประจำ ซึ่งคณะอาจารย์และนักศึกษาหลายคนได้เข้าร่วมงานดังกล่าวเป็นประจำ นอกจากนี้สมาคมศิษย์เก่ายังมีการจัดสัมมนา หรือจัดกิจกรรมสังสรรค์ หรือเยี่ยมชมโรงงาน อย่างสม่ำเสมอ ให้กับสมาชิกและผู้ที่เกี่ยวข้องบริเวณใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยเป็นประจำ รวมถึงมีการประกาศรับสมัครงานด้านงานเชื่อมผ่านทางอีเมลที่นักศึกษาทุกคนจะได้รับผ่านผู้ประสานงานหลักสูตร ซึ่งช่วยให้นักศึกษาหลายคนจะได้รับการติดต่อหรือทาบทามให้ไปทำงานด้วยก่อนที่จะจบหลักสูตรในอัตราที่สูงมาก

7. บทสรุป

บทความนี้ ผู้เขียนได้เล่าถึงหลักสูตรการศึกษาด้าน Welding Engineering ที่ The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา การทำวิทยานิพนธ์ และความร่วมมือในการทำวิจัยของอาจารย์ นักศึกษา และหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นการบอกเล่าจากประสบการณ์ของผู้เขียนเอง ทั้งนี้ ผู้เขียนหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคลากรที่ทำงานในด้านงานเชื่อม ทั้งในภาคการศึกษา ภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงหน่วยงานวิจัยหรือสนับสนุนการวิจัย ที่จะเข้ามาทำงานร่วมกันมากขึ้น เพื่อพัฒนาบุคลากรด้านงานเชื่อมและวิศวกรรมการเชื่อม รวมถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านวิศวกรรมงานเชื่อมและสาขาที่เกี่ยวข้อง ให้กับประเทศชาติ ต่อไป

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Major in Welding Engineering; Materials Science and Engineering. 2015. [Online]. Available from: <https://mse.osu.edu/major-welding-engineering>
- [2] The Field of Welding Engineering. 2015. [Online]. Available from: <https://mse.osu.edu/field-welding-engineering>
- [3] IAB-252r1-11. Minimum Requirements for the Education, Examination and Qualification: IIW Guideline for International Welding Engineers, Technologists, Specialists and Practitioners. 2011.
- [4] Sojiphan, Kittichai. "Effects of Very High Power Ultrasonic Additive Manufacturing Process Parameters on Hardness, Microstructure, and Texture of Aluminum 3003-H18 Alloy," Doctor of Philosophy, Welding Engineering, The Ohio State University, 2015. 2015. [Online]. Available from: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1418667794
- [5] Distance Education in MSE & WE. 2015. [Online]. Available from: <https://mse.osu.edu/distance-education-mse-we>
- [6] OSU Welding and Joining Metallurgy Group. 2015. [Online]. Available from: <http://wjmg-mse.org.ohio-state.edu/index.php>
- [7] Integrated Computational Materials Engineering for Welding. 2015. [Online]. Available from: <https://icme-w.engineering.osu.edu/>
- [8] Fabrisonic. Ultrasonic Additive Manufacturing. 2015. [Online]. Available from: <http://fabrisonic.com/fabrisonic-visits-sff/>
- [9] EWI: Materials Joining, Forming, Testing, Modeling, and Engineering Consulting Service. 2015. [Online]. Available from: <https://ewi.org/>
- [10] Lujan Center at LANSCE. 2015. [Online]. Available from: <http://lansce.lanl.gov/lujan/index.shtml>
- [11] Manufacturing and Materials Joining Innovation Center: I/UCRC. 2015. [Online]. Available from: <http://www.iucrc.org/center/manufacturing-and-materials-joining-innovation-center>
- [12] The Ohio State University Welding Engineering Alumni Society. 2015. [Online]. Available from: <http://alumni.ewi.org/alumni/>



กิตติชัย โสจิพันธุ์ ได้รับทุนรัฐบาลกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี-โท-เอก ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี

สาขา Materials Science and Engineering และปริญญาตรีสาขา Manufacturing Engineering จาก Northwestern University ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขา Welding Engineering จาก The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2551 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขา Welding Engineering จาก The Ohio State University ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2558 เริ่มปฏิบัติงานที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ในตำแหน่งนักวิจัย และกำลังจะโอนย้ายไปปฏิบัติงานในตำแหน่งอาจารย์สังกัดภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปี พ.ศ. 2559

ความปลอดภัยด้านงานเชื่อมในการปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง

Safety of Welding for Offshore Operation

สมนึก จัตราจิว^{1*}

¹ บริษัท เอ็กซ์เพิร์ททีม จำกัด 110, 112, 114 ถนนพระราม 2 แสมดำ บางขุนเทียน กทม. 10150

โทร 02-898-6001 แฟกซ์ 02-898-6451

E-mail: operator@experteam.co.th*

1. บทนำ

ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับงานเชื่อมในการปฏิบัติการนอกชายฝั่ง (Offshore) มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องเน้นย้ำให้พนักงานผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด เนื่องด้วยพื้นที่ปฏิบัติงานเป็นพื้นที่อันตรายมีความเสี่ยงสูงต่อการลุดใหม่ หรือการระเบิดของกระบวนการผลิต เพราะฉะนั้นผู้ทำงานเชื่อมที่จะเดินทางลงปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง ต้องมีความรู้ ความชำนาญเป็นพิเศษ และผ่านการอบรมในตำแหน่งหน้าที่งานและความปลอดภัยในงานเชื่อม เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อม

2. การเตรียมความพร้อมพนักงานเชื่อม ก่อนจะเดินทางลงปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง

พนักงานตำแหน่งช่างเชื่อมต้องผ่านการอบรมในหลักสูตรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการเดินทางไปปฏิบัติการนอกชายฝั่ง ทั้งในเรื่องด้านความปลอดภัยในการทำงานและความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงาน รวมไปถึงเอกสารและอุปกรณ์ เช่น

2.1 หลักสูตรพื้นฐานด้านความปลอดภัยพื้นฐาน ได้แก่

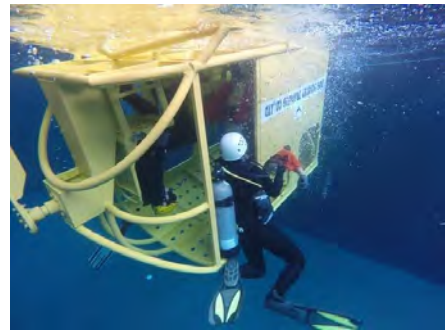
- หลักสูตรพื้นฐานด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานนอกชายฝั่งและการตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน (Tropical Basic Offshore Safety Induction Emergency Training (T-BOSIET))

- ดับเพลิงขั้นต้น (Fire Fighting)
- การปฏิบัติงานบนที่สูง (Working at Height and

Rescue)

- การปฐมพยาบาลเบื้องต้น
- Fire Watcher Course
- Rigging and Slings and Bank man Training
- New Offshore
- การอบรมการทำงานในที่อับอากาศ (Confined

spaces)



รูปที่ 1 การฝึกอบรมการโดยสารเฮลิคอปเตอร์อย่างปลอดภัย



รูปที่ 2 การฝึกอบรมการโดยสารเฮลิคอปเตอร์อย่างปลอดภัย



รูปที่ 3 การฝึกอบรมการดับเพลิงขั้นต้น



รูปที่ 4 การฝึกอบรมการดับเพลิงขั้นต้น



รูปที่ 5 การฝึกอบรมการทำงานที่อับอากาศ



รูปที่ 6 การฝึกอบรมการทำงานที่อับอากาศ

2.2 อบรมในตำแหน่งหน้าที่งาน (Job Description)

- Welder Qualification Course
- Welding Procedure Specification
- Covered Electrode / Preheat
- Safety For Welding and Cutting Training
- Fitting

2.3 เอกสารและอุปกรณ์

ก่อนจะปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง (Offshore) ผู้ปฏิบัติงานต้องเข้ารับการตรวจสุขภาพจากแพทย์ในโรงพยาบาลที่ได้รับมาตรฐาน และบริษัทต้นสังกัดต้องจัดทำหนังสือเดินทาง (Safety passport) ไปปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง (Offshore) ให้พนักงาน ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพิ่มเติมสำหรับสถานการณ์พิเศษและเงื่อนไขในการทำงาน ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลพื้นฐาน (หมวกนิรภัย, แว่นตานิรภัย, อุปกรณ์ลดเสียง, ชุดป้องกันสะเก็ดไฟ, รองเท้านิรภัย) ในกรณีเชื่อมบนที่สูง ต้องมี Safety Harness, Lanyard และต้องปฐมนิเทศพนักงานก่อนลงปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง (Offshore) เพื่อให้ทราบและเรียนรู้กฎระเบียบข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยในสถานที่ทำงานและแท่นพักอาศัย



รูปที่ 7 เล่มหนังสือเดินทาง (Safety passport)

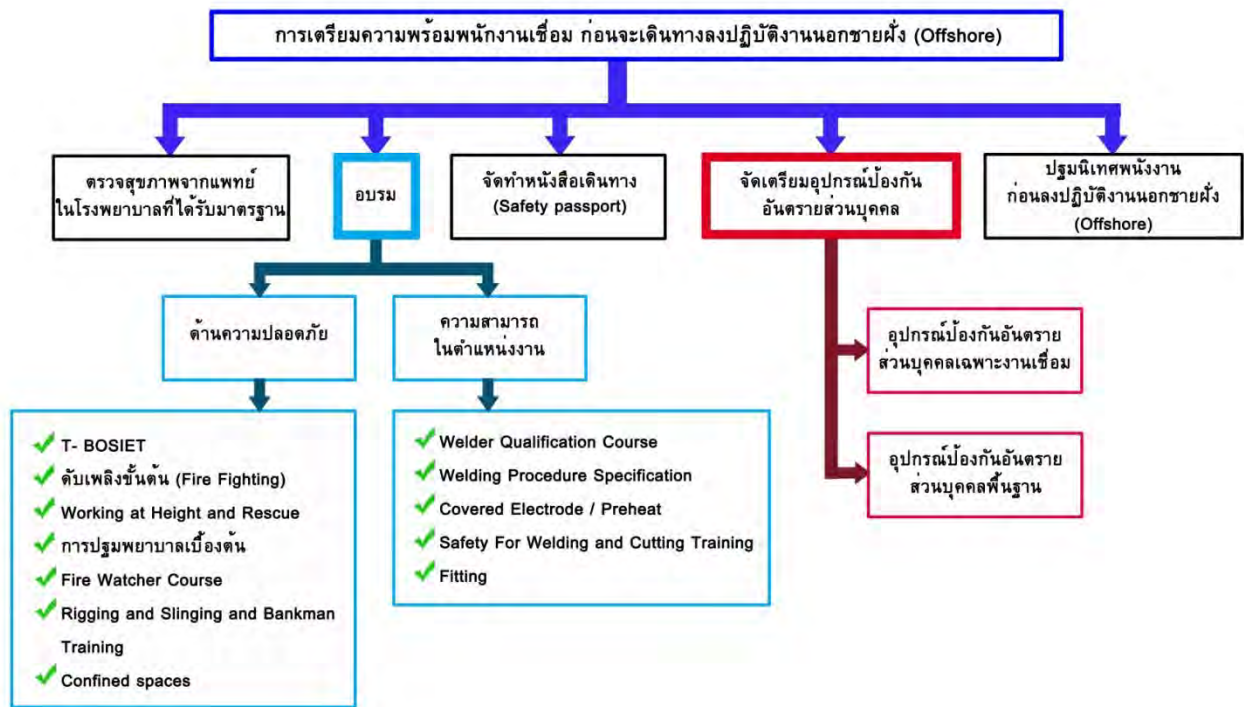


รูปที่ 8 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลพื้นฐาน



รูปที่ 9 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในตำแหน่งงานเชื่อม

- อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพิ่มเติม ได้แก่
 1. หน้ากากเชื่อมนิรภัย (Safety Helmet)
 2. ปลอกแขน
 3. เสื้อคลุมป้องกันสะเก็ดไฟ
 4. ถุงมือหนัง
 5. อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ และตัวกรองชนิดกรองฝุ่นและฟุ้งได้



แผนภูมิที่ 1 การเตรียมความพร้อมพนักงานเชื่อมก่อนจะเดินทางลงปฏิบัติการนอกชายฝั่ง (Offshore)

3. การปฏิบัติงานเชื่อมขณะปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง

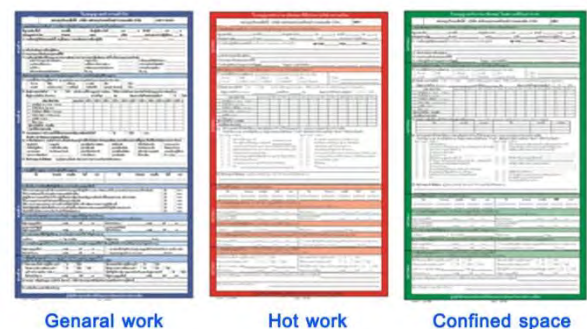
การปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงานนอกชายฝั่งอย่างเคร่งครัดและปฏิบัติตามแนวทางระเบียบปฏิบัติ (Procedure) ของสถานที่ปฏิบัติงานนั้นด้วย เพื่อป้องกันความผิดพลาดเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงานและอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับตัวผู้ปฏิบัติงาน โดยในการปฏิบัติงานทุกครั้งก่อนจะเริ่มปฏิบัติงานพนักงานต้องปฏิบัติตามดังนี้

3.1 ก่อนปฏิบัติงาน (Pre Task)

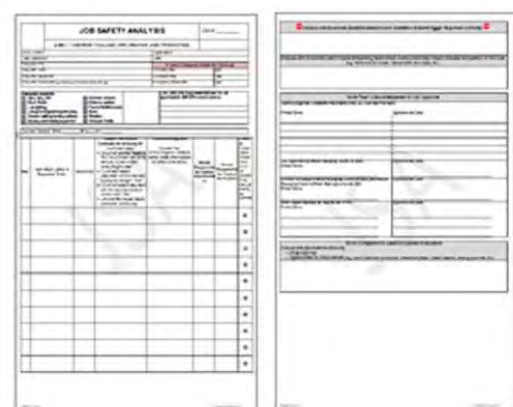
1) การใช้ใบอนุญาตในการทำงาน (Work Permit) ก่อนปฏิบัติงานใด ๆ และต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบการใช้ใบอนุญาตในการทำงานอย่างเคร่งครัด ซึ่งงานเชื่อมจำเป็นต้องใช้ใบอนุญาตในการทำงานทั่วไป (General work permit) และ ใบอนุญาตทำงานที่มีความร้อน (Hot work permit) แบบที่มีประกายไฟ (Open frame)

2) ร่วมกันวิเคราะห์ความเสี่ยง (Job Safety Analysis-JSA) เพื่อรับทราบถึงอันตรายและแนวทางป้องกันที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น

3) ก่อนและหลังการปฏิบัติงานให้ผู้ปฏิบัติงานแจ้งห้องควบคุมเสมอ



รูปที่ 10 ตัวอย่างใบอนุญาตการทำงาน (Work Permit)



รูปที่ 11 ตัวอย่างแบบฟอร์ม JSA



ตรวจสอบวันหมดอายุ และเช็คอุปกรณ์ก่อนใช้งาน

รูปที่ 12 ตัวอย่างการตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนใช้งาน



ตรวจเช็คสภาพสายลมแก๊ส
อย่าให้มีรอยแตกงาน

รูปที่ 13 ตัวอย่างการตรวจเช็คสภาพสายลมแก๊ส



ตรวจเช็ค
ข้อต่อสายลม
ก่อนใช้งาน

รูปที่ 14 ตัวอย่างการตรวจเช็คข้อต่อสายลมก่อนใช้งาน

4) จัดเตรียมอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานให้ครบถ้วน รวมถึงอุปกรณ์ได้ตอบสนองการณฉุกเฉินในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ได้แก่ ถังดับเพลิง, สายน้ำแรงดันกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ และอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลก่อนปฏิบัติงาน

5) ตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน, อุปกรณ์ได้ตอบสนองการณฉุกเฉินในกรณีเกิดเพลิงไหม้, อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลก่อนปฏิบัติงาน

6) ตรวจวัดแก๊สก่อนปฏิบัติงานที่มีความร้อนโดยผู้เฝ้าระวังไฟ (Fire Watch Man) ที่ผ่านการอบรม หรือบุคคลที่ผ่านการอบรม Qualify Gas Tester (QGT) ไม่น้อยกว่า 30 นาทีก่อน

7) ติดตั้งสายกราวนด์ตู้เชื่อม, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, Air Compressor



Pipe Plugs

รูปที่ 15 อุปกรณ์ Plugs Drain



Open Drain

รูปที่ 16 อุปกรณ์ Plugs Drain



รูปที่ 17 ลักษณะการกันผ้ากันไฟ (Habitat) ที่ถูกต้อง และการจัดพื้นที่ทำงาน

8) อุดปลั๊ก Open Drain ในรัศมีปฏิบัติงาน 15 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้ไอระเหยแก๊สจากท่อ Open Drain สัมผัสกับสะเก็ดไฟ โดยมีวิธีการอุดปลั๊ก ดังนี้

- เปิดตะแกรง Open Drain แล้วใช้ปลั๊กอุดรูระบายท่อ Open Drain

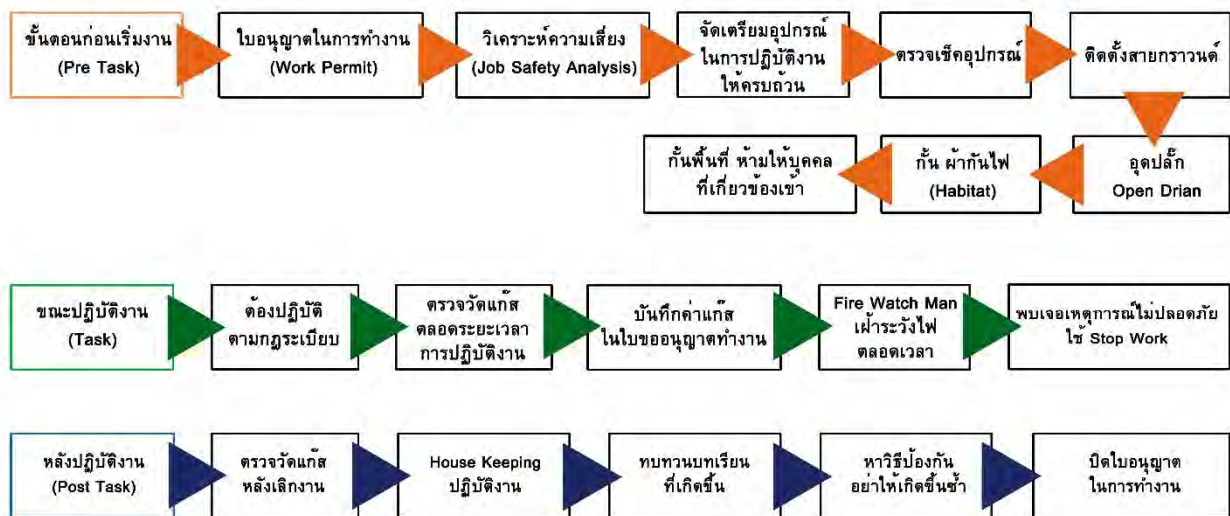
- เมื่ออุดปลั๊กระบายท่อ Open Drain เสร็จแล้วให้เติมน้ำ เพื่อป้องกันสะเก็ดไฟสัมผัสกับไอระเหยแก๊สกรณีปลั๊กอาจจะรั่วซึม

- ใช้ผ้ากันไฟปิดอีกชั้นและใช้ตะแกรงที่ครอบท่อระบาย Open Drain ปิดทับเพื่อป้องกันการปลิวของผ้ากันไฟ

- กันพื้นที่ห้ามให้บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาในพื้นที่ปฏิบัติงานก่อนได้รับอนุญาต

- กันผ้ากันไฟ (Habitat) ในพื้นที่ปฏิบัติงานเชื่อม เพื่อป้องกันสะเก็ดไฟกระเด็นกับชิ้นงาน หรือ บริเวณที่มีแก๊สรั่วไหลแบบเฉียบพลัน

การปฏิบัติงานเชื่อมขณะปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง (Offshore)



แผนภูมิที่ 2 การปฏิบัติงานเชื่อมขณะปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง

3.2 ขณะปฏิบัติงาน (Task)

1) เมื่อได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ (Area Controller) และสามารถปฏิบัติงานได้ พนักงานที่ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบความปลอดภัยในการทำงานอย่างเคร่งครัด และปฏิบัติตามใบอนุญาตในการทำงาน (Work Permit)

2) ตรวจวัดแก๊สตลอดระยะเวลาการปฏิบัติงานและบันทึกค่าแก๊สในใบอนุญาตที่มีความร้อนตามระยะเวลาที่กำหนด ในกรณีพบเจอก๊าซรั่วให้ปฏิบัติ ดังนี้

- แจ้งให้พนักงานที่กำลังทำการเชื่อมหยุดปฏิบัติงานทันที (Stop Work)

- แจ้งผู้ควบคุมพื้นที่ (Area controller) ให้ทราบ และให้ผู้ควบคุมพื้นที่ (Area controller) แจ้งห้องควบคุม (Control room) เพื่อทำการปิดกั้นระบบไม่ให้ก๊าซรั่วไหลเพิ่มขึ้น

- เมื่อแก๊สหยุดรั่วไหล และผู้ควบคุมพื้นที่ (Area controller) แจ้งให้ปฏิบัติงานต่อได้ ให้ทำการวัดก๊าซก่อนเริ่มงานเหมือนเดิม และ ทบทวน Job Safety Analysis ก่อนจะลงมือปฏิบัติงาน

- ผู้เฝ้าระวังไฟ (Fire Watch Man) ต้องเฝ้าระวังไฟตลอดเวลาทำการเชื่อมและปฏิบัติงานที่มีความร้อน

- เมื่อพบเจอเพื่อนพนักงานปฏิบัติงานไม่ปลอดภัยสามารถใช้อำนาจในการหยุดงาน (Stop Work Authority) ได้เพื่อป้องกันการเกิดการบาดเจ็บในขณะปฏิบัติงาน



รูปที่ 18 Gas Detector



Fire Watch Man เฝ้าระวังไฟตลอดเวลาทำการเชื่อม และปฏิบัติงานที่มีความร้อน

รูปที่ 19 การปฏิบัติงานของผู้เฝ้าระวังไฟ (Fire Watch Man)

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานแก๊สที่ใช้ในการตรวจวัด

Gas	ค่ามาตรฐาน
ออกซิเจน (O ₂)	19.5 % – 23.5%
ก๊าซติดไฟ (LEL)	0%
ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)	25 ppm - 200 ppm
ก๊าซไฮโดรเจน (H ₂ S)	< 5.0 ppm
ปรอท (Hg)	< 0.0025 mg/m ³

3.3 หลังปฏิบัติงาน (Post task)

- 1) ตรวจวัดก๊าซหลังเลิกงาน และให้ผู้เฝ้าระวังไฟเผื่อนำงานต่อ 30 นาทีหลังเลิกงาน
- 2) จัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย (House Keeping), ปิดตู้เชื่อม, ถอดเก็บเครื่องมือไฟฟ้าทุกชนิด
- 3) ทบทวนบทเรียนที่เกิดขึ้นในงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานและหาวิธีป้องกันอย่าให้เกิดขึ้น
- 4) ทำการปิดใบอนุญาตในการทำงานโดยได้รับการตรวจสอบจากผู้ควบคุมพื้นที่ (Area Controller)

4. ประเภทของงานเชื่อมที่ปฏิบัติงานนอกชายฝั่ง

งานเชื่อมในการปฏิบัติการนอกชายฝั่ง จะมีการเชื่อมหลักอยู่ 3 ชนิด คือ

4.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า การเชื่อมด้วยไฟฟ้าเป็นตัวประกอบในการทำงาน โดยการใช้ลวดเชื่อม (Electrode) ซึ่งเป็นขั้วบวกมาสัมผัสกับงานเชื่อมซึ่งเป็นขั้วลบ การเอาประจุไฟฟ้าลบ (Negative) วิ่งไปประทะกับประจุไฟฟ้าบวก (Positive) จะเกิดการสปาร์ค (Spark) ขึ้น ซึ่งเรียกว่า อาร์ก (Arc) ในขณะเดียวกันลวดเชื่อมซึ่งห่อหุ้มด้วยสารเคมีก็หลอมละลายลงไปในงานเชื่อมด้วย ทำให้โลหะหรือชิ้นงานเชื่อมติดเป็นเนื้อเดียวกันได้ตามต้องการ

4.2 การเชื่อมด้วยแก๊สปกคลุม (อาร์กอน) ระบบการเชื่อมทิก อาศัยการนำกระแสที่ปลายลวดทั้งสแตนเลสผ่านไปทั้งแนวเชื่อมเพื่อให้เกิดการหลอมละลายของชิ้นงาน โดยใช้แก๊สเฉื่อยซึ่งทั่วๆ ไปนิยมใช้แก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม การเชื่อมวิธีนี้ในเบื้องต้นจะเชื่อมโดยไม่ต้องมีเนื้อลวดแต่ใช้ความร้อน เป็นตัวหลอมเนื้องานให้ติดกัน นอกเสียจากการเชื่อมบางงานที่อาจจะต้องมีลวดเพิ่มเติมเพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่ต้องการ

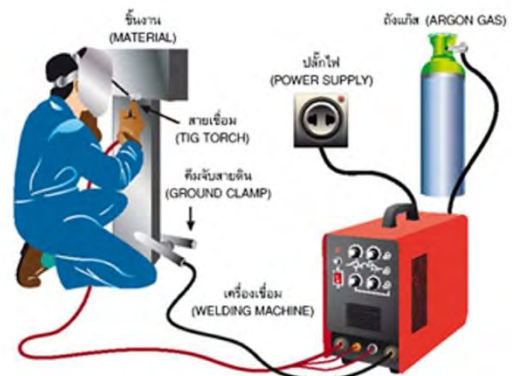
ข้อดีของการเชื่อมระบบทิก คือ การใช้งานง่าย ให้แนวเชื่อมที่สวยงาม นิยมใช้ในการเชื่อมงานบาง ทั้งสแตนเลสและอะลูมิเนียม นอกจากนี้ ยังนิยมใช้ในการเชื่อมยึดไส้

(Root passes) ในงานเชื่อมท่ออีกด้วย ทั้งยังใช้ในระบบเชื่อมอัตโนมัติ

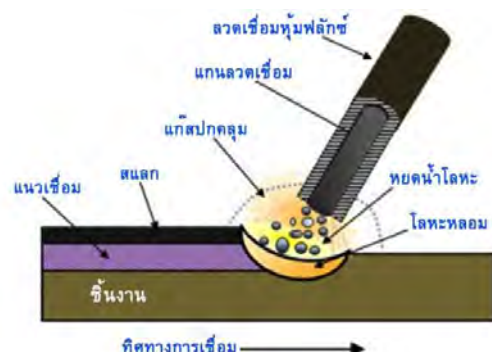
4.3 การเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (Flux Cored Arc Welding Process) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์กแบบหนึ่ง ซึ่งการอาร์กจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการป้อนลวดเชื่อมแบบต่อเนื่อง (Continuous Filler Metal or Consumable Electrode) แก๊สปกคลุมแนวเชื่อมมาจากแหล่งภายนอกหรือจากการแตกตัวเป็นแก๊สปกคลุมจากไส้ฟลักซ์ภายในแกนลวดเชื่อม (กรณีเป็นกระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ ลวดเชื่อมชนิด Self-Shield) ทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมขณะอาร์กเพื่อป้องกันการรวมตัวจากบรรยากาศ



รูปที่ 20 องค์ประกอบของการเชื่อมด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 21 องค์ประกอบของการเชื่อมด้วยแก๊สปกคลุม



รูปที่ 22 องค์ประกอบของการเชื่อมด้วยแบบฟลักซ์คอร์

5. อันตรายจากการเชื่อม

อันตรายจากการเชื่อมมีหลายอย่าง ซึ่งพอจะสรุปออกมาได้เป็นหัวข้อ ดังนี้

5.1 อันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าดูด โดยปกติแล้วมีข้อควรระวัง และหาทางป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดมากมาย สิ่งแรกที่ควรคำนึงถึง คือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้ในการเชื่อม นั้นอยู่ในสภาพที่ดี เรียบร้อย พร้อมใช้งาน และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะใช้ในการเชื่อมควรถูกต้อง และเป็นไปตามมาตรฐาน ขั้วต่อสายตำแหน่งต่างๆ แน่นดีเพียงไร และสาเหตุอันเกิดจากไฟฟ้านี้จะเป็นเหตุทำให้เครื่องมือ อุปกรณ์ชำรุดเสียหาย และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ด้วย บริเวณที่ทำงานเชื่อมควรเป็นที่แห้งไม่ชื้นแฉะ ซึ่งทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร หรือดูดผู้ทำงานได้ และควรติดตั้งสายกราวด์ทุกครั้งก่อนการเชื่อม

5.2 อันตรายที่เกิดจากการอาร์ก

กรรมวิธีการเชื่อมแบบต่าง ๆ จะทำให้เกิดแสงอุลตราไวโอเลต และแสงอินฟราเรดเป็นจำนวนมากมาย ผิวหนังแม้จะโดนแสงดังกล่าว เป็นเวลาสั้นๆ ก็ตาม แต่ก็ส่งผลทำให้ผิวหนังไหม้จนทำให้เกิดความเจ็บปวดได้อย่างมาก ทั้งนี้ผู้ทำงานเชื่อมควรสวมเสื้อหนังเพื่อป้องกัน ควรเป็นเสื้อหนังอย่างดี และไม่ติดไฟได้ง่าย ทั้งนี้ยังรวมไปถึง หมวก, ปลอกแขน, ใกล้เคียง, หน้ากากและท่อน รวมทั้งถุงมือด้วย สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ ดวงตา ทั้งนี้ เพราะการป้องกันส่วนอื่นอย่างดี แต่ไม่ป้องกันดวงตา จะใช้ หน้ากากอย่างเดียวย่อมไม่เพียงพอ ควรจะสวมแว่นตาป้องกันอีกชั้นหนึ่ง แสงอาร์กจากการเชื่อมจะทำให้เกิดการเจ็บปวดเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ขึ้นไป และตอนนี้ก็ได้มีการคิดค้นหาทางป้องกันอยู่เสมอ โดยเฉพาะ ดวงตา แสงอินฟราเรดจะทำให้ “เรตินา” ของตาเกิดอาการเมื่อยล้าเพิ่มมากขึ้น และผลที่เกิดขึ้นนี้มีใช้จะเกิดในทันทีทันใดแต่จะเกิดขึ้นในภายหลัง

5.3 การระบายอากาศ ขณะทำการเชื่อมจะเกิดควันขึ้น ควรจะหลีกเลี่ยงการสูดดมควันโดยตรง ควรหาผ้ามาปิดจมูกไว้ หรือถ้าเชื่อมในบริเวณพื้นที่จำกัด ควรต้องให้อากาศจากภายนอกหมุนเวียนเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ และควรมีผู้อยู่ข้างนอกหนึ่งคน คอยให้ความช่วยเหลือเมื่อจำเป็น การเชื่อมโลหะจำพวก ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม และสังกะสี ควรมีเครื่องมือพิเศษเหล่านี้เป็นตัวดูดควัน

5.4 การลุกไหม้ และการเกิดการระเบิด นับเป็นอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้ในขณะเชื่อม ถ้าไม่หาวิธีป้องกันที่ดีพอ การเชื่อมแบบต่างๆ ย่อมทำให้เกิดประกายไฟ และสะเก็ดไฟกระเด็น ซึ่งเป็นจุดให้เกิดไฟไหม้และการระเบิดได้ ถ้าไม่หาทางป้องกันไว้ก่อน ฉะนั้นจึงควรมีอุปกรณ์ในการดับเพลิง ซึ่งได้แก่ น้ำยาเคมีดับเพลิง (Dry Chemical Type) ที่บริเวณรอบๆ แท่นผลิต และให้ง่ายต่อการหยิบใช้ และควรมีการตรวจตราอยู่เสมอให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

อีกสิ่งหนึ่งที่ผู้เชื่อมควรคำนึงให้มากก็คือ การเชื่อมถึงที่เคเบิ้ลหรือเชื่อเพลิงไว้ ซึ่งอาจเป็นเหตุทำให้เกิดไฟ และการระเบิดได้ ฉะนั้นผู้ทำงานเชื่อมด้านนี้ จึงควรคำนึงถึง และแน่ใจว่าจะไม่เกิดอันตรายขึ้นได้

5.5 อันตรายที่เกิดขึ้นภายหลังการทำความสะอาดงานเชื่อมและอื่นๆ อันตรายที่จะเกิดขึ้นภายหลังการเชื่อม ก็คือ การทำความสะอาดแนวเชื่อม ฉะนั้นผู้เชื่อมจึงควรป้องกันผิวหนัง และตา หน้ากาก ถุงมือ เสื้อหนัง จะช่วยป้องกันจากการเจียรนัย และควรสวมแว่นตา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับดวงตา

5.6 อันตรายจากโลหะ ควันจากการเชื่อมโลหะซึ่งเกิดจาก

- กระบวนการเชื่อมที่ใช้ เช่น การเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ หรือการเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เป็นต้น
- ชนิดของลวดเชื่อมที่ใช้
- สีเคลือบหรือสารเคลือบผิว รวมถึงคราบน้ำมันจารบี ที่ตกค้างอยู่ในชิ้นงาน
- ลักษณะการระบายอากาศ
- ชนิดของโลหะที่ทำการเชื่อม เช่น การเชื่อมสเตนเลสจะก่อให้เกิดโลหะของโครเมียมและนิกเกิลซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหอบหืด, มะเร็ง

การป้องกันอันตรายจากโลหะควันจากการเชื่อมโลหะเบื้องต้นทำได้โดยสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ (Half mask) และชนิดตัวกรองที่สามารถป้องกันควันที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมได้

6. บทสรุป

การปฏิบัติงานทุกงานเราให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัยเป็นสิ่งแรก โดยเฉพาะงานที่มีความเสี่ยงสูงอย่างงานเชื่อมนอกชายฝั่ง ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความพร้อมในการทำงาน ทางด้านสุขภาพร่างกาย (Fit for Work)

สุขภาพจิตใจ และทักษะความชำนาญในงานนั้นๆ อย่างแม่นยำ ทักษะคติและประสบการณ์ในการทำงานเป็นปัจจัยที่มีผลส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงาน ตระหนักถึงขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติงานตามระเบียบปฏิบัติของงานเชื่อมนอกชายฝั่งอย่างถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่การมีประสิทธิภาพของงาน และเกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานเอง เพื่อนร่วมงาน รวมถึงอุปกรณ์ / เครื่องมือ สิ่งแวดล้อมที่อยู่บริเวณพื้นที่ทำงานไม่ให้เกิดความเสียหายขณะที่ปฏิบัติงานเชื่อมนอกชายฝั่ง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ระเบียบปฏิบัติ การฝึกอบรม (P-HR-02) ฉบับแก้ไข วันที่ 1 ตุลาคม 2557 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [2] ข้อมูลบันทึกการฝึกอบรมที่จำเป็นสำหรับแต่ละตำแหน่งงาน ตามแบบฟอร์มการฝึกอบรมที่จำเป็นสำหรับแต่ละตำแหน่งงาน (FP-HR02-001) ฉบับแก้ไขวันที่ 01 ธันวาคม 2556 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [3] ข้อมูลบันทึกแผนการฝึกอบรมประจำปี 2559 ตามแบบฟอร์มการแผนการฝึกอบรมประจำปี (FP-HR02-002) ฉบับแก้ไขวันที่ 01 ธันวาคม 2556 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [4] ระเบียบปฏิบัติกฎระเบียบความปลอดภัยในการทำงาน (P-SF-06) ฉบับแก้ไข 01 ตุลาคม 2557 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [5] ระเบียบปฏิบัติอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) (P-SF-07) ฉบับแก้ไข 01 มีนาคม 2557 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [6] ระเบียบปฏิบัติการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย (W-SF-08) ฉบับแก้ไข 01 เมษายน 2558 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [7] ระเบียบปฏิบัติการขออนุญาตทำงาน (W-SF-11) ฉบับแก้ไข 01 เมษายน 2558 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [8] ระเบียบปฏิบัติการให้อำนาจในการหยุดงาน (W-SF-18) ฉบับแก้ไข 01 ธันวาคม 2557 บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด
- [9] MOG Industry Training Co.,Ltd
(<http://bosiettrainingthailand.mogit.org/author/admin/>)
- [10] สมาคมความปลอดภัยและอนามัยการทำงาน (ประเทศไทย)
(http://www.shawpat.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=227:%E0%B9%92%E0%B9%95%E0%B9%95%E0%B9%96-%m-%E0%B9%90%E0%B9%95-%E0%B9%90%E0%B9%98-%M-%S&catid=49:-m---m-s&Itemid=203)
- [11] ยุคล จุลอุทัย. “ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Safety)” วารสารวิชาการสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2558.



ดร.สมนึก จิตจิว สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ – Diploma in Industrial Plumbing ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง - Higher Vocational Industrial Plumbing สาขา : วิชาช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และได้รับพระราชทานปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ในสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม เมื่อปี พ.ศ. 2556

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง: กรรมการผู้จัดการ บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด, กรรมการผู้จัดการ บริษัท ซีอีเอส เอ็นจิเนียริง แอนด์ เมนเทนแนนซ์ เซอร์วิส เซส จำกัด, กรรมการผู้จัดการ บริษัท บริษัท เอสวีเอส ออยฟิลด์ เซอร์วิส เซส จำกัด และเป็นคณะกรรมการสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย Welding Committee (Welding Institute of Thailand) ,คณะกรรมการการรับรองมาตรฐานอาชีพการเชื่อม สาขาวิชาชีพการเชื่อม สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา มจพ. คณะกรรมการผู้แทนสถานประกอบการวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร และคณะกรรมการโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ ไทย-เยอรมัน

การเชื่อมรางรถไฟ-พื้นฐานด้านเทคโนโลยีและโลหะวิทยา

Welding of rail: Technology and Metallurgy

บรรเลง ศรีนิล¹, กอบบุญ หล่อทองคำ², Fritz Hartung²

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โทร 02 555 2512, E-mail: bsn@kmutnb.ac.th

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร 02 218 6942 E-mail: f-hartung@hotmail.com^{*}, gobboon.L@chula.ac.th

1. บทนำ

เหล็กรางรถไฟเป็นวัสดุที่มีคุณภาพสูง ทนทานต่อการกระทำของแรงในลักษณะต่าง ๆ และเป็นส่วนเสริมสร้างความปลอดภัย ซึ่งเป็นทั้งรางวิ่งและเป็นตัวประคองการวิ่งของรถไฟ ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้มีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาด้านเทคโนโลยีและโลหะวิทยา ตั้งแต่เริ่มต้นผลิตเหล็กและการทำงานขั้นต่อ ๆ ไปจนสำเร็จเป็นรางรถไฟ

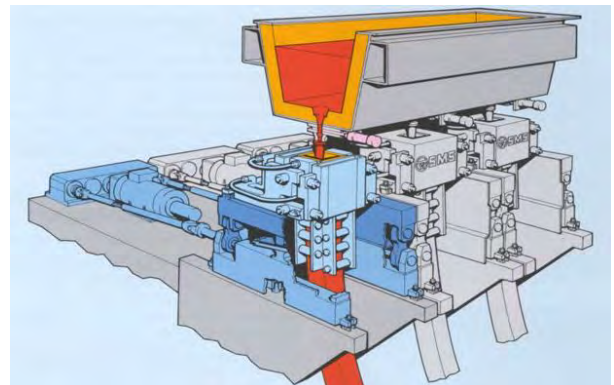
เหล็กรางรถไฟจะต้องมีความแข็งแรงในการรับภาระเชิงกล การโก่งตัวทั้งในแนวยาวและแนวขวาง การตัดเฉือนแรงดึง แรงอัด (จากภาระที่ล้อและการอัดบนพื้นที่) การบิดตัว การล้าตัวจากการกลิ้งทับของล้อ รวมทั้งการรับภาระกลิ้งทับด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้ยังต้องทนทานต่อการกระทำในหลาย ๆ ลักษณะ เช่น การเสียดสีในลักษณะการประคองการวิ่ง การขัดสีของล้อกับราง การสึกหรอจากการกลิ้งกระแทก และต้องทนทานต่อการกัดกร่อนด้วย รวมทั้งต้องทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยคุณสมบัติของเหล็กไม่เปลี่ยนแปลง ที่สำคัญต้องเชื่อมต่อกันเป็นรางได้

2. การผลิตราง

เหล็กรางรถไฟเป็นวัสดุที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยจะต้องมีการกำหนดคุณสมบัติที่สำคัญ เริ่มตั้งแต่ทำงานกับเหล็กดิบ โดยเฉพาะส่วนประกอบทางเคมีโลหะวิทยา เช่น ในขั้นตอนการหลอมเหลว ต้องกำหนดเปอร์เซ็นต์คาร์บอนความบริสุทธิ์ (ปริมาณฟอสฟอรัส และกำมะถัน แต่ละตัวต้องต่ำกว่า 0.020 %) มีการลดปริมาณไฮโดรเจนและเติมธาตุผสม เช่น แมงกานีส โครเมียม นิกเกิล อะลูมิเนียม รวมทั้งโมลิบดีนัม แวนนาเดียมและไทเทเนียม ในปริมาณไม่มาก ที่จะให้ได้คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กรางรถไฟ

เหล็กรางรถไฟจะเริ่มหล่อเป็นแท่งยาวต่อเนื่องเป็นแท่งขั้นต้น (ดูรูปที่ 1 และ 2) รางสำเร็จจะยังไม่ทำในขั้นตอนการหล่อแท่งขั้นต้น จะต้องทำความสะอาดผิวก่อนที่จะรีดด้วยลูกรีดขึ้นรูปราง ส่วนใหญ่จะรีดด้วยลูกรีด 5

ขั้นตอน การขึ้นรูปจะมีการนวด (Kneading) ตั้งแต่ลูกรีดแรกจนถึงขั้นสุดท้าย ระหว่างการรีดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคและขนาดเกรน ทำให้รางมีความแข็งแรงมากขึ้น หลังจากนั้นจะมีการวัดขนาด และปรับให้ได้ขนาดโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 1 การหล่อเป็นแท่งขั้นต้นอย่างต่อเนื่อง [4]

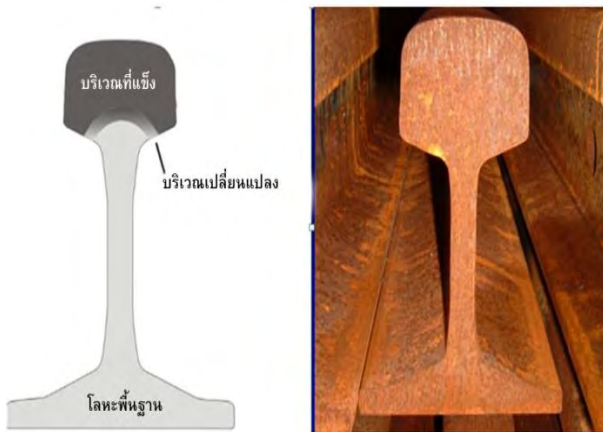


รูปที่ 2 การหล่อแท่งต่อเนื่อง [4]

ที่หัวรางมีโครงสร้างจุลภาคที่เป็นเพอร์ไลต์ (Pearlite) ละเอียดยิ่งมีสมบัติทนทานต่อการเสียดสีเป็นพิเศษกระทำโดยการให้ความร้อนด้วยขดลวดเหนียวและใช้ลมอัดเพื่อให้เย็นทันที ส่วนครีบและขาของรางจะยัง

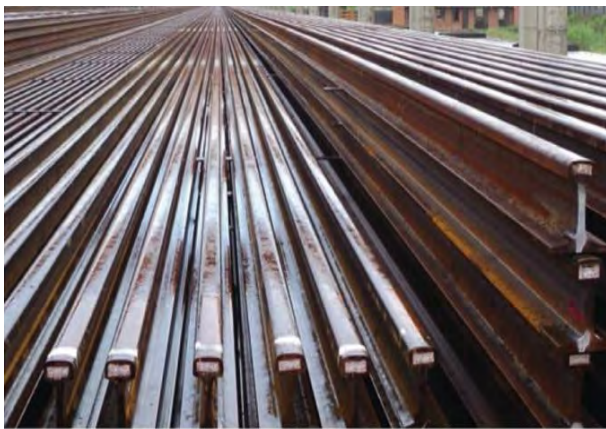
เป็นเหล็กเหนียว ดูเหมือนว่ารางทำด้วยโลหะสองชนิด แสดงดังรูปที่ 3

คุณภาพพิเศษของรางรถไฟก็เป็นเหล็กผสมที่มีความแข็งแรงโดยธรรมชาติ ทนทานต่อการเสียดสี สามารถนำมาใช้เป็นรางรถไฟความเร็วสูง รางใช้งานร่วมสำหรับรถไฟโดยสาร รถไฟบรรทุกสินค้าที่มีโหลดที่เพลาสูง และรถไฟความเร็วสูงได้



รูปที่ 3 รางรถไฟที่เชื่อมที่หัวราง [1]

รางที่รีดสำเร็จออกมาจะมีความยาวจนถึง 120 เมตร ซึ่งเป็นรางที่รีดยาวที่สุดในโลกในปัจจุบัน (Made in Germany) อย่างไรก็ตามด้วยการเชื่อมต่อชนในโรงงานจะผลิตรางได้ยาวถึง 500 เมตรได้ (ดูรูปที่ 4)



รูปที่ 4 รางยาวพิเศษ 500 เมตร [6]

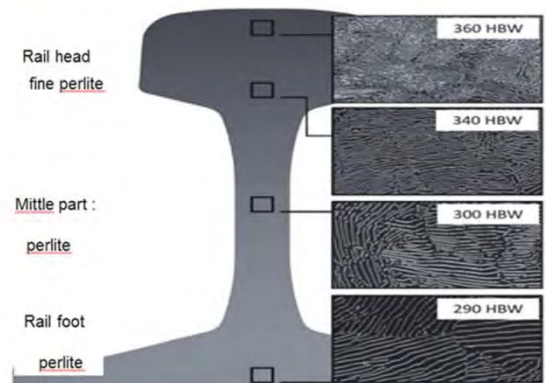
รางยาวพิเศษนี้จะใช้รถไฟพิเศษ (ดูรูปที่ 5) ขนส่งไปยังสถานที่วางราง ทำให้สามารถลดการเชื่อมในการต่อรางที่ใช้เครื่องวางรางทำงานต่อเนื่อง (เครื่องวางรางรถไฟ)



รูปที่ 5 รถไฟพิเศษสำหรับขนส่งรางยาว [7]

3. ความพิเศษด้านโลหะวิทยาบางประการ

เนื่องจากเหล็กรางรถไฟมีปริมาณคาร์บอนสูง มีผลจากธาตุผสมและการขึ้นรูปและเงื่อนไขในการทำให้เย็นตัว หรือการใช้กรรมวิธีทางความร้อน จะทำให้เหล็กมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพอร์ไลต์ บางส่วนเป็นเพอร์ไลต์ยูเทกตอย (Full Pearlite Eutectoid) ที่ละเอียด (Sorbit) และละเอียดมาก (Troosit) ดูรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคเพอร์ไลต์แบบต่าง ๆ และค่าความแข็งของราง [1]

เหล็กที่มีความแข็งแรงพิเศษจะมีโครงสร้างจุลภาคเป็น เบไนต์-เพอร์ไลต์ (Bainite-pearlite) เบไนต์ที่มีออสเทนไนต์หลงเหลือเล็กน้อย (Bainite with Restaustenite) หรือเป็นเบไนต์มาร์เทนไซต์ (Bainite-martensite)

สัญลักษณ์มาตรฐานของรางจะกำหนดตามค่าความแข็งบริเนล (Brinell) ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงความทนทานต่อการเสียดสีและโครงสร้างจุลภาค ตามส่วนผสมของธาตุที่สำคัญ และมีหรือไม่มีกรรมวิธีทางความร้อน (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเหล็กแรงกล้าไฟบางชนิด (EN 13674)

R200		R260	
C: 0.40 – 0.60	P: ≤ 0.035	C: 0.62 – 0.80	P: ≤ 0.025
Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.035	Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.025
Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15
R260Mn		R320Cr	
C: 0.55 – 0.75	P: ≤ 0.025	C: 0.60 – 0.80	P: ≤ 0.020
Si: 0.15 – 0.60	S: ≤ 0.025	Si: 0.50 – 1.10	S: ≤ 0.025
Mn: 1.30 – 1.70	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.80 – 1.20	Cr: ≤ 0.80-1.20
R350HT		R370CrHT	
C: 0.72 – 0.80	P: ≤ 0.020	C: 0.70 – 0.82	P: ≤ 0.020
Si: 0.15 – 0.58	S: ≤ 0.025	Si: 0.40 – 1.00	S: ≤ 0.020
Mn: 0.70 – 1.20	Cr: ≤ 0.15	Mn: 0.70 – 1.10	Cr: ≤ 0.40-0.60
R400HT		สัญลักษณ์ที่ใช้	
C: 0.90 – 1.05	P: ≤ 0.020	C: คาร์บอน	P: ฟอสฟอรัส
Si: 0.20 – 0.60	S: ≤ 0.020	Cr: โครเมียม	S: กำมะถัน
Mn: 1.00 – 1.30	Cr: ≤ 0.30	Mn: แมงกานีส	Si: ซิลิเนียม

เหล็กที่ใช้ทำรางรถไฟกันมากที่สุดคือเหล็ก R260 และเหล็กแรงกล้าไฟ R350HT ที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ใช้สำหรับรางรถไฟความเร็วสูง (ดูตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 มวลของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมในน้ำเหล็กหล่อมละลาย (EN 13674)

เหล็กแรงกล้าไฟทุกชนิดจะมีมวลของธาตุต่าง ๆ อยู่	
Al:	≤ 0.004 %
V:	≤ 0.030 % (โดยเฉพาะเหล็กชนิด R 320 จะมี Cr 0.18%)
N:	≤ 0.009 %
O:	≤ 20 x 10 ⁻⁴ % (ppm)
H:	≤ 30 x 10 ⁻⁴ % (ppm) สำหรับ R 200
	≤ 2.5 x 10 ⁻⁴ % (ppm) สำหรับ R 260, R 260 Mn, R 320 Cr und R 350 HT
	≤ 1.5 x 10 ⁻⁴ % (ppm) สำหรับ R 370 Cr HT und R 400

ตารางที่ 3 สมบัติกลบางประการของเหล็กแรงกล้าไฟ [1]

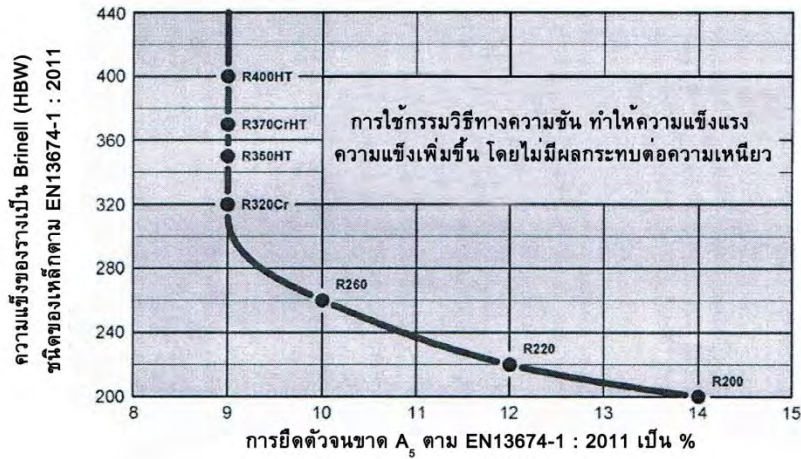
สัญลักษณ์	ความแข็งแรง [MPa]	ความแข็งบริเนล [Brinell]
R 200	680	200
R 220	780	220
R 260	880	260
R 320 Cr	1080	320
R 350 HT	1175 ที่หัวราง 880 ส่วนอื่น	350
R 350 LHT	1175	350

ตารางที่ 4 ค่าสมบัติกลของเหล็กแรงกล้าไฟพัฒนาใหม่กับเหล็กแรงกล้าไฟตามมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป [1]

Steel grade	HBW	R _{p0.2} (MPa)	R _m (MPa)	A [%]	Z [%]	Kv [J]	K _{u2} [J]	K _{IC} [MPa.m ^{1.2}]	K _{IC} -20 [MPa.m ^{1.2}]
RB370	371-378	843-858	1197-1211	12.2-14.1	38.6-43.0	28.3-33.9	31.2-36.2	51.9-54.5	40.3-42.3
RB390	390-398	825-832	1347-1353	13.0-14.9	43.0-49.0	33.2-38.4	73.1-79.5	90.5-92.1	61.2-63.0
R260	262-270	-	880-893	10.0-10.4	-	-	-	Min 29 ¹⁾	-
R350HT	350-390	700-712	1080-1098	10.3-11.1	-	-	23.2-25.6	Min 32 ¹⁾	-

Data acc. To PN-EN 13674-1:2003

ตารางที่ 5 การเพิ่มความแข็งแรงของเหล็กแรงด้วยกรรมวิธีทางความร้อน [1]



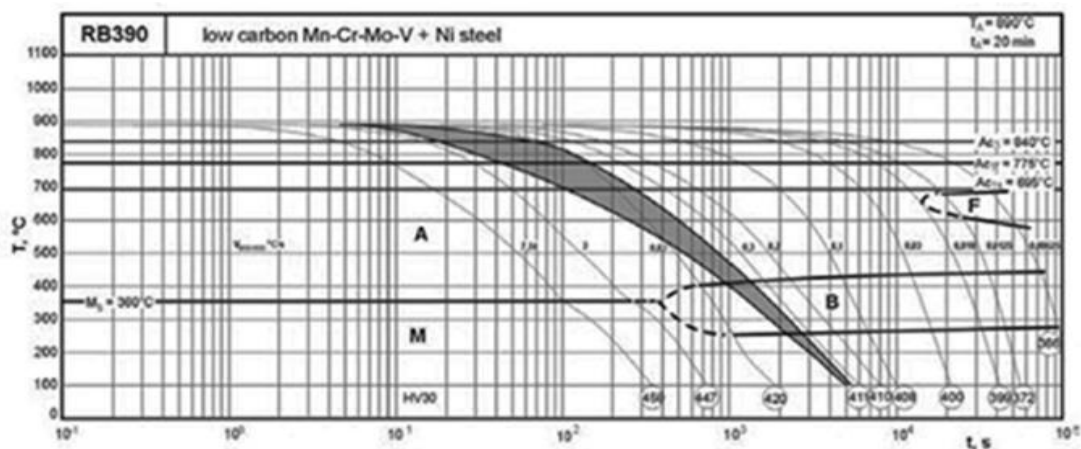
ขีดความสามารถในการเชื่อมได้จะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ผลของธาตุผสมต่าง ๆ การให้ความร้อนก่อนเชื่อมและขั้นตอนการทำให้เย็นตัว บางกรณีอาจต้องใช้กรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมด้วย

เหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนอยู่ระหว่าง 0.65% และมากกว่า 0.9% (เหล็ก-HE Hypereutectoid R400HT) ซึ่งมีโครงสร้างจุลภาคระหว่างเฟอร์ไรต์ประเภท hypoeutectoid และ hypereutectoid และเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนเสมือน (Carbon equivalent) มากกว่า 0.76% ต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อมอย่างพอเพียงเพื่อให้ได้สมบัติเชิงกลที่ดี การให้ความร้อนก่อนเชื่อมและทำให้เย็นตัวที่เหมาะสมเป็นหลักการที่สำคัญทางเทคโนโลยีการเชื่อมรางรถไฟ

ปริมาณธาตุผสมทุกชนิดรวมกันจะอยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างจุลภาคขั้นสุดท้ายและสมบัติกลจะมีผลจากธาตุผสม ผสมผสานกับการรีดและเงื่อนไขของการทำให้เย็นตัวรวมทั้งกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อม

แผนภูมิ CCT (Continuous Cooling Transformation Diagram) แสดงให้เห็นความสำคัญของอิทธิพลและการเลือกอัตราเร็วการเย็นตัว เพื่อให้ได้โครงสร้างจุลภาคตามที่ต้องการ รวมทั้งความแข็งแรงของโครงสร้างจุลภาค (ดูรูปที่ 7)

การพัฒนาเหล็กแรงรถไฟใหม่ทำให้ได้สมบัติกลดีขึ้นเป็นพิเศษและเชื่อมได้ดี โดยการลดปริมาณคาร์บอนลง การลดธาตุผสมร่วมกับกรรมวิธีทางความร้อน การผสมธาตุต่าง ๆ ที่เหมาะสมเป็นพิเศษจะถูกเสริมด้วยเทคโนโลยีการใช้กรรมวิธีทางความร้อน ด้วยวิธีการเหล่านี้จะช่วยให้สามารถผลิตรางรถไฟที่ต้องรับภาระสูงได้ สมบัติกลที่สำคัญที่สุดสำหรับเหล็กทำรางรถไฟต่าง ๆ คือ ความต้านแรงดึงสูง ความเค้นครากและความแข็งสูง ขณะที่ความเหนียวยังคงเดิม โดยความแข็งแรงลดลงไม่ต่ำกว่า 9 ถึง 10%



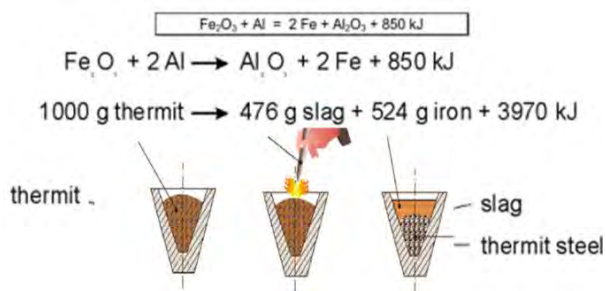
รูปที่ 7 ตัวอย่างแผนภูมิ CCT ของเหล็กแรงรถไฟ RB390 ที่พัฒนาใหม่ซึ่งเป็นชนิดที่ลดปริมาณคาร์บอน [1]

4. การเชื่อมรางรถไฟ

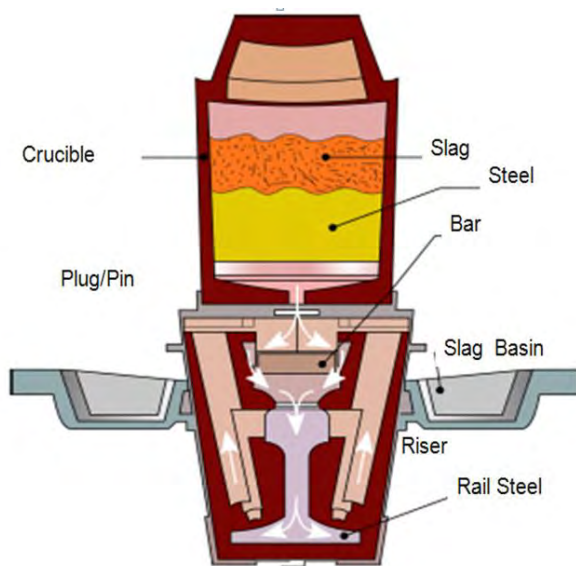
4.1 การเชื่อมเทอร์มิต (Thermit welding)

กรรมวิธีนี้ได้ค้นพบโดยนักเคมีชาวเยอรมันชื่อ Prof. Dr. Hans Goldschmidt เมื่อกว่า 120 ปีที่แล้ว ค้นพบวิธีการผลิตโลหะหนักจากออกไซด์ของโลหะโดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอะลูมิเนียม กรรมวิธีอะลูมิเนียมเทอร์มิตถูกเรียกว่า กระบวนการเทอร์มิต (Thermit process) และได้จัดลิขสิทธิ์สำหรับงานเชื่อมเมื่อปี ค.ศ.1895

ในกระบวนการเทอร์มิตจะมีส่วนผสมของผงเหล็กออกไซด์และผงอะลูมิเนียมผสมกันอย่างทั่วถึง บรรจุไว้ในกระบอกหลอมและจุดประกายให้เกิดปฏิกิริยา (ดังรูปที่ 8 และ 9) ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นจากอะลูมิเนียมบริสุทธิ์รวมตัวกับออกซิเจนในเหล็กออกไซด์ ทำให้ได้น้ำเหล็กเหลวและสแลกอะลูมิเนียมออกไซด์เหลวเบา (Korunt) ที่อุณหภูมิ 2400 °C

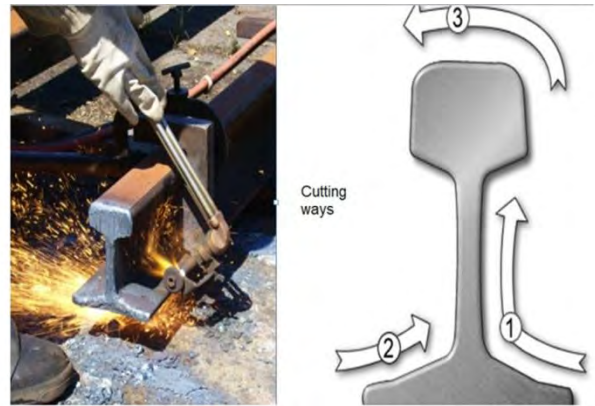


รูปที่ 8 ปฏิกิริยาเทอร์มิต [5]

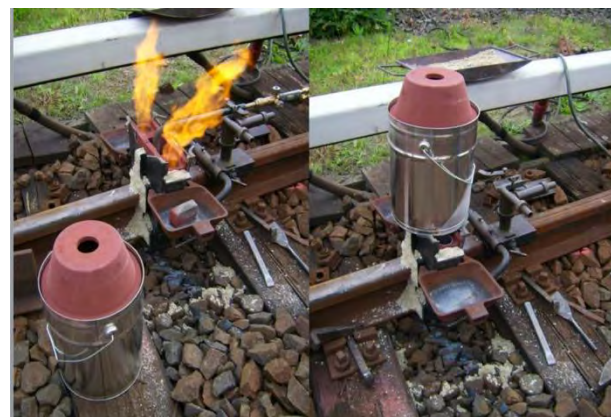


รูปที่ 9 กระบอกปฏิกิริยาและแบบหล่อพร้อมอ่างสแลก [6]

การเตรียมแนวเชื่อมจะให้มีร่องแนวเชื่อมประมาณ 25-30 มม. (ขึ้นอยู่กับกรรมวิธี) โดยตัดตรงด้วยหัวตัดแก๊สพร้อมแบบประกอบตัดหรือใช้หินเจียรพิเศษตัด (ดูรูปที่ 10)



รูปที่ 10 การเตรียมแนวเชื่อมด้วยหัวตัดแก๊ส [6]



รูปที่ 11 การให้ความร้อนก่อนเชื่อม การจัดตำแหน่งกระบอกหลอมพร้อมการป้องกันรั่ว ปฏิกิริยาและการสิ้นสุดของกระบวนการเชื่อม



รูปที่ 12 ขั้นตอนของการเชื่อมเทอร์มิต [6]

จะต้องปรับรางให้ตรงและแบบหล่อทำด้วยทรายควอร์ซและ อิฐทนไฟ (ที่ดีที่สุดควรใช้แบบหล่ออิฐทนไฟสำเร็จรูป) อาจใช้เหล็กผสมสำหรับให้ได้เหล็กผสมที่เหมาะสมแขวนไว้ที่หัวรางในร่องแนวเชื่อม ให้ความร้อนก่อนเชื่อม (ประมาณ 5 นาที) (ดูรูปที่ 11) ตามชนิดของเหล็กและปริมาณเนื้อเหล็กระหว่าง 600 ถึง 800°C โดยใช้เปลวโปรเพน/ออกซิเจน หลังจากนั้นจึงจุดประกายส่วนผสมของผงในกระบอกปฏิกิริยา (ดูรูปที่ 12)

หลังจากสิ้นสุดของปฏิกิริยาฟอสฟอไรเซชันของบรอกหลอมจะละลายทำให้ช่องน้ำโลหะเหลวเปิด กระบวนการหล่อ-เชื่อมจะเกิดขึ้นเอง สลักจะลอยขึ้นเหนือน้ำโลหะ เนื่องจากเบากว่า หลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาและระยะเวลาเป็นระยะสั้น ๆ จะทำการเจาะรูบรอกหลอมและน้ำเหล็กจะไหลเข้าไปในแบบหล่อที่ตำแหน่งของรางที่ได้ให้ความร้อนไว้ก่อน ซึ่งรางจะถูกหลอมด้วยน้ำเหล็ก Thermit ที่ไหลเวียนและมีความร้อนสูง สลักที่ลอยขึ้นข้างบนจะป้องกันการเชื่อมจากอากาศ และไหลผ่านรูลัน (Riser) ไปอยู่ในอ่างรับสลัก ส่วนหนึ่งของเหล็กจะแข็งตัวในปล่อง เศษสลักที่อยู่บนหัวรางและที่ร่องครีบจะถูกตัดออกในสภาพที่ยังร้อนด้วยเครื่องตัดเฉพาะ

การเอาเศษรูลัน สะเก็ดโลหะและการทำความสะอาดของรางจะต้องทำหลังจากเย็นตัวในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว เนื่องจากมีความจำเป็นให้แนวเชื่อมและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลความร้อน (Heat effected zone) เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ด้วยความร้อนที่ยังคงอยู่ในมวลปฏิกิริยา ห้ามใช้เครื่องมือทุบเศษออกเด็ดขาด หลังจากเย็นตัวดีแล้วจึงทำการเจียรบริเวณที่ใช้งานของรางให้เรียบ

การทำงานเชื่อมอย่างละเอียดถี่ถ้วนจะทำให้งานเชื่อมมีคุณภาพสูง แนวเชื่อมมีคุณภาพและบริเวณอิทธิพลของความร้อนมีสมบัติเชิงกลที่สูง โครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมจะมีส่วนเป็นโครงสร้างจุลภาคของเหล็กหล่อหล่อ เนื่องจากมีการเติมธาตุผสมต่าง ๆ ในผงเหล็กเทอร์มิต (Thermit steel) และมีการทำให้เกรนละเอียดอยู่ในปฏิกิริยาทำให้เหล็กบริสุทธิ์จากธาตุที่ไม่ต้องการและมีการลดออกซิเจนด้วย

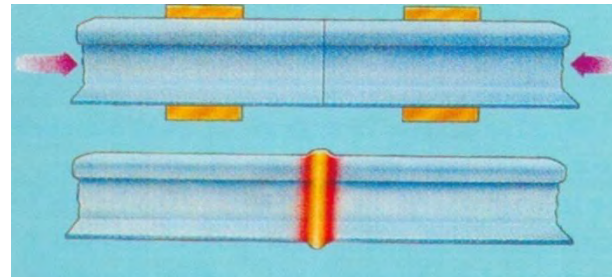
การเชื่อมเทอร์มิตมีบทบาทในการใช้วางรางรถไฟใหม่ และในเทคโนโลยีการซ่อมรางรถไฟมาตั้งแต่เมื่อ 90 ปีที่แล้ว ในการใช้รางเหล็กคุณภาพสูงสมัยใหม่ และในการใช้รางรถไฟรับภาระสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้รางสำหรับรถไฟความเร็วสูง การเชื่อมเทอร์มิตจะยังคงใช้เป็นเทคนิคการเชื่อมรางที่มีคุณค่าสูงทั่วโลกต่อไป



รูปที่ 13 แนวเชื่อมเทอร์มิตหลังจากติดตั้งแนวแล้ว [6]

4.2 การเชื่อมต่อน (Flash welding)

การเชื่อมต่อน (ดูรูปที่ 14) เป็นเทคนิคการเชื่อมรางรถไฟที่มีคุณค่าสูงและทันสมัยที่สุด ซึ่งมีทั้งแบบตั้งอยู่กับที่และเคลื่อนที่ไปเชื่อมในตำแหน่งงานได้ ที่มีคุณภาพสูงได้เพราะในการเชื่อมไม่มีสารแปลกปลอมเข้ามาเกี่ยวข้องกับกระบวนการ แบบอยู่กับที่จะใช้เป็นเทคนิคการต่อรางยาวที่ใช้กันอยู่ทั่วโลก



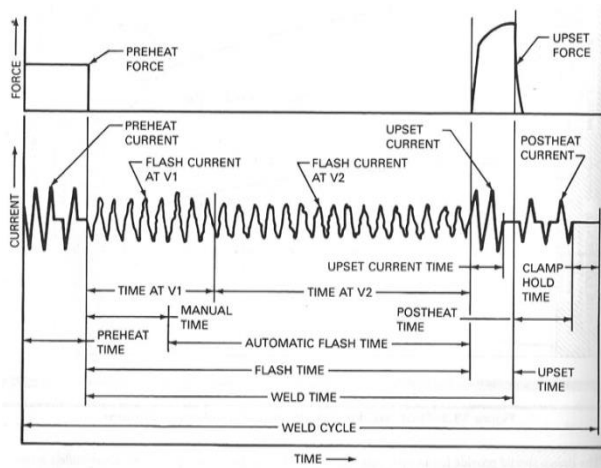
รูปที่ 14 หลักการเชื่อมต่อน [2]

การเชื่อมต่อนสามารถใช้เครื่องเชื่อมเคลื่อนที่ไปเชื่อมรางนอกสถานที่ได้โดยได้คุณภาพงานเชื่อมเท่า ๆ กัน อย่างไรก็ตามก็ต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ มากกว่าการเชื่อมเทอร์มิตที่ใช้อุปกรณ์น้อยกว่า และสามารถขนส่งไปตามสถานที่ต่าง ๆ ได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานเชื่อมซ่อมบำรุงจะเหมาะสมอย่างยิ่ง การเชื่อมต่อนจะใช้กระแสไฟสูงในระยะสั้น ๆ พลังงานไฟฟ้าจะได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล การขนส่งต้องใช้รถพิเศษที่วิ่งบนรางได้ การใช้กำลังอัดต่อนจะใช้ไฮดรอลิกและมีการควบคุมกระบวนการให้ได้การเชื่อมที่แม่นยำจริง ๆ จะต้องมีการเคลื่อนที่รางเข้าหากันและต้องใช้เนื้อวัสดุรางทำให้รางสั้นลง ในขณะที่การเชื่อมเทอร์มิตเป็นกระบวนการเติมเนื้อวัสดุลงในแนวเชื่อม ความยากลำบากที่จะเกิดขึ้นก็คือการที่จะให้ได้คุณภาพเหมือนกันของการเชื่อมแต่ละครั้ง (ดูรูปที่ 15)



รูปที่ 15 เครื่องเชื่อมต่อนเคลื่อนที่บนรางรถไฟ [6]

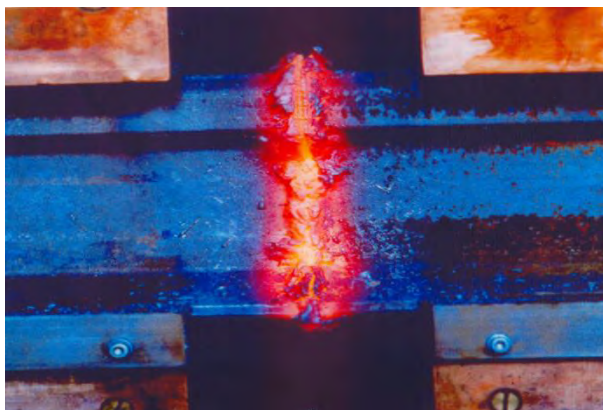
กรรมวิธีเชื่อมจะมีสามหรือสี่ขั้นตอน หลังจากจับรางเข้าในหัวจับทองแดงซึ่งเป็นตัวนำของเครื่องเชื่อม ขั้นแรกจะต้องปรับรางให้ตรงกันและให้ความร้อนขึ้นต้น โดยปลายของรางจะต้องเลื่อนเข้าเลือนออกจากกันได้ด้วย กระแสไฟสูงจะทำให้เกิดความร้อน (Resistance heat) ที่ปลายของรางทั้งสองข้าง (ดูรูปที่ 16)



รูปที่ 16 แผนภูมิ กระแส แรง เวลา ของการเชื่อมต่อน [3]

ในขั้นตอนที่สองรางที่ได้ถูกทำให้ร้อนจะถูกดันเข้าหากันด้วยความเร็วคงที่อย่างสม่ำเสมอสามครั้งโดยจะมีกระแสลัดวงจรต่อเนื่องและมีประกายน้ำโลหะพุ่งออกมาทำให้เกิดไอโลหะขณะที่อัดเข้ากัน ซึ่งจะไล่ไอและสิ่งสกปรกออกไป

ในขั้นตอนที่สาม เมื่อผิวหน้าของรางที่เข้าชนกันหลอมละลายดีและส่วนปลายของรางได้รับความร้อนพอดีแล้วจะทำการดึงเข้าชนกันด้วยแรงประมาณ 600 kN พร้อมกันนั้นน้ำเหล็กเหลวและส่วนของเหล็กรางที่ร้อนจนสามารถขึ้นรูปแบบพลาสติกจะถูกดันเบียดออกมาทำให้เกิดแนวเชื่อม ซึ่งจะถูกตัดออกขณะที่ยังร้อน (ดูรูปที่ 17 และ 18) ซึ่งจะให้เป็นแนวเชื่อมเรียบ



รูปที่ 17 แนวเชื่อมที่เสร็จใหม่ [2]



รูปที่ 18 แนวเชื่อมเมื่อตัดเศษออกด้วยเครื่องตัดเฉพาะ [6]

ถ้าจำเป็นสามารถทำขั้นตอนที่สี่ต่อไป คือการให้ความร้อนหลังการเชื่อม จะทำการปล่อยกระแสลัดวงจรต่อไปในช่วงเย็นตัวของเหล็กเพื่อให้ได้โครงสร้างจุลภาคที่ต้องการ และเป็นการลดความเค้นให้กับตำแหน่งเชื่อม

หลังจากนั้นจะทำการเจียรตำแหน่งเชื่อมให้เรียบ แผนภูมิ กระแส เวลา และแรง จะสามารถปรับให้เหมาะสมกับเหล็กรางรถไฟชนิดต่าง ๆ ได้

4.3 การเชื่อมด้วยอาร์กไฟฟ้า

การเชื่อมด้วยอาร์กไฟฟ้าในขอบข่ายจะมีการเชื่อมด้วยอิเล็กโทรด (E) การเชื่อมด้วยอิเล็กโทรดไส้ฟลักซ์ (Flux core electrode) รวมทั้งการเชื่อมด้วยแก๊สปกคลุม (MAG) ที่นำมาใช้หลัก ๆ จะใช้สำหรับเชื่อมพอกรูปทรงของรางที่สึกหรือเชื่อมพอกหัวเบี่ยงของรางที่มีการสึกหรองสูง

อย่างไรก็ดีต้องพิจารณาเรื่องการให้ความร้อนก่อนเชื่อมและหลังเชื่อมเพื่อป้องกันการแตกร้าว

ถ้าเป็นรางรถไฟที่รับภาระน้อย ๆ สามารถใช้วิธีเชื่อมไฟฟ้าได้เหมือนกัน ช่วงเชื่อมจะต้องมีความเชี่ยวชาญ และมีใบอนุญาตที่ตรวจสอบได้ สำหรับรางเหล็กที่ต้องรับภาระที่เพลารถไฟสูงและรถไฟความเร็วสูง (สูงกว่า 230 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ห้ามใช้วิธีการเชื่อมด้วยอาร์กไฟฟ้า สำหรับรางสำรองจะมีการเชื่อมด้วยไฟฟ้าในหลายประเทศ แต่แนะนำให้ใช้ขอบเขตจำกัด และที่เหมาะสมเท่านั้น

4.4 การเชื่อมอัดด้วยแก๊ส

อีกกรรมวิธีหนึ่งที่เชื่อมโดยไม่ต้องมีตัวประสานและไม่มีช่องว่างของแนวเชื่อมจะทำโดยการเชื่อมอัดด้วยก๊าซ ซึ่งพบการใช้กรรมวิธีนี้ในประเทศญี่ปุ่น

ในกระบวนการเชื่อมจะนำเอาปลายของรางทั้งสองข้างอัดเข้าหากันก่อนทำการเชื่อม และใช้ความดันอัดคงที่

จนจบกระบวนการ การให้ความร้อนจะใช้เปลวแก๊ส ออกซิเจน-อะเซทีลีน โดยอุณหภูมิการเชื่อมอยู่ระหว่าง 1200 °C ถึง 1300 °C

กรรมวิธีเชื่อมแบบนี้จะเป็นการเชื่อมโดยโลหะไม่มีการหลอมละลาย โดยที่ผิวเชื่อมจะได้รับความร้อนเหนืออุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ (Recrystallization) และอุณหภูมิที่เกิดโครงสร้างอสเทไนต์ ด้วยแรงอัดจะเกิดการแปรรูปในช่วงพลาสติก พร้อมการจัดระเบียบใหม่ของอะตอมด้วยผลของการแพร่ (Diffusion effect) และการสร้างโครงสร้างผลึกใหม่ เนื่องจากการเชื่อมต่อนด้วยแก๊สที่ไม่มีการหลอมละลายจะต้องพิถีพิถันในการทำงานมากเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมในแนวเชื่อม (เช่น สนิม สิ่งสกปรก และออกไซด์) ตามหลักจะต้องเตรียมการในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ให้ดี เพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่สมบูรณ์

- กำจัดสิ่งสกปรก สนิม และออกไซด์
- เจียรผิวต่อเรียบและขนานกันให้ดีที่สุด
- ให้ความร้อนด้วยการควบคุมเปลวไฟตลอดผิวหน้า

ตัดอย่างดี ป้องกันการร้อนเกินไปหรือเกิดการไหม้

- มีการปรับไฮดรอลิกในการอัดของรางทั้งสองข้าง

การเชื่อมอัดด้วยก๊าซจะใช้ได้ทั้งในโรงงานและเคลื่อนย้ายไปยังตำแหน่งเชื่อมอื่นได้ ในบางกรณีจะต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์หนักเช่นเดียวกับการเชื่อมต่อนอื่น ๆ

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอการเชื่อมรางรถไฟที่เป็นวัสดุที่มีคุณภาพสูง โดยได้กล่าวถึงพื้นฐานด้านเทคโนโลยี โลหะวิทยาและการผลิต เหล็กรางรถไฟจะต้องรับภาระเชิงกลต้องทนทานต่อการโก่งตัวทั้งในแนวยาวและแนวขวาง การดัดเนือง แรงดึง แรงอัด จากภาระที่ล้อรถไฟไม่ว่าจะเป็นการกลิ้งทับด้วยความเร็วสูง หรืออยู่กับที่ การเสียดสีในลักษณะการประคองการวิ่ง การขัดสีของล้อกับราง การสึกหรอจากการกลิ้งกระแทก การกัดกร่อน รวมไปถึงความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยคุณสมบัติของเหล็กไม่เปลี่ยนแปลง ที่ในการเชื่อมต่อนั้นอาจทำได้หลายวิธีเช่น การเชื่อมเทอร์มิต การเชื่อมต่อน การเชื่อมด้วยอาร์กไฟฟ้า และการเชื่อมอัดด้วยก๊าซ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Fendrich L., Fengler W., Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Springerverlag 2013, Page 65-95.
- [2] Hartung F., Lothongkum G., High Speed Train Technoogy. Welding Technology and Metallurgy of Rail Steels. Metallex-Exhibition, Bangkok, 11/2015.
- [3] AWS Welding Handbook. 9th Ed., Vol.2 "Welding Science and Technology" Page 382.
- [4] <http://www.WikimediaCommons>. De : Continuous Casting "Bilder aus dem freien Media" Archiv 2016.
- [5] DVS Media: IIW International Welding Engineer Part 2. 2010-1.12 "Other Welding Technologies".
- [6] <http://www.Gleissbauwelt.de> 2010-2015: "Schienenschweissen" 2016.
- [7] <http://www.bilder zum langschiementransport.com>. 2016.



รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเลง ศรีนิล สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบันเทคโนโลยีโคโลญ (Fachhochschule Cologne) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี พ.ศ. 2511 ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2520 และได้รับพระราชทานปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ในสาขาการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล เมื่อปี พ.ศ. 2550 เริ่มปฏิบัติงานในเมื่อปี 2506 ที่แผนกช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคนิคพระนครเหนือ เป็นอธิการบดีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระหว่างปี 2538-2544 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ที่ปรึกษาอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



รองศาสตราจารย์ ดร.กอบบุญ หล่อทองคำ เป็นอาจารย์ประจำที่ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ ก.ย. 2558 ดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโลหการ ครั้งที่ 2 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกทางวิศวกรรมศาสตร์จากมหาวิทยาลัยกองทัพบกเยอรมันเมืองฮัมบูร์กปี 2537 และวิศวกรเชื่อมนานาชาติของ International Institute of Welding (IIW) ปี 2549 ในปี 2555 ได้รับเลือกให้รับรางวัลนักโลหะวิทยาดีเด่นจากที่ประชุมวิชาการโลหะวิทยาแห่งชาติ งานวิจัยที่สนใจ คือ การกัดกร่อนและการเชื่อมโลหะ เหล็กกล้าไร้สนิม โลหะผสมพิเศษ



Prof. Dr. -Ing. Fritz Kurt Hartung Prof. in the University Dortmund and University of Applied Sciences Trier since 1992. Dr.-Ing. habil., Dr. h.c. Visiting Professor and guest lectureship in UK, USA, Russia, Brazil, South Africa, Bulgaria, Macedonia, Poland, Slovakia. Coordinator for European Asia Link Projects in Laos, Vietnam, Thailand and European Countries. Leading Member in the DVS. German Delegate in the IIW, working group 9 - Metallurgy. Representative of the European Academy of Sciences and Arts in South Eastern Asia (ASEAN-Countries), Australia and New Zealand. Visiting Professor and Researcher in the Chulalongkorn University and KMUTNB.



โครงการจัดทำมาตรฐานอาชีพ

และคุณวุฒิวิชาชีพ สาขาวิชาชีพการเชื่อมอุตสาหกรรม

โครงการจัดทำมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพสาขาวิชาชีพการเชื่อมอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ จัดทำมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพในกลุ่มอาชีพการเชื่อม จำนวน 3 อาชีพ คือ 1) อาชีพอุตสาหกรรมการเชื่อมโครงสร้างและเครื่องจักรกล 2) อาชีพอุตสาหกรรมการเชื่อมปิโตรเลียมและปิโตรเคมีคอล และ 3) อาชีพอุตสาหกรรมเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์
2. เพื่อสร้างเครือข่ายการจัดทำ พัฒนา และเผยแพร่มาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพ สาขาวิชาชีพการเชื่อม อุตสาหกรรม
3. เพื่อประชาสัมพันธ์ มาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพ สาขาวิชาชีพการเชื่อมอุตสาหกรรมที่ได้ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว

โดยแบ่งระดับชั้นในแต่ละอาชีพดังนี้

	การเชื่อมโครงสร้างและ เครื่องจักรกล	การเชื่อมปิโตรเลียมและ ปิโตรเคมีคอล	การเชื่อมชิ้นส่วนยานยนต์
สมรรถนะ	เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ เชื่อมทิก เชื่อมมิก เชื่อมแม็ก เชื่อมฟลักซ์คอร์ แบบรอยต่อฟิลเลท รอยต่อชนแผ่น และรอยต่อชนท่อน ปรับปรุงคุณภาพ งานเชื่อม จัดการความเสี่ยงด้าน ความปลอดภัย วิเคราะห์และวางแผน การสอนงานช่างเชื่อม ปฏิบัติการสอนงานช่างเชื่อม จัดเตรียมและจัดทำรายละเอียด ข้อกำหนดงานเชื่อม (WPS)	เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ เชื่อมทิก เชื่อมแม็ก เชื่อมฟลักซ์คอร์ แบบรอยต่อฟิลเลท รอยต่อชนแผ่น และรอยต่อชนท่อน ปรับปรุงคุณภาพ งานเชื่อม จัดการความเสี่ยงด้าน ความปลอดภัย วิเคราะห์และวางแผน การสอนงานช่างเชื่อม ปฏิบัติการสอนงานช่างเชื่อม จัดเตรียมและจัดทำรายละเอียด ข้อกำหนดงานเชื่อม (WPS)	เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ เชื่อมทิก เชื่อม มิก เชื่อมแม็ก เชื่อมฟลักซ์คอร์ แบบ รอยต่อฟิลเลท รอยต่อชนแผ่น และ รอยต่อชนท่อน ปรับปรุงคุณภาพงาน เชื่อม จัดการความเสี่ยงด้านความ ปลอดภัย วิเคราะห์และวางแผนการ สอนงานช่างเชื่อม ปฏิบัติการสอนงาน ช่างเชื่อม จัดเตรียมและจัดทำ รายละเอียดข้อกำหนดงานเชื่อม (WPS)
ระดับชั้น	5 ชั้น	5 ชั้น	5 ชั้น
อ้างอิงตาม ข้อกำหนด	AWS D1.1, AWS D1.6, ISO 2553, ISO 9606-1, ISO 5817, AWS A5.9 และ AWS A5.10	ASME BPVC IX, ISO 2553, ISO 9606-1, ISO 5817 และAWS A5.1	JIS Z3801/WES8201, ISO 2553, ISO 9606-1, ISO 5817 และAWS A5.18

ทั้งนี้ มาตรฐานอาชีพได้ทำขึ้นจากการมีส่วนร่วมของบุคลากรในอาชีพสาขาวิชาชีพการเชื่อม มาตรฐานดังกล่าวถูกนำไปทดลองใช้กับบุคคลทั้ง 3 อาชีพ เพื่อประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมรรถนะบุคคลที่ต้องการขอรับรองคุณวุฒิวิชาชีพ ซึ่งบัดนี้ได้ดำเนินการเสร็จเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะนำมาตรฐานอาชีพไปใช้เพื่อรับรองคุณวุฒิวิชาชีพสาขาวิชาชีพการเชื่อมอุตสาหกรรม ให้กับบุคคลในอาชีพและนักศึกษาในสถาบันการศึกษาต่อไป

สอบถามรายละเอียดได้ที่

สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
www.ited.kmutnb.ac.th โทรศัพท์ 02 555 2000 ต่อ 2301 2304 2312 2313
สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) www.tpqi.go.th
โทรศัพท์ 02 617 7970 ต่อ 103 200 704
สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย www.wit.kmutnb.ac.th
โทรศัพท์ 02 555 2000 ต่อ 2512 2518





EXPERTEAM CO.,LTD.

“ คุณภาพด้านการบริการ พร้อมประสานการอนุรักษ์ ”

“ Quality Service with Care for Global Assets ”



ประกอบเครื่อง
Turbine Compressor



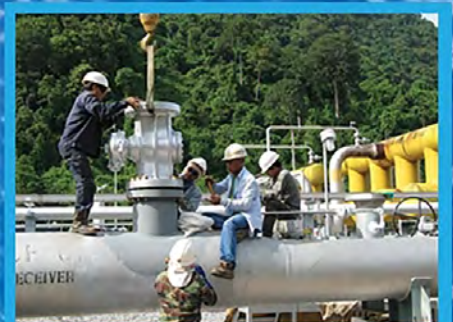
ติดตั้งระบบเพิ่มแรงดัน NGV
ที่อ่าวไทย



หอแยก Condensate
เพื่อใช้ผลิต Gas Offshore

ประสบการณ์ยาวนานเกือบ 2 ทศวรรษ ด้านนโยบาย “ลูกค้าพอใจ”

เราเป็นผู้นำในการให้บริการ แก่อุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซในอ่าวไทยด้วยบุคลากรที่มีทักษะสูง พร้อมเครื่องมือ-อุปกรณ์คุณภาพ



Control Room
เพื่อการผลิต Gas Offshore

สร้างและซ่อมบำรุง

บริการของเรา : ทั้งบนฝั่งและในทะเล ตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทางของกระบวนการผลิต โดยครอบคลุมทุกระบบ รวมถึงการให้เช่าเรือ และบริการเรือสำหรับพักในทะเลพร้อมอาหารและสิ่งอำนวยความสะดวก



บริษัท เอ็กซ์เพิร์ท ทีม จำกัด

110,112,114 ถนนพระราม 2 แขวงสามตา เมืองสมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร 10150

โทร. 0-2898-6001 แฟกซ์. 0-2898-6451

Website: www.experteam.co.th E-mail: extec@experteam.co.th



SK NDT & INSPECTION CO., LTD.

850/12 Latkrabang Rd., Soi 30/5, Ket/ Klang Latkrabang, Bangkok 10250 THAILAND
Tel: (662) 327-4422 (auto) Fax: (662) 327-4028 Web: www.skndt.com
Email: center@skndt.com, suchin@skndt.com



Radiographic Testing



Magnetic Particle Testing



Liquid Penetrant Testing



Ultrasonic Testing

Our Major Services **FOR ONSHORE AND OFFSHORE**

AA) Nondestructive Testing & Related Services

- Radiography (RT) by Gamma Ray & X Ray in various techniques including (Directional, Panoramic for Spherical & Cylindrical components and Crawler machine for pipelines)
- Ultrasonic Examination (UT) by Manual and Automatic Flaw Detectors & AUT Phased Array and TOFD Services
- Liquid Penetrant Examination (PT)
- Magnetic Particle Examination (MT) by Dry and Wet Method
- Visual Examination (VT)
- Eddy Current Examination (ET)
- ASNT and PCN/EN-473/ ISO-9712 NDT Level III Service
- Advance NDT Testing Service

CC) Manpower Training, Certification & Supply

- Educational & Practical Training of Industrial Field such as Welding, NDT, Painting, Quality Assurance & QA/ QC System
- Manpower Supply
 - a) QA/QC Welding Engineer and Inspector
 - b) NDT Engineer, Inspector and ASNT Level I & Level II Technicians
 - c) QA/QC Document Controller & Operator
 - d) Qualified and Skilled Welder for Process Piping, Pipeline, Steel Structure, Storage Tanks in all welding processes e.g. GTAW, SMAW, GMAW, SAW, etc.

BB) Inspection & Testing Services

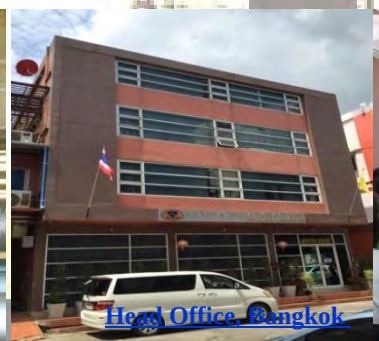
- Ultrasonic Thickness Measurement (UTM)
- Positive Material Identification (PMI)
- Hydrostatic Testing
- Hardness Testing
- Ferrite Testing
- Mechanical and WPS, PQR, WQT Services
- Holiday Detector Testing for pipelines and other components
- Third Party Inspection Service
- Independent Inspection and Testing Service
- Welding Inspection and Consultancy Services
- Industrial Video Borescope, Auto Visual Inspection Services
- Vibration Measurement
- Tank Floor Scanning
- Plant Inspection, Annual Turnover, shutdown works, etc.
- LPG, LNG, CNG Tank, Piping & Pipeline Testing

DD) Inspection Work related to Government Sector (DOEB, CD, ED & Other)

- New Construction of LPG Sphere Tanks, Yearly Testing, Annual Inspection of LPG Storage Tanks, Sphere Tanks and Bullet Tanks
- Oil Storage Tank Inspection and License Services
- Visual Oil & Gas Tank Calibration, Certification, Inspection and Testing as per Excise Dept., Customs Dept. and DOEB
- Oil & Gas Station & Trucks Inspection and License Service



PMI Testing



Head Office, Bangkok



Training and Certification



Tank Calibration and Hydrostatic Testing