

วารสารวิชาการ

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

The Journal of Welding Institute of Thailand

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2558

Vol. 1, No. 1, January – June 2015

ISSN : 2465-406X



WIT 01

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 และส่งออกไปยังประเทศอาเซียนนับถึง ร้อยละ 90 สินค้าของเราได้รับการรับรองมาตรฐานสากล เป็นที่ยอมรับในประเทศไทย และประเทศญี่ปุ่น ตามนโยบายคุณภาพที่ว่า



“เราเป็นผู้ผลิต ติดตั้งและทดสอบ
งานโครงสร้างเหล็กที่มีคุณภาพ
ได้มาตรฐานสากล เป็นที่พึงพอใจของลูกค้า”

เจ้าของ	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	
ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภูมิ บุญโสภณ	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเลง ศรีนิล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
บรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธิพันธ์ พัฒนศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ทรงคุณวุฒิ	Prof. Dr. Ing. Fritz Hartung	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร. วัลลภ พัฒนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ดร. พิเชษฐ ศรีธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ศิริพร ดาวพิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	รองศาสตราจารย์ ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา แก้วมณี	สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชาญ ช่วยพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุคล จุลอุภัย	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐ แก้วสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
	รองศาสตราจารย์ สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ	ภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม
	ดร.สมนึก จัตราจิว	บริษัท เอ็กซ์เพ็คทิม จำกัด
	นายวิรัตน์ ชนะสิทธิ์	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
	นายสมพงษ์ เมธาสิทธิสุข	สมาคมผู้ก่อสร้างงานเหล็กไทย
	นายสุชิน คชาวุธ	สมาคมการเชื่อมและการตรวจสอบแห่งประเทศไทย
	นายธานี โมสกุล	บริษัท ลอยด์ รีซิสเตอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด
	นายมนัสศักดิ์ ฤกษ์ป่าณี	บริษัท ไอเอส อินดัสทรี จำกัด

ฝ่ายประสานงานและจัดการ

นางสาวสุกาญจนา เลขพัฒน์
นางสาวอนิศา ทิมทรัพย์
นางสาวกนกวรรณ จิตต์งามขำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นให้มีการเขียนผลงานทางวิชาการ
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของคณาจารย์ นักวิชาการ และนักศึกษา ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยฯ
3. เพื่อเป็นสื่อกลางทางการศึกษา ค้นคว้า และเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการ

การส่งบทความ

1. ส่งทาง e-mail เป็น Microsoft Word Document และ PDF ไฟล์ไปที่ welding@kmutnb.ac.th, anwida.t@tfii.kmutnb.ac.th
2. ส่งต้นฉบับทางไปรษณีย์ไปที่สำนักงาน

กำหนดการออกวารสาร ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม

ลักษณะบทความ

1. ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสารอื่นใดมาก่อนหรือไม่อยู่ในขั้นตอนการพิจารณาเพื่อเผยแพร่ในวารสารอื่น ๆ
2. ต้องเป็นผลงานวิจัยที่มีผลกระทบในวงกว้าง

สำนักงาน สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร 02 555 2512 โทรสาร 02 585 3810 E-mail: anbthailand@gmail.com, welding@kmutnb.ac.th

บทความที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น
ผู้เขียนจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากบทความนั้น

วารสารวิชาการสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

The Journal of Welding Institute of Thailand

ISSN : 2465-406X

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2558

Vol. 1, No. 1, January – June 2015

แนะนำสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย.....	1
บรรเลง ศรีนิล และพนาฤทธิ์ เศรษฐกุล	

บทความวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยเขียนแบบฟอร์มจัดทำข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010.....	4
วันชัย โกมลหิรัญ และ วีรพล ทับแก่น	

บทความวิชาการ

ปัญหาการบัดกรีแข็งท่อทองแดงด้วยเปลวไฟ.....	12
บรรเลง ศรีนิล และ Fritz Hartung	
ภาพรวม ปัจจัยต่ออนาคตของอุตสาหกรรมงานเชื่อมในสหรัฐอเมริกา.....	17
จิตติ คำสวัสดิ์, ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ และ อภิชาติ โรจนโรวรรณ	
ความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal Safety).....	21
ยุคล จุลอุภัย	
เทคโนโลยีเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในปัจจุบัน (Today's Welding Machine Technology).....	33
กนกวรรณ จิตต์งามขำ, สุกาญจนา เลขพัฒน์ และ อันวิดา ทิมทรัพย์	



แนะนำสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

บรรเลง ศรีนิล และ พนาฤทธิ์ เศรษฐกุล

ความเป็นมา

จากความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทยและรัฐบาลฝรั่งเศส ที่สนับสนุนให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จัดตั้งสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส ในปี พ.ศ. 2535 ให้เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่พัฒนาเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับวงการอุตสาหกรรมของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในปี พ.ศ. 2545 คณะกรรมการอำนวยการสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส จึงเห็นชอบให้ดำเนินโครงการพัฒนาระบบในด้านการรับรองบุคลากรในอุตสาหกรรมการเชื่อมของประเทศไทยในระดับสากล โดยร่วมกับสถาบันการเชื่อมฝรั่งเศส (Institut de Soudure-IS) ดำเนินงานโดยเข้าเป็นสมาชิกของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding-IIW) ในนามตัวแทนของประเทศไทย (Authorised National Body-ANB) โดยจัดตั้งศูนย์การเชื่อมแห่งประเทศไทย (Welding Institute of Thailand-WIT) ให้เป็นหน่วยงานภายในของสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส และได้รับการรับรองจาก IIW ให้เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่ให้การรับรองบุคลากรด้านผู้ประสานงานเชื่อม (Welding coordinator) ตามหลักสูตรของสถาบันการเชื่อมสากล (IIW) เช่น วิศวกรการเชื่อมสากล (International Welding Engineer, IWE) นักเทคโนโลยีการเชื่อมสากล (International Welding Technologist, IWT) ผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมสากล (International Welding Specialist, IWS) ผู้ปฏิบัติงานการเชื่อมสากล (International Welding Practitioner, IWP) ผู้ตรวจสอบงานการเชื่อมสากล (International Welding Inspection Personnel, IWIP) และช่างเชื่อมสากล (International Welder, IW) และเพื่อให้การจัดฝึกอบรมบุคลากรให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสถาบันการเชื่อมสากล (IIW) ซึ่ง ANB จะต้องรับรองหน่วยงานอื่น ๆ ให้ทำหน้าที่จัดฝึกอบรมในหลักสูตรของ IIW ดังนั้นสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย (WIT) จึงได้รับการรับรองให้หน่วยงานฝึกอบรมต่างๆ ที่มีความพร้อมจัดทำระบบและขอรับการรับรองให้เป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการเชื่อมสากล (Approved Training Body-ATB) ปัจจุบันมีหน่วยงานที่ได้รับการรับรองเป็น ATB จำนวน 2 หน่วยงาน ได้แก่ สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส ได้รับการรับรองให้จัดฝึกอบรมตามหลักสูตรของ IIW ระดับ IWE, IWS, IWP, IWIP และสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 1 สมุทรปราการ ได้รับการรับรองให้จัดฝึกอบรมหลักสูตร International Welder และอยู่ระหว่างการตรวจประเมินอีก 3 หน่วยงาน ได้แก่ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคระยอง และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT)

สถาบันการเชื่อมสากล

สถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding-IIW) เป็นองค์กรวิชาชีพด้านการเชื่อม จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) โดยองค์กรที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมจากกลุ่มประเทศ จำนวน 13 ประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย เบลเยียม เดนมาร์ก ฝรั่งเศส อิตาลี เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ แอฟริกาใต้ สเปน สวีเดน สวิสเซอร์แลนด์ อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันเป็นองค์กรวิชาชีพที่ใหญ่และมีเครือข่ายประเทศสมาชิกทั่วโลกในด้านเทคโนโลยีการเชื่อมและประสาน (welding and joining technologies) จำนวน 59 ประเทศ ซึ่งมีค่าจีดีพี (Gross Domestic Product - GDP) เท่ากับ 80% ของค่าจีดีพี รวมของโลก (Global GDP: 71,277,366 MUSD)

สถาบันการเชื่อมสากล (IIW) ได้จัดทำข้อกำหนดสำหรับหน่วยงานที่สนใจจะให้การรับรองบุคลากรในหลักสูตรเทคโนโลยีการเชื่อมสากล เพื่อให้ประเทศต่าง ๆ นำไปดำเนินการให้เป็นรูปแบบเดียวกัน โดยให้สิทธิ์แต่ละประเทศต้องสมัครเป็นสมาชิก ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าว ตลอดจนวิธีการดำเนินงานรวมทั้งจัดทำระเบียบปฏิบัติตาม IAB-001r6-15 Rules for the implementation of IIW Guidelines for the education, examination and qualification of welding personnel ซึ่งจัดทำและรับผิดชอบโดยคณะกรรมการที่เรียกว่า IAB-International Authorisation Board โดยข้อกำหนดดังกล่าวนี้ IIW ได้อ้างอิงตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17024

การบริหารงานของสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยเป็นหน่วยงานที่บริหารงานโดยคณะกรรมการ Governing Board และคณะกรรมการในกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ Examination Board, Audit Board และ Executive Board โดยมีหัวหน้าเจ้าหน้าที่บริหาร หรือ Chief Executive Officer - CEO ทำหน้าที่บริหารงานในสำนักงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดและระเบียบปฏิบัติต่าง ๆ ของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding-IIW) โดยสถาบันการเชื่อมสากล (IIW) จะตรวจติดตามการดำเนินงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดอย่างสม่ำเสมอ

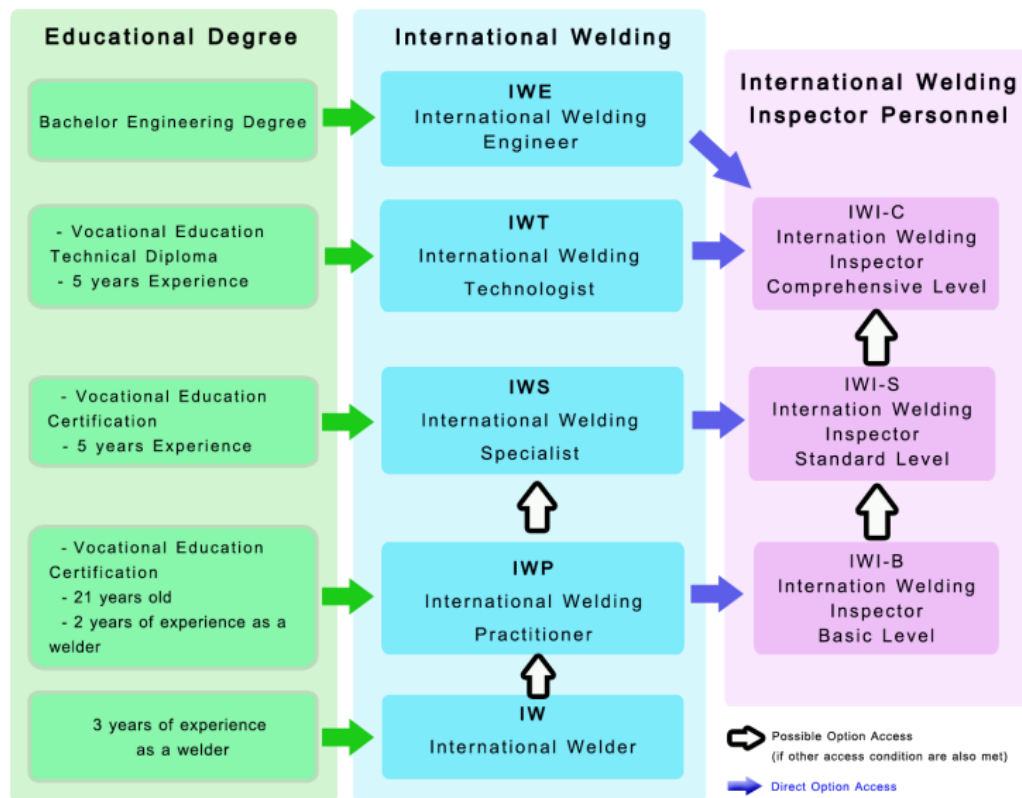
สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย (Welding Institute of Thailand - WIT) จัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2545 โดยคณะกรรมการอำนวยการสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส (เดิมชื่อศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (เดิมชื่อสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ) เห็นชอบให้ดำเนินโครงการร่วมกับสถาบันการเชื่อมฝรั่งเศส (Institut de Soudure - IS) เพื่อเข้าเป็นสมาชิกของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding - IIW) ตั้งแต่วันที่ พ.ศ. 2546 ให้เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่ให้การรับรองบุคลากรด้านผู้ประสานงานเชื่อม (Welding coordinator) ตามหลักสูตรของสถาบันการเชื่อมสากล ได้แก่ วิศวกรการเชื่อมสากล นักเทคโนโลยีการเชื่อมสากล ผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมสากล ผู้ปฏิบัติการการเชื่อมสากล ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมสากล และช่างเชื่อมสากล โดยผู้ที่มีสิทธิ์เข้ารับ Diploma ของสถาบันการเชื่อมสากลจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด (IIW Guidelines) กล่าวคือ 1) ผ่านการฝึกอบรมจากหน่วยงานที่ได้รับการรับรองให้จัดอบรม (ATB) โดย WIT ครบตามจำนวนชั่วโมงที่กำหนดดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2) ผ่านการสอบข้อเขียน (Written Examination) / สอบปากเปล่า (Oral Examination) ทั้งนี้จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของ IIW

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนชั่วโมงในการฝึกอบรมในระดับต่าง ๆ ตามหลักสูตรของสถาบันการเชื่อมสากล และรายชื่อหน่วยงานที่ได้รับการรับรองให้จัดอบรม (ATB)

หลักสูตร	จำนวนชั่วโมงที่เข้าอบรม	หน่วยงานที่ได้รับการรับรองให้จัดอบรม (ATB)
IWE	441	สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
IWT	362	
IWS	242	
IWP	146	
IW	แบ่งตามระดับ (Fillet, Plate, Tube), Process และวัสดุ (Material)	สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 1 สมุทรปราการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
IWI	แบ่งตามระดับ Basic 105 Standard 157 Comprehensive 219	สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

หมายเหตุ

- IWE - International Welding Engineer
- IWT - International Welding Technologist
- IWS - International Welding Specialist
- IWP - International Welding Practitioner
- IW - International Welder
- IWI - International Welding Inspection Personnel



รูปที่ 1 แสดงคุณสมบัติผู้เข้าอบรม (วุฒิการศึกษา/ประสบการณ์ทำงาน) และเส้นทางในการเข้าฝึกอบรมในระดับต่าง ๆ ตามหลักสูตรของสถาบันการเชื่อมสากล



รูปที่ 2 จำนวน Diploma ที่รับรองโดย WIT (2003-2015) และจำนวน Diploma ที่รับรองโดยประเทศสมาชิกของ IITW ทั้งหมดทั่วโลก (2004-2014)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยเขียนแบบฟอร์มจัดทำข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม ในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010 Computational Program of Qualification and Procedure Format for Structure Welding Steel with AWS D1.1 2010 Standard

วันชัย โกมลหิรัญ¹ และ วีรพล ทับแก่น¹

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

Wanchai Komonhirun¹ Welapon Tabkeng¹

¹Department of welding engineering technology, College of Industrial Technology
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800
E-mail: trinet2518@kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

เนื่องจากการทำงานอุตสาหกรรมงานเชื่อมส่วนใหญ่ในปัจจุบันมีการใช้งานคอมพิวเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นการรวบรวมข้อมูลการควบคุมเครื่องโดยโปรแกรม การออกแบบงานเชื่อม การจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมและอื่น ๆ ซึ่งการจัดทำข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมดังกล่าวนี้ มีแบบฟอร์มที่ใช้เขียนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการจัดทำ “โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยเขียนแบบฟอร์มจัดทำข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010” เพื่อเป็นแนวทางและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานเชื่อมกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้โปรแกรมนี้อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ ขั้นตอนการทำงานได้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลัก แล้วจึงทำการบันทึกกำหนดรูปแบบฟอร์มของโปรแกรมที่จะนำเสนอออกมา ซึ่งมีกำหนดการเชื่อมโยงข้อมูลการแก้ไขข้อมูลหรือรูปภาพ การบันทึกงาน การออกรายงาน จากนั้นจึงใช้โปรแกรม Microsoft VB.NET 2008 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างโปรแกรมหากขึ้นมา มีโปรแกรม Microsoft SQL SERVER 2008 EXPRESS เป็นตัวช่วยในการสนับสนุนการจัดการข้อมูล เช่น การเพิ่ม การปรับปรุง การลบข้อมูล เป็นต้น และในส่วนการออกรายงานจะมีโปรแกรม Crystal Report มาช่วยในการดึงข้อมูลออกมาแสดงในรูปรายงาน จากการสร้างโปรแกรมนี้นี้และได้มีการทดลองใช้งาน

พบว่า การใช้งานนั้นโปรแกรมได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลที่ต้องตามที่กำหนด มีการใช้งานที่ง่ายและไม่ซับซ้อน

คำสำคัญ: การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล, ข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม, เอกสารบันทึกผลการทดสอบรับรองขั้นตอนการเชื่อม

Abstract

Currently, most industrial welding work uses computer application related to IT – data collecting, machine control program, welding design, writing of specification and welding practice methods etc. The mentioned writing usually has many writing forms. Accordingly, the researcher had the interest to make the research Computational Program of Qualification and Procedure Format for Structure Welding Steel with AWS D1.1 2010 Standard, to be the guideline and facilitate the welding practice to the related people using this program, and to be the teaching and learning media. The working steps began with collecting the data related to the specification details and welding practice procedure to be used as the main data base. Then the forms of the program presentation were set – the data relation, the editing of the data or pictures, the saving and the reporting. The Microsoft VB.NET 2008 was used to build this

program. The Microsoft SQL SERVER 2008 EXPRESS assisted in data management – data addition, improvement, deletion and so on. In the report work, Crystal Report Program assisted in presenting the data in report form. After this program had been built, it was tried out and found that it could relate the data correctly as set, be easily used and not complicated.

Keywords: Design of Database Structure, Welding Procedure Specification (WPS), Qualification Test Record (PQR)

1. บทนำ

ในประเทศไทยมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรม โดยมีอุตสาหกรรมที่ต้องใช้งานเชื่อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี งานโครงสร้างเหล็กกล้า ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของรอยเชื่อมให้มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพหรือเป็นที่ยอมรับได้ จึงต้องมีการทำ Welding Procedure Specification (WPS) คือ ข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมเพื่อเป็นแนวทางให้ช่างเชื่อมและผู้ควบคุมตรวจสอบงานเชื่อมให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ เป็นมาตรฐานให้งานเชื่อมมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีการจัดการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเชื่อม เพื่อกำหนดข้อมูลที่ถูกต้องและรวมถึงวิธีการปฏิบัติ ซึ่งจะทำงานเชื่อมที่ออกมา มีคุณสมบัติหรือมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานตรงตามที่ต้องการ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปเขียนลงในข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม และจะมีการทดสอบตามที่ผู้ออกแบบกำหนดว่ามีคุณสมบัติทางกลหรือประสิทธิภาพที่จะนำไปใช้งานนั้น ได้ตามมาตรฐานหรือไม่ หากได้ผลการทดสอบตามมาตรฐานที่ต้องการแล้วนั้น จึงจะนำผลการทดสอบมาเขียนบันทึกลงใน Procedure Qualification test Record (PQR) และเมื่อทำการสรุปผลการทดสอบแล้วว่าข้อมูลที่เขียนลงในข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม สามารถนำไปใช้งานได้จริงจึงทำการทดสอบมาตรฐานฝีมือช่างเชื่อมว่าช่างเชื่อมคนใดมีความสามารถที่จะเชื่อมตามที่ผู้ออกแบบกำหนดลงในข้อกำหนดรายละเอียดและกรรมวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมที่ระบุได้หรือไม่ โดยมาตรฐานที่กำหนดและทดสอบฝีมือช่าง

เชื่อมมีหลายมาตรฐาน ยกตัวอย่าง เช่น ASME Section IX และ AWS D1.1

จึงได้มีความคิดความสนใจในการศึกษาการจัดทำ “โปรแกรมช่วยเขียนข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010” เพื่อเป็นตัวช่วยในการเริ่มต้นของการทำงานเชื่อมและยังรวบรวมข้อมูลให้สามารถใช้งานได้ง่ายต่อการศึกษาค้นคว้าจากหนังสือคู่มือ และยังช่วยประหยัดเวลาในการทำงานอีกด้วย

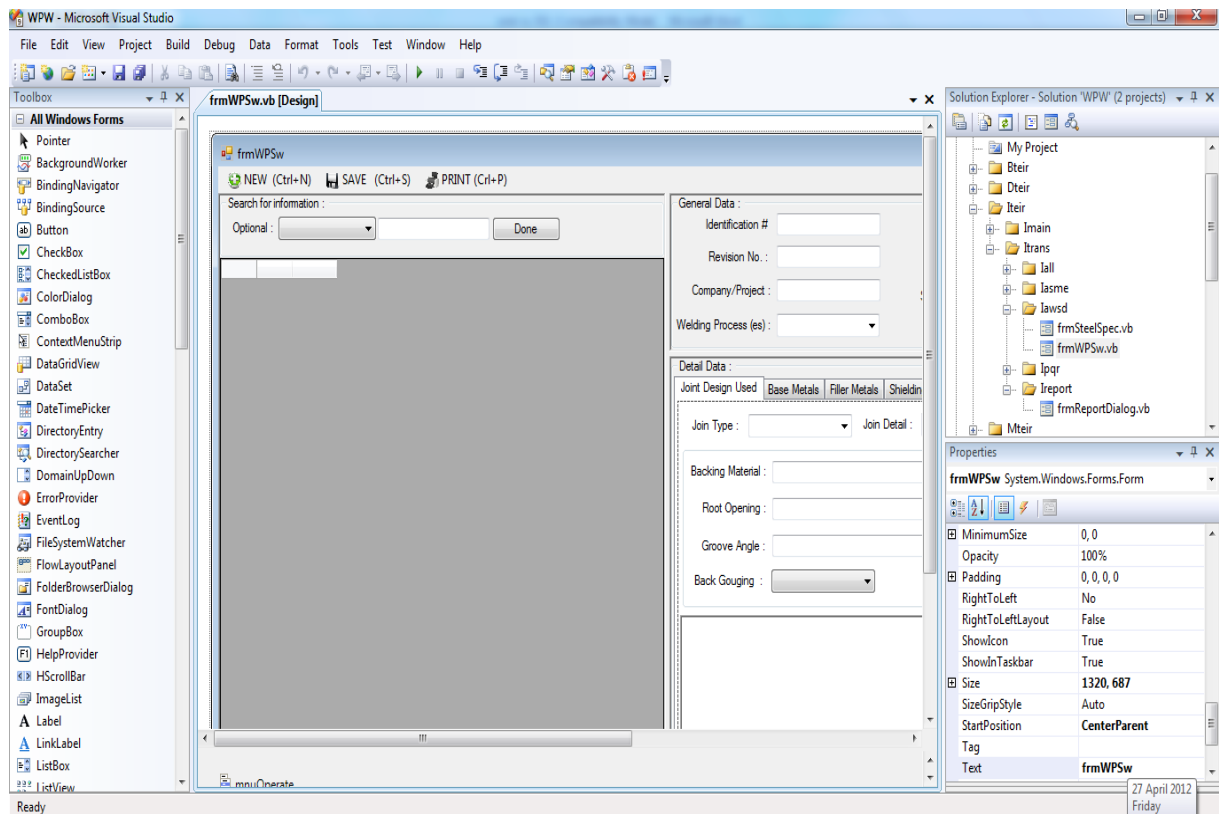
2. วิธีการดำเนินงาน

ในส่วนนี้เป็นการรวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลหลักในการทำงานของโปรแกรม เป็นส่วนเนื้อหาที่จะนำเสนอ โดยข้อมูลเนื้อหาดังกล่าวนี้จะได้กำหนดไว้ในขอบเขตของการดำเนินโครงการ โดยนำมาจากหนังสือ Structure Welding Code Steel by AWS D1.1/D1.1M:2010 an American National Standard [1]

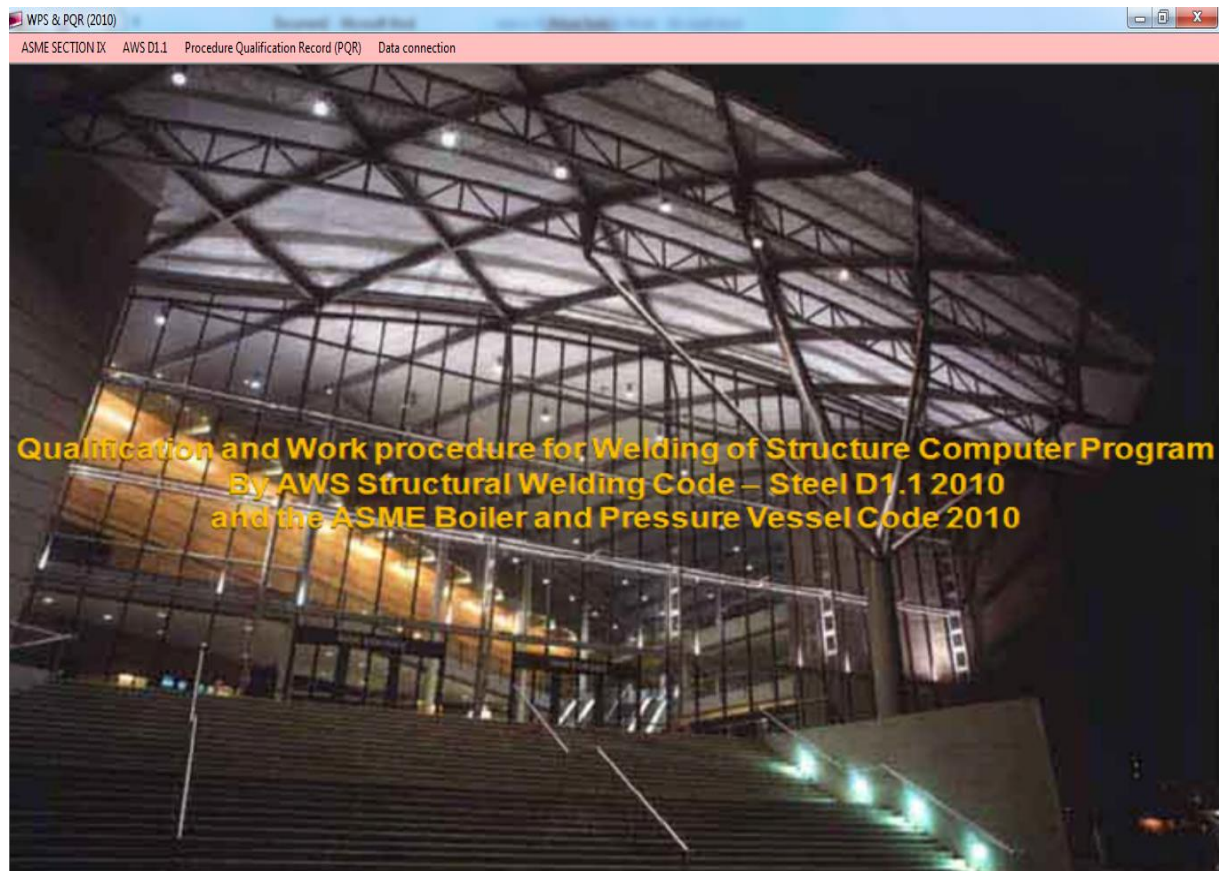
โดยการท้าวิจัยนี้ได้เลือกใช้มาตรฐานที่นำมาใช้กับอุตสาหกรรมงานเชื่อมที่นิยมใช้ คือ ข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010 มาจัดการออกแบบโปรแกรมช่วยเขียนข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็กตามมาตรฐาน โดยแบ่งเป็นวิธีการปฏิบัติการเชื่อม Welding Procedure Specification (WPS) และการบันทึกการรับรองคุณภาพกระบวนการเชื่อม Procedure Qualification Test Record (PQR) ซึ่งโปรแกรม Microsoft SQL SERVER 2008 EXPRESS [2-5] จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- 1) ส่วนของหน้าจอการกำหนดข้อมูลพารามิเตอร์
- 2) ส่วนของหน้าจอกรอกข้อมูลลงแบบฟอร์ม Welding Procedure Specification (WPS)
- 3) ส่วนของหน้าจอกรอกข้อมูลลงแบบฟอร์ม Procedure Qualification Test Record (PQR)

ในการออกแบบฐานข้อมูลได้มีการเตรียมข้อมูลในการออกแบบ คือ ข้อมูลในเรื่องของกระบวนการเชื่อมตามที่ขอบเขตกำหนด ข้อมูลในเรื่องของรอยต่อและชนิดของรอยต่อ ข้อมูลในเรื่องของกลุ่มโลหะตามมาตรฐาน ข้อมูลในเรื่องของกลุ่มโลหะที่มีช่วงความหนาของชิ้นงานใช้เป็นตัวประกอบในการเลือกพิจารณาการอบให้ความร้อนชิ้นงานก่อนเชื่อม



รูปที่ 1 การออกแบบฟอร์มตามข้อมูลตัวพารามิเตอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 2 หน้าจอโปรแกรม

	Steel Group	Material Spec	Steel Spec	Minimum Yield Point Ksi	Minimum Yield Point Mpa	Tensile Range ksi	Tensile Range Mpa
Edit Remove	I	ABS	Grade A	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ABS	Grade Eb	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	API 5L	Grade B	35	241	60	414
Edit Remove	I	API 5L	Grade X42	42	290	60	414
Edit Remove	I	ASTM A 1008 SS	Grade 30	30	205	45 min.	310 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1008 SS	Grade 33 Type 1	33	230	48 min.	330 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1008 SS	Grade 40 Type 1	40	275	52 min.	360 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1011 SS	Grade 30	40	205	49 min.	340 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1011 SS	Grade 33	33	230	52 min.	360 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1011 SS	Grade 36 Type 1	36	250	53 min.	365 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1011 SS	Grade 40	40	275	55 min.	380 min.
Edit Remove	I	ASTM A 1011 SS	Grade 45	45	310	60 min.	410 min.
Edit Remove	I	ASTM A 106	Grade B	35	240	60 min.	415 min.
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade A	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade B	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade CS	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade D	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade DS	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 131	Grade E	34	235	58-75	400-520
Edit Remove	I	ASTM A 139	Grade B	35	240	60 min.	415 min.
Edit Remove	I	ASTM A 36	($\leq 3/4$ in [20 mm])	36	250	58-80	400-550
Edit Remove	I	ASTM A 381	Grade Y35	35	240	60 min.	415 min.
Edit Remove	I	ASTM A 500	Grade A	33	230	45 min.	310 min.
Edit Remove	I	ASTM A 500	Grade B	42	2190	58 min.	400 min.
Edit Remove	I	ASTM A 500	Grade C	46	315	62 min.	425 min.

รูปที่ 3 การบันทึกข้อมูลพารามิเตอร์ของโปรแกรม

ข้อมูลในเรื่องของกลุ่มมาตรฐานลวดเชื่อมที่ใช้ในแต่ละกระบวนการเชื่อมใช้เป็นตัวเลือกประกอบหรือแนะนำในการใช้งานลวดเชื่อมให้เหมาะสมกับชิ้นงานและกระบวนการเชื่อม ข้อมูลในเรื่องของรูรอยต่อและชนิดของรอยต่อในรูปแบบของ Guide Joint ซึ่งแบ่งตามชนิดของรอยต่อและข้อมูลในเรื่องของรูรอยต่อและชนิดของรอยต่อ ในรูปแบบของ Joint Detail ซึ่งจัดทำให้เป็นแบบการเลือกใช้งาน

ในรูปที่ 1 เป็นวิธีการออกแบบโปรแกรม ซึ่งเป็นส่วนแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยมีข้อมูลตัวพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตรงตามข้อกำหนดในมาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010 ที่ใช้อยู่แบบโปรแกรม รูปที่ 2 เป็นส่วนหน้าจอของโปรแกรม เมื่อเข้าโปรแกรมแล้วสามารถเลือกกรอกข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการของวิธีการปฏิบัติการเชื่อมและการบันทึกการรับรองคุณภาพกระบวนการเชื่อม ตามมาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010 [1] รูปที่ 3, 4 และ 5 ในโปรแกรมจะมีฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูลข้อกำหนดและรายละเอียดของกระบวนการเชื่อมตามมาตรฐาน การระบุค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องการหลังจากทำการระบุข้อมูลต่าง ๆ ลงในโปรแกรมแล้วจะแสดงผลออกมาตามรูปแบบฟอร์มที่ออกแบบไว้ในโปรแกรมหันแสดงในรูปที่ 6

3. ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองใช้งานโปรแกรมนี้ได้จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมโดยตรงได้ทำการทดลองใช้งานโปรแกรม จากจำนวนผู้ทำการทดลองใช้งานโปรแกรม จำนวน 20 ท่าน โดยนำผลการประเมินความพึงพอใจมาหาคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจที่ได้ นั้นจะนำไปทำการประเมิน โดยใช้เกณฑ์การประเมินการแปลผลค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ย (Rating Scales) ดังต่อไปนี้

เกณฑ์การแปลผลค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของการทำแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างใช้เกณฑ์การประเมินแบบ Likert's Scale [13] ดังต่อไปนี้

4.60 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจมาก

3.60 - 4.50 หมายถึง ค่อนข้างมาก

2.60 - 3.50 หมายถึง ปานกลาง

1.60 - 2.50 หมายถึง ค่อนข้างน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง น้อย

ผลจากการประเมิน พบว่าความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรม สำหรับกลุ่มตัวอย่างใช้เกณฑ์การแปลผลค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ทำการทดลองใช้งานโปรแกรม 20 ท่าน ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากและคะแนนเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ 4.60

NEW (Ctrl+N) SAVE (Ctrl+S) PRINT (Ctrl+P)

General Data :

Identification # : 11 Revision Date : 09 April 2012 WPS Type : Plate

Revision No. : 00 Authorized Date : 09 April 2012 Revision By : Artit Bh.

Company/Project : RIG THAI ENGINEERII Support PQR No. (s) : RTE-PQF-001 Authorized By : Pongsan S.

Welding Process (es) : FCAW ☒ Prequalified ☐ Qualified By Testing Type (s) : Semi-Auto

Detail Data :

Joint Design Used : Base Metals Filler Metals Shielding Preheat Position Electrical Characteristics Technique Postweld Heat Treatment Welding Procedure

Joint Type : Corner Joint Join Detail : Single-V-groove 1 C Backing : No Weld Type : Single

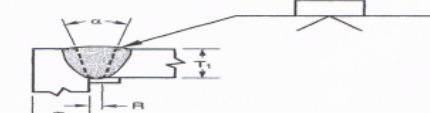
Backing Material :

Root Opening : 0.2 mm Root Face Dimension : 0.2 mm

Groove Angle : 60 Radius (J-U) : -

Back Gouging : Yes Method : by gouging machin and/or by grindin

Single-V-groove weld (2)
Corner joint (C)



Tolerances

As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +1/16, -0	+1/4, -1/16
$\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+10°, -5°

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	C-U2a	U	U	R = 1/4	$\alpha = 45^\circ$	All	—	a, j
				R = 3/8	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	—	a, j
				R = 1/2	$\alpha = 20^\circ$	F, V, OH	—	a, j
GMAW FCAW	C-U2a-GF	U	U	R = 3/16	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Required	a
				R = 3/8	$\alpha = 30^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, j
				R = 1/4	$\alpha = 45^\circ$	F, V, OH	Not req.	a, j
SAW	C-L2a-S	2 max.	U	R = 1/4	$\alpha = 30^\circ$	F	—	j
SAW	C-U2-S	U	U	R = 5/8	$\alpha = 20^\circ$	F	—	j

รูปที่ 4 การเติมค่าพารามิเตอร์ในแบบฟอร์มของ WPS

NEW (Ctrl+N) SAVE (Ctrl+S) PRINT PAGE A (Ctrl+A) PRINT PAGE B (Ctrl+B)

General Data :

PQR No. : xxx Revision Date : 22 April 2012 WPS Type : Plate

Revision No. : Authorized Date : 22 April 2012 Revision By :

Company/Project : Identification : Authorized By :

Welding Process (es) : GMAW ☐ Prequalified ☐ Qualified By Testing Type (s) : Automatic

Detail Data :

Joint Design Used : Base Metals Filler Metals Shielding Preheat Position Electrical Characteristics Technique Postweld Heat Treatment Welding Procedure

Material Group : I Minimum Yield Point Ksi : 42 Minimum Yield Point Mpa : 290

Material Spec : API 5L Tensile Range ksi : 290 Tensile Range Mpa : 414

Type or Grade : Grade X42

Thickness

Groove : 25 Fillet : 32

Diameter (Pipe) :

รูปที่ 5 การเติมค่าพารามิเตอร์ในแบบฟอร์มของ PQR

Welding Procedure Specification (WPS) (AWS D1.1)

Main Report

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes ☒ X

PREQUALIFIED ☒ X QUALIFIED BY TESTING

or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes ☐

Identification # 11

Company Name RIG THAI ENGINEERING CO., LTD.

Revision 00 Date 9-4-12 By Anit Bh.

Welding Process(es) FCAW

Authorized by Pongsean S. Date 9-4-12

Supporting PQR No.(s) RTE-PQR-001

Type (S) Semi-Auto

JOIN DESIGN USED

Joint Type : But Joint

Weld Type : Single

Backing Yes/No : No

Backing Material : XX

Root Opening 0-2 mm Root Face Dimension 0-2 mm

Groove Angle : 60 Radius (J-U) -

Back Gouging Yes/No : Yes

Method : by gouging machin and/or by grinding

POSITION

Position of Groove : 3G Fillet : Flat

Vertical Progression Up

ELECTRAL CHARACTERISTICS

Transfer Mode (GMAW) -

Current DCEP

Power Source -

BASE METALS

Material Spec. ASTM A 36

Type or Grade (-34 in [20 mm])

Thickness: Groove 4.76 mm - 50 mm Fillet -

Diameter (Pipe) -

Tungsten Electrode (GTAW)

Size: -

Type: -

FILLER METALS

TECHNIQUE

Current Page No: 1 Total Page No: 1+ Zoom Factor: 100%

รูปที่ 6 ตัวอย่างแบบฟอร์มที่แสดงจากการกำหนดข้อมูลข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes ☒ X

PREQUALIFIED ☐ QUALIFIED BY TESTING

or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes ☐

Identification # RTE-FC-001

Company Name RIG THAI ENGINEERING CO., LTD.

Revision 00 Date 22-7-11 By Anit Bh.

Welding Process(es) FCAW

Authorized by Pongsean S. Date 22-7-11

Supporting PQR No.(s) RTE-PQR-001

Type (S) Semi-Auto

JOIN DESIGN USED

Joint Type : But Joint

Weld Type : Double

Backing Yes/No : No

Backing Material :

Root Opening 0-2 mm Root Face Dimension 0-2 mm

Groove Angle : 60 Radius (J-U) -

Back Gouging Yes/No : Yes Method by gouging mach

POSITION

Position of Groove : 3G Fillet : Flat

Vertical Progression: Up

ELECTRAL CHARACTERISTICS

Transfer Mode (GMAW) -

Current DCEP

Power Source: -

BASE METALS

Material Spec. ASTM A 36

Type or Grade (-34 in [20 mm])

Thickness: Groove 4.67 mm - 50 mm Fillet -

Diameter (Pipe) -

Tungsten Electrode (GTAW)

Size: -

Type: -

FILLER METALS

AWS Specification AS 20

AWS Classification E7XT-X

SHIELDING

Flux - Gas CO2

Composition -

Electrode-Flux (Class) Flow Rate 20-25 l / min.

Gas Cup Size -

Stringer or Weave Bead: Stringer

Multi-pass or Single Pass (per side) Multi-pass

Electrode Spacing Longitudinal -

Lateral -

Angle -

Contact Tube to Work Distance 15 mm.

Peening -

Interpass Cleaning: -

PREHEAT

Preheat Temp, Min -

Interpass Temp, Min. - Max. 250 °C

POSTWELD HEAT TREATMENT

Temp. -

Time -

รูปที่ 7 ตัวอย่างใบรายงานผลข้อมูลข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม

พบว่า โปรแกรมมีความสามารถในการใช้งานเกี่ยวกับการเขียนข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็กตามมาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010

4. สรุปผลการวิจัย

จากสรุปผลการทดลองใช้โปรแกรมโดยรวมสามารถช่วยงานด้านการกำหนดข้อมูลข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมได้ง่ายขึ้น มีความสะดวก รวดเร็วและมีความถูกต้องในการเขียนแบบฟอร์มข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อม โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ระบุข้อมูลลงในแบบฟอร์ม และสามารถแสดงผลข้อมูลพารามิเตอร์ในงานเชื่อมที่มีความสัมพันธ์กันทั้งระบบ ตามมาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะส่งผลถึงข้อมูลที่ได้และต้องเป็นประเด็นพิจารณา คือ

1) ผู้ใช้งานโปรแกรมควรที่จัดเตรียมรายละเอียดข้อมูลเฉพาะงานเชื่อมที่ต้องการกำหนดข้อกำหนดและวิธีการปฏิบัติงานเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก มาตรฐาน AWS Structural Welding Code-Steel D1.1 2010

2) ผู้ใช้โปรแกรมควรมีความรู้ด้านภาษาอังกฤษและคอมพิวเตอร์พอใช้

3) ในอนาคตควรจะมีการพัฒนาให้ใช้ในระบบอินเทอร์เน็ตได้ เพื่อลดขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรมและให้ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ในองค์กรที่ใช้โปรแกรมนี้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรและหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยมา ณ ที่นี้ นายวิรัตน์ บำรุงรักษ์ นายพิเชษฐ เมตตานัยธรรม และนายณัฐพงษ์ พรหมเศรษฐ์ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

[1] American Welding Society, "Structural Welding Code – Steel AWS D1.1/D1.1M:2010," United States of America, 2010.

- [2] กิตินันท์ พลสวัสดิ์. เริ่มต้น Visual Basic 2008 ฉบับโปรแกรมเมอร์. นนทบุรี: ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์. 2552.
- [3] ธนพล ฉันทวีชัย. สร้างรายงานด้วย Crystal Reports บน VB.NET. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น. 2550.
- [4] พงษ์พันธ์ ศิวาลัย. SQL Server 2008 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น. 2552.
- [5] วิกิพีเดีย. 2555. เอเอสทีเอ็ม. [Online]. Available from: <http://th.wikipedia.org/wiki/ASTM>.
- [6] สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. ลวดเชื่อม. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. 2542.
- [7] Crystal Report Viewer คืออะไร. 2551. [Online]. Available from: <http://www.it-guides.com/index.php/freeware-download/67-businessorganize/258-crystal-report-viewer>.
- [8] Wikipedia. 2012. American Petroleum Institute. [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Petroleum_Institute.
- [9] Wikipedia. 2012. American Bureau of Shipping. [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Bureau_of_Shipping.
- [10] Wikipedia. 2010. ABS Steels. [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/ABS_Steels.
- [11] Wikipedia. 2012. ASTM International. [Online]. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/ASTM_International.
- [12] Windows Installer คืออะไร. ม.ป.ป. [Online]. Available from: <http://windowshelp.microsoft.com/Windows/th-TH/help/f4fd5355-d9f8-47c4-b737-bcd47e8c2bc71054.msp>.
- [13] Likert, Rensis, "The Method of Constructing and Attitude Scale", Reading in Attitude Theory and Measurement. P.90-95. Fishbein, Martin, Ed. New York : Wiley & Son, 1967.



ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย โกมลhirun สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2522 และ พ.ศ. 2533 ตามลำดับ

เริ่มรับราชการเมื่อปี พ.ศ. 2523 ในตำแหน่งอาจารย์ประจำแผนกช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



วีรพล ทับแก่น สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2523 และ พ.ศ. 2541 ตามลำดับ

เริ่มรับราชการเมื่อปี พ.ศ. 2524 ในตำแหน่งอาจารย์ประจำแผนกช่างท่อและประสาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ระหว่างปี พ.ศ. 2544 - 2549 ได้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าแผนกช่างท่อและประสาน ปี พ.ศ. 2544 - 2546 เป็นหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาการเชื่อม สำนักพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรม และดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2555 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปัญหาการบัดกรีแข็งท่อทองแดงด้วยเปลวไฟ

บรรเลง ศรีนิล¹ และ Fritz Hartung²

1. คุณสมบัติของทองแดง

ทองแดงและทองแดงผสมนับว่าเป็นวัสดุวิศวกรรมที่ดีเยี่ยมเนื่องจากเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี ทนทานต่อการกัดกร่อน ขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรง่าย และยังทำการเชื่อมหรือบัดกรีได้ง่าย เหมาะสมอย่างยิ่งในการใช้ทำท่อสำหรับแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ท่อน้ำ Fitting ต่าง ๆ และยังเหมาะกับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมเคมี ถึงแม้ว่าทองแดงและทองแดงผสมจะเป็นวัสดุที่เชื่อมหรือบัดกรีได้ง่ายก็ตามก็จะต้องพิจารณาถึงความเป็นวัสดุที่มีลักษณะพิเศษในด้านเคมี – ฟิสิกส์ และด้านโลหะวิทยาควบคู่ไปด้วย

ทองแดงเป็นวัสดุตัวนำความร้อนที่อุณหภูมิห้องประมาณ 6 เทา และที่อุณหภูมิสูงจนถึง 10 เทาของเหล็กกล้าโดยมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1080°C ซึ่งต่ำกว่าเหล็กกล้าที่หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1536°C ทำให้ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายทองแดงน้อยกว่าเหล็ก แต่พบว่าการเชื่อมหรือบัดกรีจะต้องใช้ความร้อนที่มากกว่าเหล็ก เพราะจะต้องใช้ความร้อนในการเผาเบื้องต้นเพื่อขจัดเซาะความร้อนที่หายไปกับการนำความร้อนที่ดีของทองแดง และทองแดงยังมีอัตราการหดขณะแข็งตัวที่เร็วกว่าเหล็กกล้าไม่ผสมประมาณ 2.5 เทา ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาในขณะการเชื่อมและบัดกรี

2. การบัดกรีทองแดงด้วยเปลวไฟ

ในทางโลหะวิทยาความบริสุทธิ์ของท่อทองแดงชนิดต่าง ๆ จะมีความสำคัญมาก ซึ่งจะแบ่งทองแดงบริสุทธิ์ (มีส่วนผสมอื่นได้ไม่เกิน 1%) ออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือทองแดงที่มีออกซิเจนผสม กับทองแดงชนิดทองแดงที่ไม่มีออกซิเจนผสม โดยทองแดงชนิดที่ไม่มีออกซิเจนผสมจะผลิตได้จาก 2 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการ Electrolyte ซึ่งให้ความบริสุทธิ์ของทองแดงที่ไม่มีออกซิเจนผสม 99.95% และ 2) กระบวนการ Phosphorous Deoxidized Refining Process ได้ทองแดงที่ไม่มีออกซิเจนผสมมีความบริสุทธิ์ 99.3%

2.1 ทองแดงที่มีออกซิเจนผสม

การบัดกรีแข็งและบัดกรีทองแดงที่มีออกซิเจนผสม (Brazing and Soldering) อาจมีปัญหาเกิดขึ้นมาก[1] ซึ่งปัญหาจะเกิดผลมาจากออกซิเจนในโครงสร้างจุลภาค จะ

มีลักษณะเป็นออกไซด์ของทองแดงที่รวมตัวกับออกซิเจน (Cu₂O) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเกิดที่ขอบเกรน (Grain Boundary) ซึ่งสามารถจะเห็นได้จากภาพของโครงสร้างจุลภาคที่เพิ่มกำลังขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical Microscope) ซึ่งออกไซด์ดังกล่าวจะเป็นต้นเหตุในเกิดความเปราะ, เกิดโพรงและรอยร้าว ปริมาณของออกไซด์ของทองแดงใน Copper eutectic จะมีประมาณ 3.45% ซึ่งเกิดจากระดับปริมาณออกซิเจนที่ผสมอยู่ 0.386% ซึ่งพบว่าภายหลังจากแข็งตัวที่จุด Eutectic ทองแดงหลอมเหลวซึ่งมีออกซิเจนอยู่จะเกิดเป็นของแข็งเล็ก ๆ ที่ขอบเกรนกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันกับสภาพทองแดงหล่อ ที่มีลักษณะเป็นแบบโครงข่าย (Network) ซึ่งเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 800°C Cu₂O จะเกิดการเคลื่อนที่ไปรวมตัวกันเป็นก้อนหรือกลุ่มเล็ก ๆ ที่เราเรียกว่า Island และกระจายตัวอยู่ในโครงสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณขอบเกรนซึ่งลักษณะของโครงสร้างที่เป็นกลุ่มก้อน ๆ แบบนี้ จะส่งผลทำให้ทองแดงมีคุณสมบัติที่เปราะแตกหักง่ายซึ่งความเปราะนี้เกิดจากออกซิเจนเป็นสำคัญเราจึงเรียกคุณสมบัติของทองแดงนี้ว่า “Oxygen Embrittlement”

นอกจากนี้ยังพบว่าถ้านำทองแดงดังกล่าวข้างต้นมาทำการให้ความร้อนในบรรยากาศที่มีไฮโดรเจนผสมอยู่ด้วย เช่น ใช้เปลวไฟก๊าซที่มีไฮโดรเจนผสม จะเกิดปรากฏการณ์ไฮโดรเจนแทรกตัวเข้าไปอยู่ในทองแดงได้ โดยความลึกของการแทรกตัวจะยิ่งมากขึ้น ถ้าทำงานที่อุณหภูมิสูงและใช้ระยะเวลาให้ความร้อนนานซึ่งไฮโดรเจนที่แทรกเข้าไปจะทำปฏิกิริยากับทองแดงออกไซด์ จะเกิดปฏิกิริยา Reduction ตามสมการ:



จากผลของปฏิกิริยาพบว่าจะทำให้เกิดการรวมตัวของโลหะทองแดงกับไฮโดรเจนซึ่งโดยปกติไฮโดรเจนจะไม่สามารถละลายในโลหะทองแดงได้ แต่ขณะเดียวกันไฮโดรเจนก็ไม่สามารถแทรกตัวออกมาจากทองแดงได้ ยังคงฝังตัวอยู่ในเนื้อทองแดงนั้นซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความดันสูง เมื่อฝังตัวอยู่เป็นเวลานานไฮโดรเจนซึ่งมีความดันสูงจะเกิดการเคลื่อนที่ไปรวมตัวกันจากหลาย ๆ ตำแหน่ง ให้ความดันของไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการระเบิดของโครงสร้างภายใน และขยายตัวออกมาทำให้เกิดการแตกร้าว

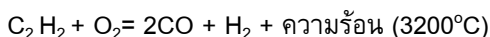
ของทองแดงได้ ตำแหน่งของโครงสร้างที่มักจะเริ่มต้นของการระเบิด มักจะเกิดตามขอบเกรน

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการบัดกรีด้วยเปลวไฟจะทำให้ไฮโดรเจนแทรกเข้าไปในเนื้อทองแดงได้ โดยขณะทำการให้ความร้อนด้วยเปลวไฟก๊าซที่อุณหภูมิสูงประมาณ 3200°C จะเกิดการแยกตัวของเนื้อทองแดงที่เกิดจากอิทธิพลของความร้อน (Thermal Dissociation) ทำให้อะตอมของไฮโดรเจนละลายรวมเข้าไปในเนื้อของทองแดง และยังพบอีกว่าจากการเปลี่ยนสภาพของน้ำประสานเป็น Catalyst ผิวทองแดงที่ร้อนจัดและลดตัวประสานที่หลอมละลายกับโมเลกุลของไฮโดรเจนและไอน้ำจะทำให้อะตอมของไฮโดรเจนแทรกเข้าไปในเนื้อทองแดงได้เช่นเดียวกัน หลังจากไฮโดรเจนละลายเข้าไปในเนื้อทองแดงแล้วจะด้วยวิธีใด ๆ ก็ตาม อะตอมของไฮโดรเจนจะถูกดูดซึมเข้าไปในโครงข่ายของผลึกและกระจายต่อไปภายในเนื้อทองแดง

2.2 ทองแดงที่ไม่มีออกซิเจนผสม

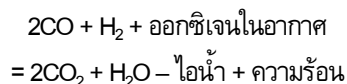
การละลายเข้าไปของไฮโดรเจนในทองแดงไม่มีออกซิเจนผสมจะเกิดขึ้นได้จากการใช้เปลวไฟออกซิ-อะเซทิลีนในกระบวนการบัดกรีแข็ง เนื่องจากเปลวไฟนี้มีบรรยากาศของไฮโดรเจน-ไอน้ำจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (ดูรูปที่ 1)

2.2.1 Primary Flame (เปลวบัดกรี) เกิดที่ปลายกรวยเปลว เป็นขั้นตอนการเผาไหม้ของ Acetylene (ที่กรวยเปลวของหัวเชื่อม)

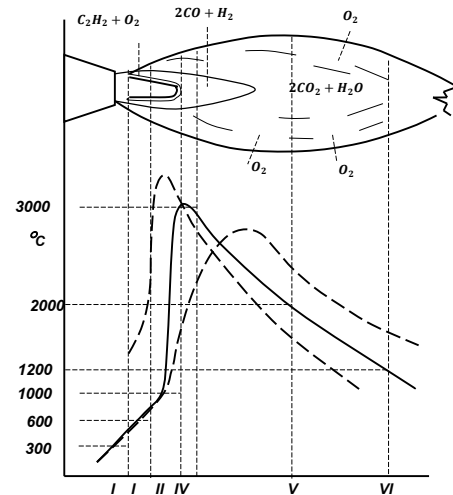


(โดยก่อนที่จะเข้าถึงในกรวยเปลว Acetylene จะแตกตัวเป็น $C_2 + H_2$ ก่อนที่จะปฏิกิริยากับออกซิเจน)

2.2.2 Secondary Flame (เปลวกระจาย) ขั้นตอนการเผาไหม้

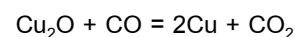


เปลวไฟก๊าซจะเกิดได้ทั้งเกิดปฏิกิริยา Oxidation และ Reduction ซึ่งจะมีผลต่อการละลายของไฮโดรเจน จึงแนะนำในการทำการเชื่อมหรือบัดกรีทองแดงทั้งสองชนิดด้วยเปลวไฟที่เป็น Oxidizing Flame เล็กน้อย เพื่อให้ไฮโดรเจนอิสระจาก Primary Flame (ในขั้นตอนการเผาไหม้แรก) ได้รวมตัวกับออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็นไอน้ำในทำนองเดียวกับไอน้ำกับ CO_2 จะมีผลต่อทองแดงทั้งสองชนิดเช่นเดียวกัน



รูปที่ 1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในเปลว Oxy – Acetylene ประกอบด้วย 1. Oxidizing Flame 2. Neutral Flame และ 3. Carburizing Flame (Reduction)

ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดปฏิกิริยา CO ของ Primary Flame กับ Cu_2O ดังสมการ



ผลของการให้ความร้อนที่เกิดกับผิวของทองแดงพบว่าทองแดงเมื่อได้รับความร้อนสูงถึงอุณหภูมิ 120°C บริเวณผิวจะเกิดการรวมตัวของเนื้อทองแดงกับออกซิเจน (Cu_2O) และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอีกประมาณ 300°C ผิวสีแดงของ Cu_2O จะกลายเป็นออกไซด์สีดำ ที่ประกอบด้วย CuO เกือบทั้งหมด การเกิดของ Cu_2O จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิประมาณ 1000°C ซึ่งสูงมากพบว่าออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถแทรกเข้าไปตามแนวขอบเกรนในทองแดงได้ง่ายตั้งนั้นถึงแม้ว่าจะเป็นทองแดงที่ไม่มีออกซิเจนเจือปนก็ตามก็จะมีปริมาณออกซิเจนในทองแดงสูงขึ้นและมีแนวโน้มทำให้เกิด Hydrogen Embrittlement ได้

นอกจากออกซิเจนที่ทำให้สมบัติของทองแดงเปลี่ยนไป ความบริสุทธิ์ของทองแดงจากธาตุอื่น ๆ ก็มีผลด้วย เช่น ถ้าทองแดงมีสารเจือปนหรือสิ่งสกปรกในทองแดงมากก็จะส่งผลให้ความสามารถในการแปรรูปลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าทองแดงทั้งสองชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติอันเกิดจากอิทธิพลของความร้อนที่เกิดจากการเชื่อมและบัดกรีแข็ง [2] ซึ่งความร้อนทำให้โครงสร้างของทองแดงมีขนาดเกรนที่โตขึ้นและจะมีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติของวัสดุด้านความแข็งแรง

(ดูรูปที่ 4) ส่งผลให้ทองแดงมีความสามารถในการแปรรูปลดลง และขนาดเกรนที่โตจะมีผลต่อการแข็งตัวของของเหลวที่เกิดจากการเชื่อมและบัดกรีแข็ง โดยขนาดเกรนที่โตจะขัดขวางการแข็งตัวซึ่งจะก่อให้เกิดความเค้นในเนื้อทองแดงมากขึ้นเมื่อเย็นตัว วิธีการลดความเค้นภายในลักษณะนี้สามารถทำได้โดยพยายามทำให้แนวบัดกรีเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ถ้าความเค้นภายในเนื้อทองแดงสูงและสะสมอยู่เป็นเวลานานนอกจากจะส่งผลต่อสมบัติทางกลแล้ว ยังส่งผลต่อความสามารถต้านทานการกัดกร่อน โดยจะเกิดการกัดกร่อนจากความเค้น (Stress Corrosion) [3] ซึ่งต้นเหตุการกัดกร่อนจะเกิดจากรอยร้าวเล็ก ๆ ระดับไมโครที่เกิดจากความเค้น ไปขัดขวางการเกิดฟิล์ม (Passivation) ของทองแดงทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ง่ายและลุกลามเพิ่มขึ้นตามปริมาณของรอยร้าวเล็ก ๆ ภายใน ยิ่งวัสดุทองแดงมีการสัมผัสเกลือ หรือมีการหดและขยายตัวบ่อย ๆ จะส่งเสริมให้เกิดการกัดกร่อนได้มากขึ้น และจะนำไปสู่การแตกหักในที่สุด

2.2.3 กรณีเกิดความเสียหาย (รอยร้าว)

สำหรับกรณีความเสียหายที่เกิดขึ้นตามตัวอย่างดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3 เป็นรอยร้าวที่เกิดขึ้นตรงกลางของข้อโค้งทองแดงด้านใน มีสาเหตุมาจากดั่งที่กล่าวมาแล้ว

เงื่อนไขที่ทำให้เกิดรอยร้าวตรงกลางของข้ออจะมิดังต่อไปนี้ :

- อิทธิพลของอุณหภูมิต่อข้ออทั้งสองด้านระหว่างการบัดกรีแข็ง (เกรนโตขึ้นในบริเวณอิทธิพลของความร้อนตรงกลางของข้ออ – ความเปราะเพิ่มขึ้นและความเหนียวลดลง)

- การทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (ด้วยน้ำ) หลังจากบัดกรีและกีดขวางการผ่อนคลายของผลึกจากการเย็นตัวอย่างช้า ๆ ในอากาศ

- การเย็นตัวอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดความเค้นตกค้างในเนื้อทองแดงหลังการบัดกรี

- การขึ้นรูปเย็นของข้ออโดยการตัดหลังบัดกรีแข็ง (เพื่อให้ต่อท่อได้พอดี) ซึ่งจะทำให้เกิดการรวมตัวของความเค้นในตำแหน่งที่ตัดสูงขึ้น (Stress Concentration) มีการกีดขวางการหดตัว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในขณะที่ใช้งานโดยการจับยึดแน่นไม่ให้ข้อขยายตัวได้ การบิดตัวของข้ออจะเกิดขึ้นในลักษณะโค้งเข้า – ออก น้อย ๆ ตลอดเวลา ค่าการเปลี่ยนแปลงจากการขยายตัว/หดตัวที่ความยาว 500 มม. ตามอุณหภูมิแตกต่างตามที่ประมาณการระหว่างเย็นตัวและการทำให้เย็นลงจะมีจนถึง 1 มม. การกีดขวางการหดตัวในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดเวลาทำให้เกิดความเค้นอัด



รูปที่ 2 ท่อโค้งที่มีรอยร้าวด้านในข้อต่อโค้ง (ข้างล่างข้ออทองแดงที่ยังไม่ได้ใช้งาน)



รูปที่ 3 ข้ออทองแดงที่เสียหาย – ข้ออมีรอยร้าวด้านใน

และความเค้นดึงและทำให้วัสดุล้าตัว ซึ่งจะเพิ่มความเค้นในตัววัสดุทองแดงที่มีเกรนหยาบ (ดูในรูปที่ 4) และอาจเป็นไปได้ว่าอาจมีการกระทำของสารกัดกร่อนตัวใดตัวหนึ่งที่วัสดุบัดกรีรอยร้าวไม่ได้เริ่มจากผิวในของข้อโค้ง แต่จะเริ่มจากภายนอกเข้าไปข้างใน การหล่อเย็นจึงไม่มีส่วนทำให้เกิดการแตกร้าวและสารหล่อเย็นก็ไม่เกี่ยวข้องกับการกัดกร่อนแต่อย่างใด และผลกระทบที่เพิ่มขึ้นจากออกซิเจนของเกรนภายในไม่มีผล

- รอยร้าวเกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่มีความเค้นรวมตัวกันสูง (Highest Stress Concentration) บนผิวของด้านในของข้ออ และขยายส่วนใหญ่ในลักษณะ Intercrystalline รวมทั้ง Transcrystalline (ดูรูปที่ 5) จากภายนอกผ่านโครงสร้างในทิศทางของผิวด้านในของข้ออ การขยายของรอยร้าวในลักษณะ Transcrystalline สามารถแสดงให้เห็น

ถึงความเค้นที่มีผลกระทบในตัววัสดุที่มีอยู่แล้วได้ จึงอาจคาดการณ์ได้ว่าจากโครงสร้างหยาบเปราะร่วมกับความเค้นในตัววัสดุในโครงสร้างและจากการรวมตัวของความเค้นจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่มีการยึดตัวและหดตัวที่ช่องตามมาด้วยความล้าตัวของวัสดุทำให้เกิดรอยร้าวขึ้น

- รวมทั้งความเค้นจากการแปรรูปในการตัดหลังจากเย็นตัว (ตัดเพื่อให้ได้ตำแหน่งเหมาะสมในการเดินท่อต่อไป) โดยไม่มีการทำให้ผลึกคลายตัวทำให้อยู่รอยร้าวเกิดมากขึ้น

- การมีความชื้นอยู่มากแล้วเกาะตัวอยู่ที่ผิวของท่อทองแดงในบริเวณโค้งอาจเกิดการกัดกร่อนขึ้นได้ เนื่องจากการที่มีการขยายตัวและหดตัวของวัสดุทองแดงจะทำให้ชั้นผิวป้องกันและเกิด Self Passivation ของผิวในระยะยาวถูกทำลายได้เนื่องจากมีความชื้นและออกซิเจนในอากาศจะทำให้การเกิด Oxidation อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การกัดกร่อนนี้จะทำให้อยู่รอยร้าวขยายตัวผ่านขอบเกรน (ดูรูปที่ 5)

สิ่งที่น่าสนใจในทางปฏิบัติก็คือ ปกติทองแดงเป็นวัสดุที่ไม่ค่อยเกิดการกัดกร่อนที่เกิดจากความเค้น (Stress crack corrosion - SCC) ทำให้ผู้ใช้งานโดยทั่ว ๆ ไปจะไม่ค่อยใส่ใจมากนักแต่ในความเป็นจริงแล้วการขึ้นรูปทองแดงด้วยการบัดกรีจะเกิดปัญหาการแตกร้าวที่เกิดจากการกัดกร่อนจากความเค้นได้และมักเกิดเสมอ ๆ ซึ่งความเสียหายในรูปแบบนี้จึงเป็นที่น่ากังวลในทางปฏิบัติมาก เพราะจะไม่มีสัญญาณที่บอกให้รู้ล่วงหน้าและไม่มีผลการกัดกร่อนให้เห็นแต่เกิดขึ้นหลังจากใช้มาเป็นเวลานาน และจะเห็นได้เมื่อเกิดการเสียหายขึ้นแล้ว

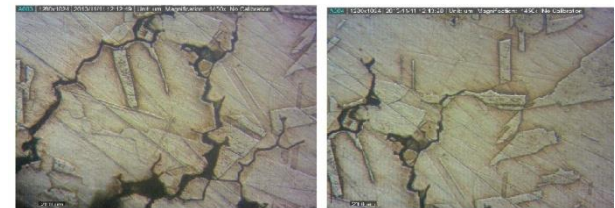
ดังในกรณีตัวอย่างงานที่จะไม่เกิดความเสียหายขึ้นที่แนวบัดกรีดังในรูปที่ 6 แสดงถึงแนวบัดกรีที่มีการรวมกันทั้งทองแดงที่หลอมละลายบางส่วนในลวด Eutectic และมีการหลอมละลายที่มีทั้งของท่อทองแดง (บน) และของข้อต่อ (ล่าง)

2.2.4 คำแนะนำบางประการสำหรับการบัดกรีแข็ง

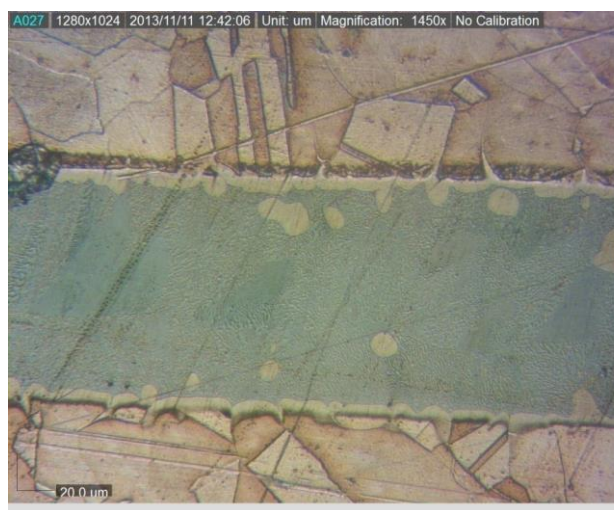
เนื่องจากความเสียหายที่จะเกิดขึ้นและขีดจำกัดของการบัดกรีแข็งทองแดงและทองแดงผสม ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงขอแนะนำในการบัดกรีแข็งท่อทองแดงบางประการ แต่อย่างไรก็ดีปัญหาอาจจะเกิดจากกรณีใดกรณีหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นคำแนะนำสำหรับการเชื่อมและบัดกรีแข็งด้วยเปลวไฟฟ้า



รูปที่ 4 โครงสร้างเกรนหยาบหลังจากบัดกรีแข็ง (ซ้าย) และเกรนละเอียดของวัสดุที่ไม่ได้บัดกรี (ขวา)



รูปที่ 5 รอยร้าวที่ผิว (รูปซ้าย) และที่ปลายของรอยร้าว (รูปขวา) จะเป็นรอยร้าวลักษณะ Intercrystalline และ Transcrystalline



รูปที่ 6 แนวบัดกรีแข็งที่มีทองแดงของท่อและข้อต่อหลอมละลายรวมกับทองแดงของลวดบัดกรี

- ให้เลือกใช้ทองแดงชนิดไม่มีออกซิเจนเจือปน
- ทำความสะอาดให้ตำแหน่งที่จะบัดกรีปราศจากไขมัน และผิวออกไซด์ (ห้ามใช้มีดลูบตำแหน่งที่จะบัดกรี)
- หลีกเลี่ยงการให้อุณหภูมิสูง และใช้เวลาให้ความร้อนตำแหน่งบัดกรีนานเกินไป
- บัดกรีด้วยเปลวที่มีออกซิเจน (Oxidizing Flame) เกินเล็กน้อยและห้ามให้กรวยเปลวไฟฟ้าจุ่มลงในวัสดุหลอมละลาย

- ปลดปล่อยเย็นอย่างช้า ๆ ในอากาศหนึ่ง เพื่อลดความเค้นภายในวัสดุและให้ผลึกได้ผ่อนคลาย
- ทำให้ตัวประสานทองแดงเป็นกลางหรือเอาออกให้หมดหลังบัดกรีแข็ง
- หลีกเลี่ยงการทำการขึ้นรูปเย็น (ดัด, งอ) บริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความเค้นจากการขึ้นรูป (Forming Stress)
- ถ้ามีความจำเป็นต้องขึ้นรูปเย็นซึ่งทำให้เกิดความเค้นดังกล่าวให้อบคลายความเครียดที่อุณหภูมิ 300°C
- ลดการขัดขวางการหดตัวหลังจากทำการบัดกรีแข็งและในการใช้งานที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เนื่องจากจะเกิดการรวมตัวของความเค้น (Stress Concentration) ที่จุดใดจุดหนึ่ง (เช่น ที่ตรงส่วนโค้งของข้องอท่อ)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] William R. Oates and Alexander M. Saitta., Welding Handbook, Volume 3, Eighth Edition, American Welding Society "Materials and Applications" 1998.
- [2] Hartung. F. and Gobboon. L., Weldability of Metal-Copper and Copper Alloys (Script of Textbook for Springer Verlag Berlin)
- [3] Schulze. G. and Krafke. H., Neumann, P.: "Schweisstechnik", VDI – Verlag 1992.



รองศาสตราจารย์ ดร.บรลอง ศรีนิล
สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี
วิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบัน
เทคโนโลยีโคโลญ (Fachhochschule
Cologne) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐ
เยอรมนี พ.ศ. 2511 ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2520 และได้รับพระราชทาน
ปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ในสาขาการออกแบบและ
สร้างเครื่องจักรกล เมื่อปี พ.ศ. 2550

เริ่มปฏิบัติงานในเมื่อปี 2506 ที่แผนกช่างท่อและ
ประสาน วิทยาลัยเทคนิคพระนครเหนือ เป็นอธิการบดี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ระหว่างปี
2538-2544 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ที่ปรึกษาอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



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.

ภาพรวม ปัจจัยต่ออนาคตของอุตสาหกรรมงานเชื่อม ในสหรัฐอเมริกา

จิตติ คำสวัสดิ์¹, ตริเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ² และ อภิชาติ โรจนโรวรรณ¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

1. อุตสาหกรรมงานเชื่อมโลหะ

กระบวนการต่อวัสดุ เช่น งานเชื่อม (Welding) งานบัดกรี (Brazing และ Soldering) การใช้วัสดุประสาน (Adhesive Bonding) และงานยึดติดเชิงกล (Fasteners) เป็นขั้นตอนสำคัญในการประกอบชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยาน อุปกรณ์และเครื่องจักรในกระบวนการผลิต (Heavy Equipments) เครื่องมือการแพทย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พลังงาน และปิโตรเคมี เป็นต้น โดยงานเชื่อมโลหะเป็นกระบวนการที่นำโลหะสองชิ้น อาจจะเป็นโลหะชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดมาทำให้ติดกันหรือเชื่อมต่อกันโดยอาศัยหลักการให้ความร้อน ความดัน หรือทั้งสองอย่าง โดยผิวของโลหะทั้งสองจะหลอมละลายติดเป็นเนื้อเดียวกัน (Fusion Welding) หรือใช้การละลายโลหะเชื่อมประสานลงไประหว่างช่องว่างของชิ้นงานสองชิ้นก็ได้ งานเชื่อมเป็นงานที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากและจะสามารถสังเกตเห็นได้ว่าเทคนิคในการเชื่อมมีการพัฒนาไปในหลายรูปแบบจากอดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การใช้งานและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า อุตสาหกรรมการเชื่อมจะต้องประกอบไปด้วยสามส่วนหลัก ๆ ดังจะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย ช่างเชื่อม (Welding Workforce) ผู้ผลิต (Welding Supplier) และ ผู้ใช้ (End-Users)

ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ได้มีการกำหนดทักษะการเชื่อมเป็นคุณสมบัติพิเศษสำหรับการพิจารณาจ้างงาน เช่นในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้า หม้อต้ม อุตสาหกรรม งานต่อเรือทั้งเรือขนาดเล็กและเรือเดินสมุทร งานเชื่อมต่อท่อขนส่งของเหลวและแก๊ส เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูล

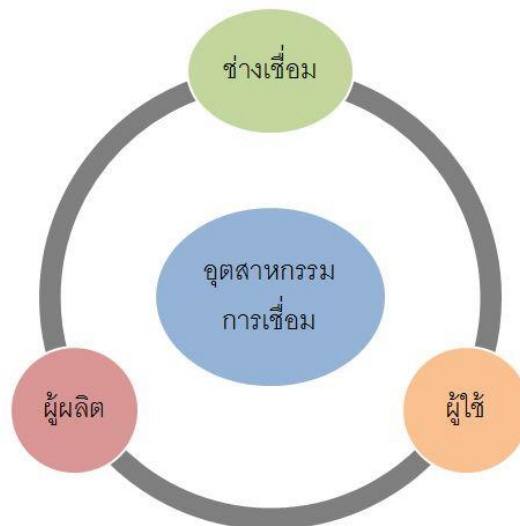
ของสำนักงานสถิติแห่งสหรัฐอเมริกา (US. Bureau of Labor Statistics) [1] พบว่ามีปริมาณช่างเชื่อมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นคิดเป็น ร้อยละ 10 ของแรงงานทั้งหมดที่อยู่ในภาคส่วนของกระบวนการผลิต

ในตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงมูลค่าการจำหน่ายเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการเชื่อมของประเทศสหรัฐอเมริกา มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งมูลค่าดังกล่าวไม่ได้รวมมูลค่าของเครื่องเชื่อมระบบอัตโนมัติ (Automatic Welding) เครื่องเชื่อมด้วยเลเซอร์ (Laser Welding) และการเชื่อมระดับไมโคร (Micro-Joining) ในกระบวนการการผลิตต่าง ๆ พบว่ามูลค่าการขยายตัวของอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้เพิ่มจากปี ค.ศ. 1992 ถึง ค.ศ. 1995 เป็นจำนวนร้อยละ 38.1

สำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการเชื่อมส่วนใหญ่ มักจะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์รวมไปถึงการซ่อมแซมและบำรุงรักษาอุปกรณ์ ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ใช้กระบวนการเชื่อม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยาน อุปกรณ์และเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิต เครื่องมือการแพทย์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พลังงาน และปิโตรเคมี เป็นต้น มูลค่าวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา แสดงดังตารางที่ 2

2. ปัจจัยที่จะขับเคลื่อนอุตสาหกรรมงานเชื่อมในอนาคต

จาก American Welding Society (AWS) ได้เสนอแนะ 10 ปัจจัยที่จะสามารถขับเคลื่อนอุตสาหกรรมงานเชื่อมในอนาคต ในปี ค.ศ. 2020 ดังนี้



รูปที่ 1 องค์ประกอบหลัก 3 ส่วนของอุตสาหกรรมการเชื่อม (ช่างเชื่อม ผู้ผลิต และผู้ใช้)

ตารางที่ 1 มูลค่าการจำหน่ายเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการเชื่อมในประเทศสหรัฐอเมริกา [1]

รายการ	มูลค่าของอุตสาหกรรมการเชื่อม*			
	(\$ millions)			
	1995	1994	1993	1992
เครื่อง Arc Welding	1311.9	1135.3	1051.9	886.1
อิเล็กโทรดสำหรับ Arc Welding	872.4	852	682.8	631.7
เครื่องเชื่อมด้วยความต้านทาน (Resistant Welding Equipment)	385.9	380.3	664.7	280.6
อุปกรณ์เชื่อมและตัด ด้วยแก๊ส (Gas Welding/Cutting Equipment)	248.7	241	281.7	252.8
เครื่องมือการเชื่อมอื่นๆ (Other Welding Equipment and Apparatus)	394.1	345.9	211.6	242.6
รวม	87.8	89.1	153.7	97.1

*หมายเหตุ: ข้อมูลดังกล่าวไม่ได้รวมมูลค่าของเครื่องเชื่อมระบบอัตโนมัติ (Welding Automation) เครื่องเชื่อมด้วยเลเซอร์ (Laser Welding) และการเชื่อมระดับไมโคร (Micro-Joining) โดยกระบวนการต่างๆ

ตารางที่ 2 มูลค่าวัสดุที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการเชื่อมต่าง ๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา [2]

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าวัสดุสำหรับการเชื่อม (\$ millions)
ก่อสร้าง	2256.745
อุปกรณ์และเครื่องจักรสำหรับกระบวนการผลิต (Heavy/Light Equipments)	3500.394
งานซ่อมแซมและบำรุงรักษา	1457.98
ยานยนต์	650.586
เครื่องมือแพทย์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	365.647
อากาศยาน	55.549

1) ตลาดและลูกค้า (Markets and Customers) ความต้องการของลูกค้าที่มีความหลากหลายทำให้ผู้ผลิตต้องมีการพัฒนากระบวนการผลิตและรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ เป็นเหตุให้รูปแบบของการเชื่อมต้องมีการปรับเปลี่ยนและต้องมีการพัฒนาเพิ่มมากยิ่งขึ้น

2) ภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมงานเชื่อม (Image of the Workforce) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดึงดูดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในด้านการเชื่อม รวมทั้งสามารถกระตุ้นให้บุคลากรที่มีคุณภาพให้หันมาสนใจงานทางด้านงานเชื่อมมากยิ่งขึ้น

3) ธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ (Business Practices and Economics) เนื่องจากการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมและการแข่งขันทางการตลาด กระบวนการเชื่อมจึงต้องมีความรวดเร็วเพิ่มมากขึ้นมีต้นทุนที่ถูกลง และมีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิม

4) เทคโนโลยีสารสนเทศ (Developments in Information Technology) สามารถนำมาใช้ในการเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยีของงานเชื่อม รวมทั้งข้อดีของงานเชื่อมให้มีความกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

5) คุณภาพ ความเชื่อมั่น และการบริการ (Quality, Reliability and Serviceability) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อเสียงของลูกค้า (Sound of Customers) ที่จะบ่งบอกถึงความพึงพอใจของลูกค้าและมีผลทำให้อุตสาหกรรมสามารถเคลื่อนตัวไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) กฎหมาย การออกใบรับรอง และมาตรฐาน (Regulation, Certification, and Standards) เนื่องจากบุคลากรในงานเชื่อมจำเป็นต้องมีใบอนุญาตในการปฏิบัติงานและการออกใบรับรองเชื่อมในลักษณะต่างๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มความมั่นใจให้กับลูกค้าและเป็นการเพิ่มคุณภาพในสินค้าและงานบริการ

7) การนำระบบอัตโนมัติมาใช้มากขึ้น (Integration of Products and Processes) ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตและง่ายต่อการควบคุมคุณภาพของสินค้า ทำให้ตอบสนองต่อลูกค้าได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

8) การพัฒนาวัสดุ (Developments of Materials) ที่สามารถลดการใช้พลังงานในการเชื่อมและรวมถึงวัสดุเชื่อมประสาน (filler) ที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้นเพื่อเพิ่มคุณภาพของรอยเชื่อมและมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์บางชนิด

9) พลังงาน สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและสุขภาพ (Energy, Environment, Safety and Health) ลดการใช้พลังงาน

ความร้อนทั้งก่อนและหลังการเชื่อมซึ่งส่งผลโดยตรงของคุณภาพรอยเชื่อม ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในฐานะช่างเชื่อมด้วย

10) เทคโนโลยีใหม่ (New Technological Strategies) สามารถส่งผลกระทบโดยตรงกับผู้ประกอบการ โดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันทางการตลาดให้กับผู้ประกอบการได้มากยิ่งขึ้น

3. บทสรุป

อุตสาหกรรมงานเชื่อมเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และมีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ ปัจจัยที่จะสามารถขับเคลื่อนอุตสาหกรรมงานเชื่อมในอนาคตดังนี้ 1) ตลาดและลูกค้า 2) ภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมงานเชื่อม 3) ธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ 4) เทคโนโลยีสารสนเทศ 5) คุณภาพ ความเชื่อมั่น และการบริการ 6) กฎหมาย การออกใบรับรอง และมาตรฐาน 7) การนำระบบอัตโนมัติมาใช้มากขึ้น 8) การพัฒนาวัสดุ 9) พลังงาน สิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและสุขภาพ และ 10) เทคโนโลยีใหม่ นับว่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการผลิต อีกทั้งยังครอบคลุมถึงความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมต่างๆ ให้เดินหน้าไปได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] U. S. Census Bureau. 1995. Annual Survey of Manufactures [Online]. Available: www.census.gov
- [2] American Welding Society's. [Online]. Available: www.Aws.org/Research/HIM.pdf
- [3] Go Welding.Org. 2014. Over View of MIG Welding Techniques, Tricks and Tips to Making Sound Quality Welds. [Online]. www.Gowelding.org/Techniques_MIG_Welding.html
- [4] พิสิทธิ์ พิพัฒน์โกศากุล. ม.ป.ป. การหาความต้องการของลูกค้า. [Online]. www.Impressionconsult.com
- [5] สุประดิษฐ์ วังพฤษ. 2556. หลักการและวิธีการเชื่อมโลหะ. [Online]. www.Supradit.com/Contents/Metal/Data/2/2.Html



Assoc. Prof. Trinet Yingsamphanchaoen received the B.S. degree in Welding Technology from King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok (KMUT'NB), Bangkok, Thailand. in 1996 and the M.S. Degree in Welding Engineering from King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand in 2003.

He is currently pursuing his Ph.D. Degree in Materials Engineering from Kasetsart University. From 2012, he was a Research Associate Professor with the Institute of Mechanical Technology. His research Interest Includes the Development of Optimization of Production by the Development of a Practical Approach to detecting equipment for industrial Pressure cane and sugar and Influence of weld current to chromium carbide precipitation in stainless steel AISI 304L as of Gas Tungsten Arc Welding

ความปลอดภัยส่วนบุคคล

(Personal Safety)

ยุค จุลลักษ์

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

1. บทนำ

ช่างเชื่อมต้องใช้อุปกรณ์ความปลอดภัยที่เหมาะสมเพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า (Electric Current) รังสีอาร์ก (Arc Radiation) การกระเด็นใส่ของโลหะร้อน (Splashes of hot metal) และชิ้นส่วนของสแลกร้อนรวมถึงอันตรายที่มาจากสารพิษ (Toxic Substances)

2. ข้อกำหนดภายใต้เงื่อนไขการทำงานปกติ

(Requirements under normal working conditions)

(เช่น การเชื่อมงานภายในโรงงาน) (e.g. in a Welding workshop) มีดังนี้

- 1) ถุงมือยาวของช่างเชื่อม/ถุงมือ (Welding's Gauntlets/ Gloves)
- 2) หน้ากากป้องกันอันตราย/หน้ากากเชื่อมกับชุดกรองควัน ผุ่น แก๊สพิษ ที่ป้องกันได้อย่างเหมาะสม (Safety mask/helmet with the appropriate protective overalls)

3. อุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลเพิ่มเติมสำหรับ

สถานการณ์พิเศษและเงื่อนไขในการทำงาน

(Additional Personal Safety Gear for special situations and working conditions)

3.1 การเชื่อมเหนือศีรษะ (Welding above the head)

- 1) อุปกรณ์ครอบศีรษะที่ทนไฟ
- 2) อุปกรณ์ป้องกันหูที่ทนไฟ

3.2 การเชื่อมในช่องว่างที่จำกัด

- 1) เสื้อคลุมที่ทนทาน ป้องกันไฟได้
- 2) อุปกรณ์ช่วยหายใจ ที่เหมาะสม

3.3 การเชื่อมอาร์กกับกระแสไฟฟ้าสูงจนเป็นอันตราย

(Arc welding with elevated electrical risk)

- 1) มีฉนวนป้องกันสารเชื้อเพลิงในระหว่างชั้นของอาคาร (อาจจะมีการไฟฟ้า หรือสะเก็ดไฟไปถึง)

- 2) มั่นใจว่ารองเท้าและถุงมือเชื่อมยาวแห้งดี ไม่เปียกชื้น ไม่เกิดอันตราย

- 3) อุปกรณ์คลุมศีรษะเป็นฉนวนที่ดี

3.4 การเชื่อมงานทางกลที่เสี่ยงอันตราย

(Welding in hazardous mechanic)

- 1) หน้ากากเชื่อมนิรภัย (Safety Helmet)
- 2) รองเท้าบู๊ตนิรภัย (หัวเหล็กกล้า)

หมายเหตุ: กระป๋องสเปรย์หรือไฟแช็คจุดบุหรี่ ห้ามนำมาใส่ไว้ในเสื้อคลุมนิรภัย เมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้นจะเกิดอันตรายจากการลุกไหม้ได้

4. การระมัดระวังความปลอดภัยไว้ก่อน

(Safety Precaution)

4.1 ออกซิเจน (Oxygen)

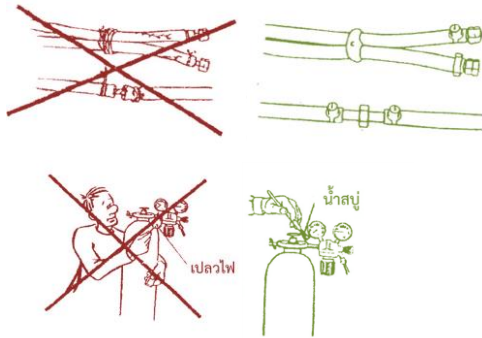
- 1) ห้ามระบายอากาศด้วยออกซิเจน (Never Ventilate with Oxygen)
- 2) ห้ามใช้ออกซิเจนพ่นใส่เสื้อผ้า (Never blouse out clothing with Oxygen)
- 3) ห้ามใช้ออกซิเจนพ่นใส่ร่างกายขณะร้อนเพื่อระบายให้เย็น (Never use Oxygen to cool the heated body)
- 4) ห้ามนำข้อต่อออกซิเจนไปสัมผัสกับน้ำมันหรือจาระบี (Never bring Oxygen fitting in to contact with oil or grease)
- 5) ห้ามใช้ออกซิเจนตรวจสอบการรั่วซึมภายในชิ้นส่วนที่เป็นท่อกลวง (Never use Oxygen to check hollow body for leaks)

4.2 แก๊สเชื้อเพลิง, ออกซิเจน (Fuel Gas, Oxygen)

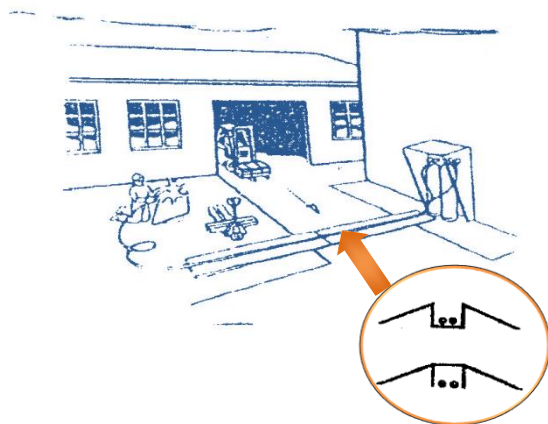
- 1) ดำเนินการตรวจสอบเป็นประจำทุกวันด้วยสายตา และทำหน้าที่ตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนที่จะเริ่มใช้งาน (รูปที่ 1)
- 2) ไม่ควรปล่อยให้แก๊สออกซิเจน และ/หรือ แก๊สเชื้อเพลิงไหลออกจากหัวเชื่อมแก๊สโดยไม่จำเป็น



รูปที่ 1 การตรวจสอบสายยางท่อน้ำและข้อต่อแก๊สเป็นประจำวัน



รูปที่ 2 ท่อสายยางแก๊สชำรุดไม่ควรนำมาใช้



รูปที่ 3 มีชุดโครงสร้างรองรับที่แข็งแรง

3) ต้องเชื่อมั่นว่าข้อต่อและท่อสายยางแก๊สได้ขันแน่น ไม่เกิดการรั่วซึม (รูปที่ 2)

4) ต้องมีโครงสร้างรองรับสายยางท่อน้ำแก๊สที่แข็งแรง (รูปที่ 3)

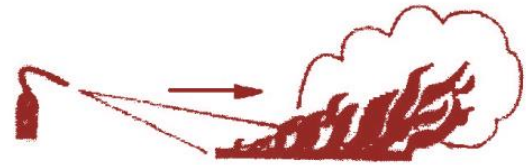
5. การดับเพลิง (Fire fighting)

การประเมินและข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการเกิดเพลิงไหม้

5.1 รายงานการเกิดเพลิงไหม้ไปยังหน่วยงานดับเพลิง

5.2 แจ้งให้ประชาชนทราบถึงอันตราย นำผู้ที่ได้รับอุบัติเหตุ และช่วยตนเองไม่ได้ไปยังที่ปลอดภัย

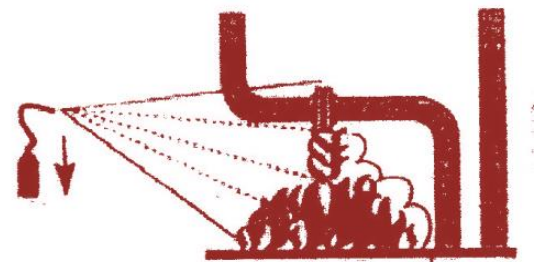
5.3 ประชาชนที่เสื้อผ้าถูกไฟไหม้ไม่ควรวิ่ง ให้ดับด้วยผ้าห่มหรือวัสดุที่คล้ายกันปิดคลุมเพื่อดับไฟ



รูปที่ 4 ให้ดับไฟตามทิศทางของลมหรือเหนือลม (Tackle fire in the direction of the wind)



รูปที่ 5 ให้เริ่มดับไฟจากด้านหน้าหรือจากด้านในจนกระทั่งไฟดับ (Extinguish surface fires starting from the front)



รูปที่ 6 บางครั้งอาจจะดับไฟจากด้านบนลงล่างจนกระทั่งไฟดับหมด (Extinguish dripping and flowing fires from the top downwards)



รูปที่ 7 ให้ใช้เครื่องดับเพลิงให้เพียงพอและพร้อม ๆ กันในครั้งเดียวกัน ไม่ใช่ทิ้งไว้แล้วค่อยมาดับเพิ่มเติมทีหลัง (Use enough extinguishers simultaneously, not consecutively)

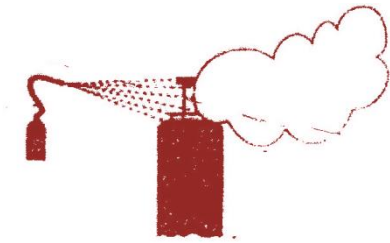


รูปที่ 8 ระวังอาจจะเกิดไฟลุกไหม้ขึ้นม่อีก (Beware of the fire re-starting)



5.4 ให้ปิดประตูหน้าต่างเพื่อป้องกันลมหรือควัน

5.5 ทำการดับเพลิงทันทีที่ได้โดยการใช้ถังดับเพลิง (Fire Extinguisher)



รูปที่ 9 แสดงการใช้ถังดับเพลิงที่ถูกต้อง

6. การใช้ถังดับเพลิงที่ถูกต้อง

(Correct use of Fire Extinguishers)

การใช้ถังดับเพลิงอย่างถูกต้อง (ดูรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 9) ให้ดับไฟจากเหนือลมหรือจากด้านข้าง ให้ใช้ผงดับเพลิงหรือคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวอย่างสำหรับไฟไหม้ที่ท่อแก๊ส **คำเตือน (Warning)** ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ที่ท่อแก๊สอะเซทิลีน ให้ใช้ผ้าชุบน้ำคลุมวาล์วแก๊ส แล้วปิดวาล์วให้แน่น จากนั้นใช้น้ำฉีดเต็มถังจนกระทั่งท่อแก๊สเย็นลง แล้วใช้ผ้าครอบนิรภัยปิดให้แน่น

7. กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

ผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ (Effect on the human body) ที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายมนุษย์ใน 2 กรณี คือ 1) ไหลตามยาวของร่างกาย ดังรูปที่ 10 และ 2) ไหลตามขวางของร่างกาย ดังรูปที่ 11 ซึ่งแสดงผลกระทบของกระแสไฟในช่วงแรงดันของวงจรเปิด (Open Circuit Voltage: OCV) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ อาจจะมีผลต่อร่างกายโดยจะขึ้นอยู่กับ

- 1) ขนาดของกระแสไฟ
- 2) เส้นทางและชนิดของกระแส
- 3) ระยะเวลายาวนานเท่าไร

โดยจะมีอาการดังต่อไปนี้

- 1) กล้ามเนื้อกระตุก (Muscle spasms) (≤ 15 mA)
- 2) กล้ามเนื้อเกร็งหดตัว หายใจลำบาก (Respiratory muscle spasms) (25 ถึง 80 mA)
- 3) เกิดการสั่นกระตุกของหัวใจ (Ventricular fibrillation) (>80 mA) เสียชีวิต
- 4) เกิดการลุกไหม้ในบางส่วน (Severe burns) (>5 A)
- 5) เกิดอาการช็อค (Shock reaction) นำไปสู่การบาดเจ็บร้ายแรง (บาดเจ็บระดับ 2 Secondary injury)

อย่างไรก็ตามอันตรายจากกระแสไฟฟ้าไม่ใช่เกิดเฉพาะแรงดันไฟเมน 230/400 V แต่มักจะเกิดขึ้นได้กับแรงดันเชื่อมต่อ



รูปที่ 10 ณ แรงดันวงจรเปิด (OCV) จะมีแรงดันที่ 80V มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ 107 mA)

*(mA = มิลลิแอมป์ ; 1000 mA = 1 A)

ไหลตามขวางของร่างกาย



รูปที่ 11 ณ แรงดันวงจรเปิด (OCV) จะมีแรงดันที่ 80 มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ 80 mA

(Low welding voltage) (<113 V) อย่างเช่น ในกระบวนการเชื่อมอาร์กทั้งหมด ในบางส่วนของวงจรที่ไม่สามารถใช้ฉนวนหุ้มไว้เพื่อป้องกันการสัมผัส ก็เป็นสาเหตุหนึ่งในทางเทคนิคทำให้มีจุดสัมผัสที่จะเป็นไปได้ดังนี้

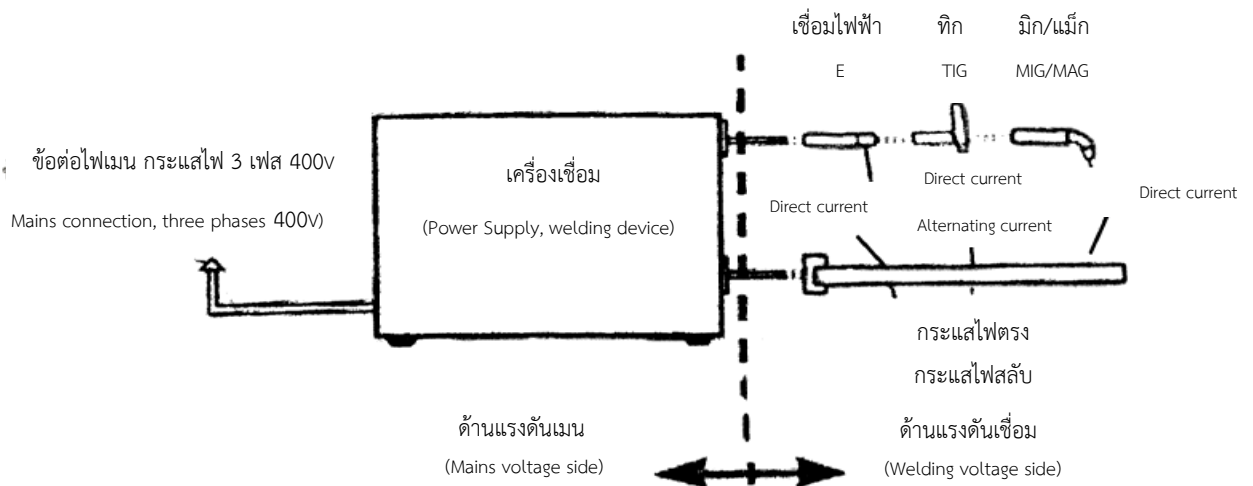
- 1) ในขณะหนีบหางลวดอิเล็กโทรดหุ้มฟลักซ์
- 2) การประกอบปากจับที่ด้ามหัวเชื่อม
- 3) ส่วนปลายหรือที่หางลวดอิเล็กโทรดที่ถูกจับอยู่ในหัวเชื่อม
- 4) ไม่มีฉนวนหุ้มบางส่วนของสายดิน (แฉลัมจับที่ขึ้นงาน)
- 5) โต๊ะเชื่อม ชุดจับยึดชิ้นงานเชื่อม (Welding Jig)

8. แรงดันเมน (Mains Voltage)

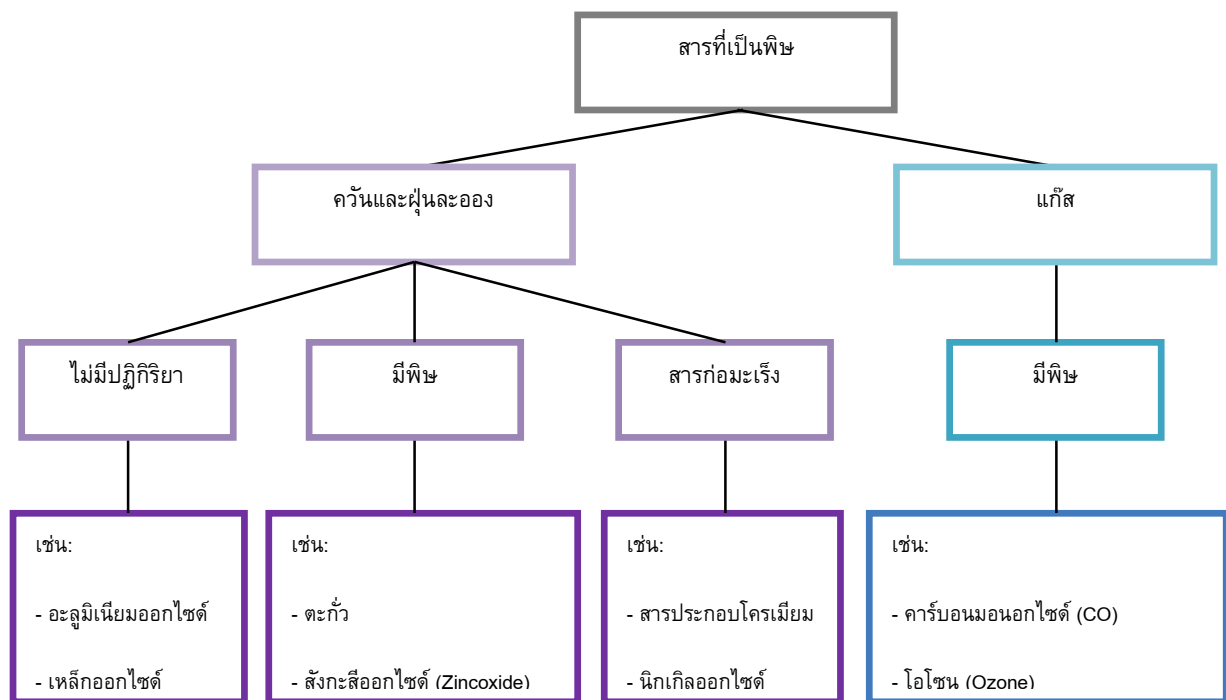
งานดังต่อไปนี้ควรจะเป็นหน้าที่ของช่างไฟฟ้าในการดำเนินการเท่านั้น

- 8.1 การประกอบวงจร - กระแสไฟฟ้าของเบรกเกอร์ (Breakers) ผิดพลาด
- 8.2 การติดตั้งเมนปลั๊ก (Main Plug)
- 8.3 การจัดตู้รวมไฟฟ้าใหม่หรือดำเนินการซ่อมสายไฟเมน
- 8.4 ทำการซ่อมเครื่องเชื่อมไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า
- 8.5 ทำการตรวจสอบเครื่องเชื่อมให้เป็นประจำ

9. การป้องกัน ที่ทำให้เกิดความปลอดภัย (Safety Precautions)



รูปที่ 12 การป้องกันให้เกิดความปลอดภัยจากกระแสและแรงดันทางด้านไฟเมน กระแสและแรงดันด้านไฟเชื่อม



รูปที่ 13 แผนภาพแสดงสารที่เป็นพิษ

10. ส่วนสำคัญที่เสี่ยงอันตรายและผลกระทบ (Hazardous Substances and their Effects)

มาตรการให้เกิดความปลอดภัย (Safety Precaution)

1) การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding)

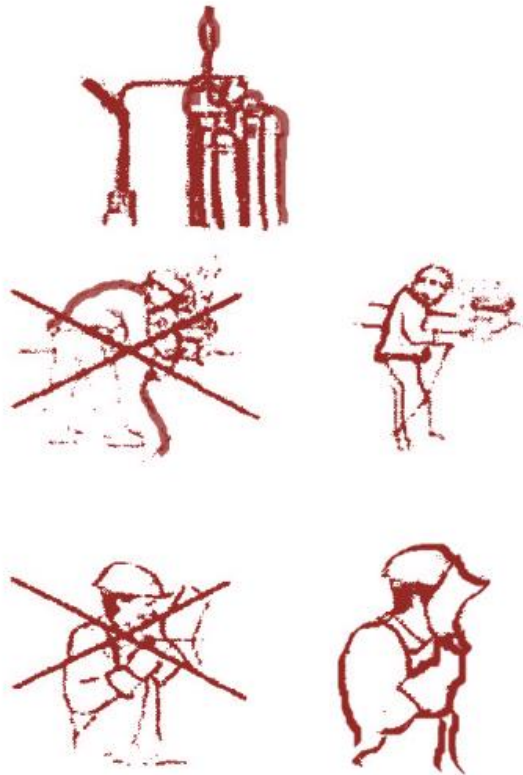
- ถ้าเป็นไปได้ให้เชื่อมในช่วงเวลาสั้นๆ
- เมื่อหยุดเชื่อมให้ปิดเปลวไฟที่หัวเชื่อม ให้ใช้ชุด

ประหยัดแก๊ส (Gas Saving Device)

2) เชื่อมอาร์ก (Arc Welding)

- ทำการเชื่อมงานให้น้อยที่สุดที่สามารถเป็นไปได้

- ไม่ควรปรับค่าพารามิเตอร์การเชื่อมให้มากขึ้นเป็นพิเศษ (ขนาดกระแส แรงดัน ปริมาณของแก๊สปกป้อง)
- วางตำแหน่งชิ้นงานและเลือกสถานที่ให้ถูกต้อง (ตรวจสอบทิศทางของลมด้วย)
- วางตำแหน่งหน้ากากเชื่อมให้ถูกต้อง สำหรับเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW)
- ใช้ระบบระบายอากาศ/สกัดสารมีพิษ หรือกำหนดค่าไม่ให้มากเกินไป



รูปที่ 14 ตัวอย่างการป้องกันสารพิษจากงานเชื่อม

11. ระบบระบายอากาศและการวัดอัตราการดูดควัน (Ventilation and Extraction measures)

สารที่เป็นพิษดังรูปที่ 13 อย่างเช่นควัน (Fumes) ฝุ่น ละอองและแก๊สอาจจะเกิดจากกระบวนการเชื่อมอาร์ก ทั้งหมด และการเชื่อมที่ใช้ความร้อนจากเปลวแก๊ส (Autogenously) จะขึ้นอยู่กับกระบวนการเชื่อม โลหะชิ้นงาน วัสดุเติม และวัสดุเสริมอื่น ๆ รวมถึงความเหมาะสมของสาร เคลือบชิ้นงาน แต่อย่างไรก็ตามต้องหลีกเลี่ยงให้มากที่สุด สำหรับสารพิษจะต้องกำจัดออกไปจากพื้นที่ที่ช่างเชื่อม ทำงานอยู่ เป้าหมาย อย่างน้อยก็ต้องมีระบบระบายอากาศ ที่เหมาะสม

a) ระบบระบายอากาศที่เป็นธรรมชาติ (Free Natural Ventilation) อากาศต้องถูกเปลี่ยนโดยได้อากาศ จากธรรมชาติเข้ามาแทนที่ เช่น เข้าทางประตู หรือเข้าทาง หน้าต่าง การใช้งาน (Application) ใช้กระบวนการเชื่อมที่ให้ หรือแพร่สารพิษออกให้น้อยที่สุด เช่น การเชื่อมทิก (TIG) และทำการเชื่อมในเวลาสั้น ๆ

b) ใช้เครื่องปรับอากาศ (Air-Conditioning Units) (มีระบบระบายอากาศพัดลม)

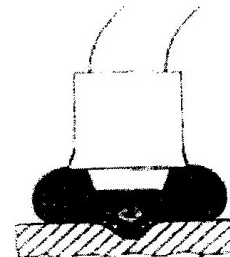
c) ใช้เครื่องดูดควันแบบอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ได้ ที่สามารถปรับเปลี่ยนและป้องกันได้ง่ายและสะดวก



รูปที่ 15 ดูดควันเชื่อมอยู่กับที่ (Stationary extraction)



รูปที่ 16 ชุดดูดควันเชื่อมเคลื่อนที่ได้ (Mobile extractor)



รูปที่ 17 ชุดดูดควันที่อยู่ภายในหัวเชื่อม (Extraction integrated in the welding torch)



รูปที่ 18 หน้ากากป้องกันแก๊สพิษ (Respiratory protection)

d) ชุดดูดควันจะต้องจัดทำในเส้นทางที่ถูกต้อง และสะดวก จัดหาชุดดูดควัน (รูปที่ 15 ถึงรูปที่ 17) ที่ รวมอยู่กับหน้ากากนิรภัย (รูปที่ 18) หรือรวมอยู่กับชุดหัว เชื่อมที่สามารถดูดสารพิษตรงจุดที่ทำการเชื่อม

สำหรับงานเชื่อมจะต้องมีอุปกรณ์ดูดควันและระบบระบายอากาศ ขอแนะนำให้ใช้กับชุดที่มีเครื่องช่วยหายใจรวมอยู่ด้วย (หน้ากากหรือเป็นหมวกคลุม Helmet or Hood type) ที่จะใช้กับงานเชื่อมพิจารณาที่ถูกเคลือบด้วยสังกะสีหรือตะกั่ว

12. เสียง (Noise)

เสียงที่มีอัตราความดังในระดับ 85 dB (A) หรือมากกว่า สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยิน ระดับความดังของเสียง อาจจะได้ในขณะทำการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมดังนี้

- เชื่อมแก๊ส (Gas Welding) -60 ถึง 95 dB (A)
- เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMAW) -85 ถึง 95 dB (A)
- เชื่อมมิก/แม็ก (MIG/MAG) -90 ถึง 95 dB (A)
- เชื่อมทิก (TIG) -75 ถึง 85 dB (A)

มาตรการให้เกิดความปลอดภัย (Safety Precautions)

- ใช้ฉนวนป้องกันเสียง หรืออุปกรณ์ป้องกันเสียงดัง
- ทำการแยกเครื่องที่ส่งเสียงดังให้อยู่ในสถานที่จำกัด
- ใช้หัวเชื่อมแก๊สที่มีรูที่หัวฉีดหลายๆ รู
- ใช้อุปกรณ์ป้องกันหูส่วนตัว เช่น สำลี (Cotton Wool) ปลั๊กอุดหู (Earplug) ชุดหมวกครอบป้องกันหู (Encapsulated Ear defenders)

13. การป้องกันเพลิงไหม้ (Fire Prevention)

อันดับแรกต้องอยู่ในสภาวะทำใจให้สงบ ตั้งสติ (Keep Calm) จากนั้นต้องเขียนรายงานเพลิงไหม้ (Report the Fire)

13.1 การเขียนรายงานเพลิงไหม้ (Report the Fire) ดังนี้

- ใครเป็นคนทำรายงาน (Who is marking the report?)
- มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง (What has happened?)
- เกิดไฟไหม้ที่ไหน (Where has it happened?)
- มีผู้บาดเจ็บจำนวนเท่าไร (How many injured?)
- มีผู้อื่นอยู่ในอันตรายอีกหรือไม่ (Are other in danger?)

13.2 นำผู้คนไปที่ปลอดภัย (Get people to safety)

- แจ้งเตือนประชาชนถึงอันตราย
- นำประชาชนที่ไม่สามารถช่วยตัวเองได้ไปยังที่ปลอดภัย
- ปิดประตูหน้าต่างทุกบาน



รูปที่ 19 สัญลักษณ์แสดงว่าต้องสวมเครื่องลดเสียงในเขตพื้นที่นี้ (Ear protectors must be worn in this area) [5]



รูปที่ 20 สัญลักษณ์แสดงการโทรศัพท์เฉพาะฉุกเฉิน (Fire phone) [6]



รูปที่ 21 สัญลักษณ์แสดงการกดสัญญาณเพลิงไหม้ (Fire alarm) [7]



รูปที่ 22 สัญลักษณ์แสดงถังดับเพลิง (Fire extinguisher) [8]



รูปที่ 23 สัญลักษณ์แสดงเส้นทางหนีไฟ (Escape route) [9]

- เดินตามเครื่องหมายบอกเส้นทางหนีไฟ (Escape route)
- ห้ามใช้ลิฟท์
- ให้ใช้คู่มือ
- ใช้เครื่องดับเพลิง (Extinguish)
- ประเมินด้านอื่น (Other measure)
- ให้ข้อมูลต่อพนักงานดับเพลิงหรือหน่วยสาธารณสุข
- ห้ามคนมุงให้ออกนอกบริเวณ (Keep on lookers away)

การช่วยป้องกันบุคคลอื่น (Protection of Other People) ทุก ๆ สถานที่เชื่อมจะต้องมั่นใจว่ามีความปลอดภัย รวมทั้งผู้ที่เดินผ่านไปผ่านมา หรือบุคลากรที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้อง ไม่ควรให้อยู่ภายในเขตที่เสี่ยงเกิดอันตราย

14. การป้องกันต่อต้านรังสีที่เป็นอันตรายต่อสายตา (Protection against Optical Radiation)

โปรดระวัง! อย่างมองที่เปลวอาร์กตรง ๆ

Caution! Do not look directly at the Arc!

- จัดวางแผ่นกรองแสง (Visor) ฉากกัน (Screens) จัดแขวนผ้าม่าน (Curtains) และผ้าใบชุบน้ำมัน (Tarpaulins) แวนเครื่องหมายแจ้งเตือน (Warning Signs)

15. การป้องกัน ต่อต้าน เปลวไหม้และการระเบิด (Protection against fire and explosion)

- ห้ามเก็บวัสดุสารเชื้อเพลิงไว้ในสต็อกหรือถ้าอนุญาตให้เก็บไว้ในสต็อก ก็ควรจะอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่เชื่อม

- ตรวจสอบการติดตั้งแก๊ส (ถ้าเป็นแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจน) ต้องตรวจสอบการรั่วซึมด้วย

- ถ้ามีข้อบังคับ ต้องแสดงใบอนุญาตให้ทำการเชื่อมได้ ป้องกัน ต่อต้าน การกระเด็นใส่ของโลหะร้อน ชิ้นงานร้อน ชิ้นงานหล่นใส่ (Protect against Splashes of hot metal, hot parts, falling Parts)

- จัดตั้งฉากกัน (Screens)

- ปิดร่อง (Seal off) บริเวณพื้นที่อันตราย

- ทำเครื่องหมาย/ปิดกันชิ้นส่วน/ชิ้นงานที่เชื่อมแล้วเสร็จใหม่/ผ่านการอุ่นร้อนหรือเผาให้ร้อนใหม่ (Preheated or reheated)

การป้องกันจากสารที่เป็นพิษ (Protection from Toxic Substances)

- มั่นใจ การระบายอากาศที่เหมาะสม (เทคนิคการระบายอากาศ การดูดอากาศ)

- ห้ามปรับค่าพารามิเตอร์การเชื่อมให้สูงมากขึ้นเป็นพิเศษ (ความเข้มกระแส แรงดัน ปริมาณการไหลของแก๊ส ปกป้อง)

การป้องกัน ต่อต้าน กระแสไฟฟ้า (Protection against electric Current)

- ใช้อุปกรณ์และอะไหล่เฉพาะที่สมบูรณ์ทางเทคนิคเท่านั้น

- หลีกเลี่ยงกระแสไฟรั่ว (Stray Currents)

การป้องกันจากอุปกรณ์สำหรับงานเชื่อม (เช่น ขวดแก๊สแรงดันสูง เครื่องไฟฟ้าที่กำลังใช้งาน) (Protection from

Equipment for Welding) (Such as Compress Gas Cylinders, Welding Power Supplies)

- ป้องกันไม่ให้ขวดแก๊สแรงดันสูงล้มกระแทกพื้น

- ปรับวางเครื่องเชื่อมให้อยู่ในสภาพที่มั่นคง

- ห้ามปิดกั้นทางสัญจรและเส้นทางหนีไฟ (Do not block Through fires and escape routes)

การเชื่อมในพื้นที่อันตรายของการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด (Welding in areas at risk of fire and Explosion)

เมื่อมีการซ่อมแซมและทำงานประกอบจะต้องดูแลอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะพื้นที่อันตรายก่อให้เกิดเพลิงไหม้และเกิดการระเบิด เป็นไปได้ต้องเคลื่อนย้ายออกนอกพื้นที่

พื้นที่เสี่ยงอันตรายการเกิดเพลิงไหม้ (Fire Hazard Area): เป็นแหล่งสะสมของกระดาษ กระดาษแก้ว (Cardboard), กล่องหีบห่อ (Packaging) วัสดุสิ่งของ (Textile) ไฟเบอร์ (Fibers) ฉนวน (Insulation) กระดานไม้อัด (Chipboard) ไม้ (Wood Wool) เศษไม้ (Wooden Part) ฯลฯ

พื้นที่เสี่ยงอันตรายการเกิดระเบิด (Explosion Hazard Area): สารระเบิดในรูปของอากาศผสม เมื่อมีเปลวไฟจากสารเชื้อเพลิงเหลว (Flammable liquids) แก๊สหรือฝุ่นละอองที่เป็นไปได้

สารเหล่านี้สามารถจุดระเบิดขึ้นได้ในระหว่างทำการเชื่อมโดย (This substance can be ignited during welding by)

- เปลวไฟที่ไม่มีอะไรรัดกัน (a naked Flame)

- การอาร์ก (Arc)

- ชิ้นส่วนอะไหล่ที่กำลังร้อนแดงหรือสแลก ประกายไฟ (Spark)

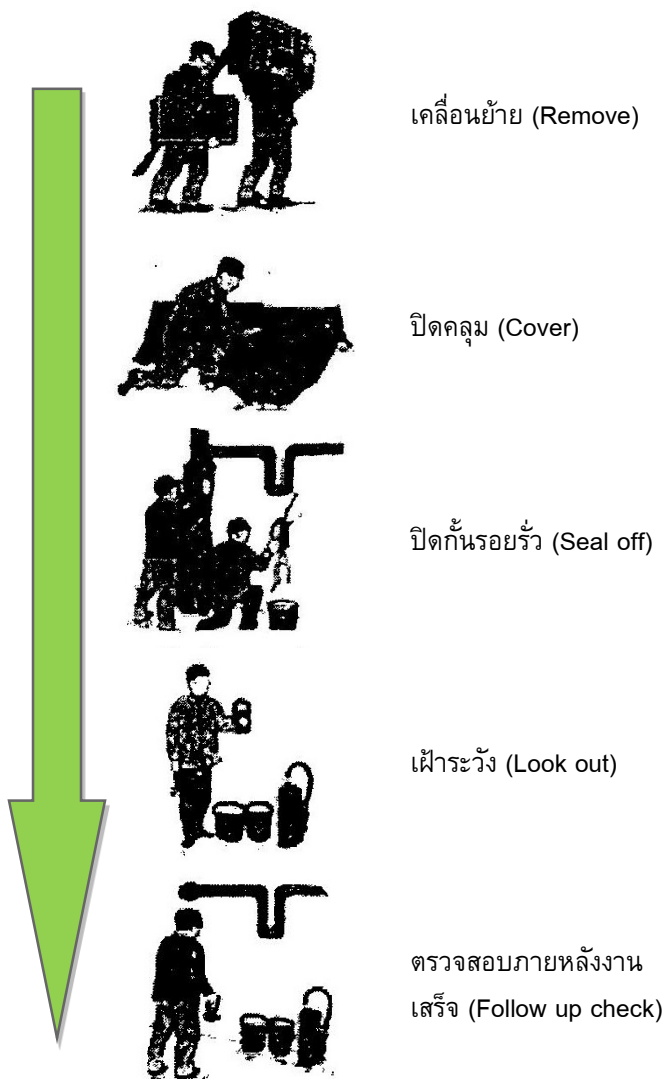
- การส่งถ่ายความร้อน (Transmission) หรือรังสีของความร้อน (Radiation of heat)

ให้เคลื่อนย้ายวัสดุไวไฟ (Flammable materials) ให้ห่างออกไปประมาณ 10 ม. ก่อนจะทำการเชื่อมในพื้นที่อันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิด แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดอันตรายอย่างสมบูรณ์ได้ ก็จะต้องได้รับอนุญาตให้เชื่อมได้เป็นลายลักษณ์อักษร (Assigned welding permit) เท่านั้น ซึ่งจะต้องรวมถึงการกำหนดมาตรการความปลอดภัยไว้ด้วย

ตารางที่ 1 การพิจารณาตัดสินใจโดยอ้างอิงจากพื้นที่อันตรายที่จะหลีกเลี่ยงจากประกายไฟ (Reference Values for determining area at risk from escaping sparks)

กระบวนการเชื่อม (Process)	พื้นที่อันตรายจากการกระเด็นของประกายไฟ (Areas at Risk from Flying Sparks)		
	ช่วงแนวระนาบ (Horizontal Range)	ช่วงแนวตั้ง (Vertical Range)	
		ขึ้นบน (Upward)	ลงล่าง (Downward)
เปลวไฟ-งานบัดกรี (Flame-Soldering)	สูงสุด 2 ม.	สูงสุด 2 ม.	สูงสุด 10 ม.
งานเชื่อมแก๊สและเชื่อมอาร์ก (Manual Gas and Arc W.)	สูงสุด 7.5 ม.	สูงสุด 4 ม.	สูงสุด 20 ม.
งานตัดด้วยความร้อน(Thermal Cutting)	สูงสุด 10 ม.	สูงสุด 4 ม.	สูงสุด 20 ม.

16. มาตรการการป้องกันอันตรายของการเกิดเพลิงไหม้ (Measure against the risk of fire)



รูปที่ 24 มาตรการป้องกันอันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้

ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงหรือป้องกันได้ ในพื้นที่อันตรายที่จะเกิดการระเบิด ก็จะต้องไม่อนุญาตให้ทำการเชื่อม (If the risk of explosion cannot be eliminated, then welding is prohibited)

17. การเชื่อมในสถานที่แคบ (Welding in confined spaces)

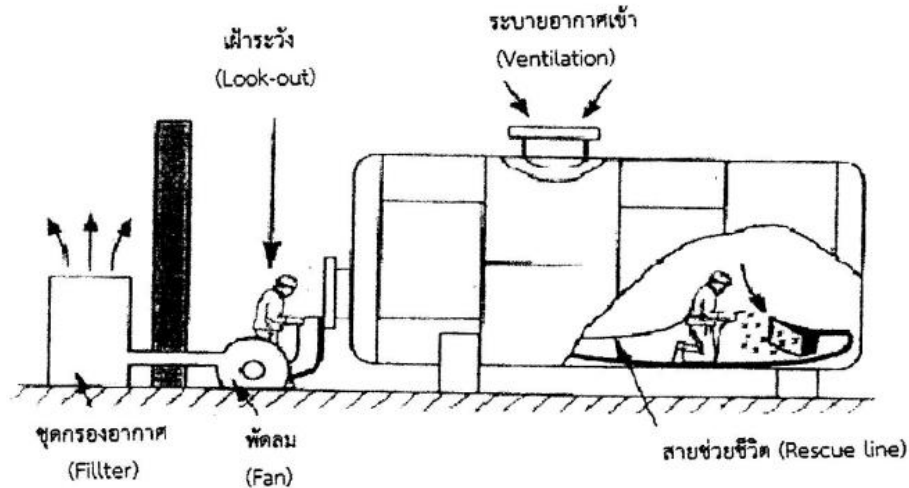
สถานที่คับแคบหรือช่องว่างที่จำกัด มีดังนี้ ตัวอย่าง:

- ถังขนาดใหญ่ (Tanks)
- ท่อขนาดใหญ่ (Pipelines)
- หม้อไอน้ำ (Boilers)
- ช่องว่างในโครงสร้าง เครื่องจักร สะพาน เรือ
- ตู้คอนเทนเนอร์ (Containers)
- ห้องใต้ดินขนาดเล็ก ๆ ไม่มีหน้าต่าง

การทำงานภายในสถานที่คับแคบหรือมีช่องว่างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการซ่อมแซม หรือเป็นงานบริการ จะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบถึงงานที่จะก่อให้เกิดอันตราย ดังนั้นงานนี้จะต้องทำให้สอดคล้องกันในครั้งเดียวกันที่ต้องรักษาความปลอดภัยเหมือนกัน มีการตรวจวัด ค่าชี้แจงการดำเนินงานเป็นพิเศษ (Specified in method statement) หรือต้องมีใบอนุญาตในการทำงาน (Permit to work)

เมื่อมีภาระหน้าที่ในการดำเนินการเชื่อม ช่างเชื่อมจะต้องปฏิบัติตามคู่มือ ตามข้อกำหนด ดังนี้ ก่อนจะเริ่มงานให้มีการตรวจสอบว่าการตรวจสอบกฎเกณฑ์ในการเข้าไปเชื่อมในสถานที่คับแคบหรือไม่ เช่น ใบอนุญาตการทำงาน (Permit to work) ท่อสายยางและอุปกรณ์การเชื่อมแก๊สมีการขึ้นแน่นหรือมีการรั่วไหลหรือไม่ เครื่องเชื่อมที่นำมาใช้มีเครื่องหมาย

☐ S หรือ ☐ K หรือ ☐ 42V เหล่านี้หรือไม่



รูปที่ 25 การดำเนินการเชื่อมภายในสถานที่คับแคบ

ขณะกำลังทำงาน (When working)

- ต้องมั่นใจว่าการระบายอากาศได้เพียงพอและไม่มีสิ่งขัดขวาง (ห้ามใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์- No Pure Oxygen)
- ในกรณีที่การระบายอากาศไม่เพียงพอ และมีสิ่งกีดขวาง ควรสวมเครื่องช่วยหายใจ (Wear breathing apparatus)
- การจัดวางขวดแก๊สแรงดันและเครื่องเชื่อมให้จัดไว้ภายนอกสถานที่คับแคบ
- สวมเสื้อผ้าที่ปลอดภัย ไม่สามารถติดไฟได้ (Non-flammable)
- ใช้หน้ากากป้องกันใบหน้าที่เป็นฉนวนสำหรับงานเชื่อมอาร์ก
- ระหว่างการหยุดพัก ให้เคลื่อนย้ายสายยางท่อแก๊สและอุปกรณ์เชื่อมแก๊สออกจากสถานที่คับแคบ
- ใช้หลอดไฟฟ้าที่ใช้แรงดันต่ำ (24 หรือ 48 V) เพื่อช่วยป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

เมื่องานเสร็จสมบูรณ์ (Once work complete)

- ให้เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ออกให้หมด
- รายงานให้ผู้รับผิดชอบทราบ (หัวหน้างาน-supervisor) ว่างานสำเร็จสมบูรณ์แล้ว

18. การทำงานกับอันตรายที่กระแสไฟฟ้าสูงขึ้น (Working with an Elevated Electric Risk)

เงื่อนไข (Condition)

- ห้ามทำงานกับส่วนประกอบที่เป็นตัวนำไฟฟ้า โดยไม่มีการป้องกันในบางส่วนของร่างกาย (ตัวอย่าง เช่น

การคุกเข่า (kneeling), การนั่ง (Sitting) การนอน (Lying) การพิง (Leaning)

- การเคลื่อนไหวอย่างอิสระระหว่างตัวนำกระแสไฟฟ้า โดยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2 เมตร (สามารถสัมผัสได้จากการเกิดอุบัติเหตุ)
- เปียกน้ำ ไขมันหรือสถานที่ทำงานร้อน (ความต้านทานกระแสไฟฟ้าของผิวหนัง และเสื้อผ้า สามารถลดอันตรายลงได้)

19. ผลที่เกิดขึ้นภายหลัง (Consequences)

อันตรายอาจเพิ่มสูงขึ้น ควรเอาใจใส่กับการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านร่างกายกับผลที่ตามมาดังนี้

- กล้ามเนื้อเกิดการกระตุก (Muscle spasm)
- เกิดการสั้นกระตุกของกล้ามเนื้อหัวใจ (Ventricular fibrillation)
- เกิดอาการช็อก (Shock reaction)

การป้องกันความปลอดภัยไว้ก่อน (Safety Precautions)

จำกัดแรงดันสูญเปล่า (Limit idling voltage กระแสไฟตรง (DC) ≤ 113 V, กระแสไฟสลับ (AC) ≤ 48 V เป็นค่าบังคับใช้)

สัญลักษณ์ใหม่ (New Symbol)	S
สัญลักษณ์เก่า (Old Symbol)	K
เครื่องเชื่อม (DC)	
เครื่องเชื่อม (AC)	42V

- ห้ามจัดวางเครื่องเชื่อมในสถานที่อันตราย ที่เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้น



รูปที่ 26 การทำการเชื่อมภายในสถานที่ที่เป็นตัวนำกระแส



รูปที่ 27 ห้ามเชื่อม อันตราย!! ระเบิด!!

ตารางที่ 2 แสดงระดับฉนวนการป้องกันความเสียหายสำหรับเครื่องเชื่อม

ตัวเลข	ตัวเลขตำแหน่งแรก	ตัวเลขตำแหน่งสอง
0	ไม่ต้องการป้องกัน	ไม่ต้องการป้องกัน
1	ป้องกันมือและวัสดุโตกว่า 52.5 มม.	ป้องกันน้ำที่ตกลงบนเครื่องเชื่อมในแนวดิ่ง
2	ป้องกันนิ้วมือและวัสดุโตกว่า 12.5 มม.	ป้องกันน้ำที่ตกลงบนเครื่องเชื่อมเอียง 15 องศาจากแนวดิ่ง
3	ป้องกันเครื่องมือและวัสดุโตกว่า 2.5 มม.	ป้องกันน้ำไหลพุ่งเข้าสู่เครื่องเชื่อมเอียง 60 องศาจากแนวดิ่ง
4	ป้องกันเครื่องมือและวัสดุอื่นที่โตกว่า 1 มม.	ป้องกันน้ำไหลพุ่งเข้าสู่เครื่องทุกทิศทาง
5	ป้องกันการสัมผัสทุกรูปแบบและฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดอันตราย	ป้องกันน้ำไหลพุ่งด้วยแรงดันเข้าสู่เครื่องทุกทิศทาง
6	ป้องกันการสัมผัสทุกรูปแบบโดยสิ้นเชิง และป้องกันฝุ่นละออง	ป้องกันน้ำท่วมชั่วคราว
7	-	ป้องกันเมื่ออยู่ในน้ำที่มีความดัน
8	-	ป้องกันภายในเงื่อนไขพิเศษ

- ใช้แผ่นฉนวนวางเป็นชั้นระหว่างกลาง เช่น แผ่นยางปูพื้น (Rubber Mat)

- แผ่นกระดานปูเป็นทางเดินบนที่เปียก (Duckboards)

- และที่สำคัญที่สุดก็คือเสื้อผ้าที่สวมใส่จะต้องแห้ง ปลอดภัย

- อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น โคมไฟ มอเตอร์เจียร์มือ ควรเลือกใช้ที่มีแรงดันต่ำ (Low Voltage)

ข้อกำหนดระดับฉนวนและการป้องกันความเสียหายสำหรับเครื่องเชื่อม (Insulation Protection (IP) Required for Welding Machine) เป็นดัชนีชี้วัดถึงความปลอดภัยขณะใช้งานและสัมผัสกับเครื่องเชื่อม จะต้องแสดงระดับฉนวนป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับเครื่องเชื่อมและช่างเชื่อม อันเนื่องมาจากวัสดุที่เป็นของแข็งและน้ำ โดยจัดระบบเป็นตัวเลขสองตำแหน่งวางตามหลังตัวอักษร IP (IPXX) เช่น IP21, IP23, IP44 ฯลฯ ตัวเลขทั้งสองตำแหน่งมีความหมายตามมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2 ต่อไปนี้

จากตารางที่ 2 สามารถนำมาอธิบายตัวอย่าง เช่น IP

2 3

IP = ระดับฉนวนป้องกันความเสียหาย (Insulation Protection)

2 = ป้องกันนิ้วมือหรือวัสดุที่โตกว่า 12.5 มม. ถ้าเล็ดลอดเข้าเครื่องเชื่อมได้ ยิ่งถ้าเป็นเหล็กแท่งก็จะเป็นอันตรายต่อช่างเชื่อมและเครื่องเชื่อม

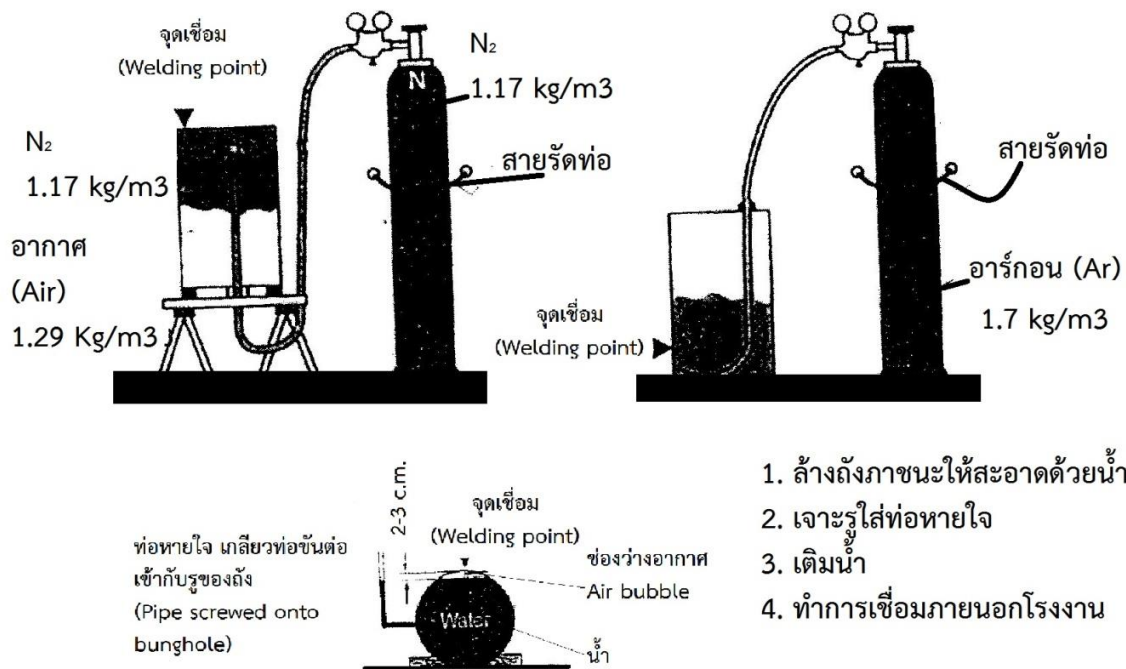
3 = ป้องกันน้ำไหลพุ่งเข้าสู่เครื่องเชื่อมเอียง 60 องศาจากแนวดิ่ง

Classification of Insulation (H, F) F <155°C, H <180°C

การระบายความร้อนภายในเครื่องเชื่อม จะมีพัดลมดูดอากาศจากภายนอกเข้าไประบายความร้อนภายในเครื่องเชื่อมซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้

พัดลมจะทำงานทันทีที่เปิดเครื่องเชื่อม และจะหยุดทันทีที่ปิดเครื่อง

ป้องกันเปลวไฟ – ใช้วัสดุปิดกัน (Protective Flame – Smothering Filling)



รูปที่ 28 การดำเนินการเชื่อมถังภาชนะบรรจุที่บรรจุสารเสี่ยงอันตราย

- พัดลมจะทำงานเมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องสูงขึ้น และจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลงที่ระดับปลอดภัย

Cooling Type: -AD = Inter mitten External
Cooling Temperature Controlled

เมื่อทำการเชื่อมภายนอกโรงงาน ต้องปฏิบัติตาม คู่มือ ดังนี้ (When welding outdoors, also follow the instructions below)

- ถ้าทำการเชื่อมภายนอกโรงงานโดยไม่มีการป้องกัน จะต้องใช้เครื่องเชื่อมชนิดระดับฉนวนและป้องกัน ความเสียหาย (Insulation Protection-IP) ที่ IP23
- สายเคเบิลเชื่อมไม่ควรวางในน้ำ สายเชื่อมและ ข้อต่อจะต้องมีฉนวนหุ้มอย่างดี
- งานเชื่อมอาจจะต้องหลีกเลี่ยงการเชื่อมกลางฝน ช่วงเชื่อมต้องป้องกันความชื้น การเปียกน้ำของเสื้อผ้าที่สวม อยู่ เช่น ใช้เต็นท์คลุม (Tents) ใช้โครงสร้างมีหลังคาคลุม

20. การเชื่อมภาชนะบรรจุสารอันตราย (Welding of Containers with hazardous content)

ภาชนะบรรจุ (Containers) เช่น กระตะ (Vats) ถัง (Tanks) สายท่อ (Pipe Lines)

สารอันตรายที่บรรจุ (Hazardous Contents) เช่น

- สารเป็นพิษ (Toxic Substances)
- สารติดไฟได้ง่าย (Flammable Substances)
- สารทำให้ระเบิด (Explosive Substances)

หมายเหตุ (Note)

- สารที่ตกค้างเป็นสารที่เสี่ยงอันตราย
- ห้ามใช้ภาชนะ (Container) โดยเฉพาะผนัง เป็น สถานที่ทำงาน

• ภาชนะ (Containers) ที่ไม่ทราบว่ามีบรรจุสารอะไร มาก่อนให้ดำเนินการเช่นเดียวกับการบรรจุสารอันตราย

การป้องกันความปลอดภัยไว้ก่อน (Safety Precautions)

1. คุณสมบัติของผู้ควบคุม (Supervisor) จะต้อง กำหนดรายละเอียดด้านความปลอดภัย เครื่องมือวัด และ เครื่องมือบอกเหตุ
2. ทำตามกรรมวิธีที่ได้แจ้งไว้หรือตามคู่มือ
3. ห้ามใช้มือสัมผัสสารที่จะก่อให้เกิดอันตราย
4. ทดแทนความต่างศักย์ ต่อสายลงดินเพื่อป้องกันการเกิดประจุของไฟฟ้าสถิตย์
5. การเปิดหรือการปิดต้องไม่ทำให้เกิดประกายไฟ
6. ระวังสถานที่ที่มองไม่เห็น แต่เปลวไฟหรือ สะเก็ดไฟอาจไปถึง
7. การทำความสะอาด เช่น ฉีดด้วยน้ำ อบ ร้อน

8. ป้องกันเปลวไฟ – ใช้อัตราปิดกัน (Smothering filling)

สำหรับชิ้นงานที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน ส่วนผสมใกล้เคียงกัน สามารถเชื่อมกันได้โดยเลือกลวดเชื่อมที่เหมาะสมกับชนิดของโลหะที่ต้องการ เช่น การเชื่อมระหว่างโลหะทองแดงผสมและเหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ สามารถที่จะทำการเชื่อมต่อกันได้ด้วยการเลือกลวดเชื่อมที่เหมาะสมจากตารางที่ 1 เป็นลวดเชื่อมและเงื่อนไขการเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมด้วยการอาร์คของลวดโลหะ-แก๊สปกคลุม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] Manual Metal arc welding DVS media GmbH, Düsseldorf, Germany.
- [2] Thomas J. anton, Occupational Safety health management, Mcgraw-hill Book Company Copyright 1979 by Mcgraw Hill, Inc. All rights reserved prn.
- [3] Larry Jeffus Welding Principles and Applications, Seventh Edition. Thomson Learning Copyright 2012, Cengage Learning.
- [4] Tungsten inert gas welding DVS media GmbH Dusseldorf, Germany.
- [5] Bronson Safety. ม.ป.ป. [Online]. Available from: <http://www.bronsonsafety.com.au>
- [6] บริษัท ไทย โกลบอล ซัพพลาย จำกัด. ม.ป.ป. [Online]. Available from: http://www.thaiglobal.co.th/new/web/safety_sign_fire.htm
- [7] Lalizas sa. จำกัด. ม.ป.ป. [Online]. Available from: http://lalizasimosigns.com/cat-products.php?selected_id=7
- [8] ClipArt Best. 2013. จำกัด. [Online]. Available from: <http://www.clipartbest.com/printable-fire-extinguisher-signs>
- [9] Fire safety Advice Center. 2011. Escape Route Signs. [Online]. Available from: <https://www.firesafe.org.uk/fire-exit-signs/>



Asst. Prof. Yukol Julupai received Bsc. Ed. Ind. In Mechanical Engineering from King Monkut's Institute of Technology North Bangkok (KMITNB)., Bangkok, Thailand in 1974. 1978 He has got Welding Engineer, SLV Mannheim Diploma from Germany. He was a Teacher since 1976 at King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok (KMITBN). 2001-2007 He was a President of Thai Welding Society. He is currently a Welding Committee of Welding Institute of Thailand (WIT)

เทคโนโลยีเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในปัจจุบัน

Today's Welding Machine Technology

กนกวรรณ จิตต์งามขำ, สุภาภรณ์ และ อันวิดา ทิมทรัพย์

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

เครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากทั้งในปัจจุบันและอนาคต เครื่องเชื่อมไฟฟ้านั้นสามารถใช้เชื่อมวัสดุโลหะให้ติดกัน โดยอาศัยความร้อนทำให้วัสดุนั้นหลอมละลายและเชื่อมประสานเป็นเนื้อเดียวกัน โลหะที่สามารถนำมาเชื่อมให้ติดกันได้นั้น เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม สแตนเลส เป็นต้น ดังนั้นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญทั้งในระดับโรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้าง การขนส่ง หรือแม้กระทั่งสร้างเหล็กค้ำสำหรับบ้านเรือนในปัจจุบัน

บทความนี้จะกล่าวถึงเครื่องเชื่อมในแง่ของวิศวกรรมไฟฟ้า กล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ความถี่สูง ส่วนประกอบภายในที่มีการเผยแพร่ การควบคุมข้อสังเกต โดยจะพิจารณาเทคโนโลยีตั้งแต่อดีตจนถึงปี พ.ศ. 2558 และความเป็นไปได้ในการพัฒนาในอนาคต

คำสำคัญ: เครื่องเชื่อมไฟฟ้า, ส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

1. บทนำ

เครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมทางทหาร การก่อสร้าง การขนส่ง เป็นต้น ในปัจจุบันเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเป็นจำนวนมากได้ถูกนำเข้าจากต่างประเทศ และในขณะเดียวกัน ก็มีผู้ผลิตภายในประเทศที่พยายามสร้างองค์ความรู้ของตัวเอง แต่จนถึงปัจจุบันยังเป็นเครื่องเชื่อมที่ใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำทำให้เหมาะสมสำหรับงานที่อยู่กับที่เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่เครื่องเชื่อมที่นำเข้าจากต่างประเทศจะมีลักษณะที่เล็กกะทัดรัดเคลื่อนที่ได้ง่าย เนื่องจากใช้หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง

การพัฒนาเครื่องเชื่อมภายในประเทศได้ทำมานานแล้ว ตั้งแต่การใช้ระบบหม้อแปลงความถี่ต่ำและวงจรเรียงกระแส

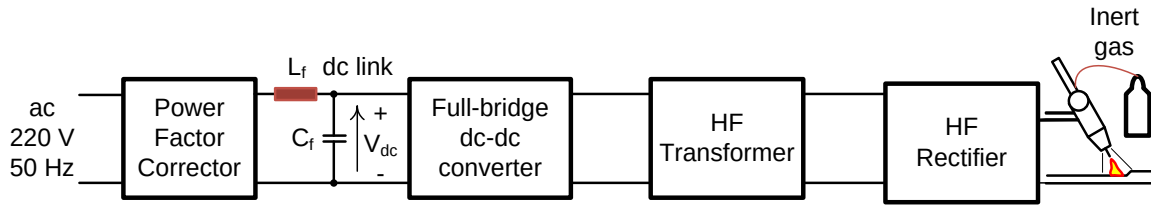
ความถี่ต่ำ ที่ราคาถูกเหมาะสำหรับงานทั่วไป แต่สำหรับงานที่ต้องการแนวเชื่อมที่มีคุณภาพดีนั้น จะต้องใช้เครื่องเชื่อมและระบบเชื่อมที่ดี โดยมากแล้วจะใช้ระบบ Tungsten inert gas (TIG) หรือ Gas tungsten-arc welding (GTAW)

ในการเชื่อมวัสดุแต่ละชนิดนั้น เครื่องเชื่อมจะต้องมีรูปแบบของกระแสไฟฟ้าเป็นเฉพาะ แต่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเชื่อมสำหรับวัสดุชนิดใดก็ตาม จะมีส่วนของวงจรไฟฟ้าที่มีลักษณะเหมือนกัน นั่นคือส่วนที่รับกำลังไฟฟ้ามาจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับแล้วนำมาแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าแรงดันต่ำ แต่มีกระแสไฟฟ้าสูง

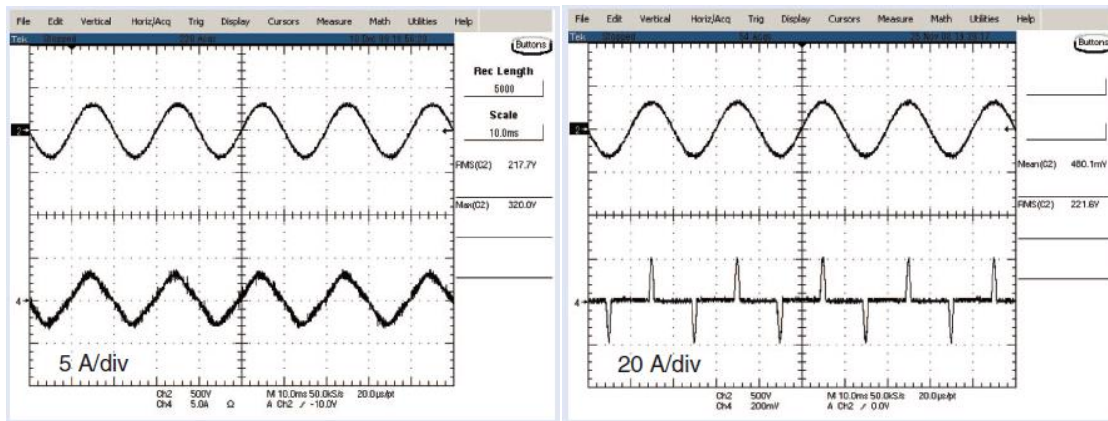
เครื่องเชื่อมไฟฟ้าโดยทั่วไป (แสดงในรูปที่ 1) นั้น โดยมากจะรับพลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับที่มีอยู่แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะส่งไปยังหัวเชื่อมไฟฟ้าเพื่อเชื่อมโลหะเข้าด้วยกัน โดยที่หัวเชื่อมนั้นลักษณะของไฟฟ้าอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำไปเชื่อม การแปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือเป็นไฟฟ้ากระแสตรงนั้น โดยมากจะใช้คอนเวอร์เตอร์ หรือวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรืออินเวอร์เตอร์ ต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูง ซึ่งรูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ TIG เครื่องเชื่อมชนิดนี้เป็นที่นิยมกันมากในงานที่ต้องการคุณภาพของแนวเชื่อมที่ดี มีความแม่นยำในการเชื่อมสูง [1] นอกจากนี้การสร้างการอาร์คที่เกิดระหว่างหัวอิเล็กโทรดและโลหะร้อนที่หลอมเหลวนั้น หัวอิเล็กโทรดจะไม่หลอมละลายไปด้วย

2. ส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

ภายในเครื่องเชื่อมไฟฟ้านอกจากจะมีหม้อแปลงความถี่สูงดังกล่าวแล้ว ยังจะต้องมีวงจรแปลงผันไฟตรงเพื่อสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อแปลงให้ได้แรงดันต่ำและมีกระแสสูงสำหรับหัวเชื่อมไฟฟ้า วงจรแปลงผันไฟตรงนี้



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ TIG



รูปที่ 2 กระแสและแรงดันอินพุตของเครื่องเชื่อม [1] (ซ้าย) ไม่มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ($PF = 0.451$) และ (ขวา) มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ($PF = 0.991$) ขณะเชื่อมแบบโพลัสที่ 50 Hz [1]

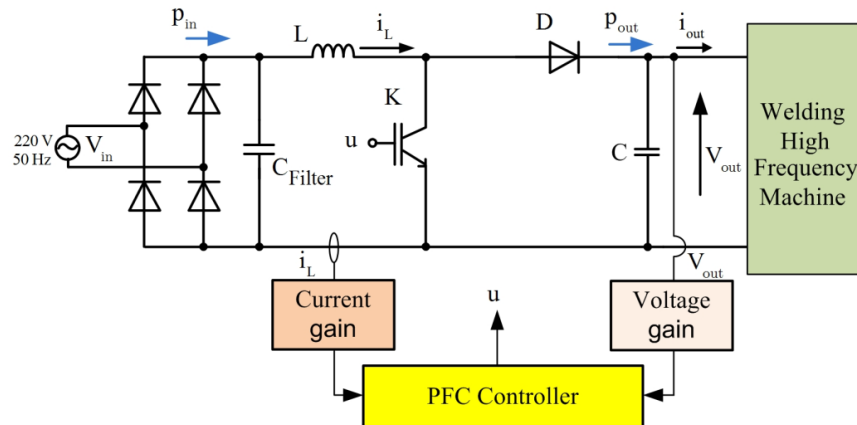
จะรับพลังงานในรูปแบบของไฟฟ้ากระแสตรง แต่เนื่องจากไฟฟ้าที่มีอยู่ซึ่งโดยมากจะส่งจ่ายมาจากการไฟฟ้าหรืออาจจะมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งไฟฟ้าเหล่านี้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และการที่จะให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วงจรเรียงกระแส (Rectifier)

และเนื่องจากความไม่เป็นอุดมคติของวงจรเรียงกระแสและวงจรแปลงผันไฟตรง ทำให้เกิดกระแสที่ผิดเพี้ยนไปจากรูปคลื่นไซน์ ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีความผิดเพี้ยนไปด้วย เนื่องจากวงจรแปลงผันเป็นวงจรที่เชื่อมตรงกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส สามารถสร้างกระแสฮาร์มอนิกที่จะมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าได้ นอกเหนือไปจากนี้ถ้าในสถานประกอบการที่ต้องชำระค่าตัวประกอบกำลังด้วยแล้ว และยังมี การใช้เครื่องเชื่อมที่ไม่มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังเป็นจำนวนมาก จะส่งผลทำให้ค่าตัวประกอบกำลังโดยรวมต่ำลง ทำให้ระบบไฟฟ้าโดยรวมมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่ำกว่า 0.85 จะต้องเสียค่าปรับ ดังนั้นถ้าเครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้ใกล้เคียง 1 แล้ว จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ลงได้

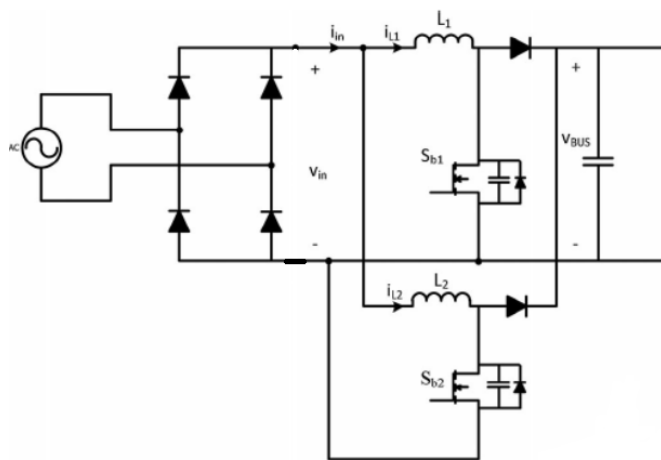
เครื่องเชื่อมไฟฟ้าสามารถสร้างได้จากวงจรแปลงผันไฟตรงโดยทั่วไปที่ประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าที่สามารถสร้างการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กความถี่สูงในแกน เพื่อถ่ายเทพลังงานจากขดปฐมภูมิไปยังขดทุติยภูมิ จากนั้นจะใช้วงจรเรียงกระแสที่สามารถรองรับความถี่สูงนั้นได้และส่งต่อไปยังหัวเชื่อมต่อไป สำหรับการเชื่อมที่ต้องการการเปิดผิวของโลหะที่เป็นฟิล์มบางขณะที่โลหะใต้ผิวนั้นหลอมละลายไป เช่น อะลูมิเนียม จะต้องใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ไม่สูงมาก (20 Hz – 5 kHz [1]) อาจจะต้องใช้วงจรที่สามารถตัดต่อกระแสให้เป็นบวกและลบได้ตามต้องการ

3. วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

เพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power factor corrector: PFC) มักจะถูกนำมาใช้ โดยจะช่วยในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของวงจรเรียงกระแสที่ต่อโดยตรงไปไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ทำให้กระแสไฟฟ้าด้านเข้ามีรูปคลื่นใกล้เคียงไซน์ และมีเฟสตรงกับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเหมาะที่จะนำไปใช้ป้อน



รูปที่ 3 วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังด้วยวงจรแปลงผันแบบบูสต์



รูปที่ 4 วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังด้วยวงจรแปลงผันแบบบูสต์โดย P.Das et al [2]

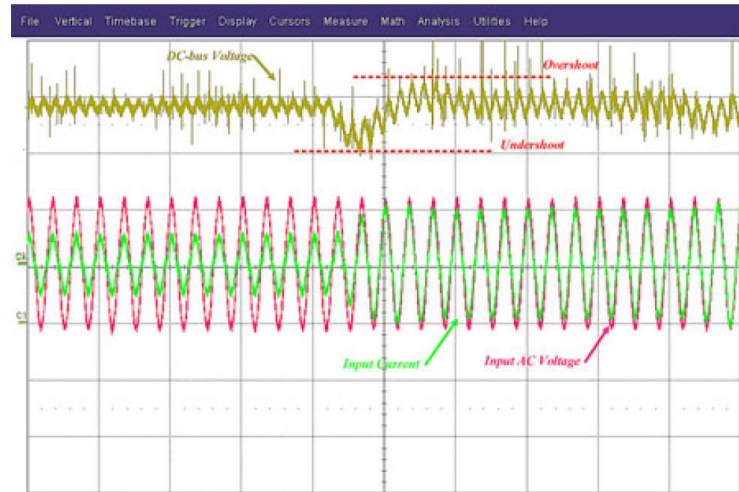
พลังงานให้วงจรแปลงผันไฟตรงภายในเครื่องเชื่อมไฟฟ้าต่อไป วงจรแปลงผันไฟฟ้านั้นจะเป็นวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (PFC Boost Converter) และวงจรนี้จะจ่ายกำลังไฟฟ้ามาที่ dc link เพื่อจ่ายให้กับวงจรแปลงผันไฟตรงต่อไป ในส่วนของวงจรควบคุมนั้นจะมีการควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้าให้ได้ตามที่กำหนด

แรงดันและกระแสอินพุตของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบ TIG โดย R. Casanueva *et al.* [1] นั้นแสดงในรูปที่ 2 โดยได้เปรียบเทียบผลระหว่างการใช้วงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ในรูปที่ 2 (ซ้าย) และขณะใช้ ในรูปที่ 2 (ขวา) ขณะที่ทำการเชื่อมแบบไฟสลัที่ 50 Hz จะพบว่าในแบบแรกมีค่า PF = 0.451 และขณะใช้จะได้ PF = 0.991 ซึ่งดีกว่ามาก ในส่วนของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังนั้นอาจใช้วงจรแปลงผันแบบบูสต์ดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นที่นิยมโดยทั่วไป

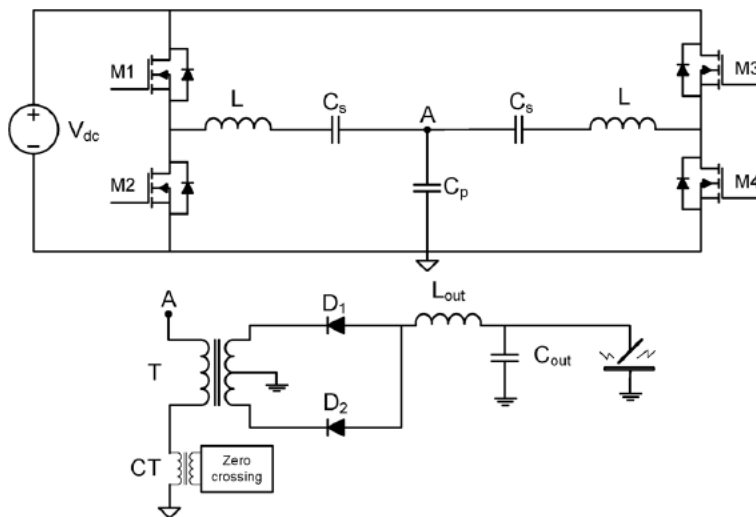
กรณีที่ต้องการกระแสเชื่อมสูงมาก กำลังไฟฟ้าอินพุตจะสูงตามด้วยเช่นกัน เพื่อรองรับกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทางอินพุตนั้น อาจทำได้โดยการต่อวงจรแปลงผันแบบบูสต์ขานเข้าไป ดังรูปที่ 4 โดยจะบังคับให้กระแสกระแสเฟรมของแต่ละวงจรนั้นมีเฟสทางไฟฟ้าตรงข้ามกันเพื่อหักล้างกระแสกระแสเฟรมให้ได้มากที่สุด กระแสอินพุตเมื่อทำการเพิ่มกระแสแต่ละวงจรแสดงในรูปที่ 5 จะเห็นว่ากระแสอินพุตมีรูปร่างใกล้เคียงรูปร่างของแรงดันไฟฟ้าอินพุต ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่าใกล้เคียง 1

4. วงจรแปลงผัน

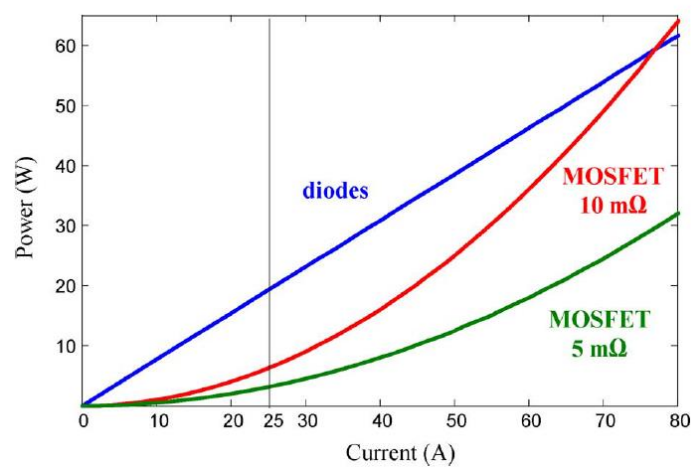
เครื่องเชื่อมไฟฟ้าประกอบด้วยระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าและระบบอาร์ก สำหรับเครื่องเชื่อมนั้นจะต้องผ่านมาตรฐานนานาชาติเพื่อความปลอดภัย เช่น IEC 60974-1 ที่ระบุให้ต้องมีระบบแยกกราวด์ แรงดันขณะไม่ได้เชื่อมต้องไม่เกิน



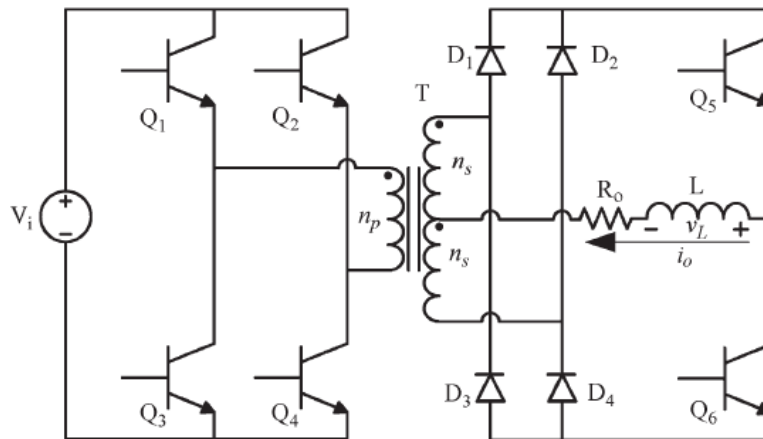
รูปที่ 5 กระแสและแรงดันไฟฟ้าของวงจรปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังด้วยวงจรแปลงผันแบบบูสต์โดย M. Pahlevaninezhad et al [2]



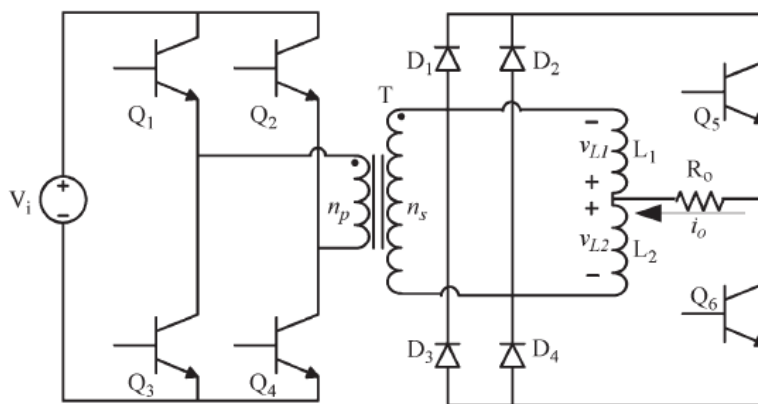
รูปที่ 6 วงจรแปลงผันแบบรีโซแนนต์ [4]



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะนำกระแสของไดโอดและมอสเฟตเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน [4]



รูปที่ 8 วงจรกำลังที่จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับได้ [5]



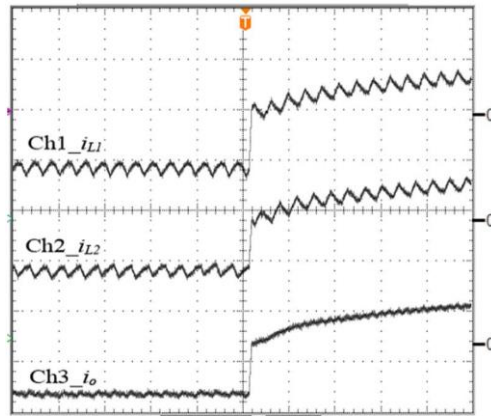
รูปที่ 9 วงจรที่นำเสนอโดย Jian-Min Wang et al [5]

113 V เป็นต้น [1] ดังนั้นเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจึงต้องใช้หม้อแปลงในการแยกกราวด์

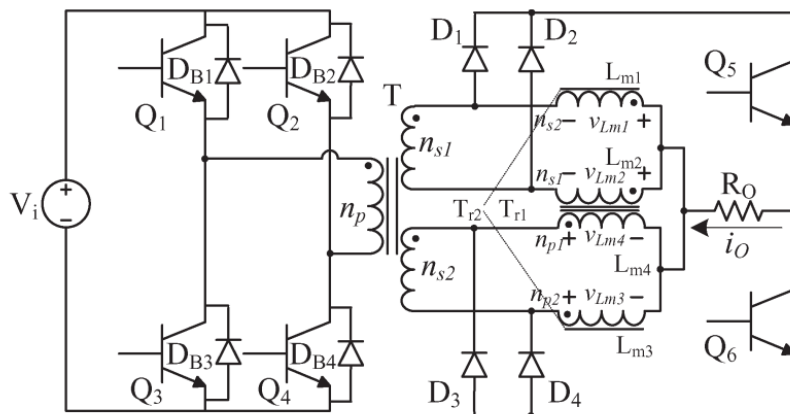
วงจรไฟฟ้าที่สามารถถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมีหลายวงจร และวงจรหนึ่งที่ทำได้คือวงจรโซแนนต์ [3] แสดงรูปที่ 6 วงจรนี้สามารถทำงานได้ด้วยความถี่สูงส่งผลให้อุปกรณ์พาสซีฟ เช่น ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ หม้อแปลงไฟฟ้า มีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าการใช้วงจรเรียงกระแสเชื่อมด้วยวงจรต่างชนิด ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องต่างกันด้วย การสูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะนำกระแสในตัวอุปกรณ์นั้นแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจะพบว่าในย่านกระแสต่ำ มอสเฟตที่มีค่าความต้านทานภายในขณะนำกระแสจะมีการสูญเสียต่ำกว่า และถ้าใช้มอสเฟตที่มีค่าความต้านทานภายในต่ำกว่าอีกจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้อีก เช่น การขนานมอสเฟตเข้าด้วยกัน ในงานของ A. Navarro-Crespin et al [4] นั้นพบว่า การใช้ Synchronous rectifier สามารถให้ประสิทธิภาพได้ถึง 92.11 % และสูงกว่าการใช้ไดโอดประมาณ 4 %

แต่ในวงจรที่กล่าวมาข้างต้นจะจ่ายได้เฉพาะไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น ในกรณีที่ต้องการไฟฟ้ากระแสสลับอาจใช้วงจรที่แสดงในรูปที่ 8 ซึ่งจะใช้สวิตช์ Q_5 และ Q_6 ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้า และใช้ตัวเหนี่ยวนำกรองกระแสให้เรียบ อย่างไรก็ตามจะต้องใช้ตัวเหนี่ยวนำที่มีขนาดใหญ่จึงส่งผลทำให้เครื่องเชื่อมมีขนาดใหญ่ และยังพบปัญหาแรงดันสูงขณะสวิตช์ทำการเปิดวงจร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนี Jian-Min Wang et al [5] ได้นำเสนอวงจร Current doubler rectifier ดังรูปที่ 9 ซึ่งใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำเล็กลงได้โดยที่กระแสมี ripple ต่ำดังรูปที่ 10 อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพสูงสุดของวงจรที่นำเสนอขึ้นอยู่กับประมาณ 56 % ที่กระแสเชื่อม 100 A ซึ่งสูงกว่าแบบในรูปที่ 10 ประมาณ 5 % แต่ยังมีค่าไม่สูงมากเท่าวงจรแบบรีโซแนนต์

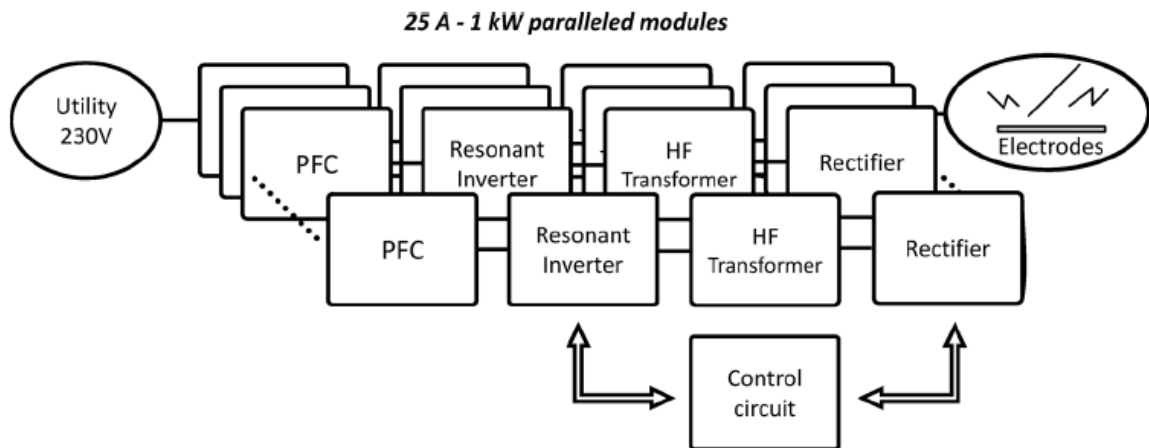
จนถึงปัจจุบันวงจรกำลังสำหรับเครื่องเชื่อมยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดย Jian-min Wang และคณะได้นำเสนอวงจรใหม่ดังรูปที่ 11 [5] ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับวงจรแบบเดิม โดยอาศัยการใช้ตัวเหนี่ยวนำร่วม (Coupled inductor)



รูปที่ 10 กระแสของวงจรที่นำเสนอโดย Jian-Min Wang et al [5]



รูปที่ 11 กระแสของวงจรที่นำเสนอโดย Jian-Min Wang et al [5]

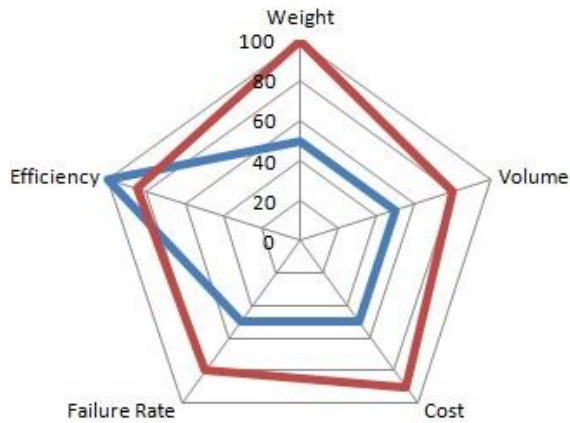


รูปที่ 12 เครื่องเชื่อมนำเสนอโดย A. Navarro-Crespin et al [4]

5. การเพิ่มกระแสเอาต์พุตของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เพื่อที่จะเพิ่มขนาดกระแสเชื่อมได้เพิ่มขึ้นนั้น นอกเหนือการออกแบบเครื่องใหม่โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถ

ทนทานกระแสได้มากขึ้นแล้วนั้น การขนานวงจรก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจ A. Navarro-Crespin et al [4] ได้สร้างระบบเครื่องเชื่อมที่มีลักษณะเป็นโมดูล สามารถเพิ่มกระแสเชื่อมได้ด้วยการขนานโมดูลเข้าไปดังรูปที่ 12



รูปที่ 13 แนวโน้มในการพัฒนาเครื่องเชื่อมไฟฟ้าในอนาคต เทียบกับปัจจุบัน

6. การควบคุมเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เพื่อให้เครื่องเชื่อมทำงานในเงื่อนไขที่ต้องการ การควบคุมจึงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมาก โดยจะต้องสามารถควบคุมให้จ่ายกระแสได้อย่างคงที่ สามารถปรับได้ตามความต้องการของผู้ใช้ในการเชื่อมวัสดุแต่ละชนิด การป้องกันการเชื่อมติดของหัวเชื่อม เป็นต้น นอกจากนี้ การควบคุมวงจรทางไฟฟ้าเพื่อให้ได้สมรรถนะตามต้องการของทุกวงจรไม่ว่าจะเป็นวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลังที่กล่าวมาในข้างต้นแล้ว การควบคุมวงจรแปลงผันก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน

การออกแบบตัวควบคุมที่ทำแยกเป็นส่วน ๆ เช่น ออกแบบตัวควบคุมสำหรับวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลังก่อน และออกแบบตัวควบคุมสำหรับวงจรแปลงผันต่างหาก เมื่อนำวงจรทั้งสองส่วนมาประกอบกัน การปฏิสัมพันธ์ระหว่างวงจรทั้งสอง อาจจะทำให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติทำให้เกิดการชำรุดเสียหายได้ เพื่อลดปัญหาเสถียรภาพของระบบจะใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้มีราคา น้ำหนัก และปริมาตรสูงขึ้นได้ ดังนั้นการพิจารณาเสถียรภาพโดยรวมของเครื่องเชื่อมไฟฟ้านั้นจึงสำคัญมาก และอาจจะนำไปสู่การเลือกใช้ขนาดของตัวเก็บประจุที่เหมาะสมได้

7. แนวโน้มการพัฒนาเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

ในแง่ของวิศวกรรมไฟฟ้าแล้ว การพัฒนาเครื่องเชื่อมสำหรับอนาคต อาจมองในแง่ของน้ำหนัก (Weight) ขนาดและปริมาตร (Size and Volume) ราคา (Costs) อัตราการชำรุด (Failure rate) หรือความน่าเชื่อถือ (Reliability) และประสิทธิภาพ (Efficiency) ในรูปที่ 13 จึงแสดงเทคโนโลยีในปัจจุบันเทียบกับแนวโน้มในอนาคต ซึ่งน่าจะมีการปรับปรุง

ในทิศทางที่ดีขึ้น โดยอาศัยเทคโนโลยีด้านสารกึ่งตัวนำที่สามารถทนทานความร้อนขณะทำงานได้ดีขึ้น เช่น ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแบบ Silicon carbide (SiC) [6] ทำให้สามารถลดขนาดของตัวระบายความร้อน เนื่องจากสามารถทำงานขณะที่อุณหภูมิภายในตัวสูงถึง 250 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิอุปกรณ์ที่มีจำหน่าย) [6] แทนที่ 150 องศาเซลเซียส สำหรับสารกึ่งตัวนำแบบซิลิกอน (Si) อีกทั้งยังสามารถทำงานในย่านความถี่ที่สูงขึ้น ทำให้สามารถใช้อุปกรณ์ เช่น ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบามากขึ้น นอกจากนี้การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าความถี่สูงมากอาจจะเป็นชนิดแกนอากาศซึ่งจะช่วยลดทั้งขนาด ราคา และน้ำหนักได้อีกด้วย ในส่วนของอัตราการชำรุดนั้น ถ้าพิจารณาแล้วจะพบว่าตัวเก็บประจุที่ dc-link ที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นชนิดอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic capacitor) เนื่องจากมีค่าความจุสูง แต่จะมีอัตราชำรุดที่เร็วกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่นมาก [7] ในอนาคตถ้าความถี่การทำงานของวงจรสูงขึ้นมากการใช้ตัวเก็บประจุค่าต่ำลง ทำให้สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุชนิดอื่น เช่น แบบฟิล์มที่มีอายุใช้งานนานกว่ามากมาใช้ ก็จะทำให้อัตราการชำรุดลดลงได้ [8] จากการนำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสมัยใหม่มาใช้ในการพัฒนาเครื่องเชื่อมนั้นย่อมส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเชื่อมสูงขึ้น

8. สรุป

บทความนี้นำเสนอเทคโนโลยีของเครื่องเชื่อมในแง่ของวิศวกรรมไฟฟ้าในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ทราบถึงกลไกการทำงาน โครงสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อม ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรเรียงกระแสที่มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้เป็นไปตามข้อกำหนด วงจรแปลงผันที่มีหม้อแปลงเพื่อแยกกราวด์ ระหว่างระบบของการไฟฟ้าและหัวเชื่อมเพื่อความปลอดภัย ซึ่งจะเป็นหม้อแปลงความถี่สูงเพื่อลดขนาดของอุปกรณ์ส่วนประกอบอื่น ๆ นอกจากนี้ ขนาด น้ำหนัก ปริมาตร ราคาความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ความถี่ของการทำงานของอุปกรณ์ และชนิดตัวเก็บประจุเป็นสำคัญ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- [1] R. Casanueva, F. J. Azcondo, F. J. Díaz and C. Brañas, "TIG Welding Machines," IEEE Industry

- Applications Magazine, vol. 17, no. 5, pp. 53-58, Sept.-Oct. 2011.
- [2] P. Das, M. Pahlevaninezhad, J. Drobniak, G. Moschopoulos and P. K. Jain, "A Nonlinear Controller Based on a Discrete Energy Function for an AC/DC Boost PFC Converter," Power Electronics, IEEE Transactions on , vol. 28, no. 12, pp. 5458, 5476, Dec. 2013.
- [3] Young-Do Kim, Kyu-Min Cho, Duk-You Kim and Gun-Woo Moon, "Wide-Range ZVS Phase-Shift Full-Bridge Converter With Reduced Conduction Loss Caused by Circulating Current," IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 28, no. 7, pp. 3308-3316, July 2013.
- [4] A. Navarro-Crespin, V. M. Lopez, R. Casanueva, and F. J. Azcondo, "Digital Control for an Arc Welding Machine Based on Resonant Converters and Synchronous Rectification," IEEE Trans. on Industrial Informatics, vol. 9, no. 2, pp. 839-847, May 2013.
- [5] Jian-Min Wang and Sen-Tung Wu, "A Novel Inverter for Arc Welding Machines," Industrial Electronics, IEEE Transactions on, vol.62, no.3, pp. 1431, 1439, March 2015.
- [6] A. Bindra, "Wide-Bandgap-Based Power Devices: Reshaping the power electronics landscape," Power Electronics Magazine, IEEE, vol.2, no.1, pp. 42, 47, March 2015.
- [7] M. K. Alam, and F. H. Khan, "Reliability Analysis and Performance Degradation of a Boost Converter," Industry Applications, IEEE Transactions on, vol.50, no.6, pp. 3986, 3994, Nov.-Dec. 2014.
- [8] B. Karanayil, V. G. Agelidis and J. Pou, "Performance Evaluation of Three-Phase Grid-Connected Photovoltaic Inverters Using Electrolytic or Polypropylene Film Capacitors," Sustainable Energy, IEEE Transactions on, vol.5, no.4, Oct. 2014.



กนกวรรณ จิตต์งามขำ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (วิชาวิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2555 และปริญญาโทศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (จิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว) เมื่อปี พ.ศ. 2558 และเริ่มปฏิบัติงานที่สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2557



อันวิดา ทิมทรัพย์ สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2540 และเริ่มปฏิบัติงานที่สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2556



สุกาญจนา เลขพัฒน์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีครุศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต เมื่อปี พ.ศ. 2526 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (เทคโนโลยีการบริหาร) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2548 ปัจจุบันศึกษาต่อระดับปริญญาเอก (การจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยี) มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เริ่มปฏิบัติงานที่สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส เมื่อปี พ.ศ. 2536 ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ชำนาญการพิเศษ สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

หน่วยงานที่ได้รับการรับรอง จากสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ให้เป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรม (Approved Training Body-ATB)

สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยได้รับการรับรองให้เป็นสมาชิกของสถาบันการเชื่อมสากล (IIW) เพียงแห่งเดียวในประเทศไทย ซึ่งได้รับสิทธิ์ในการรับรองบุคลากรด้านการเชื่อมในระดับสากล ตามหลักสูตรที่ IIW กำหนดไว้ และได้รับรองหน่วยงานจัดฝึกอบรม (Approved Training

Body-ATB) ที่มีความพร้อมตามมาตรฐานให้เป็นหน่วยงานที่สามารถนำหลักสูตรฝึกอบรมจาก IIW ไปดำเนินการจัดฝึกอบรม ปัจจุบันมีหน่วยงานที่ได้รับการรับรองแล้วจำนวน 2 หน่วยงาน และอยู่ระหว่างการขอรับการประเมินเพื่อเป็น ATB จำนวน 3 หน่วยงาน ดังนี้

ATB No.	ชื่อหน่วยงาน	ขอขยายที่ได้รับการรับรอง
ATB-01	สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ติดต่อ: www.tfii.kmutnb.ac.th โทร 02 555 2000 ต่อ 2501, 2503, 2504	1) International Welding Engineer (IWE) 2) International Welding Specialist (IWS) 3) International Welding Practitioner (IWP) 4) International Welding Inspection Personnel (IWIP)
ATB-02	สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ภาค 1 สมุทรปราการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ติดต่อ : www.tciw-thailand.com โทร: 085 812 4252	1) International Welder (Fillet/Plate/Tube)
	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	1) International Welding Engineer (IWE)
	วิทยาลัยเทคนิคระยอง*	1) International Welder
	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*	1) International Welder

*อยู่ระหว่างการดำเนินการตรวจประเมินความพร้อม

ศูนย์ฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการเชื่อมสากล

สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ปี พ.ศ. 2546 สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส โดยฝ่ายเทคโนโลยีการเชื่อมได้รับการรับรองให้เป็นหน่วยงานจัดฝึกอบรมหลักสูตรด้านเทคโนโลยีการเชื่อมระดับสากล (Approved Training Body: ATB) จากสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย (Welding Institute of Thailand: WIT) โดยการอนุมัติของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding: IIW) เป็นแห่งแรกของประเทศไทย

วัตถุประสงค์การดำเนินการ

- เป็นศูนย์ฝึกปฏิบัติงาน และวิจัยด้านเทคโนโลยีขั้นสูงสำหรับนักศึกษา และอาจารย์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ฝึกอบรมช่างเทคนิค วิศวกร ครูช่าง และนักศึกษาสถาบันอื่น ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนของประเทศ และประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

●ส่งเสริมในด้านเครื่องมือ และวิศวกรรมที่น่าสมัย
รวมทั้งการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการฝึกอบรม สาธิต หรือ
วิจัย

●เป็นศูนย์ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคให้กับ
ภาคอุตสาหกรรม

หลักสูตรที่เปิดอบรม

1. วิศวกรการเชื่อมสากล (International Welding
Engineer - **IWE**)

2. นักเทคโนโลยีการเชื่อมสากล (International
Welding Technologist - **IWT**)

3. ผู้เชี่ยวชาญการเชื่อมสากล (International
Welding Specialist - **IWS**)

4. ผู้ปฏิบัติงานการเชื่อมสากล (International
Welding Practitioner - **IWP**)

5. ผู้ตรวจสอบงานการเชื่อมสากล (International
Welding Inspection Personnel - **IWIP**) ใน ระดับ
Comprehensive (IWIP - C), Standard (IWIP - S), Basic
(IWIP - B)

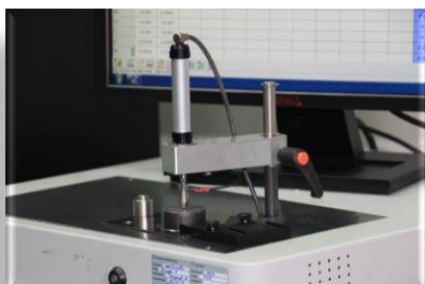


นอกจากนี้ยังมีหลักสูตรผู้ตรวจสอบแบบไม่
ทำลาย โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 9712 เช่น

1. การตรวจสอบโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงระดับ
1-3 (Ultrasonic Testing Level 1-3, **UT** 1-3)
2. การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี ระดับ 1-3
(Radiographic Testing Level 1-3, **RT** 1-3)

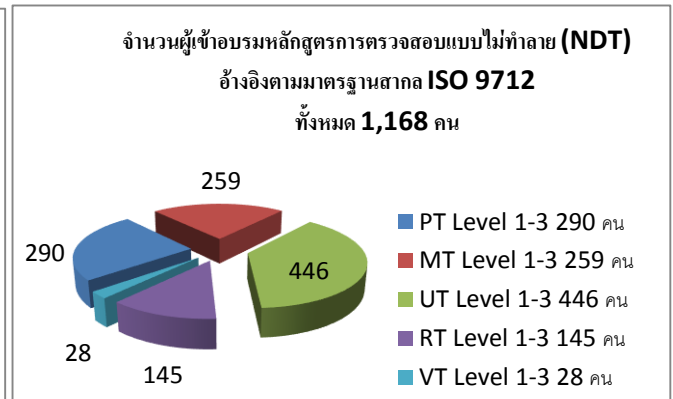
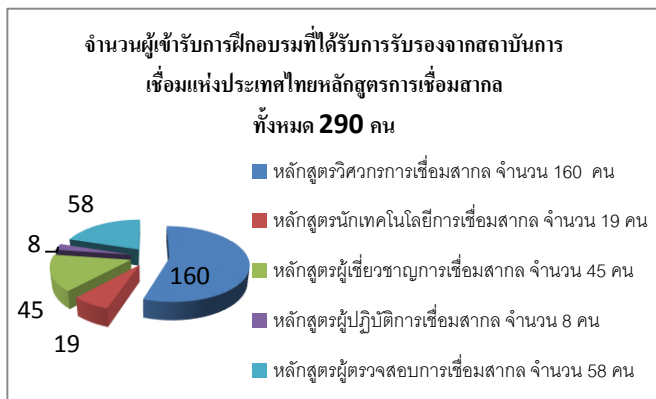
3. การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม ระดับ 1-3
(Penetrant Testing Level 1-3, **PT** 1-3)

4. การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็ก ระดับ 1-
3 (Magnetic Particle Testing Level 1-3, **MT** 1-3)



โดยมีผู้เข้าฝึกอบรมที่ได้รับการรับรองจากสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2558 ในหลักสูตรการเชื่อมสากลและหลักสูตรการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

(NDT) อ้างอิงตามมาตรฐานสากล ISO 9712 จำนวน 1,458 คน ดังแผนภูมิข้างล่าง



ศูนย์ฝึกอบรมงานเชื่อมมาตรฐานสากล

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ภาค 1 สมุทรปราการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน



ศูนย์ฝึกอบรมงานเชื่อมมาตรฐานสากล (Training Center of International Welding: TCIW) เป็นหน่วยงานของรัฐ สังกัดสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน ภาค 1 สมุทรปราการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน ได้รับการรับรองเป็นศูนย์ฝึกอบรม และทดสอบที่ได้รับอนุญาต (Approved Training Body; ATB) จากสถาบันการเชื่อมสากล (The International Institute of Welding; IIW) ในราวเดือนมกราคม 2554 นั้น ทำให้มีสิทธิในการฝึกอบรมและทดสอบรับรองฝีมือช่างเชื่อมได้ในระดับสากลในฐานะ ATB ลำดับที่ 2 ของประเทศไทย

วัตถุประสงค์การดำเนินการ

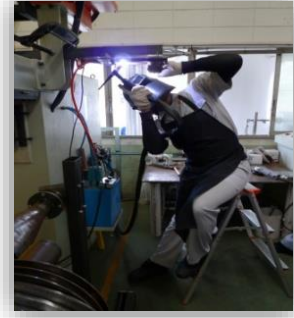
- เพื่อสร้างเสริมสมรรถนะการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ
- เพื่อยกระดับสถานะทางสังคม การปรับปรุงวิทยฐานะ และพัฒนาคุณภาพของช่างเชื่อมไทยให้ทัดเทียมกับระดับสากล ในด้านทักษะ ความสามารถ ความรู้และความปลอดภัยในการทำงาน ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานระดับนานาชาติ
- เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันของสถานประกอบการไทยในอุตสาหกรรมก่อสร้างและโครงสร้าง

เหล็ก ที่เกี่ยวข้องกับผลิตหรือรับจ้างสินค้า ชิ้นงาน ที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างโลหะขนาดใหญ่ ในระดับนานาชาติให้สูงขึ้น

- เพื่อให้บริการการฝึกอบรมให้กับหน่วยงาน และผู้สนใจทั่วไปในหลักสูตร ช่างเชื่อมสากล (International Welder) ตาม IIW Guideline
- เพื่อดำรงสถานะความเป็นเลิศ และชื่อเสียงทางด้านทักษะฝีมือของช่างเชื่อมไทยในการทำงานให้คงอยู่ และรู้จักในระดับนานาชาติต่อไป

หลักสูตรที่เปิดอบรม

- หลักสูตรช่างเชื่อมไฟฟ้ามาตรฐานสากล (International Welder - IW) สำหรับการเชื่อมโลหะเหล็ก เหนียว สแตนเลส อะลูมิเนียมตาม IIW Guideline No. IAB-089-2003/EFW – 452-467-480-481 ได้ดังนี้
- การเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (MMA welding process)
 - การช่างเชื่อมทิก (TIG welding process)
 - การเชื่อมมิก/แม็ก (MIG/MAG Welding process)
 - การเชื่อมแก๊ส (Oxi- Fuel gas Welding process)



สาขาที่ให้การฝึกอบรมและทดสอบตามมาตรฐานสากล
และออกใบรับรองแก่ผู้ผ่านการทดสอบ (Welder Approval Test Certification)
ได้แก่

- ช่างเชื่อมต่อดั้วที (International Fillet Welding)
- ช่างเชื่อมต่อนแผ่นโลหะ (International Plate Welding)
- ช่างเชื่อมต่อนท่อ (International Tube Welding)



สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

โทร 02 555 2000 ต่อ 2501-3 โทรสาร 02 586 9014

เว็บไซต์ www.tfii.kmutnb.ac.th

E-mail: tfii@kmutnb.ac.th

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 1 สมุทรปราการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน

1039 หมู่ 15 ต.บางเสาธง อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 10540

โทร 02 315 3804 โทรสาร 02 315 3804

เว็บไซต์ <http://www.tciw-thailand.com/>

E-mail: vacharapongm@yahoo.com

คณะกรรมการ Governing Board สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย

The Journal of Welding Institute of Thailand ฉบับนี้เป็นฉบับปฐมฤกษ์ จึงขอแนะนำคณะกรรมการ Governing Board ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้การดำเนินงานของสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย เป็นไปตามข้อกำหนดของสถาบันการเชื่อมสากล (International Institute of Welding - IIW) โดยกำหนดไว้ว่าต้องประกอบด้วยบุคลากรที่มีจากภาคอุตสาหกรรม ภาคการศึกษา และองค์กรต่าง ๆ และในฉบับนี้จึงขอแนะนำประธานคณะกรรมการ Governing Board และคณะกรรมการที่เป็นผู้แทนจากภาคอุตสาหกรรมให้รู้จักดังต่อไปนี้



รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเลง ศรีนิล

ประธานคณะกรรมการ Governing Board

ที่ปรึกษาอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ดร.สมนึก จัตราจิว

กรรมการผู้จัดการ

บริษัท เอ็กซ์เพทิฟ จำกัด



นายสมพงษ์ เมธาภิตยสุข

กรรมการบริษัท เอ็ม.ซี.เอส. สตีล จำกัด (มหาชน)

กรรมการสมาคมผู้ก่อสร้างงานเหล็กไทย

อดีตนายกสมาคมครูและผู้ประกอบการวิชาชีพช่างเชื่อม

นายวิรัตน์ ชนะสิทธิ์

กรรมการผู้จัดการบริษัท อิตัลไทยมารีน จำกัด

ประธานกลุ่มอุตสาหกรรมต่อเรือและซ่อมเรือ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

อดีตนายกสมาคมต่อเรือและซ่อมเรือไทย



นายสุชิน คราฐ

กรรมการผู้จัดการ

บริษัท เอส เค เอ็นดีที แอนด์ อินสเปคชั่น จำกัด

และนายกสมาคมการเชื่อมโลหะและการตรวจสอบแห่งประเทศไทย

นายธานี โมสกุล

กรรมการผู้มีอำนาจลงนาม

และผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการส่วนธุรกิจพลังงาน (สายงานการตรวจสอบ)

บริษัท ลอยด์ รีไซเคิล อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล ประเทศไทย จำกัด



สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย



สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย จัดทำโครงการมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพ สำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต้องใช้ช่างเชื่อม อาทิ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมผลิตถังแรงดัน อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง ฯลฯ โดยสำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นผู้ดำเนินการ ซึ่งมีระยะเวลาโครงการตั้งแต่เดือนกันยายน 2557 ถึงกันยายน 2558

การจัดทำมาตรฐานอาชีพ และคุณวุฒิวิชาชีพ สาขาวิชาชีพการเชื่อมนี้ มีกรอบการดำเนินการคือ ศึกษาการจัดทำมาตรฐานอาชีพของอาเซียน 1 ประเทศ ได้แก่ ประเทศสิงคโปร์ และประเทศอื่น ๆ อีก 2 ประเทศ ได้แก่ ประเทศเยอรมัน และประเทศออสเตรเลีย และศึกษาการกำหนดความรู้ ความสามารถและการรับรองคุณวุฒิวิชาชีพของบุคลากรในอาชีพการเชื่อมของประเทศไทย มีการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อจัดทำแผนภาพหน้าที่งาน และจัดทำมาตรฐานอาชีพของการเชื่อมทั้ง 3 สาขาอาชีพ

จัดทำวิธีการ และสร้างเครื่องมือในการประเมินสมรรถนะบุคคลตามแนวทางมาตรฐานอาชีพการเชื่อม จัดทำกระบวนการรับรองคุณวุฒิวิชาชีพการเชื่อม และจัดสัมมนาประชาสัมพันธ์เพื่อรับฟังความคิดเห็น

ดังนั้น การดำเนินโครงการจึงยึดถือแนวทางการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ได้แก่ ผู้ประกอบการ จัดกลุ่มการเชื่อมพื้นฐาน กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ กลุ่มงานโครงสร้าง กลุ่มงานสร้างถังแรงดัน และกลุ่มงานปิโตรเคมีและหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กระทรวงศึกษาธิการ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เพื่อให้เกิดการยอมรับการนำไปใช้เพื่อทดสอบมาตรฐานบุคคลตามมาตรฐานอาชีพการเชื่อม ต่อไป

"Welding is a
foundation of
Industry"

"งานเชื่อมและประสาน
เป็นรากฐานของ
อุตสาหกรรม"



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

“ 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"

เราเป็นผู้ดำเนินการให้บริการ แก่อุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซในอ่าวไทยด้วยบุคลากรที่มีทักษะสูง พร้อมเครื่องมือ-อุปกรณ์คุณภาพ



Control Room
เพื่อการผลิต Gas Offshore

สร้างและซ่อมบำรุง

บริการของเรา : ทั้งบนฝั่งและในทะเล ตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทางของกระบวนการผลิต โดยครอบคลุมทุกระบบ รวมถึงการให้เช่าเรือ และบริการเรือสำหรับพักในทะเลพร้อมอาหารและสิ่งอำนวยความสะดวก



บริษัท เอ็กซ์เพิร์ท ทีม จำกัด

110,112,114 ถนนพระราม 2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน 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