

มยพ. 1306 – 67

มาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้าง
รูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว



สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ถ.พระรามที่ 6 แขวงพญาไท
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321



กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2567



มาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ
เพื่อดำเนินงานการสันสะท้อนของแผ่นดินไหว

มยผ. 1306-67
กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย

กรมโยธาธิการและผังเมือง

มาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อดำเนินงานการสันสะท้อนของแผ่นดินไหว

ISBN 978-974-458-801-2

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

จัดทำโดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

กระทรวงมหาดไทย

ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท

เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

**คณะผู้จัดทำมาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ
เพื่อดำเนินงานการสันสะเทือนของแผ่นดินไหว**

ผู้จัดการโครงการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โชติกไกร

บุคลากรหลัก

1. ศาสตราจารย์ ดร.ธัญวัฒน์ โพธิศิริ
2. ศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ยอดสุดใจ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ตระกุล อร่ามรักษ์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ สุวรรณวิทยา
5. รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต ดำรงกุลกำจร
7. รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เหลืองประเสริฐ
8. รองศาสตราจารย์ ดร.สุพธิศักดิ์ ศรีลัมพ์
9. รองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ วิเศษศักดิ์
10. รองศาสตราจารย์ เอนก ศิริพานิชกร
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ วงศ์จิรภัทร
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศพร ประเสริฐศรี
13. ดร.สิริชัย เพชรรุ่ง

บุคลากรสนับสนุน

1. นายสัจจา จันทร์รักษา
2. นายธีรภัทร กำธร
3. นางสาวพลอยเครือ แจ่มวิถิเลิศ
4. นางสาวสินัดดา จันทร์ศักดิ์

คณะกรรมการตรวจรับพัสดุในงานจ้างที่ปรึกษา สำหรับการจ้างที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและจัดทำแผนแม่บท
การปรับปรุงและพัฒนามาตรฐานงานอาคาร โดยวิธีคัดเลือก

ประธานกรรมการ

ดร.ธนิต ใจสอาด

นายสินธิ์ บุญสิทธิ์

นายนิเวศน์ ลำเลิศลักษณ์ชัย

ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

คณะกรรมการ

นางชนิษฐา ส่งสกุลชัย

วิศวกรโยธาเชี่ยวชาญ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

นายสมชาติ จิตใหญ่

วิศวกรไฟฟ้าเชี่ยวชาญ

สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ

นายครรชิต ชิตสุริยวนิช

วิศวกรเครื่องกลเชี่ยวชาญ

สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ

นางสาวสุรีย์ ประเสริฐสุด

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

นางพีชยา ทวีเลิศ

วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรรมการและเลขานุการ

ดร.สุธาสินี อาทิตย์เที่ยง

วิศวกรโยธาชำนาญการ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางณัฏกานต์ แสงสุวรรณ

วิศวกรโยธาชำนาญการ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

นายชานนท์ โตเบญจพร

วิศวกรโยธาชำนาญการ

สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

ผู้ทรงคุณวุฒิในการจัดทำมาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ
เพื่อดำเนินงานการสันสะเทือนของแผ่นดินไหว

1. รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ตรีเนตร ยิ่งสัมพันธ์เจริญ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ลีลาทวีวัฒน์
4. ดร.เสถียร เจริญเหรียญ
5. นายวิหวัส สมุทรานนท์

คำนำ

กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2564 กำหนดให้การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารต้องมีการกำหนดรายละเอียดปลีกย่อยของชิ้นส่วนโครงสร้างและบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ให้มีความเหนียวตามที่กำหนดในประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารเพื่อต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2564 ซึ่งประกาศดังกล่าวได้กำหนดให้การจัดระบบโครงสร้างและรายละเอียดของโครงสร้างให้มีความเหนียวให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและกรมโยธาธิการและผังเมืองเห็นชอบ ซึ่งปัจจุบันมีมาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มผย. 1304 – 61 เป็นข้อกำหนดสำหรับการออกแบบและคำนวณองค์อาคารและรอยต่อของอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณให้มีความมั่นคงแข็งแรงและมีความเหนียวที่เพียงพอภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหว ทั้งนี้ สำหรับการทำรอยต่อเชื่อมในระบบต้านแรงแผ่นดินไหวให้มีความแข็งแรงและความเหนียวเพียงพอต่อผลของแรงแผ่นดินไหวจำเป็นต้องมีการใช้วัสดุ การให้รายละเอียด การประกอบชิ้นส่วน และการตรวจสอบคุณภาพที่เหมาะสม แต่มาตรฐาน มผย. 1304 – 61 ยังไม่มีรายละเอียดในเรื่องดังกล่าว ดังนั้น กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคารจึงได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ปรึกษาในโครงการจ้างที่ปรึกษาเพื่อศึกษาและจัดทำแผนแม่บทการปรับปรุงและพัฒนามาตรฐานงานอาคาร ทำการศึกษาและจัดทำมาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มผย. 1306 – 67 เพื่อใช้ประกอบการออกแบบและคำนวณรายละเอียดของรอยต่อเชื่อมในอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณตามกฎกระทรวงดังกล่าว ซึ่งจะส่งผลให้การออกแบบและก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวมีความปลอดภัยเป็นไปตามหลักวิชาการและมาตรฐานสากล

กรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการนำมาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มผย. 1306 – 67 ไปใช้ในทางปฏิบัติจะทำให้การออกแบบและก่อสร้างอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีความมั่นคงแข็งแรงเพียงพอ ซึ่งจะก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น



(นายพงศ์รัตน์ ภิรมย์รัตน์)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	i
สารบัญรูป	iv
สารบัญตาราง.....	vi
บทที่ 1 ทัวไป	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบข่าย	1
1.3 มาตรฐานอ้างอิง.....	1
บทที่ 2 นิยาม	5
2.1 นิยาม.....	5
2.2 สัญลักษณ์และคำย่อ	8
บทที่ 3 ความรับผิดชอบ.....	9
3.1 ความรับผิดชอบของวิศวกร.....	9
3.2 ความรับผิดชอบของผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้าง	12
บทที่ 4 รายละเอียดรอยต่อเชื่อม	15
4.1 การบากมุมแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง	15
4.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาและความกว้าง.....	17
4.3 รายละเอียดรอยต่อแผ่นเสริมความหนา	18
บทที่ 5 การรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม	21
5.1 การทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม.....	21
5.2 ระยะเวลาการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อม.....	22
5.3 บันทึกการรับรองคุณสมบัติเชิงสมรรถนะของช่างเชื่อม	22
บทที่ 6 การประกอบ.....	25
6.1 โลหะเติมและเนื้อเชื่อม	25
6.2 ขอบเขตการให้ความร้อน	27
6.3 การควบคุมการผลิต	28
6.4 การบรรจุภัณฑ์ การเก็บ และการเผยผิงของอิเล็กทรอนิกส์ FCAW.....	29

	หน้า
6.5 กรรมวิธีการเชื่อม	30
6.6 ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม.....	31
6.7 อุณหภูมิระหว่างเชื่อมเชื่อมสูงสุด	32
6.8 การให้ความร้อน	32
6.9 ลำดับการเชื่อมปีกกลางคาน.....	33
6.10 การระบุช่วงเชื่อม.....	33
6.11 ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง	33
6.12 ข้อกำหนดรอยเชื่อมยึด	37
6.13 การนำแผ่นรองเชื่อมออก และการปรับปรุงรากเชื่อม	37
6.14 รอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลังที่ตำแหน่งที่นำแผ่นรองเชื่อมออก	37
6.15 รอยเชื่อมฟิลเล็ทที่ตำแหน่งที่ไม่ได้นำแผ่นรองเชื่อมออก	39
6.16 แผ่นต่อ	39
6.17 แผ่นกั้นปลาย.....	42
6.18 เขตปกป้อง	42
บทที่ 7 การตรวจสอบ	45
7.1 การมอบหมายงานตรวจสอบ	45
7.2 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบ.....	45
7.3 ใบสั่งการปฏิบัติของหน่วยงานประกันคุณภาพ	46
7.4 การตรวจสอบพื้นที่ k ของหน้าตัดปีกกว้าง	47
7.5 รอยฉีกขาดแบบลามेलลาร์	47
7.6 การบากคานและช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง.....	47
7.7 ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงที่ได้รับการซ่อมแซมในเขตปกป้อง	47
7.8 การทำ NDT สำหรับตำแหน่งที่นำแผ่นต่อออกที่ได้รับการซ่อมแซม	47
7.9 ข้อกำหนดวิธีการทดสอบ MT	47
7.10 การทดสอบ UT	47
เอกสารอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก ก การทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมของโลหะเดิม สำหรับรอยเชื่อมวิกฤติ.....	51
ภาคผนวก ข การทดสอบชาร์ปีอินเตอร์มิกซ์ของการรวมโลหะเดิม (เมื่อหนึ่งในโลหะเดิมเป็น FCAW-S)	57

ภาคผนวก ค การรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึง	63
ภาคผนวก ง การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับการเพิ่มขีดจำกัดการเผยแผ่ สำหรับโลหะเติม FCAW	83
ภาคผนวก จ การรับรองคุณสมบัติเพิ่มเติมของบุคลากรปฏิบัติการ UT	85
ภาคผนวก ฉ วิธีดำเนินการเพิ่มเติมสำหรับ MT	89
ภาคผนวก ช การวัดขนาดรอยบกพร่องด้วย UT	93
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างแบบฟอร์ม PQR และ WPS	95

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรอยต่อลดหน้าตัดคาน.....	10
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างรอยต่อยึดแผ่นเอวและแผ่นปีกด้วยรอยเชื่อมไม่เสริมกำลัง (WUF-W).....	11
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรอยต่อของโครงแกนแบบแยกศูนย์.....	12
รูปที่ 4.1 แผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง.....	15
รูปที่ 4.2 การบากมุมของแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง.....	16
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความหนาของรอยต่อชน	17
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของรอยต่อชน	18
รูปที่ 4.5 รายละเอียดรอยต่อระหว่างแผ่นเสริมความหนาและปีกเสา	19
รูปที่ 4.6 การทดสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมแผ่นเสริมความหนา.....	20
รูปที่ 6.1 การวัดอุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมและระหว่างเทียวยเชื่อม	32
รูปที่ 6.2 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงตามมาตรฐาน AWS D1.1.....	34
รูปที่ 6.3 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงทางเลือก.....	35
รูปที่ 6.4 ข้อกำหนดของรอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลัง.....	38
รูปที่ 6.5 รอยเชื่อมฟิลเล็ทระหว่างแผ่นรองเชื่อมที่ไม่ได้นำออกกับเสา.....	39
รูปที่ 6.6 สภาพการนำแผ่นต่อออกที่ผ่านเกณฑ์	41
รูปที่ 6.7 เกณฑ์การใช้แผ่นกันปลาย.....	42
รูปที่ ก.1 แผ่นทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน.....	54
รูปที่ ข.1 แผ่นทดสอบอินเตอร์มิกซ์	59
รูปที่ ข.2 ตำแหน่งรอยขีดส่วนตัวประสาน	61
รูปที่ ข.3 แผ่นทดสอบอินเตอร์มิกซ์ ESW และ FCAW	61
รูปที่ ข.4 ตำแหน่งขึ้นทดสอบชาร์ปีอินเตอร์มิกซ์	62
รูปที่ ค.1 รูปร่างแผ่นทดสอบ.....	63
รูปที่ ค.2 รูปร่างแผ่นทดสอบสำหรับทางเลือกที่ 1	64
รูปที่ ค.3 รูปร่างแผ่นทดสอบสำหรับทางเลือกที่ 2	65

รูปที่ ค.4	ข้อกำหนดสำหรับโพรไฟล์รอยเชื่อมต่อชนของมาตรฐาน AWS D1.1	69
รูปที่ ค.5	ตำแหน่งของขั้นตอนทดสอบตัดโค้งด้านข้าง	71
รูปที่ ค.6	ขั้นตอนทดสอบตัดโค้งด้านข้างตามมาตรฐาน AWS D1.1	72
รูปที่ ค.7	อุปกรณ์นำแนวการทดสอบตัดโค้งตามแบบ	73
รูปที่ ค.8	อุปกรณ์นำแนวการทดสอบตัดโค้งตามแบบแบบพันรอบทางเลือก	74
รูปที่ ค.9	อุปกรณ์นำแนวการทดสอบตัดโค้งตามแบบแบบลูกกลิ้งทางเลือกสำหรับการออกด้านล่าง ของขั้นตอนทดสอบ	74
รูปที่ ค.10	เกณฑ์การยอมรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับภาระวัฏจักรภายใต้ แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่ต่อเนื่องของการหลอม)	77
รูปที่ ข.1	ตัวอย่างแบบฟอร์ม PQR ตามมาตรฐาน AWS D1.1	95
รูปที่ ข.2	ตัวอย่างแบบฟอร์ม WPS ตามมาตรฐาน AWS D1.1	97

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 5.1	การเปลี่ยนแปลงตัวแปรจำเป็นเชิงสมรรถนะของบุคลากรการเชื่อมที่ต้องรับรองคุณสมบัติใหม่ (มาตรฐาน AWS D1.1)	23
ตารางที่ 5.2	กลุ่มการจำแนกประเภทอิเล็กทรอนิกส์	23
ตารางที่ 6.1	ข้อกำหนดคุณสมบัติเชิงกลของโลหะเดิม	26
ตารางที่ 6.2	ข้อกำหนดการทดสอบไฮโดรเจนที่แพร่ซึม	26
ตารางที่ 6.3	ข้อกำหนดคุณสมบัติเชิงกลสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติ	27
ตารางที่ 6.4	การจำแนกประเภทโลหะเดิมที่ได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องทำการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน เมื่อ LAST มากกว่าหรือเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส	27
ตารางที่ ก.1	การทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน (อุณหภูมิการให้ความร้อน การให้ความร้อนก่อนการเชื่อม และระหว่างท้าวเชื่อม)	51
ตารางที่ ก.2	คุณสมบัติเชิงกลของเนื้อเชื่อม	55
ตารางที่ ข.1	ตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับโลหะเดิม – ซับสเตรต/ฐาน FCAW-S	57
ตารางที่ ข.2	ตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับโลหะเดิม – วัสดุเติม FCAW-S	57
ตารางที่ ค.1	รายการโพรไฟล์รอยเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดแบบต่อชนตามมาตรฐาน AWS D1.1	69

บทที่ 1 ทั่วไป

1.1 วัตถุประสงค์

มาตรฐานการเชื่อมรอยต่อสำหรับอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดขนาดและรายละเอียดของรอยต่อเชื่อม วิธีการเชื่อมประกอบ วิธีการตรวจสอบและกำหนดขอบเขตการยอมรับผลการตรวจสอบงานเชื่อม สำหรับรอยต่อเชื่อมที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบต้านแรงแผ่นดินไหว

1.2 ขอบข่าย

- 1.2.1 มาตรฐานนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและการประกอบชิ้นส่วนอาคารทั่วไป แต่มาตรฐานไม่ครอบคลุมถึงการออกแบบและการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างสะพาน หน้าตัดเหล็กรูปท่อนเชื่อม โครงสร้างชลประทาน ถังน้ำ เสาส่งไฟฟ้า เสาส่งสัญญาณวิทยุ ป้ายโฆษณา โครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน เตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และโครงสร้างอื่นที่ไม่ได้เป็นลักษณะอาคาร
- 1.2.2 ข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ให้รายละเอียดรอยต่อเชื่อมสำหรับวิศวกรออกแบบโครงสร้าง ข้อกำหนดการประกอบ การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพรอยต่อเชื่อมสำหรับผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างในการประกอบชิ้นงานติดตั้งหรือการเชื่อม สำหรับรอยต่อเชื่อมที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบต้านแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารเหล็กรูปพรรณที่ได้รับการออกแบบตามมาตรฐาน มยผ. 1304-61
- 1.2.3 ข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ใช้สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กที่มีกำลังครากระบุต่ำสุดไม่เกิน 490 เมกะปาสกาล นอกจากนี้ คานหรือแฉกแนงที่คาดว่าจะมีพฤติกรรมแบบอินอีลาสติก จะต้องมีการกำลังครากระบุต่ำสุดไม่เกิน 380 เมกะปาสกาล
- 1.2.4 รายละเอียดรอยต่อเชื่อมและการเชื่อมรอยต่อที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบต้านแรงแผ่นดินไหวและรอยต่อเชื่อมรับน้ำหนักบรรทุกทุกแบบสถิติให้เป็นไปตามข้อกำหนดของที่ระบุในมาตรฐาน AWS D1.1 รวมถึงมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง
- 1.2.5 ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและสุขภาพไม่อยู่ในขอบข่ายของมาตรฐานนี้

1.3 มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

- 1.3.1 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กโครงสร้างรูปพรรณเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1304-61)”, 2561.
- 1.3.2 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (มยผ. 1562-51)”, 2551.
- 1.3.3 กรมโยธาธิการและผังเมือง, “มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี (มยผ. 1565-51)”, 2551.

- 1.3.4 American Institute of Steel Construction (AISC), “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (AISC 341)”, 2022.
- 1.3.5 American Institute of Steel Construction (AISC), “Prequalified Connections for Special and Intermediate Moment Frames for Seismic Applications (AISC 358)”, 2022.
- 1.3.6 American Society for Nondestructive Testing (ASNT), “Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing (ASNT SNT-TC-1A)”, 2020.
- 1.3.7 American Society for Nondestructive Testing (ASNT), “Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel (ASNT CP-189)”, 2020.
- 1.3.8 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Carbon Structural Steel (ASTM A36)”, 2019.
- 1.3.9 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (ASTM A370)”, 2023.
- 1.3.10 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Specification for Steel Bars, Carbon, Merchant Quality, M-Grades (ASTM A575)”, 2020.
- 1.3.11 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials (ASTM E23)”, 2023.
- 1.3.12 American Society for Testing and Materials (ASTM), “Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials (ASTM E92)”, 2017.
- 1.3.13 American Welding Society (AWS), “Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination (AWS A2.4)”, 2020.
- 1.3.14 American Welding Society (AWS), “Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding (AWS A4.3-93 (R2006))”, 2006.
- 1.3.15 American Welding Society (AWS), “Welding and Brazing Consumables Procurement of Filler Metals and Fluxes (AWS A5.01M/A5.01)”, 2019.
- 1.3.16 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (AWS A5.1/A5.1M)”, 2012.
- 1.3.17 American Welding Society (AWS), “Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding (AWS A5.5/A5.5M)”, 2014.
- 1.3.18 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (AWS A5.17/A5.17M)”, 2019.
- 1.3.19 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding (AWS A5.18/A5.18M)”, 2005.
- 1.3.20 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding (AWS A5.20/A5.20M:2005 (R2015))”, 2015.
- 1.3.21 American Welding Society (AWS), “Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc Welding (AWS A5.23/A5.23M)”, 2011.

- 1.3.22 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding (AWS A5.25/A5.25M)”, 2009.
- 1.3.23 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Electrodes for Electrogas Welding (AWS A5.26/A5.26M)”, 2020.
- 1.3.24 American Welding Society (AWS), “Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding (AWS A5.28/A5.28M)”, 2020.
- 1.3.25 American Welding Society (AWS), “Specification for Low-Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding (AWS A5.29/A5.29M)”, 2010.
- 1.3.26 American Welding Society (AWS), “Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Arc Welding (AWS A5.36/A5.36M)”, 2012.
- 1.3.27 American Welding Society (AWS), “Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (AWS B4.0)”, 2016.
- 1.3.28 American Welding Society (AWS), “Specification for the Qualification of Welding Inspectors (AWS B5.1)”, 2013.
- 1.3.29 American Welding Society (AWS), “Criteria for Describing Oxygen-Cut Surfaces, and Oxygen Cutting Surface Roughness Gauge (AWS C4.1:1997 (R2010))”, 2010.
- 1.3.30 American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Steel (ANSI/AWS D1.1/D1.1M)”, 2020.
- 1.3.31 American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Seismic Supplement (ANSI/AWS D1.8/D1.8M)”, 2021.
- 1.3.32 American Welding Society (AWS), “Standard for AWS Certification of Welding Inspectors (AWS QC1)”, 2016.
- 1.3.33 Canadian Standards Association (CSA), “Certification of Welding Inspectors (CSA W 178.2)”, 2018.
- 1.3.34 International Organization for Standardization (ISO), “Non-destructive Testing Qualification and Certification of NDT Personnel (ISO 9712)”, 2021.

บทที่ 2 นิยาม

2.1 นิยาม

“กรรมวิธีการเชื่อม” (welding process) หมายถึง วิธีการเฉพาะอย่าง เช่น การเชื่อมทิก โดยใช้หลักการทางโลหวิทยา ทางไฟฟ้า ทางกายภาพ ทางเคมี หรือทางกล

“การเชื่อม” (welding) หมายถึง การทำให้โลหะงานตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปติดกันเป็นชิ้นเดียวกันด้วยวิธีการหลอมละลายโดยใช้ความร้อน อาจใช้หรือไม่ใช้ลวดเชื่อมขึ้นกับลักษณะรอยต่อ หรือการทำให้โลหะติดกันในสภาวะของของแข็ง (solid state welding) โดยใช้ความร้อนหรือใช้แรงสั่นสะเทือนทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่และใช้แรงอัด (pressure) กดอัดให้เนื้อโลหะงานติดกันโดยโลหะงานไม่หลอมละลายและไม่ต้องใช้ลวดเชื่อม

“การเซาะด้านหลัง” (backgouged) หมายถึง กระบวนการในการเจียหรือการตัดด้วยความร้อนที่เกิดจากการอาร์กของคาร์บอน (air carbon arc cutting) ที่รากเชื่อม (root) ของรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอด

“การตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ” (visual examination) หมายถึง วิธีการตรวจสอบโดยไม่ทำลายเพื่อหารอยบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นด้วยสายตา

“การทดสอบดัดโค้งตามแบบ” (guided bend test) หมายถึง การทดสอบดัดโค้งโดยการดัดขึ้นทดสอบตามแบบที่กำหนด

“การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง” (ultrasonic testing, UT) หมายถึง การทดสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงตั้งแต่ 1 ถึง 6 เมกะเฮิรตซ์ ส่งเข้าไปในรอยเชื่อม แล้วตรวจจับคลื่นที่สะท้อนกลับจากรอยบกพร่อง เวลาที่ใช้ในการสะท้อนกลับและความแรงของคลื่นสะท้อนจะใช้เพื่อประเมินตำแหน่งและขนาดของรอยบกพร่องได้

“การทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก” (magnetic particle testing, MT) หมายถึง วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายบนชิ้นงานที่สามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้ โดยการทดสอบต้องทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็กและโรยผงแม่เหล็กลงไปในผิวชิ้นงาน ผงแม่เหล็กจะเกาะบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กรั่วออกมาเนื่องจากความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity) ที่ผิวหรือใต้ผิวชิ้นงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ทำให้สามารถตรวจพบรอยบกพร่องที่ผิวหรือใต้ผิวได้

“การทดสอบด้วยรังสี” (radiographic testing, RT) หมายถึง การฉายรังสีผ่านทะลุเนื้อโลหะและแนวเชื่อมเข้าไปหาฟิล์ม ปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบและทำปฏิกิริยาบนฟิล์มขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีของโลหะและรอยบกพร่อง รอยบกพร่องที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าเนื้อโลหะ จะปรากฏอยู่ในฟิล์มเป็นบริเวณที่มีความเข้มสูง

“การทดสอบด้วยสารแทรกซึม” (liquid penetrant testing, PT) หมายถึง การใช้สารแทรกซึมหารอยบกพร่องจากผิวของรอยเชื่อมหรือผิวของชิ้นงาน สารแทรกซึม (liquid penetrant) จะแทรกซึมเข้าไปในรอยบกพร่องที่เป็นโพรงช่องว่างของเนื้อโลหะที่ทำการทดสอบ โดยอาศัยหลักการของการแทรกซึมเข้าช่องว่างขนาดเล็ก (capillary action) ความสามารถในการแทรกซึมจะขึ้นอยู่กับความตึงผิว ความหนืด และความสามารถในการเปียกผิวชิ้นงาน (wetting ability) ของการแทรกซึมนั้น เมื่อขจัดสารแทรกซึมส่วนเกินที่อยู่ตามผิวภายนอกชิ้นงานออกแล้วใช้สารดูดซับสารแทรกซึมที่ตกค้างภายในรอยบกพร่องออกมา จะทำให้สามารถทดสอบพบรอยบกพร่องที่มีอยู่ได้

“การทดสอบแบบไม่ทำลาย” (non-destructive testing, NDT) หมายถึง กระบวนการประเมินความสอดคล้องของวัสดุหรือชิ้นส่วนโครงสร้างตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพและการใช้งานในอนาคต ทำให้สามารถใช้งานวัสดุหรือชิ้นส่วนโครงสร้างต่อไปได้ตามปกติภายหลังการทดสอบ

“กำลังครากระบุต่ำสุด” (specified minimum yield strength) หมายถึง ขีดจำกัดล่างของกำลังครากระบุของวัสดุ ที่ระบุในมาตรฐาน

“ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม” (welding procedure specification, WPS) หมายถึง รายละเอียดวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย เช่น การเตรียมงาน พารามิเตอร์การเชื่อม เช่น กระแสไฟเชื่อม แรงดันอาร์ก อัตราเร็วการเชื่อม เป็นต้น ชนิดของอิเล็กโทรด ชนิดของชิ้นงาน การออกแบบรอยต่อ เทคนิคการเชื่อม ฯลฯ

“ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่ผ่านการทดสอบรับรองแล้ว” (prequalified WPS) หมายถึง ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมตามมาตรฐาน AWS D1.1 หัวข้อ 5 ที่ผ่านการทดสอบ ศึกษาวิจัย รวมถึงมีการรับรองคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางโลหะวิทยา (metallurgical properties)

“ขอบรอยเชื่อม” (toe) หมายถึง ขอบของแนวเชื่อมทั้งสองข้าง อาจเป็นรอยต่อแนวเชื่อมเดียวหรือแนวเชื่อมซ้อนแนว ขอบรอยเชื่อมมักจะเกิดจุดบกพร่องที่เรียกว่า รอยแหงขอบแนว (undercut) ทำให้ความแข็งแรงรอยต่อเชื่อมลดลงจำเป็นต้องเชื่อมซ่อมให้รอยต่อเชื่อมอยู่ในสภาพสมบูรณ์

“เขตปกป้อง” (protected zone) หมายถึง บริเวณที่เกิดความเครียดแบบไม่ยืดหยุ่นสูง ตามที่กำหนดในมาตรฐาน มยผ.1304-61 เช่น ตำแหน่งจุดหมุนพลาสติกในโครงต้านแรงดัด แต่ไม่รวมเขตแผงรอยต่อเสาและคาน (column – beam panel) ซึ่งเขตปกป้องต้องหลีกเลี่ยงสิ่งที่ก่อให้เกิดการกระจุกตัวของหน่วยแรง (stress concentration)

“ความไม่ต่อเนื่อง” (discontinuity) หมายถึง สิ่งผิดปกติใด ๆ ที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบ ๆ รอยเชื่อม ซึ่งอาจจะยอมรับได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสิน

“ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง” (weld access hole) หมายถึง ช่องเจาะในเอวที่ปลายคาน เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อระหว่างปีกของคานที่เจาะ และชิ้นส่วนต่อได้สะดวก

“ชิ้นทดสอบ” (test specimen) หมายถึง ชิ้นทดสอบมาตรฐานที่พร้อมที่จะทดสอบในการหาค่าคุณสมบัติทางกล โดยได้มาจากชิ้นงานทดสอบเท่านั้น

“ชิ้นทดสอบมาตรฐานเนื้อเชื่อม” (all-weld test specimen) หมายถึง ชิ้นทดสอบมาตรฐานซึ่งประกอบด้วยเนื้อเชื่อมแท้ ๆ ตรงบริเวณที่จะนำมาทดสอบ

“ช่างเชื่อม” (welder) หมายถึง ช่างที่ทำงานเชื่อมด้วยมือหรืองานเชื่อมกึ่งอัตโนมัติ

“ท่าเชื่อม” (welding position) หมายถึง การจัดวางตำแหน่งและทิศทางของรอยเชื่อมที่อยู่ในลักษณะจำกัดของมุมชั้น แนวเชื่อม และมุมหมุนแนวเชื่อม

“เนื้อเชื่อม” (weld metal) หมายถึง ส่วนผสมของเนื้อโลหะงานที่หลอมละลายรวมตัวกับลวดเชื่อมที่หลอมละลาย

“บันทึกการรับรองคุณสมบัติวิธีดำเนินการ (procedure qualification record, PQR) หมายถึง เอกสารที่แสดงข้อมูลผลการทดสอบและรับรองคุณสมบัติของวิธีดำเนินการเชื่อม รวมถึงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการควบคุมคุณภาพงานเชื่อม

“บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน” (heat affected zone, HAZ) หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

“ผู้ปฏิบัติงานเชื่อม” (welding operator) หมายถึง ผู้ควบคุมอุปกรณ์การเชื่อมอัตโนมัติ การเชื่อมควบคุมเชิงกล หรือการเชื่อมด้วยหุ่นยนต์

“ผู้ประกอบชิ้นงาน” (fabricator) หมายถึง ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการประกอบโครงสร้างเหล็กสำหรับงานก่อสร้าง

“ผู้รับจ้าง” (contractor) หมายถึง ผู้ที่จดทะเบียนเป็นผู้รับหรือประกอบงานก่อสร้าง

“แผนการประกันคุณภาพ” (quality assurance plan, QAP) หมายถึง คำอธิบายเป็นลายลักษณ์อักษรเกี่ยวกับการรับรองคุณสมบัติ กรรมวิธี การตรวจสอบคุณภาพ ทรัพยากร และบันทึก เพื่อให้โครงสร้างเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพของวิศวกร ข้อกำหนดของมาตรฐาน และเอกสารสัญญา

“แผ่นรองเชื่อม” (backing bar) หมายถึง วัสดุที่รองหลังรอยต่อเชื่อม

“แผ่นเสริมความหนา” (doublers) หมายถึง แผ่นเหล็กที่ติดเสริมขนานกับเอวของคานหรือเอวของเสา เพื่อเสริมกำลังในตำแหน่งที่มีแรงกระทำแบบเป็นจุด

“ฟลักซ์” (flux) หมายถึง วัสดุหรือสารเคมีที่หุ้มหรืออยู่ในแกนของอิเล็กโทรดเพื่อช่วยป้องกันการเกิดออกไซด์ ขณะเกิดการอาร์คหลอมละลายและให้ธาตุผสมเพิ่มสมบัติเชิงกลให้รอยต่อเชื่อม

“รอยเชื่อมแบบร่อง” หรือ “รอยเชื่อมต่อขนบากร่อง” (groove weld) หมายถึง รอยเชื่อมตรงรอยบากระหว่างชิ้นส่วนที่นำมาเชื่อมต่อ

“รอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอด” หรือ “รอยเชื่อมบากร่องแบบหลอมละลายสมบูรณ์เต็มความหนา” (complete joint penetration (CJP) groove weld) หมายถึง รอยเชื่อมแบบร่องจากทั้งสองด้าน หรือหนึ่งด้านบนแผ่นรองเชื่อม ที่มีเนื้อเชื่อมตลอดความหนาของรอยต่อ และการหลอมของเนื้อเชื่อมและโลหะงานตลอดความหนาของรอยต่อ

“รอยเชื่อมแบบร่องไม่ทะลุตลอด” หรือ “รอยเชื่อมบากร่องแบบหลอมละลายบางส่วน (partial joint penetration (PJP) groove weld) หมายถึง รอยเชื่อมแบบร่องที่ตั้งใจให้เนื้อเชื่อมไม่เต็มตลอดความหนาของรอยต่อ

“รอยเชื่อมแบบอุดรู” (plug weld) หมายถึง รอยเชื่อมซึ่งทำโดยการใส่โลหะเติมเชื่อมให้เต็มรูที่เตรียมไว้บนชิ้นงานชิ้นหนึ่ง เพื่อต่อชิ้นงานนี้ให้ติดกับผิวของชิ้นงานที่ซ้อนอยู่อีกด้านหนึ่งของรู

“รอยเชื่อมฟิลเลท” (fillet weld) หมายถึง รอยเชื่อมรูปทรงสามเหลี่ยมโดยไม่บากขอบชิ้นงาน ในการเชื่อมงานที่เป็นรอยต่อรูปตัวที ต่อมุม หรือ ต่อเกย

“รอยเชื่อมยึด” (tack weld) หมายถึง รอยเชื่อมที่ช่วยในการยึดหรือรักษาแนวของขอบไว้ระหว่างการเชื่อม

“รอยเชื่อมวิกฤติ” (demand critical weld) หมายถึง รอยเชื่อมตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มยผ. 1304-61 ซึ่งปกติรอยเชื่อมวิกฤติเป็นรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดที่อาจเกิดการร้าวและหน่วยแรงสูงภายใต้แรงแผ่นดินไหว การวิบัติของรอยเชื่อมวิกฤติอาจทำให้กำลังและสติเฟ่นสขของระบบต้านแรงแผ่นดินไหวลดลงอย่างมาก

“รอยบกพร่อง (defect)” หมายถึง สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบ ๆ รอยเชื่อมที่ไม่สามารถยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐานนี้ ซึ่งอาจมีผลต่อความมั่นคงแข็งแรงหรือความปลอดภัยในการใช้งาน

“ระบบต้านแรงแผ่นดินไหว” (seismic force resisting system) หมายถึง องค์อาคาร หรือกลุ่มขององค์อาคารที่ออกแบบมาเพื่อให้ต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวเป็นหลัก

“รากเชื่อม” หรือ “ฐานเชื่อม” (root of weld) หมายถึง บริเวณของเทียวยเชื่อมแรกที่อยู่ห่างจากช่างเชื่อมมากที่สุด

“โลหะงาน” (base metal) หมายถึง โลหะหรือโลหะผสมของวัสดุหรือชิ้นส่วนที่นำมาเชื่อมหรือบัดกรี

“โลหะเติม” (filler metal) หมายถึง โลหะที่เติมเข้าไประหว่างการเชื่อม การเชื่อมประสาน การหล่อประสาน หรือการพอกผิว

“วัสดุเชื่อมสิ้นเปลือง” (welding consumables) หมายถึง วัสดุทุกอย่างที่ใช้สิ้นเปลืองไปในระหว่างการเชื่อม

“สแลก” (slag) หมายถึง ฟลักซ์ที่เย็นตัวลงและแข็งตัวเคลือบผิวรอยเชื่อมภายหลังจากการเชื่อม และต้องกำจัดออกก่อนการตรวจสอบรอยเชื่อม

“ส่วนเสริมความแข็งแรงของแนวเชื่อม” (weld reinforcement) หมายถึง เนื้อเชื่อมที่เกินกว่าปริมาณที่จำเป็นสำหรับการอุดรอยต่อ

“อุณหภูมิใช้งานต่ำสุดที่คาดการณ์ไว้” (lowest anticipated service temperature, LAST) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดในรอบวัน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานนี้หรือใช้ค่าอื่นที่เหมาะสมตามที่กำหนดโดยวิศวกร

“อุณหภูมิระหว่างเทียวเชื่อม” (interpass temperature) หมายถึง อุณหภูมิของแนวเชื่อมและโลหะงานส่วนที่อยู่ติดกันก่อนที่จะเริ่มการเชื่อมเทียวต่อไป

“เอกสารสัญญา” (contract document) หมายถึง มาตรฐาน ข้อกำหนด แบบร่าง (drawing) หรือข้อกำหนดอื่นเพิ่มเติมที่ระบุไว้ในสัญญา

2.2 สัญลักษณ์และคำย่อ

CVN	=	ความแกร่งชาร์ปี (Charpy V-notch)
EGW	=	การเชื่อมอิเล็กโทรแก๊ส (electro gas welding)
ESW	=	การเชื่อมอิเล็กโทรสแลก (electroslag welding)
FCAW	=	การเชื่อมอาร์กด้วยลวดฟลักซ์คอร์ (flux cored arc welding)
GMAW	=	การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สปกคลุม (gas metal arc welding)
GTAW	=	การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สปกคลุม (gas tungsten arc welding)
SAW	=	การเชื่อมอาร์กใต้ฟลักซ์ (submerged arc welding)
SMAW	=	การเชื่อมด้วยอิเล็กโทรดหุ้มฟลักซ์ (shielded metal arc welding)

บทที่ 3

ความรับผิดชอบ

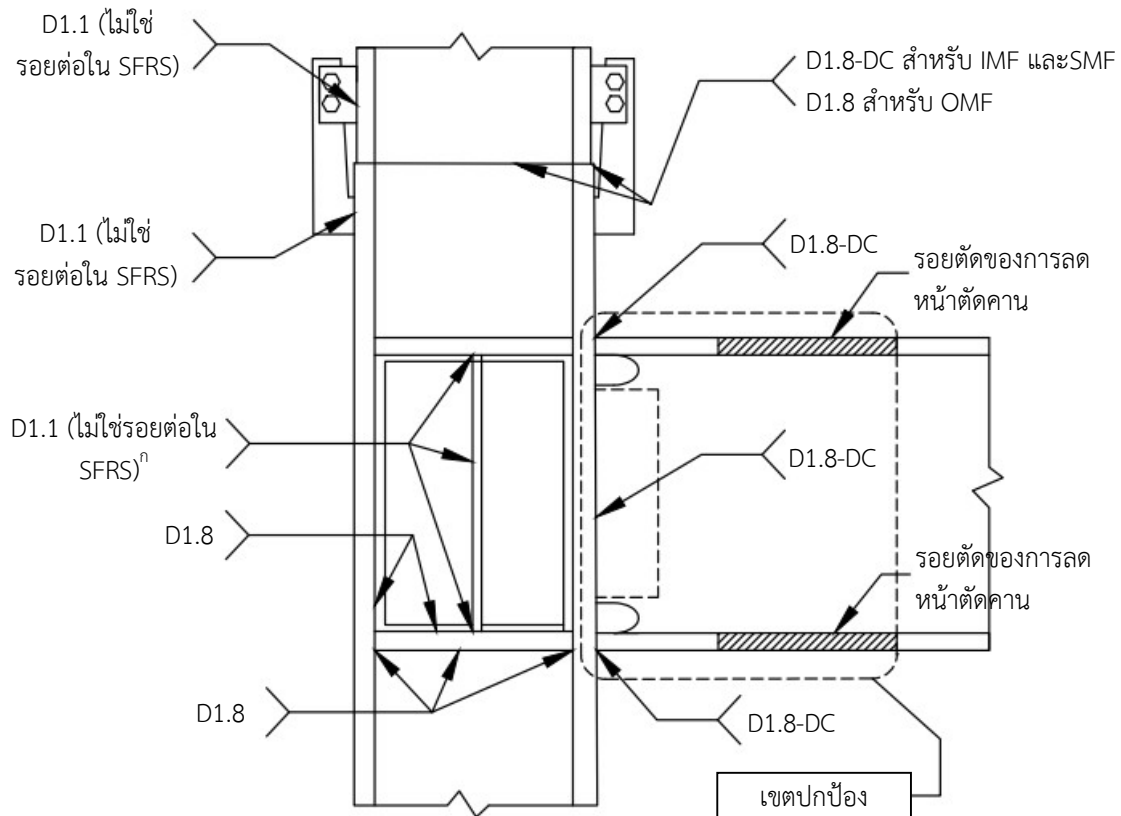
3.1 ความรับผิดชอบของวิศวกร

ในแบบรายละเอียดโครงสร้างหรือเอกสารสัญญา วิศวกรออกแบบโครงสร้างต้องระบุข้อมูล ดังนี้

- (1) รูปร่างรอยต่อและข้อกำหนดวัสดุ
- (2) ชิ้นส่วนองค์อาคารที่เป็นระบบต้านแรงแผ่นดินไหว
- (3) ตำแหน่งในระบบต้านแรงแผ่นดินไหวที่ต้องมีการประกอบ การควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพ รอยเชื่อมตามมาตรฐานนี้ เช่น ตำแหน่งของเขตปกป้องขององค์อาคาร รอยเชื่อมที่เป็นรอยเชื่อมวิกฤติ ตำแหน่งที่ต้องนำแผ่นรองเชื่อมออก และตำแหน่งที่ต้องเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลัง ตามข้อกำหนดของ มาตรฐาน มยผ. 1304-61 มาตรฐาน AISC 341 หรือมาตรฐาน AISC 358 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.1 ถึง 3.3

นอกจากนี้ วิศวกรควรระบุข้อมูลเพิ่มเติมในแบบรายละเอียดโครงสร้างหรือเอกสารสัญญาเพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานและมีความเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของโครงการ โดยที่ข้อมูลดังกล่าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) ตำแหน่งและรูปร่างของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง โดยอนุโลมให้ใช้รายละเอียดทั่วไปได้ตามที่ระบุไว้ในข้อ 6.11
- (2) ค่า LAST ของโครงสร้าง
- (3) แผนการประกันคุณภาพสำหรับโครงการ
- (4) การทดสอบแบบไม่ทำลาย (non-destructive testing, NDT) เพิ่มเติมที่ไม่ได้ระบุไว้ในมาตรฐานนี้
- (5) เกณฑ์การยอมรับของรอยเชื่อมที่อยู่นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้
- (6) ข้อกำหนดเพิ่มเติมใด ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ในมาตรฐานนี้ แต่ผ่านการพิจารณาแล้วว่ามีความจำเป็นต้องนำมาปรับใช้เพื่อให้เหมาะสมกับโครงการ

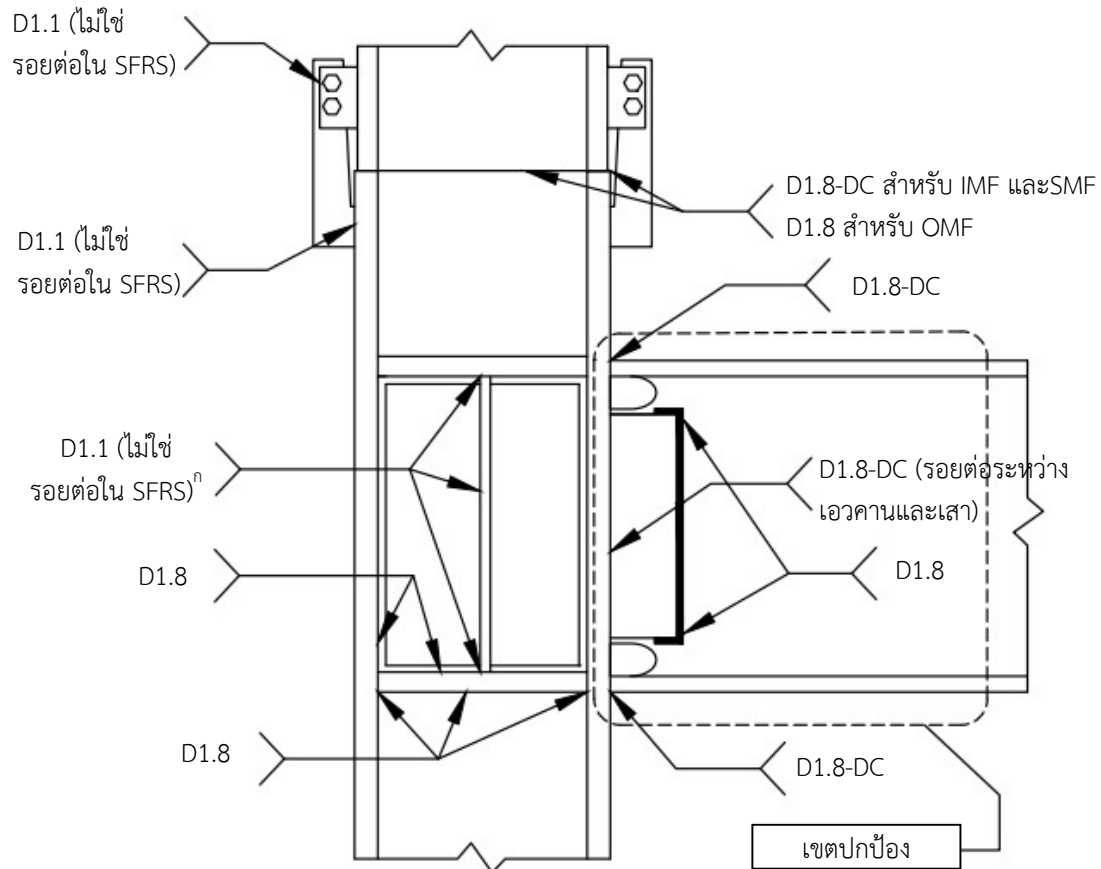


¹ ในตัวอย่างที่แสดง องค์อาคารที่มาต่อในแกนรองไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ SFRS

หมายเหตุ:

1. SFRS หมายถึง ระบบต้านแรงแผ่นดินไหว
2. OMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดธรรมดา
3. IMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวปานกลาง
4. SMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษ
5. D1.8-DC หมายถึง รอยต่อที่ปกติเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้
6. D1.8 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฉบับนี้ แต่โดยทั่วไปจะไม่ถือเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ
7. D1.1 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรอยต่อลดหน้าตัดคาน

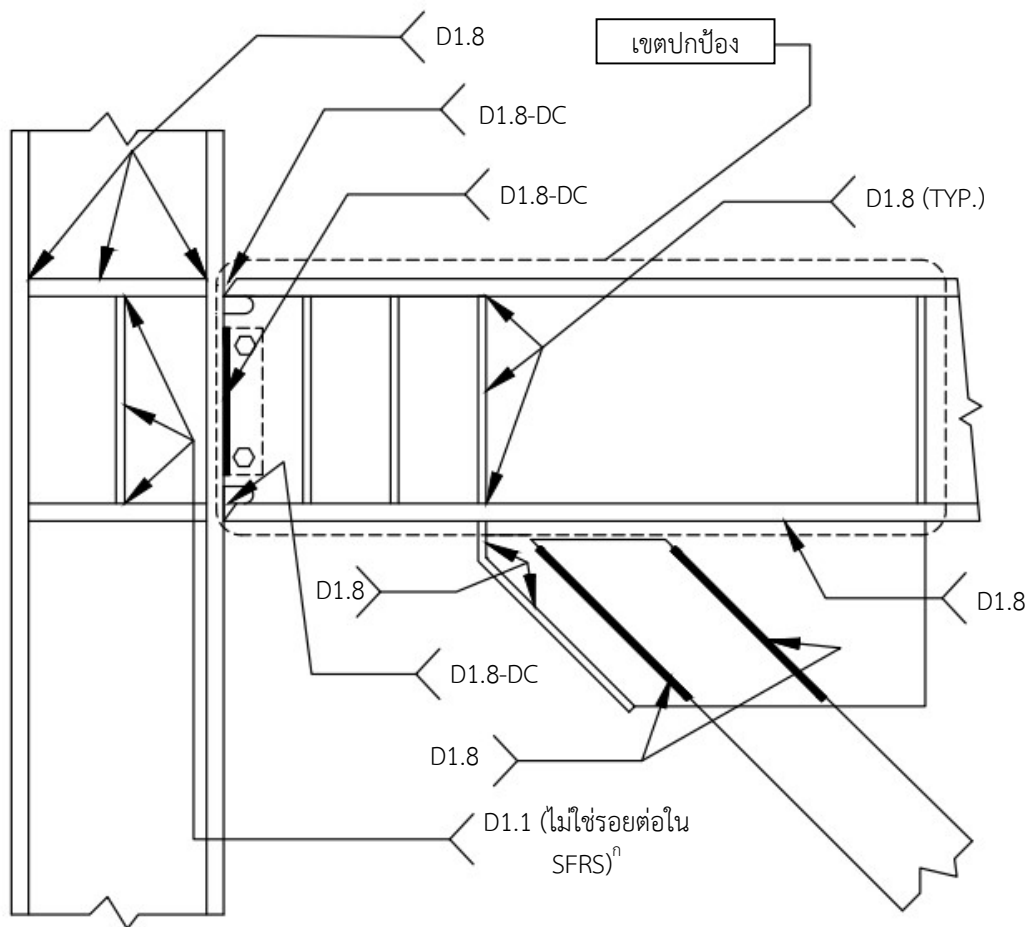


^๙ ในตัวอย่างที่แสดง องค์อาคารที่มาต่อในแกนรองไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ SFRS

หมายเหตุ:

1. SFRS หมายถึง ระบบต้านแรงแผ่นดินไหว
2. OMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดธรรมดา
3. IMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวปานกลาง
4. SMF หมายถึง โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวพิเศษ
5. D1.8-DC หมายถึง รอยต่อที่ปกติเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้
6. D1.8 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฉบับนี้ แต่โดยทั่วไปจะไม่ถือเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ
7. D1.1 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างรอยต่อยึดแผ่นเอวและแผ่นปีกด้วยรอยเชื่อมไม่เสริมกำลัง (WUF-W)



^กในตัวอย่างที่แสดง องค์อาคารที่มาต่อในแกนรองไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ SFRS

หมายเหตุ:

1. D1.8-DC หมายถึง รอยต่อที่ปกติเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้
2. D1.8 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานฉบับนี้ แต่โดยทั่วไปจะไม่ถือเป็นรอยเชื่อมวิกฤติ
3. D1.1 หมายถึง รอยต่อที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรอยต่อของโครงแกนแบบเยื้องศูนย์

3.2 ความรับผิดชอบของผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้าง

ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างจะต้องจัดให้มีการตรวจสอบตามความจำเป็น เพื่อให้วัสดุที่ใช้ในการเชื่อมและทักษะการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเป็นไปตามข้อกำหนดในเอกสารสัญญา โดยที่ข้อกำหนดในเอกสารสัญญาต้องระบุรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมในโรงงานและการเชื่อมที่หน้างานโครงการไว้อย่างชัดเจน

สำหรับกรณีที่มาตรฐานนี้หรือแผนการประกันคุณภาพกำหนดให้ต้องจัดเก็บเอกสาร ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างจะต้องจัดเก็บเอกสารไว้เป็นเวลอย่างน้อยหนึ่งปีภายหลังจากการก่อสร้างเสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์ ซึ่งเอกสารดังกล่าวจะต้องอยู่ในสถานะเตรียมพร้อมหากมีการเรียกตรวจหรือร้องขอโดยวิศวกรหรือผู้ตรวจสอบ นอกจากนี้ ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องจัดเก็บสำเนาของเอกสารที่ยื่นให้กับวิศวกรตามแผนการประกันคุณภาพ

3.2.1 ใบรับรองวัสดุในการเชื่อม

ใบรับรองสำหรับอิเล็กโทรด ฟลักซ์ และแก๊สคลุม ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS A5 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง

3.2.2 การรับรองการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน

การรับรองโลหะเดิมที่ใช้ในรอยเชื่อมวิกฤติให้เป็นไปตามข้อกำหนดการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน ตามข้อ 6.2.1 และภาคผนวก ก โดยที่ผู้ผลิตโลหะเดิมเป็นผู้จัดเตรียมข้อมูล และสำหรับกรณีที่คุณผลิตโลหะเดิมไม่ได้ทำการให้ข้อมูลดังกล่าว ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องจัดให้มีการทดสอบตามที่จำเป็นและจัดทำรายงานผลการทดสอบร่วมด้วย

3.2.3 เอกสารข้อมูลผลิตภัณฑ์

สำหรับกรณีที่มีการเชื่อม GMAW ด้วยอิเล็กโทรดคอมโพสิต (composite-cored electrode) และกรณีที่มีการใช้อิเล็กโทรด FCAW และ SMAW ทั้งหมด เอกสารข้อมูลหรือบัญชีรายชื่อของผู้ผลิตโลหะเดิมที่แนบมาพร้อมกับข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมจะต้องแสดงรายละเอียดการรวมพารามิเตอร์การเชื่อมที่แนะนำหรือการรวมพารามิเตอร์การเชื่อมสำหรับกรณีทั่วไป และในกรณีที่มีข้อแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ การเผยแผ่ และการอบ ให้แสดงข้อมูลดังกล่าวร่วมด้วย

3.2.4 ปริมาณไฮโดรเจนที่แพร่ซึม

ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องจัดเก็บเอกสารที่แสดงว่าโลหะเดิมเป็นไปตามข้อกำหนดไฮโดรเจนที่เกี่ยวข้องในข้อ 6.1.2

3.2.5 การขยายระยะเวลาการเผยแผ่ของเนื้อเชื่อม FCAW

ในกรณีที่มีการขยายขีดจำกัดการเผยแผ่ของโลหะเดิมตามข้อ 6.4.3 ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องจัดเก็บเอกสารการทดสอบตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในภาคผนวก ง

3.2.6 ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างถือเป็นผู้รับผิดชอบในรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดวิธีการเชื่อมทั้งหมด นอกจากนี้ วิธีการเชื่อมต้องได้รับการออกแบบตามหลักวิศวกรรมการเชื่อม

3.2.7 เอกสารการทดสอบคุณสมบัติช่างเชื่อมเพิ่มเติม

ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องจัดเก็บเอกสารที่แสดงว่า ช่างเชื่อมที่ทำการเชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติแบบร่องทะลุตลอดของแผ่นปิกกลางคานกับเสาแบบรอยต่อรูปตัวทีผ่านการทดสอบรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมเพิ่มเติม สำหรับการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึง ตามรายละเอียดในภาคผนวก ค

3.2.8 เอกสารการรับรองคุณสมบัติของผู้ตรวจสอบรอยเชื่อม

ผู้ประกอบการหรือผู้รับจ้างต้องจัดเก็บเอกสารที่แสดงว่าผู้ตรวจสอบการเชื่อมและช่างเทคนิคปฏิบัติการ NDT ตามแผนการประกันคุณภาพรอยเชื่อมเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้

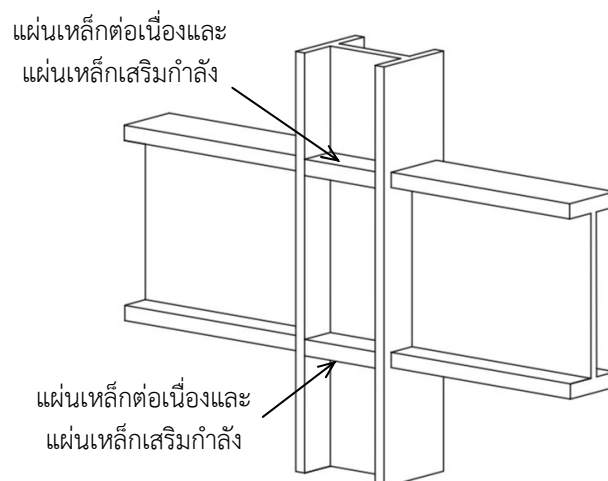
บทที่ 4

รายละเอียดรอยต่อเชื่อม

บทนี้ให้ข้อกำหนดของรายละเอียดรอยต่อเชื่อมในระบบต้านแรงแผ่นดินไหวเพิ่มเติมจากข้อกำหนดของมาตรฐาน มยผ. 1304-61 และข้อกำหนดรายละเอียดรอยต่อเชื่อมของมาตรฐาน AWS D1.1 ซึ่งประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) การบากมุมแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง (2) การเปลี่ยนแปลงความหนาและความกว้าง และ (3) รายละเอียดรอยต่อแผ่นเสริมความหนา

4.1 การบากมุมแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง

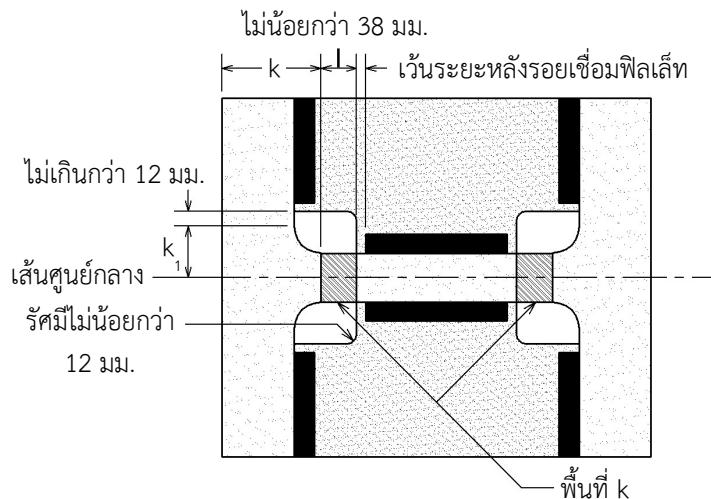
แผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง (ดูรูปที่ 4.1) มีหน้าที่ถ่ายแรงระหว่างรอยต่อเสาและคานตลอดจนการเพิ่มเสถียรภาพและกำลังของรอยต่อ อย่างไรก็ตาม บริเวณมุมของแผ่นเหล็กดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการกระจุกตัวของหน่วยแรง ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนารอยร้าวและส่งผลให้โครงสร้างเกิดการวิบัติได้ในที่สุด



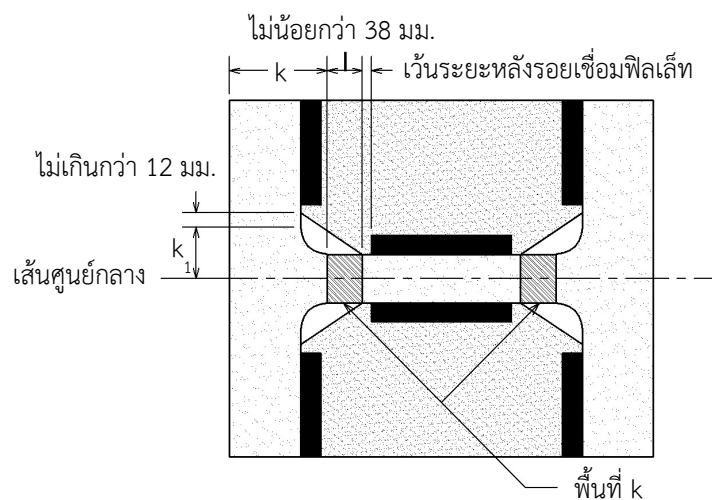
รูปที่ 4.1 แผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง

การบากมุมของแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามรูปที่ 4.2(ก) สำหรับการบากมุมโค้ง และรูปที่ 4.2(ข) สำหรับการบากมุมตรง

ในกรณีของรอยต่อรับแรงดึง ต้องจัดให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าตัดแบบลดหลั่น โดยที่ความชันของการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดต้องไม่เกินกว่า 1 ต่อ 2.5 ดังแสดงในรูปที่ 4.3 สำหรับการเปลี่ยนความหนา และรูปที่ 4.4 สำหรับการเปลี่ยนความกว้าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าตัดสามารถทำได้โดยลบมุมส่วนที่หนากว่า ทำปาลายสอบส่วนที่กว้างกว่า ทำให้เนื้อเชื่อมมีความลาดชัน หรืออาจพิจารณาการผสมผสานวิธีในข้างต้น



(ก) การบากมุมโค้ง



(ข) การบากมุมตรง

รูปที่ 4.2 การบากมุมของแผ่นเหล็กต่อเนื่องและแผ่นเหล็กเสริมกำลัง

4.1.1 ตามแนวแผ่นเอว

การบากมุมตามแนวแผ่นเอวต้องบากเลย ไม่น้อยกว่า 38 มิลลิเมตร จากระยะ k สำหรับหน้าตัดรีด

4.1.2 ตามแนวแผ่นปีก

การบากมุมตามแนวแผ่นปีกต้องบากไม่เกินกว่า 12 มิลลิเมตรจากระยะ k_1

4.1.3 การจัดตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับหยุดการเชื่อม

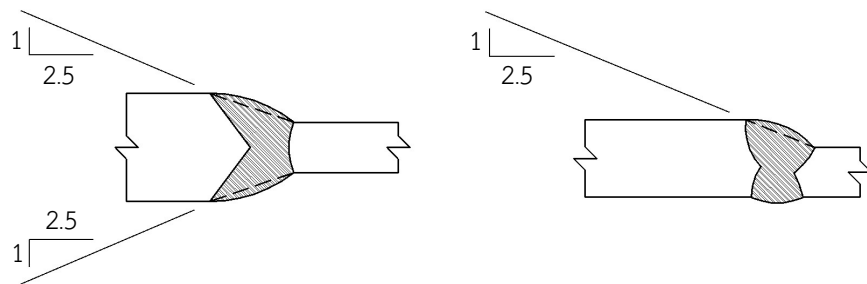
รายละเอียดการบากมุมต้องจัดให้มีตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับหยุดการเชื่อมสำหรับทั้งในกรณีรอยเชื่อมที่แผ่นปีก และรอยเชื่อมที่แผ่นเอว

4.1.4 การบากมุมแบบโค้ง

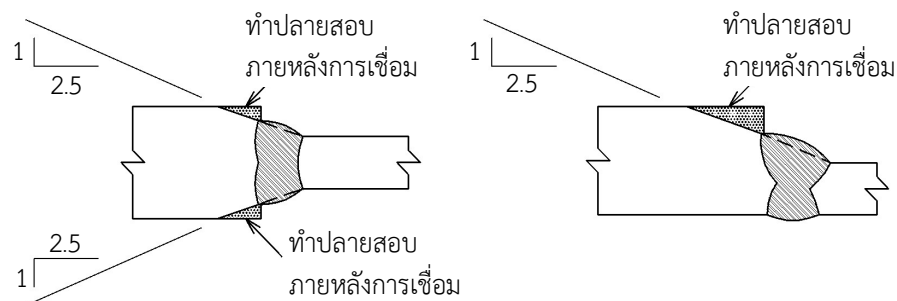
ในกรณีที่ใช้การบากมุมแบบโค้ง ต้องจัดให้มีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร

4.2 การเปลี่ยนแปลงความหนาและความกว้าง

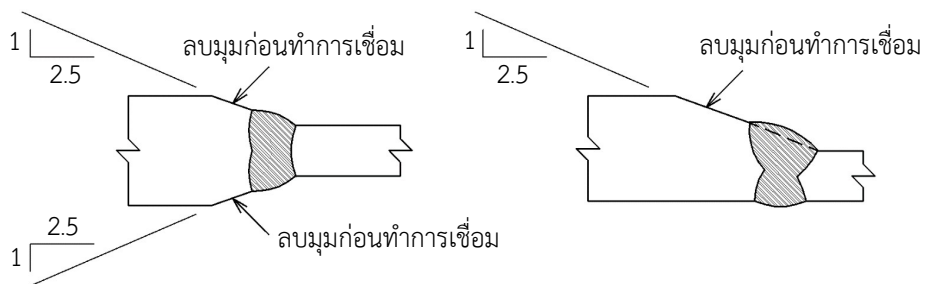
ในกรณีของรอยต่อชนรับแรงดึง ต้องจัดให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าตัดแบบลดหลั่น โดยที่ความชันของการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดต้องไม่เกินกว่า 1 ต่อ 2.5 ดังแสดงในรูปที่ 4.3 สำหรับการเปลี่ยนความหนา และรูปที่ 4.4 สำหรับการเปลี่ยนความกว้าง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดหน้าตัดสามารถทำได้โดยลบมุมส่วนที่หนากว่า ทำปลายสอบส่วนที่กว้างกว่า ทำให้เนื้อเชื่อมมีความลาดชัน หรืออาจพิจารณาการผสมผสานวิธีในข้างต้น



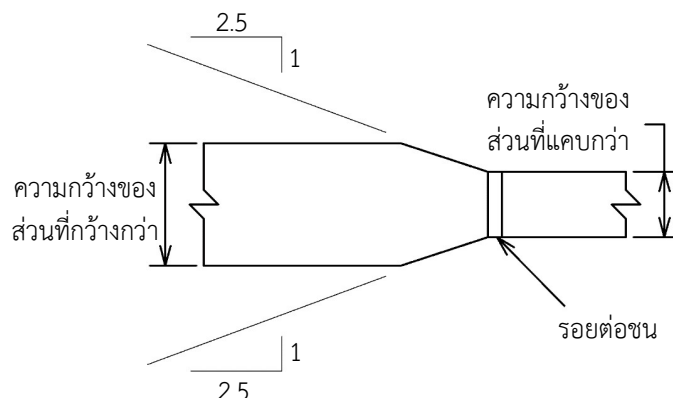
(ก) การเปลี่ยนแปลงโดยทำให้ผิวรอยเชื่อมมีความลาดเอียง



(ข) การเปลี่ยนแปลงโดยทำให้ผิวรอยเชื่อมมีความลาดเอียงร่วมกับการทำปลายสอบ



(ค) การเปลี่ยนแปลงโดยลบมุมส่วนที่หนากว่า
รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความหนาของรอยต่อชน



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงความกว้างของรอยต่อชน

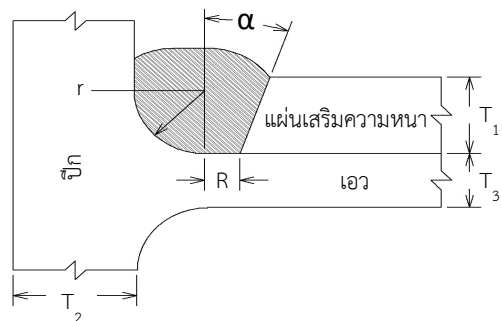
4.3 รายละเอียดรอยต่อแผ่นเสริมความหนา

ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่ผ่านการทดสอบรับรองแล้ว (prequalified WPS) อาจใช้สำหรับการเชื่อมแผ่นเสริมความหนากับเอว ปีก และส่วนโค้ง (fillets) ของหน้าตัดรีดร้อนได้ โดยให้เป็นไปตามรายละเอียดในรูปที่ 4.5

สำหรับกรณีที่มีมุมร่องการผลิต (production groove angle, α) หรือระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน (root opening, R) มีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ในรูปที่ 4.5 จะต้องจัดให้มีการทดสอบ ดังนี้

- (1) จัดให้มีการเชื่อมรอยต่อจำลองด้วยแผ่นเสริมความหนา เอว และปีก
- (2) แผ่นทดสอบการเชื่อมแผ่นเสริมความหนาจำลอง ต้องจัดให้มีทั้งระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงานและมุม α ในค่าที่น้อยที่สุดที่จะใช้ในการผลิต
- (3) ความหนาของแผ่นทดสอบการเชื่อมแผ่นเสริมความหนาจำลอง ต้องไม่น้อยกว่าความหนามากที่สุดของแผ่นเสริมความหนาที่ใช้ในการผลิต และต้องไม่เกิน 25 มิลลิเมตร
- (4) จัดเตรียมชิ้นทดสอบตามข้อ (3) เพื่อการทดสอบกัดขึ้นรอยมหัพภาค (macroetch tests) 3 การทดสอบ โดยเว้นระยะห่างประมาณ 100 มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 4.6) ชิ้นทดสอบต้องจัดเตรียมให้เหมาะสมสำหรับการทดสอบกัดขึ้นรอยมหัพภาค และต้องใช้สารละลายที่เหมาะสมในการกัดกร่อนเพื่อให้มองเห็นรายละเอียดของรอยเชื่อมชัดเจน

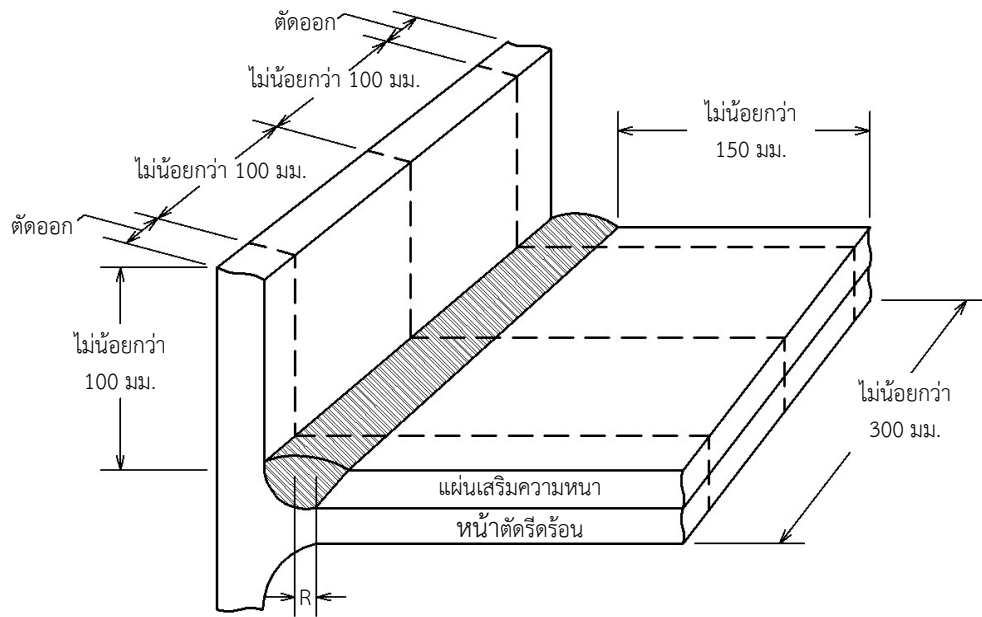
ขนาดของรอยต่อจำลองภายหลังการประกอบเป็นรอยต่อจริง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดความคลาดเคลื่อนตามการประกอบ (as fit-up tolerance) ที่กำหนดไว้ในรูปที่ 4.5



กรรมวิธีการเชื่อม	การระบุชื่อรอยต่อ	ความหนาของโลหะงาน (U = ไม่จำกัด)			การทำร่อง			ทำเชื่อมที่อนุญาต
		T ₁	T ₂	T ₃	ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน (R) รัศมีการพอก (r) มุมร่อง (α)	ความคลาดเคลื่อน		
						ตามที่ระบุ (มม.)	ตามการประกอบ (มม.)	
SMAW	DbIrr	U	U	U	R = 0*	+1.5, -0	±6	แนวราบ (F)
					r = ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	ไม่มี	ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	
					α = 20°	+10°, -0°	+10°, -5°	
GMAW FCAW	DbIrr-GF	U	U	U	R = 0*	+1.5, -0	±6	แนวราบ (F)
					r = ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	ไม่มี	ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	
					α = 30°	+10°, -0°	+10°, -5°	
SAW	DbIrr-S	U	U	U	R = 0*	+1.5, -0	±6	แนวราบ (F)
					r = ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	ไม่มี	ตามรัศมีของหน้าตัดรีดร้อน	
					α = 30°	+10°, -0°	+10°, -5°	

*ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน (R) คือ ระยะห่างระหว่างแนวสัมผัสของส่วนโค้งการพอกและจุดที่ใกล้ที่สุดของแผ่นเสริมความหนา

รูปที่ 4.5 รายละเอียดรอยต่อระหว่างแผ่นเสริมความหนาและปีกเสา



รูปที่ 4.6 การทดสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมแผ่นเสริมความหนา

4.3.1 เกณฑ์การยอมรับขึ้นทดสอบการทดสอบกัดขึ้นรอยมหัพภาค

ขึ้นทดสอบการทดสอบกัดขึ้นรอยมหัพภาค (macroetch specimen) ที่ได้รับการตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

- (1) ขึ้นทดสอบต้องไม่มีรอยร้าว
- (2) ขึ้นทดสอบในส่วนระหว่างชั้นของเนื้อเชื่อม รวมถึงในส่วนระหว่างเนื้อเชื่อมและโลหะงาน ต้องเกิดการหลอมสมบูรณ์
- (3) ขึ้นทดสอบต้องเกิดการหลอมสมบูรณ์ลึกลงไปถึงรากรอยต่อ แต่ไม่จำเป็นต้องหลอมลึกเกินกว่านั้น

บทที่ 5

การรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม

บทนี้ให้ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมที่เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติแบบร่องทะลุตลอดผ่านช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงของรอยต่อในระบบต้านแรงแผ่นดินไหว เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีกำลังและความเหนียวเพียงพอต่อการต้านแรงแผ่นดินไหว โดยที่บทนี้ประกอบด้วย 3 หัวข้อหลัก ดังนี้ (1) การทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม (2) ระยะเวลาการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อม และ (3) บันทึกการรับรองคุณสมบัติเชิงสมรรถนะของช่างเชื่อม

5.1 การทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม

5.1.1 การทดสอบที่ต้องการ

ช่างเชื่อมที่เชื่อมรอยเชื่อมในระบบต้านแรงแผ่นดินไหว ต้องผ่านการรับรองคุณสมบัติตามข้อกำหนดในมาตรฐาน AWS D1.1 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยหน่วยงานรับรองบุคลากรที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน หรือหน่วยงานอื่นที่ได้รับการยอมรับในสากล นอกจากนี้ช่างเชื่อมต้องผ่านการทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติม สำหรับการทดสอบการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงตามภาคผนวก ค ซึ่งการทดสอบดังกล่าวมีความจำเป็นสำหรับช่างเชื่อมที่ต้องทำการเชื่อมตามข้อกำหนดทุกข้อ ดังต่อไปนี้

- (1) รอยเชื่อมที่เป็นรอยเชื่อมวิกฤติแบบร่องทะลุตลอด
- (2) รอยต่อเชื่อมระหว่างปีกกลางคานและปีกเสา
- (3) รอยเชื่อมในร่องที่ต้องเชื่อมผ่านช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงบนเอวคาน

ช่างเชื่อมต้องผ่านการรับรองคุณสมบัติเพิ่มเติมจากหน่วยงานรับรองบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ผู้ประกอบชิ้นงาน หรือผู้รับจ้าง ทั้งนี้ ในกรณีที่ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างเป็นผู้ดำเนินการรับรอง จะต้องมีการรับรองบุคลากรที่เกี่ยวข้องร่วมกำกับดูแลการทดสอบด้วย

5.1.2 พารามิเตอร์การทดสอบ

การรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงต้องทำในท่าราบโดยใช้กรรมวิธีการเชื่อมที่จะใช้ในการทำงาน การทดสอบต้องใช้อัตราค่าเดิมไม่น้อยกว่าค่าที่ใช้ในการผลิตรอยต่อจริง

5.1.3 แผ่นรองเชื่อม

การรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงต้องใช้แผ่นรองเชื่อมประเภทเดียวกับที่จะใช้ในโครงการ ยกเว้นในกรณีของการทดสอบที่ไม่ใช้แผ่นรองเชื่อม สามารถใช้ในการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมที่ใช้แผ่นรองเชื่อมหลักในรอยต่อจริงได้ แต่

ในทางกลับกัน ไม่อนุญาตให้นำการทดสอบโดยใช้แผ่นรองเชื่อมเหล็กมาใช้อับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมแบบที่ไม่ใช่แผ่นรองเชื่อม

สำหรับกรณีการใช้แผ่นรองเชื่อมที่ไม่ได้ทำจากเหล็กหรือการไม่ใช้แผ่นรองเชื่อม ข้างเชื่อมต้องผ่านการรับรองคุณสมบัติโดยการให้ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงานที่กว้างที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ ในรอยต่อจริง และหากโครงการไม่มีการใช้แผ่นรองเชื่อม การทดสอบการรับรองคุณสมบัติต้องดำเนินการโดยไม่ใช้แผ่นรองเชื่อมเช่นเดียวกัน

5.1.4 ข้างเชื่อมรอยเชื่อมยึด

ข้างเชื่อมรอยเชื่อมยึดต้องผ่านการรับรองคุณสมบัติตามมาตรฐาน AWS D1.1 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยหน่วยงานรับรองบุคลากรที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม ข้างเชื่อมรอยเชื่อมยึดไม่จำเป็นต้องผ่านการทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการทดสอบการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงตามภาคผนวก ค

5.2 ระยะเวลาการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อม

การรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมโดยใช้การทดสอบการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงตามภาคผนวก ค จะมีผลบังคับใช้เป็นเวลา 36 เดือน ยกเว้นกรณี ดังต่อไปนี้

- (1) ข้างเชื่อมไม่ได้มีส่วนร่วมในกรรมวิธีการเชื่อมที่ข้างเชื่อมได้รับการรับรองคุณสมบัติเป็นระยะเวลาเกินกว่า 6 เดือน หรือ
- (2) มีข้อสงสัยอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถของข้างเชื่อม

ในกรณีที่ข้างเชื่อมต้องปฏิบัติงานในโครงการที่มีระยะเวลามากกว่า 36 เดือน การรับรองดังกล่าวจะยังมีผลบังคับใช้อยู่ ยกเว้นกรณีที่ข้อสงสัยอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถของข้างเชื่อม

5.3 บันทึกการรับรองคุณสมบัติเชิงสมรรถนะของข้างเชื่อม

บันทึกการรับรองคุณสมบัติสมรรถนะข้างเชื่อมสำหรับการทดสอบการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงตามภาคผนวก ค ต้องแสดงข้อมูลขั้นต่ำในลักษณะของตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้อง (applicable essential variables) ตามมาตรฐาน AWS D1.1 ดังแสดงในตารางที่ 5.1 รวมถึงข้อมูลดังต่อไปนี้

- (1) ประเภทของแผ่นรองเชื่อม สำหรับกรณีที่มีการใช้แผ่นรองเชื่อม
- (2) ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงานสูงสุด สำหรับกรณีที่ไม่มีการใช้แผ่นรองเชื่อม
- (3) มุมร่องต่ำสุด สำหรับกรณีที่ไม่มีการใช้แผ่นรองเชื่อม
- (4) อัตราการเติมสูงสุด

ตารางที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงตัวแปรจำเป็นเชิงสมรรถนะของบุคลากรการเชื่อมที่ต้องรับรองคุณสมบัติใหม่ (มาตรฐาน AWS D1.1)

การเปลี่ยนตัวแปรจำเป็น WPQR ที่ต้องรับรองคุณสมบัติใหม่	บุคลากรการเชื่อม		
	ช่างเชื่อม ^ก	ผู้ปฏิบัติงานเชื่อม ^{ก,ข}	ช่างเชื่อมรอยเชื่อมยึด
(1) สำหรับกรรมวิธีที่ไม่ได้รับการรับรอง (GMAW-S ถือเป็นกรรมวิธีที่แยกออกไป)	X	X	X
(2) สำหรับกรณีอิเล็กโทรด SMAW ที่มีหมายเลขชั้นคุณภาพ F (ตามตารางที่ 5.2) ในระดับที่สูงกว่าหมายเลขชั้นคุณภาพ F ของอิเล็กโทรด WPQR	X		X
(3) สำหรับท่าเชื่อมที่ไม่ผ่านการรับรอง	X	X	X
(4) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาที่ไม่ผ่านการรับรอง	X	X	
(5) สำหรับการเชื่อมในแนวตั้งที่ไม่ผ่านการรับรอง (แนวตั้งเชื่อมลงหรือแนวตั้งเชื่อมขึ้น)	X		
(6) สำหรับกรณีที่ไม่มีการใช้แผ่นรองเชื่อม (หากต้องใช้ในการทดสอบ WPQR)	X	X	
(7) สำหรับการใช้หลายอิเล็กโทรด (multiple electrodes) หากใช้อิเล็กโทรดเดี่ยว (single electrode) ในการทดสอบ WPQR แต่ไม่สามารถสลับใช้อิเล็กโทรดเดี่ยวแทนหลายอิเล็กโทรดได้		X ^ค	

^ก ช่างเชื่อมที่ผ่านการรับรองสำหรับ SAW GMAW FCAW หรือ GTAW ต้องได้รับการพิจารณาว่าเป็นผู้ปฏิบัติงานเชื่อมที่ผ่านการรับรองในกรรมวิธีเดียวกัน และอยู่ภายใต้ข้อจำกัดในส่วนตัวแปรจำเป็นของช่างเชื่อม

^ข รอยเชื่อมแบบร่องทำให้รอยเชื่อมอุดร่องผ่านการรับรอง สำหรับตำแหน่งที่ทำการทดสอบ WPQR และช่วงความหนาตามตารางที่ 6.11 ของมาตรฐาน AWS D1.1

^ค ไม่ครอบคลุมสำหรับกรณี ESW หรือ EGW

หมายเหตุ:

- สัญลักษณ์ “X” หมายถึง การบังคับใช้สำหรับบุคลากรการเชื่อม
- WPQR คือ บันทึกการรับรองคุณสมบัติเชิงสมรรถนะของช่างเชื่อม (welding performance qualification record)

ตารางที่ 5.2 กลุ่มการจำแนกประเภทอิเล็กโทรด (ดูตารางที่ 5.1)

ชื่อกลุ่ม	การจำแนกประเภทอิเล็กโทรด AWS
F4	EXX15, EXX16, EXX18, EXX48, EXX15-X, EXX16-X, EXX18-X
F3	EXX10, EXX11, EXX10-X, EXX11-X
F2	EXX12, EXX13, EXX14, EXX13-X
F1	EXX20, EXX24, EXX27, EXX28, EXX20-X, EXX27-X

หมายเหตุ: อักษร XX ในตารางนี้ แทนค่ากำลังดึงของอิเล็กโทรด เช่น 415 485 550 620 690 760 และ 830 เมกะปาสกาล (หรือเทียบเท่า 60 70 80 90 100 110 และ 120 กิโลปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ)

บทที่ 6

การประกอบ

บทนี้ให้ข้อกำหนดของโลหะเติม เนื้อเชื่อม ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม รายละเอียดการประกอบ การเชื่อม และการซ่อมแซมรอยต่อเชื่อม รวมถึงข้อห้ามและการซ่อมแซมของเขตปกป้องในระบบด้านแรง แผ่นดินไหว นอกจากนี้ อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการเชื่อมและการตัดด้วยความร้อนจะต้องได้รับการออกแบบให้เอื้ออำนวยต่อผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ตามขั้นตอนและบรรลุผลตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้ บทนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ (1) โลหะเติมและเนื้อเชื่อม (ข้อ 6.1) ส่วนนี้ให้ข้อกำหนดสำหรับโลหะเติมและเนื้อเชื่อมในระบบ ด้านแรงแผ่นดินไหว ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับโลหะเติมและเนื้อเชื่อมในรอยเชื่อมวิกฤติระบุไว้ในส่วนที่ 2 ของ บทนี้

ส่วนที่ (2) ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับโลหะเติมและเนื้อเชื่อมในรอยเชื่อมวิกฤติ (ข้อ 6.2 ถึงข้อ 6.4) ส่วนนี้ ให้ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับโลหะเติมและเนื้อเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติในระบบด้านแรงแผ่นดินไหว ข้อกำหนดสำหรับโลหะเติมและเนื้อเชื่อมทั้งหมดในระบบด้านแรงแผ่นดินไหวระบุในส่วนที่ 1 เนื้อหาในส่วนนี้ ประกอบด้วย (1) ขอบเขตการให้ความร้อน (2) การควบคุมรุ่นการผลิต และ (3) การบรรจุภัณฑ์ การเก็บ และการเผชิญของอิเล็กโทรด FCAW

ส่วนที่ (3) ข้อกำหนดวิธีการเชื่อม (ข้อ 6.5 ถึงข้อ 6.10) ส่วนนี้ให้ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมสำหรับการ เชื่อมระบบด้านแรงแผ่นดินไหว เนื้อหาในส่วนนี้ประกอบด้วย (1) กรรมวิธีการเชื่อม (2) ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม (3) อุณหภูมิระหว่างเชื่อมสูงสุด (4) การให้ความร้อน (5) ลำดับการเชื่อม ปีกล่างคาน และ (6) การระบุช่วงเชื่อม

ส่วนที่ (4) รายละเอียด (ข้อ 6.11 ถึงข้อ 6.17) ส่วนนี้ให้ข้อกำหนดสำหรับรายละเอียดการประกอบ การเชื่อม และการซ่อมแซมรอยต่อเชื่อมในระบบด้านแรงแผ่นดินไหว เนื้อหาในส่วนนี้ประกอบด้วย (1) ช่อง เปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง (2) ข้อกำหนดการเชื่อมยึด (3) การนำแผ่นรองเชื่อมออกและการปรับปรุงรากเชื่อม (4) รอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลังที่ตำแหน่งที่นำแผ่นรองเชื่อมออก (5) รอยเชื่อมฟิลเล็ทที่ตำแหน่งที่ไม่ได้นำแผ่นรอง เชื่อมออก (6) แผ่นต่อ และ (7) แผ่นกั้นปลาย (end dams)

ส่วนที่ (5) เขตปกป้อง (ข้อ 6.18) ส่วนนี้ให้ข้อกำหนดข้อห้ามเฉพาะของตัวยึด (attachments) และสิ่ง ช่วยเหลือการติดตั้ง และข้อกำหนดสำหรับการซ่อมแซมเขตปกป้องในระบบด้านแรงแผ่นดินไหว

6.1 โลหะเติมและเนื้อเชื่อม

รอยเชื่อมทั้งหมดที่ครอบคลุมในมาตรฐานนี้ ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 6.1 และในกรณีของรอยเชื่อม วิกฤติ ให้ใช้ข้อกำหนดเพิ่มเติมตามข้อ 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3 และ 6.3.1 ร่วมด้วย

6.1.1 คุณสมบัติตามข้อกำหนดมาตรฐาน

คุณสมบัติเชิงกลขั้นต่ำของโลหะเติมต้องเป็นไปตามตารางที่ 6.1 เมื่อทดสอบตามมาตรฐาน AWS A5 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 6.1 ข้อกำหนดคุณสมบัติเชิงกลของโลหะเติม

คุณสมบัติ	ชั้นคุณภาพ		
	490 เมกะปาสกาล	550 เมกะปาสกาล	620 เมกะปาสกาล
กำลังคราก (เมกะปาสกาล) ^ก	ไม่น้อยกว่า 400	ไม่น้อยกว่า 470	ไม่น้อยกว่า 540
กำลังดึง (เมกะปาสกาล)	ไม่น้อยกว่า 490	ไม่น้อยกว่า 550	ไม่น้อยกว่า 620
การยืด (ร้อยละ)	ไม่น้อยกว่า 22	ไม่น้อยกว่า 19	ไม่น้อยกว่า 17
ความแกร่งแบบชาร์ปี (จุล) ^ข	ไม่น้อยกว่า 27 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 27 ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 34 ที่อุณหภูมิ -29 องศาเซลเซียส

^ก ตรวจวัดโดยใช้หน่วยแรงพิสูจน์ที่ร้อยละ 0.2 (0.2% offset method)

^ข โลหะเติมที่ผ่านเกณฑ์ความแกร่งแบบชาร์ปี ภายใต้อุณหภูมิทดสอบที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดในตาราง จะถือว่าผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน

6.1.2 ระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึม

การทดสอบระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึมสำหรับอิเล็กโทรดทั้งหมด ตลอดจนชุดอิเล็กโทรดและฟลักซ์ (electrode-flux combinations) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 6.2

อิเล็กโทรดจะต้องมีระยะเวลาการเผยผึ่งไม่เกินกว่าข้อแนะนำของผู้ผลิต ข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1 หรือผลการทดสอบขีดจำกัดระยะเวลาเผยผึ่งตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ อิเล็กโทรดที่เผยผึ่งเกินกำหนดจะต้องนำไปอบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน AWS D1.1

ตารางที่ 6.2 ข้อกำหนดการทดสอบไฮโดรเจนที่แพร่ซึม

กรรมวิธี	ข้อกำหนดของโลหะเติม	ประเภทของโลหะเติม	การทดสอบมาตรฐาน	การทดสอบทางเลือก
SMAW	A5.1 / A5.1M	เหล็กกล้าคาร์บอน	การวัดปริมาณความชื้น ตาม AWS A5.1	H16 ตาม AWS A4.3 ^ก
	A5.5 / A5.5M	เหล็กกล้าผสมต่ำ	การวัดปริมาณความชื้น ตาม AWS A5.5	H16 ตาม AWS A4.3 ^ก
GMAW โดยใช้อิเล็กโทรดตัน	A5.18 / A5.18M	เหล็กกล้าคาร์บอน	ยกเว้น ^ข	
	A5.28 / A5.28M	เหล็กกล้าผสมต่ำ	ยกเว้น ^ข	
GMAW โดยใช้อิเล็กโทรดคอมโพสิต (composite (metal cored) electrode) ที่มีแกนกลางเป็นโลหะ	A5.18 / A5.18M	เหล็กกล้าคาร์บอน	H16 ตาม AWS A4.3	ไม่มี
	A5.28 / A5.28M	เหล็กกล้าผสมต่ำ	H16 ตาม AWS A4.3	ไม่มี
FCAW	A5.20 / A5.20M	เหล็กกล้าคาร์บอน	H16 ตาม AWS A5.20	ไม่มี
	A5.29 / A5.29M	เหล็กกล้าผสมต่ำ	H16 ตาม AWS A5.29	ไม่มี
SAW	A5.17 / A5.17M	เหล็กกล้าคาร์บอน	H16 ตาม AWS A4.3	ไม่มี
	A5.23 / A5.23M	เหล็กกล้าผสมต่ำ	H16 ตาม AWS A4.3	ไม่มี
EGW โดยใช้อิเล็กโทรดตัน	A5.26 / A5.26M	เหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าผสมต่ำ	ยกเว้น ^ข	
EGW โดยใช้อิเล็กโทรดคอมโพสิต	A5.26 / A5.26M	เหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าผสมต่ำ	ไม่กำหนด	ขึ้นกับข้อตกลงระหว่างผู้ประกอบการชิ้นงาน ผู้รับจ้าง และวิศวกร ^ค
ESW	A5.25 / A5.25M	เหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าผสมต่ำ	ไม่กำหนด	ขึ้นกับข้อตกลงระหว่างผู้ประกอบการชิ้นงาน ผู้รับจ้าง และวิศวกร ^ค

^ก อาจใช้การทดสอบทางเลือกแทนการทดสอบตามมาตรฐานตามทางเลือกของผู้ประกอบการชิ้นงานและผู้รับจ้าง

^ข โลหะเติมได้รับการยกเว้นจากการทดสอบปริมาณไฮโดรเจนที่แพร่ซึม

^ค ไม่มีมาตรฐานสำหรับการทดสอบไฮโดรเจนที่แพร่ซึมของโลหะเติมนี้

6.1.3 การรับรองคุณสมบัติและไฮโดรเจนที่แพร่ซึมตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

ใบรับรองความสอดคล้องซึ่งออกโดยผู้ผลิต ถือเป็นหลักฐานที่เพียงพอต่อการแสดงว่า อิเล็กโทรด หรือชุดอิเล็กโทรดและฟลักซ์ เป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 6.1.1 และ 6.1.2 โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบตัวอย่างโลหะเติมหรือรอยเชื่อมที่ผลิตขึ้น

6.1.4 การผสมโลหะเติม FCAW-S

ในกรณีที่ใช้โลหะเติม FCAW-S (flux cored arc welding-self shielded) ร่วมกับโลหะเติมในกรรมวิธีอื่น รวมถึง FCAW-G (flux cored arc welding-gas shielded) ต้องจัดให้มีการทดสอบความแข็งแรงรอยบากเพิ่มเติมตามภาคผนวก ข

6.2 ขอบเขตการให้ความร้อน

6.2.1 คุณสมบัติการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

โลหะเติมสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติต้องมีคุณสมบัติเชิงกลดังตารางที่ 6.3 โดยยึดตามการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมในภาคผนวก ก ยกเว้นโลหะเติมที่ปรากฏในตารางที่ 6.4 ซึ่งจะได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบตามภาคผนวก ก สำหรับกรณีที่ LAST มีค่าไม่น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 6.3 ข้อกำหนดคุณสมบัติเชิงกลสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติ

คุณสมบัติ	ชั้นคุณภาพ		
	490 เมกะปาสกาล	550 เมกะปาสกาล	620 เมกะปาสกาล
กำลังคราก (เมกะปาสกาล) ^ก	ไม่น้อยกว่า 400	ไม่น้อยกว่า 470	ไม่น้อยกว่า 540
กำลังดึง (เมกะปาสกาล)	ไม่น้อยกว่า 490	ไม่น้อยกว่า 550	ไม่น้อยกว่า 620
การยืด (ร้อยละ)	ไม่น้อยกว่า 22	ไม่น้อยกว่า 19	ไม่น้อยกว่า 17
ความแข็งแรงแบบชาร์ปี (จูล) ^{ข,ค}	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

^ก ตรวจวัดโดยใช้หน่วยแรงพิสูจน์ที่ร้อยละ 0.2 (0.2% offset method)

^ข ตารางนี้ใช้ได้กรณีที่ LAST มีค่าเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส สำหรับกรณีที่ LAST มีค่าน้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส ให้พิจารณาข้อกำหนดในข้อ

6.2.2 แทน

^ค ในกรณีที่จัดให้มีการทดสอบตามรายละเอียดในภาคผนวก ก แล้วพบว่าผลทดสอบมีค่าไม่น้อยกว่า 54 จูล ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด จะถือว่าผ่านเกณฑ์ในข้อกำหนดนี้เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 6.4 การจำแนกประเภทโลหะเติมที่ได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องทำการทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน เมื่อ LAST มากกว่าหรือเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส

ข้อกำหนดของโลหะเติม	กรรมวิธี	ชั้นคุณภาพ (เมกะปาสกาล)	ชั้นคุณภาพอิเล็กโทรดในระบบ SI	ชั้นคุณภาพอิเล็กโทรดในระบบ US
A5.1 / A5.1M	SMAW	490	E4918 และ E4918-1	E7018 และ E7018-1
A5.5 / A5.5M	SMAW	490	E4918-C3L	E7018-C3L
		550	E5518-C3	E8018-C3
A5.18 / A5.18M	GMAW	490	ER49S-X	ER70S-X
A5.28 / A5.28M	GMAW	550	ER55S-NiX	ER80S-NiX

6.2.2 การใช้งานรอยเชื่อมในสภาวะอุณหภูมิใช้งานต่ำสุดที่คาดการณ์ไว้

สำหรับกรณีของรอยเชื่อมวิกฤติในระบบต้านแรงแผ่นดินไหวที่มีอุณหภูมิใช้งานต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ภายหลังจากการก่อสร้างแล้วเสร็จ ต้องจัดให้รอยเชื่อมดังกล่าวมีค่าความแกร่งแบบชาร์ปี (CVN) ไม่น้อยกว่า 54 จูล (ตามข้อ 6.2.1) ภายใต้อุณหภูมิทดสอบดังนี้

- (1) ที่อุณหภูมิทดสอบไม่สูงเกินค่า LAST ไปมากกว่า 11 องศาเซลเซียส สำหรับโลหะเติมชั้นคุณภาพ 490 เมกะปาสกาล และ 550 เมกะปาสกาล
- (2) ที่ค่า LAST สำหรับโลหะเติมชั้นคุณภาพ 620 เมกะปาสกาล

อย่างไรก็ตาม ข้อยกเว้นที่ปรากฏในข้อ 6.2.1 และ 6.3.4 จะไม่อนุญาตให้ใช้สำหรับกรณีที่ LAST มีค่าน้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส

6.2.3 แหล่งทดสอบ

การทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมของโลหะเติมสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติตามที่ระบุไว้ในภาคผนวก ก ต้องดำเนินการโดยผู้ผลิตโลหะเติม ผู้ประกอบชิ้นงาน ผู้รับจ้าง หรือหน่วยงานกลางของภาครัฐหรือองค์กรวิชาชีพที่วิศวกรให้การยอมรับ นอกจากนี้ ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างจะต้องยืนยันว่าโลหะเติมที่จะนำมาใช้นั้นได้ผ่านการทดสอบแล้ว ไม่ว่าการทดสอบดังกล่าวจะดำเนินการโดยหน่วยงานใดก็ตาม

6.3 การควบคุมรุ่นการผลิต

6.3.1 รุ่นการผลิต

- (1) รุ่นการผลิตจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน AWS A5.01 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง
- (2) สำหรับรุ่นการผลิตที่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS A5.01 รุ่นการผลิตต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้
 - (ก) ชั้นคุณภาพ C3 หรือ C4 สำหรับอิเล็กโทรด SMAW
 - (ข) ชั้นคุณภาพ S3 หรือ S4 สำหรับอิเล็กโทรดตัน สำหรับ GMAW และ SAW
 - (ค) ชั้นคุณภาพ T3 หรือ T4 สำหรับ FCAW และอิเล็กโทรดคอมโพสิต สำหรับ GMAW และ SAW
 - (ง) ชั้นคุณภาพ F2 สำหรับฟลักซ์ SAW

6.3.2 การทดสอบรุ่นการผลิตโลหะเติม

โลหะเติมทุกรุ่นที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ทำรอยเชื่อมวิกฤติต้องผ่านการทดสอบที่สอดคล้องกับแนวทางดังนี้

- (1) การทดสอบประเภทโลหะเติมตามข้อกำหนดมาตรฐาน AWS A5 ที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง และ

(2) การทดสอบตามภาคผนวก ก

6.3.3 ทางเลือกอื่นในการทดสอบรุ่นการผลิตโลหะเติม

โลหะเติมที่ใช้ในรอยเชื่อมวิกฤติจะได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องดำเนินการทดสอบรุ่นการผลิตสำหรับกรณีดังต่อไปนี้

- (1) โลหะเติมได้รับการทดสอบอย่างน้อย 3 รุ่นการผลิตที่แตกต่างกันตามที่กำหนดไว้ในข้อ 6.3.1 สำหรับแต่ละชื่อทางการค้าและเส้นผ่านศูนย์กลางที่จะใช้ในการผลิต โดยดำเนินการทดสอบตามภาคผนวก ก และ
- (2) โลหะเติมได้รับการผลิตโดยผู้ผลิตที่ผ่านการตรวจสอบและรับรองโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (ASME) หน่วยงานตามแผนการประกันคุณภาพที่วิศวกรให้การยอมรับ

สำหรับกรณีที่ได้รับการยกเว้นจากการทดสอบรุ่นการผลิต ผู้ผลิตจะต้องดำเนินการทดสอบตามภาคผนวก ก อย่างน้อย 1 รุ่นการผลิตในระยะเวลาทุก 3 ปี สำหรับแต่ละชื่อทางการค้าและเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโทรดที่จะใช้ในการผลิต

6.3.4 การทดสอบสำหรับกรณีที่ได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องทดสอบรุ่นการผลิต

- (1) สำหรับกรณีที่ LAST มีค่าสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส โลหะเติมที่ระบุในตารางที่ 6.4 จะได้รับการยกเว้นให้ไม่ต้องทดสอบรุ่นการผลิต หากความแรงแบบชาร์ปีของเนื้อเชื่อมที่เติมด้วยอิเล็กโทรด ไม่น้อยกว่า 27 จูล ที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับ -18 องศาเซลเซียส เมื่อทดสอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS A5 ที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ กำหนดให้ใบรับรองที่ออกโดยผู้ผลิตจัดเป็นหลักฐานเพียงพอที่แสดงว่าโลหะเติมเป็นไปตามเกณฑ์ในข้อนี้
- (2) สำหรับกรณีที่ LAST มีค่าต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส การทดสอบสำหรับการยกเว้นให้ไม่ต้องทดสอบรุ่นการผลิตสำหรับโลหะเติมที่ระบุไว้ในตารางที่ 6.4 จะต้องทำที่อุณหภูมิไม่สูงเกินค่า LAST ไปมากกว่า 11 องศาเซลเซียส สำหรับโลหะเติมชั้นคุณภาพ 490 เมกะปาสกาล และ 550 เมกะปาสกาล และที่อุณหภูมิไม่เกินกว่าค่า LAST สำหรับโลหะเติมชั้นคุณภาพ 620 เมกะปาสกาล

6.4 การบรรจุภัณฑ์ การเก็บ และการเผยแผ่ของอิเล็กโทรด FCAW

ข้อกำหนดต่อไปนี้ใช้กับรอยเชื่อมวิกฤติ

6.4.1 สภาพบรรจุภัณฑ์

อิเล็กโทรดจะต้องอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันไม่ให้อิเล็กโทรดดูดซับความชื้น เมื่อนำออกจากบรรจุภัณฑ์ อิเล็กโทรดต้องสามารถเติมเนื้อเชื่อมได้โดยมีปริมาณไฮโดรเจนที่แพร่ซึมสูงสุดไม่เกินขีดจำกัดที่ระบุไว้ในข้อ 6.1.2 หากบรรจุภัณฑ์ของอิเล็กโทรดถูกเจาะหรือฉีกขาด

จะต้องนำอิเล็กโทรดไปทำให้แห้งตามข้อแนะนำของผู้ผลิต มิฉะนั้นจะไม่อนุญาตให้นำอิเล็กโทรดมาใช้เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติ

6.4.2 การดัดแปลงอิเล็กโทรด

ไม่อนุญาตให้มีการดัดแปลงหรือหล่อลื่น (lubrication) อิเล็กโทรดภายหลังการผลิต ยกเว้นการนำอิเล็กโทรดไปทำให้แห้งตามข้อแนะนำของผู้ผลิต

6.4.3 ชีตจำกัดระยะเวลาการเผยผึ่งสำหรับอิเล็กโทรด FCAW

ภายหลังการนำอิเล็กโทรดออกจากบรรจุภัณฑ์ ระยะเวลาการเผยผึ่งกับอากาศที่ยอมให้ของอิเล็กโทรด FCAW จะถูกจำกัดไว้ตามรายละเอียดดังนี้

- (1) ระยะเวลาการเผยผึ่งจะต้องไม่เกินกว่าที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งแนวทางดังกล่าวอ้างอิงจากการทดสอบการเผยผึ่งของอิเล็กโทรดที่ดำเนินการตามภาคผนวก ง
- (2) ในกรณีไม่มีข้อมูลการทดสอบในข้อ 6.4.3(1) อิเล็กโทรดอาจต้องจัดให้มีการทดสอบตามภาคผนวก ง และใช้ผลการทดสอบดังกล่าวเพื่อกำหนดขีดจำกัดการเผยผึ่ง
- (3) ในกรณีไม่มีข้อมูลการทดสอบจากทั้งข้อ 6.4.3(1) และ 6.4.3(2) ระยะเวลาการเผยผึ่งสะสมรวมของอิเล็กโทรด FCAW ต้องไม่เกินกว่า 72 ชั่วโมง นอกจากนี้ ระยะเวลาการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์หรือตู้ป้องกันจะต้องไม่รวมอยู่ในระยะเวลาการเผยผึ่งสะสม

6.4.4 อิเล็กโทรด FCAW ที่เผยผึ่งเกินกว่าขีดจำกัด

สำหรับกรณีของอิเล็กโทรดที่เผยผึ่งกับอากาศเป็นระยะเวลานานเกินกว่าขีดจำกัดตามข้อ 6.4.3 ต้องนำอิเล็กโทรดไปทำให้แห้งตามข้อแนะนำของผู้ผลิต มิฉะนั้นจะไม่อนุญาตให้นำอิเล็กโทรดมาใช้เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติ นอกจากนี้ ข้อแนะนำของผู้ผลิตอิเล็กโทรดต้องระบุข้อมูลในส่วนของระยะเวลา อุณหภูมิ และจำนวนรอบที่ยอมให้มีการอบแห้งอิเล็กโทรด

6.5 กรรมวิธีการเชื่อม

6.5.1 กรรมวิธีการเชื่อมที่อนุญาตให้ใช้เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติ

ในการเชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติ อนุญาตให้ใช้กรรมวิธีการเชื่อม SMAW FCAW และ SAW ได้ นอกจากนี้ กรรมวิธีการเชื่อม GMAW สามารถใช้เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติได้เช่นเดียวกัน ยกเว้นกรรมวิธีการเชื่อม GMAW ที่มีการถ่ายโอนไฟฟ้าแบบลัดวงจร (short circuit transfer)

6.5.2 กรรมวิธีการเชื่อมอื่นสำหรับเชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติ

กรรมวิธีการเชื่อมอื่นสามารถนำมาใช้เชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติได้หากเป็นไปตามเกณฑ์อย่างน้อยหนึ่งข้อดังต่อไปนี้

- (1) กรรมวิธีที่เป็นส่วนของรายละเอียดรอยต่อที่ผ่านการทดสอบรับรองแล้ว (prequalified connection details) ตามมาตรฐาน มยผ. 1304-61 หรือมาตรฐาน AISC 341

- (2) กรรมวิธีที่อนุญาตให้ใช้สำหรับรอยต่อตามมาตรฐาน มยผ. 1304-61 หรือมาตรฐาน AISC 358
- (3) กรรมวิธีที่ใช้ในการทดสอบการรับรองรอยต่อตามมาตรฐาน มยผ. 1304-61 หรือมาตรฐาน AISC 341
- (4) กรรมวิธีที่ได้รับการอนุมัติจากวิศวกรออกแบบการเชื่อม

6.6 ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

6.6.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมต้องเป็นข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่ผ่านการทดสอบรับรองแล้ว หรือได้รับการรับรองคุณสมบัติด้วยการทดสอบตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1 และเป็นไปตามข้อกำหนดเพิ่มเติมตามที่ปรากฏในมาตรฐานนี้

ในกรณีที่โครงการมีข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่ผ่านการทดสอบรับรองแล้ว อนุญาตให้ไม่ต้องจัดทำ PQR เพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม หากโครงการมีเพียงข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมฉบับร่างที่ยังไม่ผ่านการทดสอบ จะต้องดำเนินการจัดทำ PQR ร่วมด้วย

6.6.2 เนื้อหาข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมต้องระบุตัวแปรจำเป็นที่มีการใช้ทั้งหมดตามมาตรฐาน AWS D1.1 ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติต้องระบุตัวแปรจำเป็นเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- (1) ผู้ผลิตอิเล็กทรอนิกส์และชื่อทางการค้า
- (2) ตัวแปรหรือกลุ่มของตัวแปรที่แสดงขีดจำกัดการให้ความร้อนตามข้อ 6.8.1

6.6.3 ขีดจำกัดความเร็วอากาศ

6.6.3.1 กรรมวิธีการเชื่อมแก๊สคลุม

สำหรับการเชื่อมด้วยกรรมวิธีการเชื่อม GMAW และ FCAW-G ไม่อนุญาตให้ดำเนินการภายใต้สภาวะที่มีความเร็วลมเกินกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม อนุญาตให้ใช้ที่บังลมหรือที่กำบัง เพื่อป้องกันการทำงานเชื่อมภายใต้สภาวะที่มีความเร็วลมที่มากเกินไป

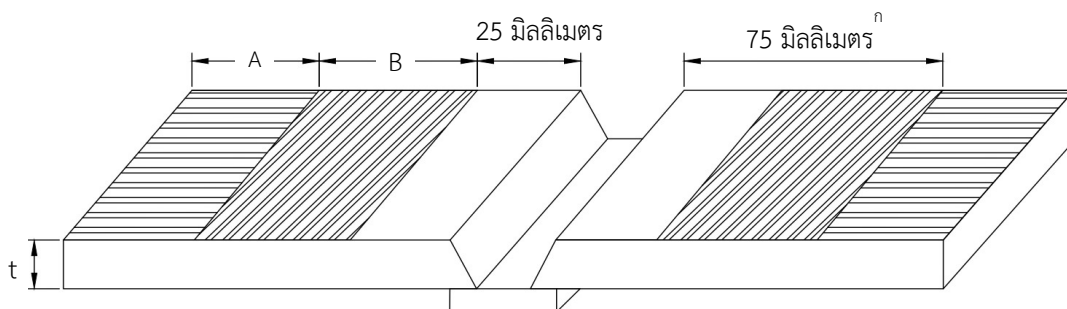
6.6.3.2 กรรมวิธีการเชื่อมที่ไม่ใช่แก๊สคลุม

ในกรณีที่รอยเชื่อมผ่านเกณฑ์การยอมรับด้วยการตรวจพินิจ จะอนุญาตให้ใช้กรรมวิธีการเชื่อม SMAW FCAW-S และ SAW ได้โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องความเร็วลม

6.7 อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุด

6.7.1 อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุดมาตรฐาน

อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุดต้องไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่มีการระบุไว้เป็นค่าอื่นซึ่งผ่านการทดสอบรับรองตามข้อ 6.7.2 และในการวัดค่าอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุด ต้องวัด ณ ตำแหน่งที่ห่างจากรอยต่อเป็นระยะ 25 มิลลิเมตร ถึง 75 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6.1



ⁿ อุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมชั้นต่ำและอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมชั้นต่ำจะต้องวัดที่ตำแหน่ง A ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งที่มากกว่าระหว่าง 75 มิลลิเมตร และ t จากแนวเชื่อม

หมายเหตุ: อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุดจะต้องวัดที่ตำแหน่ง B ซึ่งอยู่ระหว่าง 25 และ 75 มิลลิเมตร จากแนวเชื่อม

รูปที่ 6.1 การวัดอุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมและระหว่างเทียวยเชื่อม

6.7.2 อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุดทางเลือก

ขีดจำกัดอุณหภูมิข้อ 6.7.1 อาจเพิ่มขึ้นตามการทดสอบรับรองคุณสมบัติตามมาตรฐาน AWS D1.1 การให้ความร้อนสูงสุดที่ใช้ในการผลิตจะต้องใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติ อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมสูงสุดที่รับรองจะต้องเป็นอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมต่ำสุดที่ใช้สำหรับเทียวยเชื่อมใด ๆ ในระหว่างการทดสอบรับรองคุณสมบัติ เนื้อเชื่อมและ HAZ จะต้องได้รับการทดสอบ เนื้อเชื่อมต้องเป็นไปตามคุณสมบัติทางกลตามข้อ 6.1.1 และ 6.2.1 ตามความเหมาะสม ความแกร่งชาร์ปีของ HAZ ต้องทดสอบตามมาตรฐาน AWS D1.1 และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่ำสุดในตารางที่ 6.1 ของมาตรฐานนี้ โดยเก็บชิ้นทดสอบที่ 1 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร จากเส้นหลอม เหล็กที่ใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติต้องเป็นชนิดและชั้นคุณภาพเดียวกับที่ใช้ในการผลิต

6.8 การให้ความร้อน

6.8.1 ขีดจำกัดการให้ความร้อน

ขีดจำกัดการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติต้องอยู่ในช่วงความร้อนที่ผ่านการรับรองด้วยการทดสอบตามภาคผนวก ก

6.9 ลำดับการเชื่อมปีกกลางคาน

รอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดของแผ่นปีกกลางคานกับแผ่นเสา หรือปีกกลางคานกับแผ่นเหล็กต่อเนื่อง โดยใช้ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงต้องมีลำดับการเชื่อม ดังนี้

- (1) หลีกเลียงจุดเริ่มต้นและจุดหยุดเชื่อมตรงแผ่นเอวคาน
- (2) เชื่อมแต่ละชั้นเชื่อมให้เต็มความกว้างของแผ่นปีกก่อนเริ่มเชื่อมในชั้นเชื่อมถัดไป
- (3) สำหรับแต่ละชั้นเชื่อม การเริ่มต้นและหยุดการเชื่อมจะต้องอยู่คนละด้านของแผ่นเอวคาน เมื่อเทียบกับชั้นเชื่อมก่อนหน้า

6.10 การระบุช่วงเชื่อม

ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างจะต้องจัดทำและดำเนินการตามวิธีการที่สามารถระบุช่วงเชื่อมที่ทำการเชื่อมแต่ละรอยต่อได้ หากใช้วิธีประทับตรา จะต้องเป็นแบบหน่วยแรงต่ำ

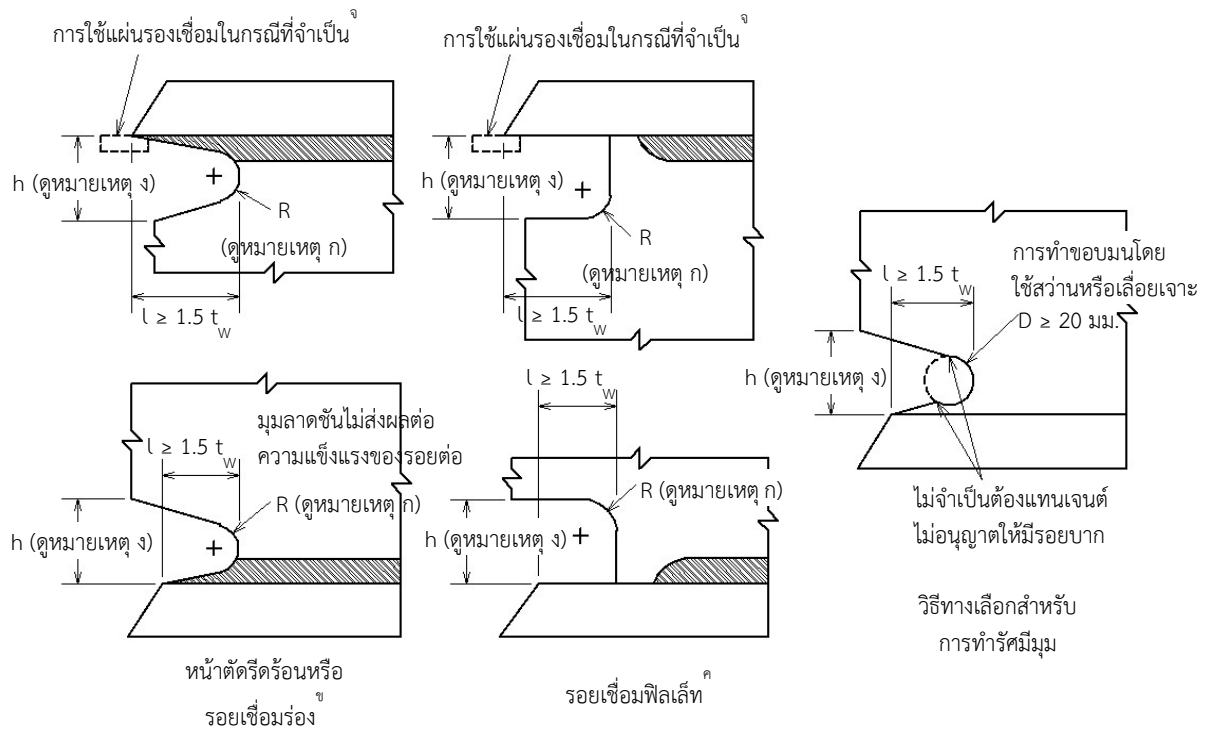
6.11 ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง

ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงสำหรับรอยเชื่อมวิกฤติทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

6.11.1 รูปร่าง

6.11.1.1 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงของมาตรฐาน AWS

สำหรับกรณีที่ไม่ได้มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงไว้ในเอกสารสัญญา กำหนดให้ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงต้องมีมิติและความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐาน AWS D1.1 ดังแสดงในรูปที่ 6.2 หรือมาตรฐาน AISC 360 นอกจากนี้ ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างอาจใช้รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงทางเลือกได้ตามรูปที่ 6.3



หมายเหตุ:

^ก บริเวณรัศมีต้องมีผิวเรียบ ไม่มีรอยบาก และรัศมีควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 10 มม. ซึ่งโดยทั่วไปใช้ 12 มม.

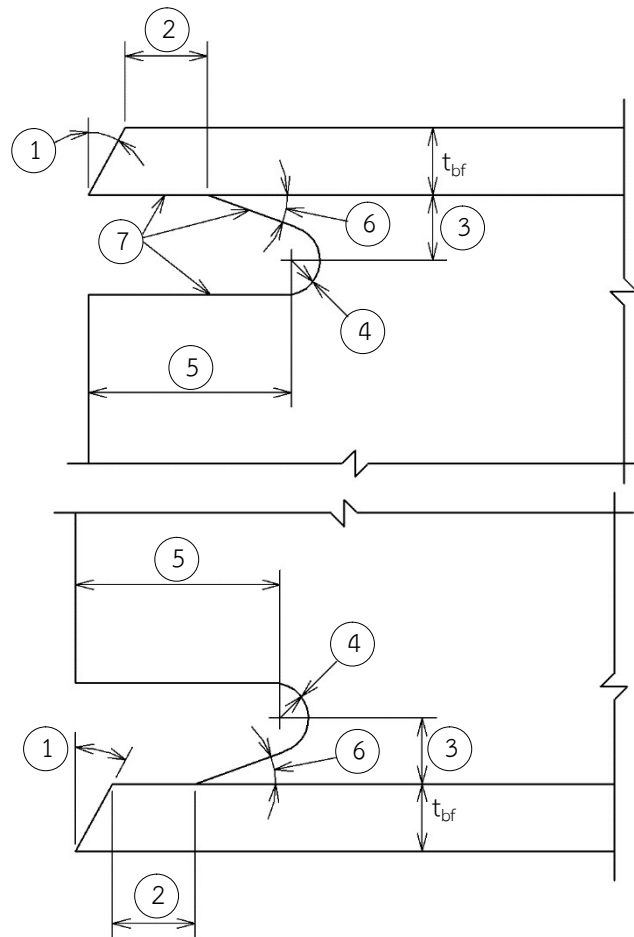
^ข ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง ให้ทำหลังจากการเชื่อมเอวและปีก

^ค หากทำช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงก่อนการเชื่อมเอวและปีก จะต้องไม่ทำการเชื่อมระหว่างเอวและปีกรอบผ่านช่องเปิดดังกล่าว

^ง เลือกใช้ค่าที่มากที่สุดระหว่าง h_{min} เท่ากับ 20 มม. หรือค่าความหนาเอว (t_w) ทั้งนี้ ค่า h_{min} ไม่จำเป็นต้องเกินกว่า 50 มม.

^จ รายละเอียดในรูปแบบเป็นเพียงตัวอย่างสำหรับรอยต่อที่เชื่อมจากด้านเดียวโดยใช้แผ่นรองเชื่อม ควรพิจารณาการออกแบบรอยต่ออื่นร่วมด้วย

รูปที่ 6.2 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงตามมาตรฐาน AWS D1.1



รายการ	รายละเอียด	ตามที่ระบุ	ตามการประกอบ
1	มุมร่อง	เป็นไปตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม	
2	ระยะห่างระหว่างขอบรอยเชื่อมตามที่ระบุ และจุดตัดระหว่างช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงและปักคาน	ค่ามากที่สุดระหว่าง t_{bf} และ 12 มม.	$+0.5 t_{bf}$ $-0.25 t_{bf}$
3	ระยะห่างระหว่างผิวด้านในของปักคาน และจุดทำงาน (working point) ของรัศมีช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง	สำหรับ $t_{bf} \leq 25$ มม. ให้ใช้ระยะ 20 มม.	$+6$ มม. -0
		สำหรับ $t_{bf} > 25$ มม. ให้ใช้ระยะระหว่าง $0.75 t_{bf}$ และ t_{bf}	
4	รัศมีมุมโค้ง	ไม่น้อยกว่า 10 มม.	ไม่จำกัดขนาดของรัศมีมุมโค้ง และต้องไม่น้อยกว่า 10 มม.
5	ระยะห่างระหว่างปลายแฉกขององค์อาคารและจุดทำงาน (working point) ของรัศมีช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง	ไม่น้อยกว่า $3 t_{bf}$	± 12 มม.
6	มุมระหว่างจุดตัดของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงและปักคาน	ไม่เกินกว่า 25°	$+5^\circ$ และไม่จำกัดขนาด (-) ของมุม
7	ความขรุขระของพื้นผิว	ดูข้อ 6.11.2.1	

รูปที่ 6.3 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงทางเลือก

6.11.1.2 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงทางเลือก

สำหรับกรณีที่เอกสารสัญญา มีการระบุให้ใช้รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงทางเลือกสำหรับรอยต่อระหว่างเสาและคาน ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงต้องเป็นไปตามรูปที่ 6.3

6.11.1.3 รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงพิเศษ

สำหรับกรณีที่เอกสารสัญญา มีการระบุให้ใช้รายละเอียดช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงพิเศษ มิติและความคลาดเคลื่อนยินยอมของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงต้องเป็นไปตามที่ระบุ

6.11.2 ข้อกำหนดด้านคุณภาพของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง

6.11.2.1 ความขรุขระของผิวตัด

สำหรับกรณีที่วิศวกรไม่มีการให้รายละเอียดความขรุขระของผิวตัดเป็นอย่างอื่น กำหนดให้ผิวของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงจะต้องมีความขรุขระไม่เกิน 13 ไมครอน โดยสามารถใช้ข้อแนะนำตามมาตรฐาน AWS C4.1 เป็นแนวทางในการประเมินความขรุขระของผิวตัดได้ ยกเว้นกรณีที่ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงมีรายละเอียดเป็นไปตามมาตรฐาน AWS D1.1 ดังแสดงในรูปที่ 6.2 คุณภาพของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1

6.11.2.2 รอยบากและร่อง

รอยบากหรือร่องในช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง รวมถึงรอยบากจากการตัดด้วยความร้อนและการตัดเลื่อยที่ไม่ตรงแนว ต้องขจัดออกด้วยการเจีย มีความลาดเอียงไม่เกิน 1:5 กับพื้นผิวการตัดตรง หรือมีรัศมีไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ถ้าอยู่ในส่วนโค้งของพื้นผิวที่ตัด

ไม่มีข้อจำกัดความลึกของรอยบากและร่องที่ซ่อมแซมด้วยการเจีย หากรูปร่างสุดท้ายของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงเป็นไปตามมิติ ความคลาดเคลื่อนยินยอม และโปรไฟล์ที่ต้องการ

6.11.2.3 การซ่อมแซมรอยบากด้วยการเชื่อม

รอยบากที่ลึกเกินกว่าที่จะสามารถซ่อมแซมด้วยการเจียตามที่ระบุในข้อ 6.11.2.2 อาจซ่อมแซมด้วยการเชื่อม ก่อนการเชื่อมจะต้องเจียรรอยบากหรือร่องให้ได้คอนทัวร์ที่เรียบและมีรัศมีไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร พื้นที่ซ่อมแซมจะต้องได้รับการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมให้มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 66 องศาเซลเซียส การซ่อมแซมจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม หลังจากการเชื่อมซ่อมแซม พื้นที่ต้องได้รับการเจีย และพื้นที่โดยรวมต้องได้รับการทำให้เรียบ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านรูปร่างและผิวของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง ผิวรอยเชื่อมควรเรียบกลมกลืนกับพื้นผิวที่อยู่ติดกัน

6.12 ข้อกำหนดรอยเชื่อมยึด

6.12.1 การให้ความร้อนก่อนการเชื่อม

การให้ความร้อนก่อนการเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมยึดทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

6.12.2 ตำแหน่งของรอยเชื่อมยึด

สำหรับกรณีที่วิศวกรไม่ได้อนุญาตเป็นการเฉพาะ หรือไม่ได้ระบุตำแหน่งของรอยเชื่อมยึดไว้ในแบบรายละเอียด จะไม่อนุญาตให้ใช้รอยเชื่อมยึดนอกรอยต่อเชื่อมในเขตปกป้อง

6.12.3 รอยเชื่อมยึดของแผ่นรองเชื่อมเหล็กในเขตปกป้อง

ไม่อนุญาตให้ใช้รอยเชื่อมยึดระหว่างแผ่นรองเชื่อมและปีกคานนอกรอยต่อเชื่อม รอยเชื่อมยึดที่ใช้ยึดแผ่นรองเชื่อมกับรอยเชื่อมแบบร่องในเขตปกป้องต้องอยู่ในรอยต่อเชื่อมหากสามารถทำได้ในทางปฏิบัติ โดยอนุญาตให้แผ่นรองเชื่อมเหล็กอาจจะเชื่อมยึดกับเสาที่รอยเชื่อมระหว่างปีกคานและปีกเสาได้

6.12.4 การนำรอยเชื่อมยึดในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมออก

รอยเชื่อมยึดที่อยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมต้องเอาออกด้วยการเจีย ร่องหรือรอยบากต้องได้รับการซ่อมแซมตามข้อ 6.18.5.2

6.13 การนำแผ่นรองเชื่อมออก และการปรับปรุงรากเชื่อม

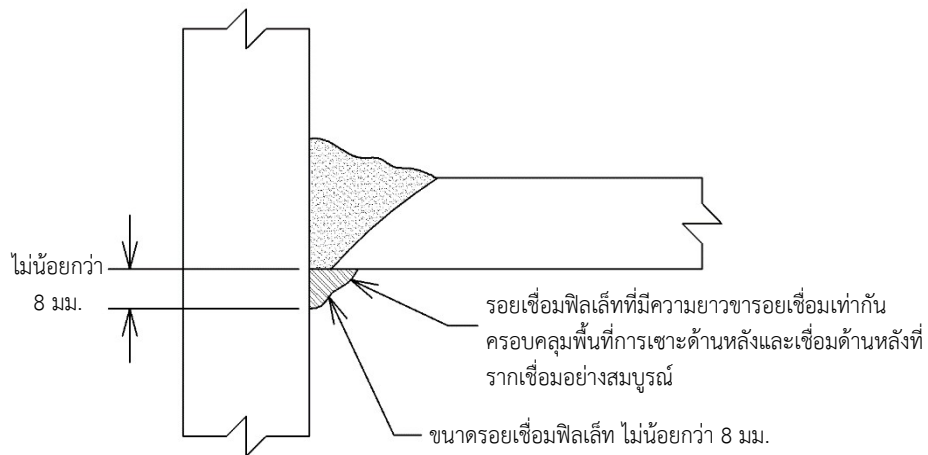
สำหรับกรณีที่จำเป็นต้องนำแผ่นรองเชื่อมเหล็กที่หลอมได้ออก ให้ใช้วิธีการเซาะร่องด้วยอาร์กคาร์บอนและอากาศ (air carbon arc gouging, CAG) การเซาะร่องด้วยอาร์กพลาสมา (plasma arc gouging, PAG) การเจีย การสกัด หรือกรรมวิธีการตัดด้วยความร้อนอื่น โดยต้องควบคุมให้เกิดการเซาะร่องผิดพลาดที่น้อยที่สุด หลังจากเอาแผ่นรองเชื่อมออกแล้ว ไม่ว่าจะแผ่นรองเชื่อมเหล็กหรือแผ่นรองเชื่อมที่หลอมไม่ได้จะต้องเซาะรากเชื่อมด้านหลังจนถึงโลหะที่สมบูรณ์

รอยต่อที่ถูกเซาะด้านหลังต้องเติมด้วยเนื้อเชื่อมให้เต็มตามที่จำเป็นเพื่อให้ได้ผิวเรียบเสมอกัน การเติมเนื้อเชื่อมต้องทำตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เกี่ยวข้อง ส่วนร่องที่เหลืออยู่หลังจากการเชื่อมด้านหลังหรือจากการเชื่อมฟิลเล็ทต้องได้รับการซ่อมแซม โดยรอยบากและร่องที่ลึกไม่เกิน 1.5 มิลลิเมตร ให้ทำให้เรียบ โดยมีความชันไม่เกิน 1:5 ส่วนรอยบากที่มีความลึกมากกว่านี้ต้องซ่อมแซมโดยการเชื่อมตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เกี่ยวข้อง

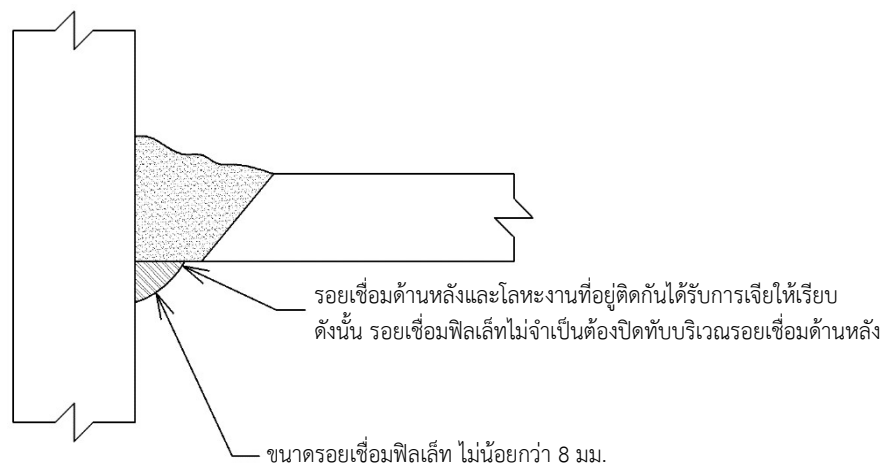
6.14 รอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลังที่ตำแหน่งที่นำแผ่นรองเชื่อมออก

ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้รอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลัง (reinforcing fillet weld) ในตำแหน่งที่มีการถอดแผ่นรองเชื่อมเหล็กออก ให้ใช้ขนาดขาเชื่อมไม่น้อยกว่า 8 มิลลิเมตร โดยขาของรอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลังฝั่งปีกคานจะต้องอยู่บนผิวของโลหะงาน ยกเว้นในกรณีที่รอยเชื่อมด้านหลังและผิวโลหะงานถูกเจียจนเรียบ

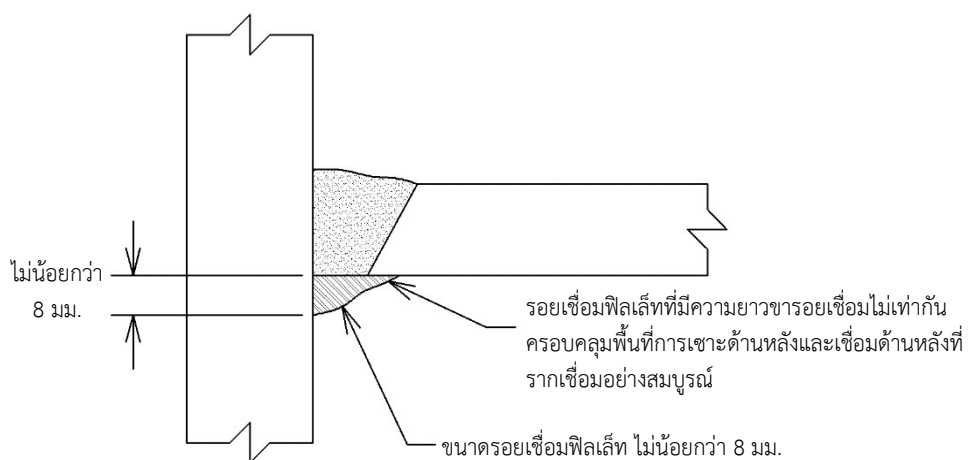
หลังจากถอดแผ่นรองเชื่อมออกแล้ว ซึ่งไม่จำเป็นต้องให้ขารอยเชื่อมมีระยะลงไปถึงผิวโลหะงาน ดังแสดงในรูปที่ 6.4



(ก) ผ่านเกณฑ์



(ข) ผ่านเกณฑ์



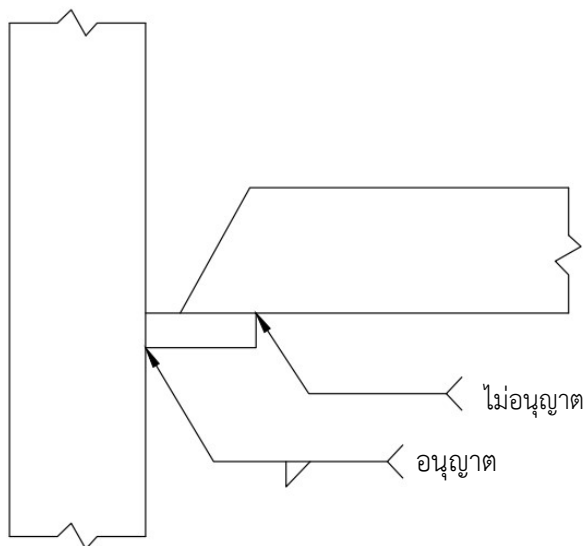
(ค) ผ่านเกณฑ์

รูปที่ 6.4 ข้อกำหนดของรอยเชื่อมฟิลเล็ทเสริมกำลัง

6.15 รอยเชื่อมฟิลเล็ตที่ตำแหน่งที่ไม่ได้นำแผ่นรองเชื่อมออก

6.15.1 ขนาดรอยเชื่อมฟิลเล็ตที่น้อยสุด

สำหรับกรณีที่ใช้รอยเชื่อมฟิลเล็ตระหว่างแผ่นรองเชื่อมเหล็กที่ไม่ได้นำออกกับเสาดังแสดงในรูปที่ 6.5 รอยเชื่อมฟิลเล็ตต้องมีขนาดขาเชื่อมไม่น้อยกว่า 8 มิลลิเมตร



รูปที่ 6.5 รอยเชื่อมฟิลเล็ตระหว่างแผ่นรองเชื่อมที่ไม่ได้นำออกกับเสา

6.15.2 รอยเชื่อมที่ไม่อนุญาตบนแผ่นรองเชื่อมเหล็กที่ไม่ได้นำออก

ไม่อนุญาตให้เชื่อมแผ่นรองเชื่อมเหล็กกับด้านล่างของปีกคานที่รอยต่อระหว่างปีกคานและปีกเสา และไม่อนุญาตให้ใช้รอยเชื่อมยึดที่บริเวณนี้

6.16 แผ่นต่อ

6.16.1 ความยาวต่ำสุดของแผ่นต่อ

แผ่นต่อต้องมีระยะยื่นออกจากขอบรอยต่อ โดยใช้ค่าที่มากที่สุดระหว่าง 25 มิลลิเมตร และความหนาของชิ้นส่วน แต่ระยะดังกล่าวต้องไม่เกินกว่า 50 มิลลิเมตร

ในกรณีที่พื้นที่จำกัดจนไม่สามารถใช้แผ่นต่อได้ เช่น ชิ้นงานอยู่ชิดกันมาก หรือชิ้นงานตัดกันเป็นมุมแหลม อนุญาตให้ปลายรอยเชื่อมลดหลั่นกันได้ประมาณ 1 ขนาดขาเชื่อม

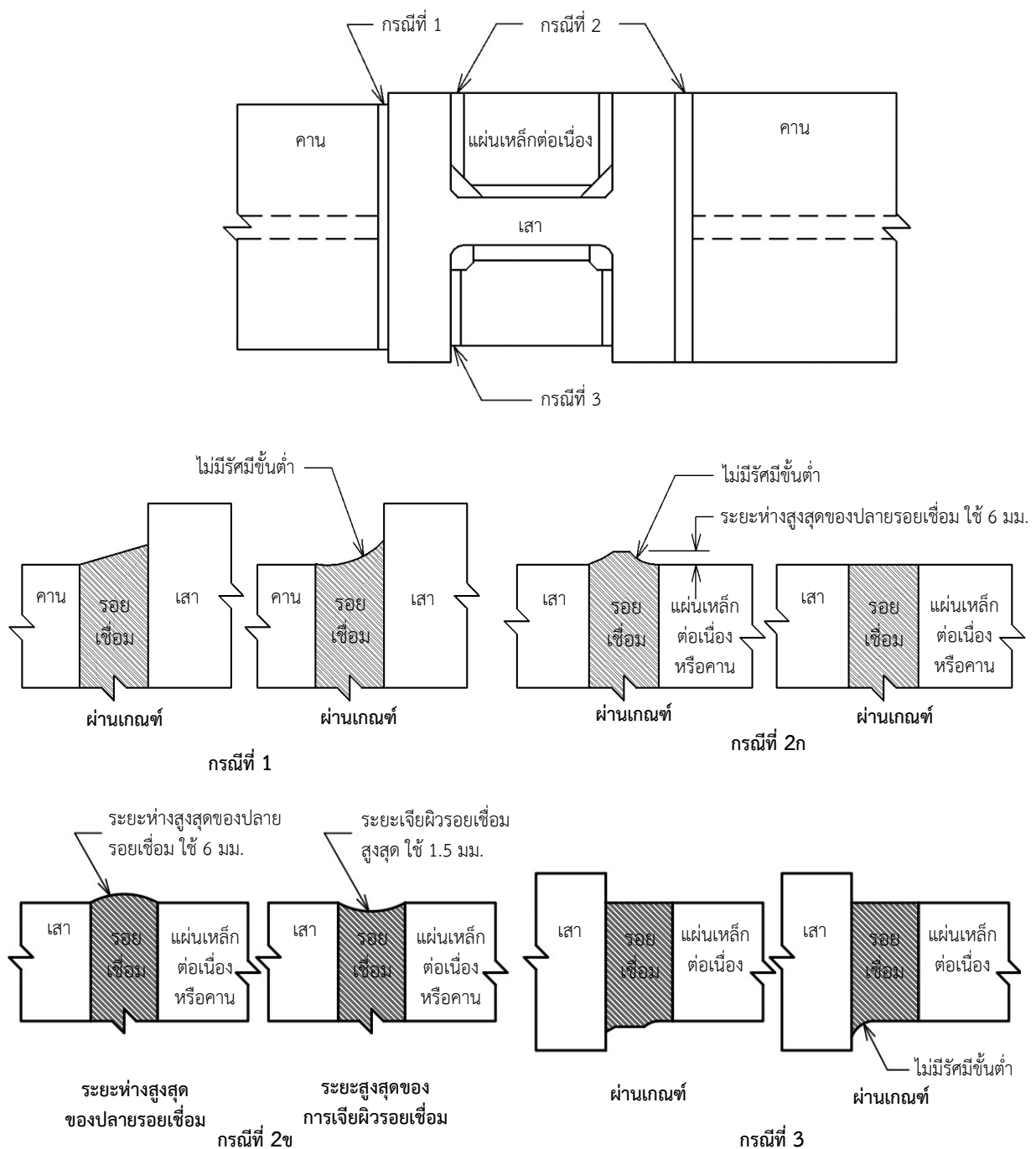
6.16.2 รอยเชื่อมยึดสำหรับติดแผ่นต่อ

รอยเชื่อมยึดสำหรับติดแผ่นต่อในเขตปกป้องต้องอยู่ในรอยต่อเชื่อม และต้องเป็นไปตามข้อ

6.12

6.16.3 การนำแผ่นต่อออก

สำหรับกรณีที่เอกสารสัญญาระบุให้ต้องนำแผ่นต่อออก ให้ใช้วิธีการเขาระ่องด้วยอาร์กคาร์บอนและอากาศ (air carbon arc gouging, CAG) การเจีย การสกัด หรือกรรมวิธีการตัดด้วยความร้อน โดยต้องควบคุมให้เกิดการเขาระ่องผิดพลาดน้อยที่สุด บริเวณขอบที่มีการนำเอาแผ่นต่อออกต้องมีความขรุขระไม่เกิน 13 ไมครอน โดยสามารถใช้ข้อแนะนำตามมาตรฐาน AWS C4.1 เป็นแนวทางในการประเมินความขรุขระของผิวตัดได้โดยไม่ต้องเจียจนได้พื้นผิวที่เรียบสนิท คอนทัวร์ของรอยเชื่อมต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่ราบรื่น ไม่มีรอยบาก และมุมที่แหลมคม สำหรับรอยต่อรูปตัวที ไม่จำเป็นต้องกำหนดรัศมีขั้นต่ำที่บริเวณมุม ปลายรอยเชื่อมต้องไม่มีรอยบกพร่อง ซึ่งหากตรวจพบรอยบกพร่องที่มีความลึกไม่เกิน 1.5 มิลลิเมตร ต้องนำออกด้วยการเจียและทำให้ผิวเรียบ โดยมีความชันไม่เกิน 1:5 และสำหรับกรณีที่มียอยบกพร่องอื่น ต้องขจัดออกและทำการซ่อมแซมด้วยการเชื่อมตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 6.6



หมายเหตุ: ผิวหน้าของชิ้นงานทุกชิ้น รวมถึงเนื้อโลหะบริเวณที่ถูกตัดด้วยความร้อน ที่มีความขรุขระเกินกว่า 13 ไมโครเมตร ต้องนำไปเจียให้มีความขรุขระลดลงที่ระดับไม่เกินกว่า 13 ไมโครเมตร

รูปที่ 6.6 สภาพการนำแผ่นต่อออกที่ผ่านเกณฑ์

6.16.4 แผ่นต่อสำหรับแผ่นเหล็กต่อเนื้อ

ไม่อนุญาตให้ใช้แผ่นต่อสำหรับแผ่นเหล็กต่อเนื้อที่ปลายรอยเชื่อมที่อยู่ติดกับจุดต่อ (junction) ระหว่างเสาและปีกเสา ยกเว้นในกรณีที่วิศวกรอนุญาตเป็นการเฉพาะ หรือระบุไว้ใน

แบบรายละเอียด นอกจากนี้ ให้คงแผ่นต่อไว้ในตำแหน่งดังกล่าวสำหรับกรณีที่ไม่ได้กำหนดให้นำแผ่นต่อออก

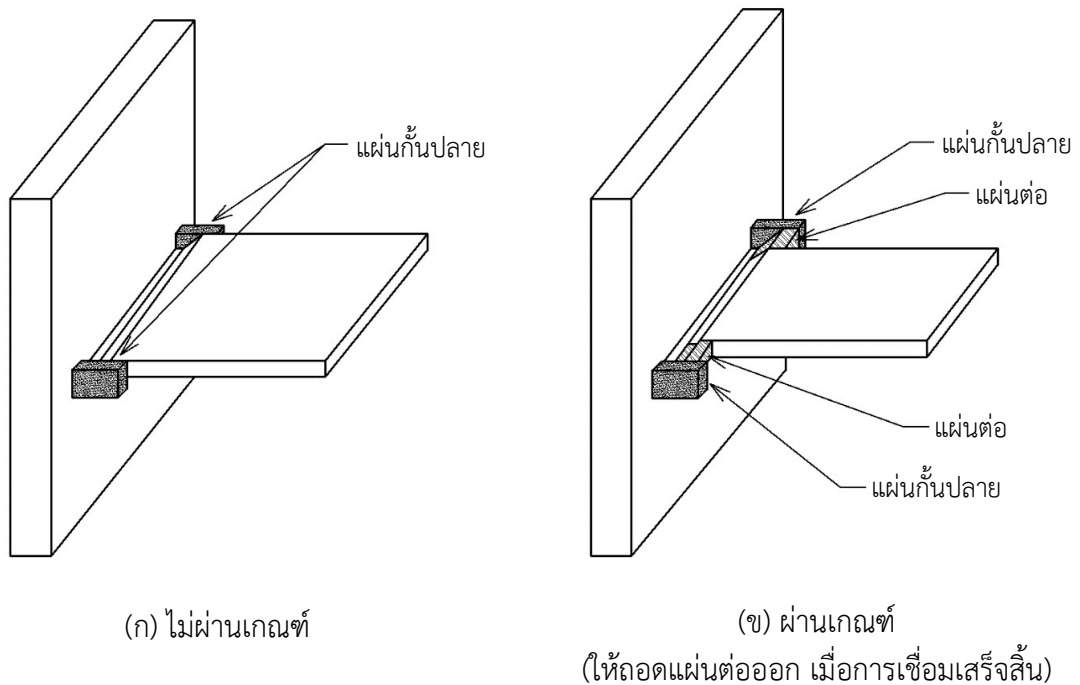
6.17 แผ่นกันปลาย

6.17.1 วัสดุ

แผ่นกันปลายอาจเป็นโลหะหรือโลหะ

6.17.2 ตำแหน่ง

แผ่นกันปลายต้องไม่อยู่ที่ตำแหน่งที่ปลายรอยต่อเชื่อม ยกเว้น แผ่นกันปลายอาจอยู่ที่ปลายด้านนอกของแผ่นต่อได้ เมื่อแผ่นต่อต้องได้รับการนำออกหลังการเชื่อม (ดูรูปที่ 6.7)



รูปที่ 6.7 เกณฑ์การใช้แผ่นกันปลาย

6.18 เขตปกป้อง

6.18.1 ตัวยึดและการเชื่อม

ไม่อนุญาตให้เชื่อมตัวยึดซึ่งรวมถึงสลักรับแรงเฉือนและตัวยึดสำหรับการต่อกับวัสดุอื่น อนุญาตให้ใช้การเชื่อมแบบจุด (arc spot weld) สำหรับการยึดแผ่นพื้นโลหะได้ในเขตปกป้อง

6.18.2 สิ่งช่วยเหลือการติดตั้ง

การยึดสิ่งช่วยเหลือการติดตั้งในเขตปกป้องต้องได้รับการอนุญาตจากวิศวกร

6.18.3 การนำรอยเชื่อมออกในเขตปกป้อง

สำหรับกรณีที่ต้องนำรอยเชื่อมออกในเขตปกป้อง ให้ใช้วิธีการตัดด้วยอาร์กคาร์บอน และอากาศ (air carbon arc cutting, CAC-A) การเจีย การสกัด หรือกรรมวิธีการตัดด้วยความร้อน โดยต้องควบคุมให้เกิดการชะระงัดผลิตผลน้อยที่สุด และภายหลังจากการนำรอยเชื่อมออก ต้องเจียบริเวณดังกล่าวให้เรียบและปราศจากรอยบกพร่อง

6.18.4 การแก้ไขข้อผิดพลาด

กรณีที่พบรอยเชื่อมฟิลเล็ทหรือรอยเชื่อมยึดในตำแหน่งระหว่างแผ่นรองเชื่อมและปีกคาน โดยผิดพลาด จะต้องทำการซ่อมแซมตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) ขจัดรอยเชื่อมออกให้หมด จนกระทั่งแผ่นรองเชื่อมและปีกคานไม่ติดกันอีก
- (2) เจียผิวปีกคานให้เรียบเนียนและปราศจากรอยบกพร่อง
- (3) หากตรวจพบร่องหรือรอยบาก ให้ทำการซ่อมแซมตามวิธีที่ระบุในข้อ 6.18.5

6.18.5 การซ่อมแซมร่องและรอยบาก

ร่องและรอยบากในเขตปกป้องต้องได้รับการซ่อมแซม ดังนี้

6.18.5.1 การเจีย

ในกรณีที่ต้องซ่อมแซมร่องและรอยบากด้วยการเจีย ต้องเจียบริเวณดังกล่าวให้มีความลาดเอียงที่ละน้อยจนถึงผิวของโลหะงาน ความลาดเอียงในทิศทางขึ้นและทิศต้งฉากกับแกนของชิ้นส่วนต้องไม่เกิน 1:5 และ 1:2.5 ตามลำดับ

6.18.5.2 การเชื่อมซ่อมแซมร่องและรอยบาก

ในกรณีที่ต้องซ่อมแซมร่องและรอยบากด้วยการเชื่อม ต้องขจัดร่องหรือรอยบากออกและเจียให้เรียบโดยมีรัศมีไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมพื้นผิวสำหรับการเชื่อม การเชื่อมต้องทำตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เกี่ยวข้อง โดยให้ความร้อนก่อนการเชื่อมตามมาตรฐาน AWS D1.1 แต่ต้องไม่น้อยกว่า 66 องศาเซลเซียส และใช้อิเล็กโทรดตามข้อกำหนดในข้อ 6.1

ภายหลังกการเชื่อม ต้องเจียรอยเชื่อมให้เรียบโดยให้ผิวมีความขรุขระไม่เกิน 13 ไมครอน โดยใช้ข้อแนะนำตามมาตรฐาน AWS C4.1 เป็นแนวทางในการประเมินความขรุขระของผิว หลังจากนั้น ให้ทำการตรวจสอบบริเวณที่ซ่อมด้วย MT โดยความหนาของบริเวณที่ซ่อมแซมแล้ว ต้องไม่น้อยกว่าผลต่างระหว่างความหนาของโลหะงาน และ 1.5 มิลลิเมตร

6.18.6 การซ่อมแซมรูที่ผิวดำแหน่ง

ในกรณีที่วิศวกรกำหนดให้มีการซ่อมแซมรูในเขตปกป้องด้วยการเชื่อม ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องกำหนดขั้นตอนการซ่อมแซมและได้รับการอนุมัติจากวิศวกร ซึ่งขั้นตอนการซ่อมแซมต้องจัดเตรียมเป็นข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เหมาะสม โดยมีการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 66 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ต้องเจียผิวส่วนเสริมความแข็งแรงของแนวเชื่อมให้เรียบเสมอกับโลหะงาน โดยไม่ลดความหนาของโลหะงานเกินกว่า 1 มิลลิเมตร และปราศจากรอยแหวนที่ขอบแนวเชื่อม รวมถึงส่วนเสริมความแข็งแรงของแนวเชื่อมซึ่งต้องเจียออกทั้งหมดบริเวณผิวสัมผัส (contact surface)

สำหรับการตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม กำหนดให้ใช้วิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (magnetic testing, UT) และวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic testing, UT)

6.18.7 การซ่อมแซมรอยเชื่อมสลักรับแรงเฉือนที่ผิวดำแหน่ง

สลักรับแรงเฉือนที่ติดตั้งผิวดำแหน่งในบริเวณเขตปกป้อง จะต้องถูกตัดออกให้สั้นลงและมีการเจียผิวให้เรียบเสมอกัน

6.18.8 การซ่อมแซมสกรูและหมุดเชื่อมที่ผิวดำแหน่ง

ในกรณีที่วิศวกรกำหนดให้มีการซ่อมแซมสกรูหรือหมุดเชื่อม (shot pins) ที่วางตำแหน่งผิดพลาดด้วยการเชื่อม ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างต้องกำหนดขั้นตอนการซ่อมแซมและได้รับการอนุมัติจากวิศวกร ซึ่งขั้นตอนการซ่อมแซมต้องจัดเตรียมเป็นข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่เหมาะสม โดยมีการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมด้วยอุณหภูมิอย่างน้อย 66 องศาเซลเซียส และระบุรูปร่างของบริเวณที่จะทำการซ่อมแซมด้วยการเชื่อม

ในการซ่อมแซม ต้องทำการเจียหรือเซาะบริเวณรอบสกรูหรือหมุดเชื่อมที่วางตำแหน่งผิดพลาดออกจนถึงความลึกของสกรูหรือหมุดเชื่อม และต้องเจียผิวรอยเชื่อมให้เรียบเสมอกับผิวโลหะงานหลังจากทำการเชื่อมซ่อมแล้ว นอกจากนี้ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมโดยใช้วิธี MT และ UT

บทที่ 7

การตรวจสอบ

บทนี้ให้ข้อกำหนดสำหรับแผนการประกันคุณภาพ คุณสมบัติผู้ตรวจสอบการเชื่อมและช่างเทคนิคปฏิบัติการ NDT ข้อกำหนดการตรวจสอบ ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับ NDT และเกณฑ์การยอมรับสำหรับระบบต้านแรงแผ่นดินไหว

7.1 การมอบหมายงานตรวจสอบ

ในกรณีที่เอกสารสัญญากำหนดให้ต้องจัดทำแผนการประกันคุณภาพตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง วิศวกรจะต้องจัดเตรียมแผนการประกันคุณภาพโดยให้รายละเอียดของขั้นตอนการควบคุมคุณภาพและแนวทางการประกันคุณภาพที่ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้าง รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการประกันคุณภาพจะต้องดำเนินการในโครงการ นอกจากนี้ วิศวกรสามารถพิจารณารายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำแผนประกันคุณภาพได้จากข้อกำหนดของมาตรฐาน AISC 341 หัวข้อ J

7.2 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบ

7.2.1 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบประกันคุณภาพรอยเชื่อม

ผู้ตรวจสอบประกันคุณภาพรอยเชื่อม (QA welding Inspectors) ต้องได้รับการรับรองคุณสมบัติจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามแผนการประกันคุณภาพ หรือหน่วยงานตามหนึ่งหรือหลายข้อ ดังต่อไปนี้

- (1) ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อม (welding inspector, WI) หรือผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับอาวุโส (senior welding inspector, SWI) ตามมาตรฐาน AWS B5.1 หรือผู้ช่วยผู้ตรวจสอบรอยเชื่อม (associate welding inspector, AWI) นอกจากนี้ ผู้ช่วยผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมต้องปฏิบัติงานภายใต้การกำกับดูแลของผู้ตรวจสอบรอยเชื่อม (WI) โดยที่ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมต้องปฏิบัติงานอยู่ ณ สถานที่ตรวจสอบงานเชื่อม และสามารถให้คำปรึกษาได้ตลอดระหว่างดำเนินการตรวจสอบงานเชื่อม
- (2) ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรอง (certified welding inspector, CWI) หรือผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรองระดับอาวุโส (senior certified welding inspector, SCWI) ตามมาตรฐาน AWS QC1 หรือผู้ช่วยผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรอง (certified associate welding inspector, CAWI) นอกจากนี้ ผู้ช่วยผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรองต้องปฏิบัติงานภายใต้การกำกับดูแลของผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรอง โดยที่ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมที่ได้รับการรับรองต้องปฏิบัติงานอยู่ ณ สถานที่ตรวจสอบงานเชื่อม และสามารถให้คำปรึกษาได้ตลอดระหว่างดำเนินการตรวจสอบงานเชื่อม
- (3) ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ 2 หรือระดับ 3 ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน CSA W178.2 หรือผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ 1 นอกจากนี้ ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ 1 ต้องปฏิบัติงาน

ภายใต้การกำกับดูแลของผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ 2 โดยที่ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ 2 ต้องปฏิบัติงานอยู่ ณ สถานที่ตรวจสอบงานเชื่อม และสามารถให้คำปรึกษาได้ตลอดระหว่างดำเนินการตรวจสอบงานเชื่อม

- (4) ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมระดับ standard (IWI-S) หรือ comprehensive (IWI-C) ที่ได้รับการรับรองตามข้อกำหนดของ IIW (international institute of welding)

7.2.2 คุณสมบัติผู้ทดสอบแบบไม่ทำลายประกันคุณภาพ

ผู้ทดสอบแบบไม่ทำลายต้องได้รับการรับรองเป็นลายลักษณ์อักษรจากนายจ้าง โดยต้องผ่านตามเกณฑ์ของมาตรฐาน ASNT SNT-TC-1A หรือมาตรฐาน CP-189 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง

7.2.3 คุณสมบัติผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมควบคุมคุณภาพ

ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมควบคุมคุณภาพ (QC welding inspection personnel) ต้องเป็นผู้ช่วยผู้ตรวจสอบรอยเชื่อม (associate welding inspector, AWI) หรือมีคุณสมบัติที่สูงกว่าตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน AWS B5.1 หรือมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS D1.1 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้องตามแผนการควบคุมคุณภาพ

7.2.4 บุคลากรปฏิบัติการ UT

ในการทำ UT เพื่อการประกันคุณภาพ กำหนดให้บุคลากรปฏิบัติการ UT ต้องมีคุณสมบัติอย่างน้อยหนึ่งข้อดังต่อไปนี้

- (1) ได้รับการรับรองคุณสมบัติระดับ 2 หรือระดับ 3 ตาม ASNT
- (2) ได้รับการรับรองคุณสมบัติระดับ 2 หรือระดับ 3 ตามมาตรฐาน ISO 9712

นอกจากนี้ บุคลากรปฏิบัติการ UT ต้องผ่านการรับรองคุณสมบัติการตรวจหารอยบกพร่องตามที่ระบุในภาคผนวก จ

7.3 ใบสั่งการปฏิบัติของหน่วยงานประกันคุณภาพ

หน่วยงานประกันคุณภาพจะต้องปฏิบัติงานตามใบสั่งการปฏิบัติ (written practice) ใบสั่งการปฏิบัติจะต้องมีคำอธิบาย ดังต่อไปนี้

- (1) การฝึกอบรม ประสบการณ์ และการตรวจสอบที่จำเป็นสำหรับคุณสมบัติและการรับรองบุคลากรผู้ตรวจสอบ
- (2) วิธีดำเนินการคัดเลือกและการบริหารงานผู้ตรวจสอบ
- (3) วิธีดำเนินการตรวจสอบของหน่วยงาน รวมถึงการตรวจสอบทั่วไป การควบคุมวัสดุ และการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการตรวจพินิจ
- (4) วิธีดำเนินการของหน่วยงานในการพิจารณาการยอมรับโครงสร้างตามมาตรฐานและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

7.4 การตรวจสอบพื้นที่ k ของหน้าตัดปีกกว้าง

สำหรับกรณีที่แผนการประกันคุณภาพกำหนดให้ต้องตรวจสอบพื้นที่ k ของหน้าตัดปีกกว้าง จะต้องทำการตรวจสอบแผ่นเอวด้วยวิธี MT หลังจากการเชื่อมแผ่นเสริมความหนา แผ่นเหล็กต่อเนื่อง หรือแผ่นเหล็กเสริมกำลัง ในพื้นที่ k โดยบริเวณแผ่นเอวที่ต้องตรวจสอบด้วยวิธี MT ให้ครอบคลุมโลหะงานในพื้นที่ k ที่อยู่ภายในระยะ 75 มิลลิเมตรจากรอยเชื่อม นอกจากนี้ การตรวจสอบด้วยวิธี MT ต้องดำเนินการห่างจากการเชื่อมแล้วเสร็จอย่างน้อย 48 ชั่วโมง

7.5 รอยฉีกขาดแบบลามेलลาร์

สำหรับกรณีที่แผนการประกันคุณภาพกำหนดให้ต้องตรวจสอบรอยฉีกขาดแบบลามेलลาร์ (lamellar tearing) จะต้องตรวจสอบโลหะงานด้วยวิธี UT หลังจากการเชื่อม ซึ่งหากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องในโลหะงานที่อยู่ภายในระยะร้อยละ 25 ของความหนาจากผิวเหล็กที่ติดกับเส้นหลอม จะต้องทำการตรวจสอบตามเกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมรับแรงอัดรับภาระวัฏจักรที่ไม่ใช้รอยต่อท่อ ตามมาตรฐาน มยผ. 1562-51

7.6 การบากคานและช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง

สำหรับกรณีที่แผนการประกันคุณภาพกำหนดให้ต้องตรวจสอบรอยร้าวบนผิวที่ถูกตัดก่อนที่จะมีการเชื่อม สำหรับคานที่ถูกบากและช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึง จะต้องตรวจสอบด้วยวิธี MT หรือวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม (liquid penetrant testing, PT)

7.7 ช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงที่ได้รับการซ่อมแซมในเขตปกป้อง

การตรวจสอบการซ่อมแซมช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงในเขตปกป้องต้องทำด้วยวิธี MT หรือ PT

7.8 การทำ NDT สำหรับตำแหน่งที่นำแผ่นต่อออกที่ได้รับการซ่อมแซม

กรณีซ่อมแซมตำแหน่งที่นำแผ่นต่อออกด้วยการเชื่อม ต้องทำการตรวจสอบด้วยวิธี MT ในพื้นที่ซ่อมแซมและพื้นที่ที่ติดกัน

7.9 ข้อกำหนดวิธีการทดสอบ MT

การทดสอบ MT ต้องทำด้วยวิธีโยก (yoke method) ตามวิธีการดำเนินการที่เป็นไปตามภาคผนวก ฉ

7.10 การทดสอบ UT

7.10.1 เทคนิค

การทดสอบ UT ตามแผนการประกันคุณภาพต้องดำเนินการตามวิธีดำเนินการที่กำหนดในมาตรฐาน AWS D1.1 มาตรฐาน มยผ. 1562-51 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง

7.10.2 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่อง

เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดโดยการทดสอบ UT ตามวิธีดำเนินการของมาตรฐาน AWS D1.1 (หัวข้อ 8) และมาตรฐาน มยผ. 1562-51 ให้เป็นไปตามตารางที่ 2 ในมาตรฐาน มยผ. 1562-51

ยกเว้นกรณีได้รับการอนุมัติจากวิศวกรให้ใช้วิธีดำเนินการตามมาตรฐาน AWS D1.1 (ภาคผนวก O) เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดให้เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับสำหรับโครงสร้างรับภาระสถิต ตามภาคผนวก O ของมาตรฐาน AWS D1.1

7.10.3 รอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

รอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับในข้อ 7.10.2 ต้องได้รับการซ่อมแซม หรืออีกทางเลือกหนึ่ง อนุญาตให้ใช้วิธีการวัดขนาดรอยบกพร่องและเกณฑ์การยอมรับตามภาคผนวก ข ได้หากได้รับการอนุมัติจากวิศวกร

7.10.4 แผ่นรองเชื่อมเหล็กที่ไม่ได้นำออก

ในกรณีที่ตรวจจกระดับของรอยบ่งชี้ (indication rating) ได้จากแผ่นรองเชื่อมเหล็ก ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมก่อนการสรุปผลว่ารอยเชื่อมไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งสามารถพิจารณาเพิ่มเติมได้จากมาตรฐาน AWS D1.1 ข้อ 8.25.12

7.10.5 รอยเชื่อมแบบร่องไม่ทะลุตลอด

รอยต่อแบบร่องไม่ทะลุตลอดที่ทดสอบด้วย UT จะต้องไม่ถูกพิจารณาให้ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับบนพื้นฐานของระดับรอยบ่งชี้ของแนวหลอมละลายลึกด้านหลังของรากแนวเชื่อมเพียงอย่างเดียว และกำหนดให้ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมก่อนการสรุปผลว่ารอยเชื่อมไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

เอกสารอ้างอิง

- (1) American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Steel (ANSI/AWS D1.1/D1.1M)”, 2020.
- (2) American Welding Society (AWS), “Structural Welding Code – Seismic Supplement (ANSI/AWS D1.8/D1.8M)”, 2021.

ภาคผนวก ก
การทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนของข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมของโลหะเดิม
สำหรับรอยเชื่อมวิกฤติ

ภาคผนวกนี้ให้ข้อกำหนดวิธีดำเนินการทดสอบความเหมาะสมของโลหะเดิมที่ใช้ในรอยเชื่อมวิกฤติตามข้อกำหนดในข้อ 6.2 วิธีดำเนินการมีวัตถุประสงค์เพื่อให้รอยเชื่อมที่ได้รับการทดสอบตามวิธีดำเนินการนี้จะมีกำลัง ความเหนียว และความแกร่งรอยบากตามที่ต้องการที่อุณหภูมิใช้งานที่คาดหวัง สำหรับช่วงอัตราการให้ความร้อนของการผลิตตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ก.1 วิธีดำเนินการทดสอบ

ต้องใช้แผ่นทดสอบสองแผ่น แผ่นทดสอบหนึ่งแผ่นทดสอบด้วยการให้ความร้อนสูงโดยเชื่อมด้วยระดับการให้ความร้อนคำนวณ (computed heat input level) ไม่น้อยกว่าระดับสูงสุดที่จะใช้ในการผลิต แผ่นทดสอบอีกหนึ่งแผ่นทดสอบด้วยการให้ความร้อนต่ำโดยการเชื่อมด้วยระดับการให้ความร้อนคำนวณไม่เกินกว่าระดับต่ำสุดที่จะใช้ในการผลิต

ตารางที่ ก.1 แสดงขีดจำกัดแนะนำการให้ความร้อนสูงและต่ำ การทดสอบการให้ความร้อนอาจดำเนินการที่ระดับการให้ความร้อนสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 การทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน
(อุณหภูมิการให้ความร้อน การให้ความร้อนก่อนการเชื่อม และระหว่างเทียวยเชื่อม)

	การให้ความร้อนที่แนะนำ (กิโลจูลต่อมิลลิเมตร)	อุณหภูมิให้ความร้อน ก่อนการเชื่อม (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อม (องศาเซลเซียส)
การทดสอบการให้ความร้อนต่ำ (low heat input test)	1.2	ไม่เกินกว่า 49	ไม่เกินกว่า 121
การทดสอบการให้ความร้อนสูง (high heat input test)	3.1	ไม่น้อยกว่า 121 ^ก	ไม่น้อยกว่า 232 ^ก

^ก ก่อนเริ่มการทดสอบการให้ความร้อนสูง แผ่นทดสอบจะต้องได้รับการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมให้ถึงอุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมขั้นต่ำที่กำหนดไว้ ในระหว่างการเชื่อมให้ดำเนินการเชื่อมอย่างต่อเนื่องโดยไม่หยุดการเชื่อมเป็นเวลานาน จนกระทั่งอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมขั้นต่ำเป็นไปตามเกณฑ์ ซึ่งหากอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมขั้นต่ำค่าตามเกณฑ์แล้ว ขั้นตอนการเชื่อมทั้งหมดต้องดำเนินการที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด และในทุกกรณีที่อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมของแผ่นทดสอบลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด ต้องจัดให้มีการให้ความร้อนแผ่นทดสอบเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมขั้นต่ำก่อน จึงจะสามารถเริ่มการเชื่อมต่อไปได้ อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถรักษาอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ก่อนที่จะหยุดพักการเชื่อม จะไม่อนุญาตให้ดำเนินการเชื่อมต่อไปจนกว่าชุดประกอบเพื่อทดสอบจะได้รับการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมให้มีอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมเป็นไปตามค่าขั้นต่ำที่กำหนดไว้

ก.2 อุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมและอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อม

ต้องใช้อุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมและอุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อมตามตารางที่ ก.1 ในการทดสอบการให้ความร้อนต่ำและสูงทั้งหมด

ก.3 รายละเอียดแผ่นทดสอบ

ต้องใช้แผ่นทดสอบสองแผ่น หนึ่งแผ่นสำหรับแต่ละระดับการให้ความร้อน แผ่นทดสอบต้องเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ ก.1 แผ่นทดสอบสำหรับการรับรองคุณสมบัติของโลหะเติม E49X (หรือเทียบเท่า E70X ในระบบ US) จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM A36, A572 ชั้นคุณภาพ 50 หรือ A992 แผ่นทดสอบสำหรับการรับรองคุณสมบัติของโลหะเติม E55 (หรือเทียบเท่า E80 ในระบบ US) จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM A36, A572 ชั้นคุณภาพ 50, A572 ชั้นคุณภาพ 65, หรือ A913 ชั้นคุณภาพ 65 ตามตัวเลือกของผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้าง แผ่นทดสอบสำหรับการรับรองคุณสมบัติของโลหะเติม E62 (หรือเทียบเท่า E90 ในระบบ US) จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน A572 ชั้นคุณภาพ 50, A572 ชั้นคุณภาพ 65, A913 ชั้นคุณภาพ 65, หรือ A913 ชั้นคุณภาพ 70 ตามตัวเลือกของผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้าง แผ่นรองเชื่อมเหล็กต้องเป็นไปตามหนึ่งใน 6 ชั้นคุณภาพข้างต้น แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นชั้นคุณภาพเดียวกับแผ่นทดสอบ

ก.4 การเชื่อมแผ่นทดสอบ

แผ่นทดสอบขอบเขตการให้ความร้อนต้องเตรียมตามรูปที่ ก.1

ก.4.1 อุณหภูมิให้ความร้อนก่อนการเชื่อมและอุณหภูมิระหว่างเที่ยวเชื่อม

เมื่อกำหนดให้มีการให้ความร้อนก่อนการเชื่อม ชุดประกอบเพื่อทดสอบจะต้องได้รับการให้ความร้อนก่อนการเชื่อมตามอุณหภูมิที่กำหนด โดยวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง 25 มิลลิเมตรจากศูนย์กลางของร่อง ดังแสดงในรูปที่ ก.1 อุณหภูมิระหว่างเที่ยวเชื่อมต้องได้รับการวัดก่อนการเชื่อมแต่ละเที่ยวเชื่อม เมื่ออุณหภูมิเกินกว่าอุณหภูมิระหว่างเที่ยวเชื่อมสูงสุดที่กำหนดในตารางที่ ก.1 แผ่นทดสอบต้องปล่อยให้เย็นลงจนกว่าจะถึงอุณหภูมิที่กำหนด ต้องรักษาอุณหภูมิระหว่างเที่ยวเชื่อมไว้ตลอดสำหรับส่วนที่เหลือของการเชื่อม หากจำเป็นต้องหยุดการเชื่อม ชุดประกอบเพื่อทดสอบจะต้องได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิระหว่างเที่ยวเชื่อมที่กำหนดก่อนเริ่มการเชื่อมต่อ

ก.4.2 การให้ความร้อน

แผ่นทดสอบจะต้องเชื่อมด้วยการรวมตัวแปรที่จะทำให้ได้การให้ความร้อนระดับสูงหรือระดับต่ำที่ต้องการ การทดสอบจะต้องดำเนินการโดยที่ค่าความร้อนคำนวณสำหรับแต่ละเที่ยวเชื่อมไม่แตกต่างจากระดับการให้ความร้อนที่ต้องการเกินกว่าร้อยละ 20

ก.4.3 การโค้ง

แผ่นทดสอบหลังการทดสอบที่โค้งมากกว่า 5 องศา จากแนวราบ ต้องถูกทิ้ง ไม่อนุญาตให้ตัดตรงชุดประกอบเพื่อทดสอบที่เชื่อมแล้ว

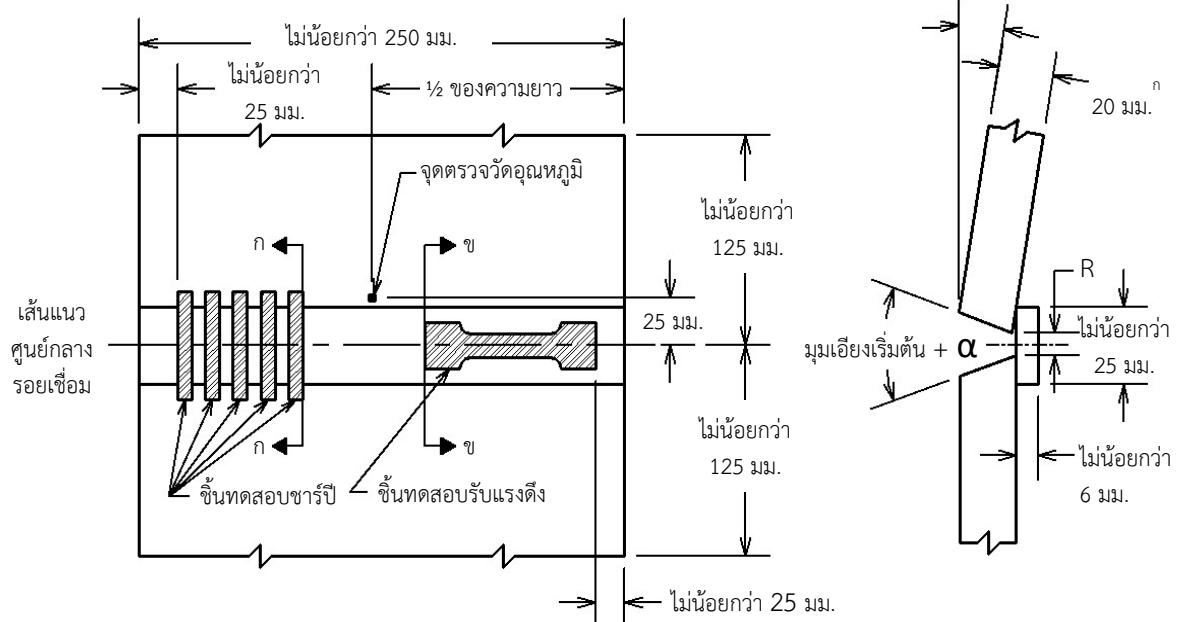
ก.4.4 การปรับปรุงด้วยความร้อน

ไม่อนุญาตให้ใช้การปรับปรุงด้วยความร้อน (thermal treatment) กับรอยเชื่อมหรือชิ้นทดสอบ ยกเว้น ชิ้นทดสอบรับแรงดึงอาจบ่มที่อุณหภูมิ 93 องศาเซลเซียส ถึง 104 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 48 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องก่อนการทดสอบ

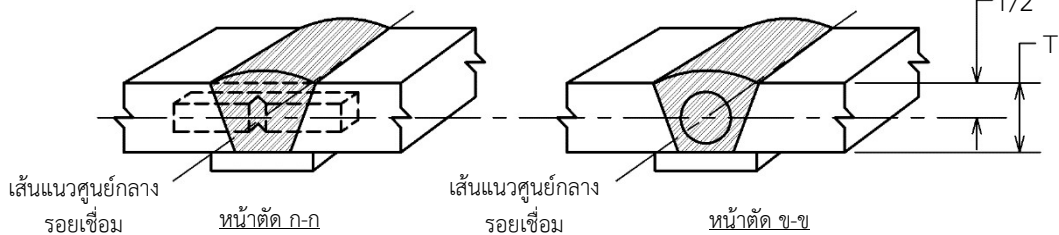
ก.4.5 ขึ้นทดสอบ

ขึ้นทดสอบต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.1 ขึ้นทดสอบประกอบด้วยขึ้นทดสอบชาร์ปีจำนวน 5 ชิ้น และขึ้นทดสอบแรงดึงมาตรฐานเนื้อเชื่อม (all-weld-metal tensile specimen) จำนวน 1 ชิ้น ขึ้นทดสอบทั้งหมดจะต้องนำมาจากตำแหน่งใกล้กับเส้นแนวศูนย์กลางรอยเชื่อมที่กึ่งกลางความหนา เพื่อลดผลกระทบจากการเจือจาง (dilution) ขึ้นทดสอบต้องเตรียมตามมาตรฐาน AWS B4.0

อนุญาตให้ปรับมุมเอียงเริ่มต้นแผ่นทดสอบ 1 แผ่น หรือ 2 แผ่นได้ แต่ต้องไม่เกิน 5 องศา



(ก) แผ่นทดสอบแสดงตำแหน่งของชิ้นทดสอบ



(ข) การจัดวางชิ้นทดสอบชาร์ปี

(ค) ตำแหน่งของชิ้นทดสอบแรงดึง

มาตรฐานเนื้อเชื่อม

	ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน (R)	มุมร่อง (α)
ทางเลือกที่ 1	12 มม.	45°
ทางเลือกที่ 2	16 มม.	20°

ก สำหรับ SAW กำหนดให้ความหนาแผ่นทดสอบมีค่าเท่ากับ 25 มม.

รูปที่ ก.1 แผ่นทดสอบขอบเขตการให้ความร้อน

ก.6 เกณฑ์การยอมรับ

ก.6.1 ข้อกำหนดด้านกำลังและความเหนียว

ชิ้นทดสอบแรงดึงมาตรฐานเนื้อเชื่อมต้องมีกำลัง และความเหนียวตามที่กำหนดในตารางที่

ก.2

ตารางที่ ก.2 คุณสมบัติเชิงกลของเนื้อเชื่อม

กำลังที่ระบุของอิเล็กโทรด	E49 ในระบบ SI (E70 ในระบบ US)	E55 ในระบบ SI (E80 ในระบบ US)	E62 ในระบบ SI (E90 ในระบบ US)
กำลังคราก (เมกะปาสกาล) ตรวจวัดโดยใช้หน่วยแรงที่จุดจั่นที่ร้อยละ 0.2	ไม่น้อยกว่า 400	ไม่น้อยกว่า 470	ไม่น้อยกว่า 540
กำลังดึง (เมกะปาสกาล)	ไม่น้อยกว่า 490	ไม่น้อยกว่า 550	ไม่น้อยกว่า 620
การยืด (ร้อยละ) ตรวจวัดด้วยระยะพิกัด (gage length) ที่ 50 มม.	ไม่น้อยกว่า 22	ไม่น้อยกว่า 19	ไม่น้อยกว่า 17
ความแกร่งแบบชาร์ปี (จูล) ในกรณีที่มี LAST สูงกว่าหรือเท่ากับ 10 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส
ความแกร่งแบบชาร์ปี (จูล) ในกรณีที่มี LAST ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ LAST+11 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ LAST+11 องศาเซลเซียส	ไม่น้อยกว่า 54 ที่อุณหภูมิ LAST

ก.6.2 ข้อกำหนดความแกร่งแบบชาร์ปี

ค่าสูงสุดและต่ำสุดของการทดสอบขึ้นทดสอบชาร์ปีจำนวน 5 ชิ้น สำหรับแต่ละแผ่นทดสอบต้องถูกตัดออก สองในสามค่าที่เหลือต้องไม่น้อยกว่าความแกร่งชาร์ปี 54 จูล ที่อุณหภูมิทดสอบหนึ่งในสามของขึ้นทดสอบที่เหลืออาจจะต่ำกว่าค่านี้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 40 จูล ค่าเฉลี่ยของสามขึ้นทดสอบนี้ต้องไม่น้อยกว่าข้อกำหนดในตารางที่ ก.2

ภาคผนวก ข
การทดสอบชาร์ปอินเตอร์มิกซ์ของการรวมโลหะเติม
(เมื่อหนึ่งในโลหะเติมเป็น FCAW-S)

ภาคผนวกนี้ให้วิธีดำเนินการทดสอบที่ใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของการรวมโลหะเติม FCAW-S เข้ากับกรรมวิธีการเชื่อมอื่น ๆ ในรอยต่อเดียวกัน ตามที่กำหนดในข้อ 6.1.4

ข.1 การทดสอบ

การทดสอบตามที่กำหนดในภาคผนวกนี้อาจดำเนินการโดยผู้ผลิตโลหะเติม ผู้ประกอบชิ้นงาน ผู้รับจ้าง หรือหน่วยงานทดสอบอิสระ

ข.2 ตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับโลหะเติม

ตัวแปรจำเป็นของโลหะเติมสำหรับการทดสอบชาร์ปอินเตอร์มิกซ์ (intermix CVN) เป็นไปตามตารางที่ ข.1 และ ข.2 ซึ่งในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรจำเป็นตามที่ระบุในตาราง จะต้องจัดให้มีการทดสอบเพิ่มเติม

ตารางที่ ข.1 ตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับโลหะเติม – ชับสเตรต/ฐาน FCAW-S

	ชับสเตรต/ฐาน	วัสดุเติม					
	FCAW-S	FCAW-S	FCAW-G	SMAW	GMAW	SAW	กรรมวิธีอื่น
การจำแนกประเภทตาม AWS	X		X	X	X	X	X
ผู้ผลิต	X		X	X		X	X
ชื่อผู้ผลิตและชื่อทางการค้า	X		X	X		X	X
เส้นผ่านศูนย์กลาง			X	X	X	X	X

หมายเหตุ: เครื่องหมาย "X" บ่งชี้ว่าเป็นตัวแปรจำเป็นที่ใช้กับกรรมวิธีการเชื่อมและประเภทของการเชื่อมที่ระบุ

ตารางที่ ข.2 ตัวแปรจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับโลหะเติม – วัสดุเติม FCAW-S

	ชับสเตรต/ฐาน						วัสดุเติม
	FCAW-S	FCAW-G	SMAW	GMAW	SAW	กรรมวิธีอื่น	FCAW-S
การจำแนกประเภทตาม AWS		X	X	X	X	X	X
ผู้ผลิต		X	X		X	X	X
ชื่อผู้ผลิตและชื่อทางการค้า		X	X		X		X
เส้นผ่านศูนย์กลาง							X

หมายเหตุ: เครื่องหมาย "X" บ่งชี้ว่าเป็นตัวแปรจำเป็นที่ใช้กับกรรมวิธีการเชื่อมและประเภทของการเชื่อมที่ระบุ

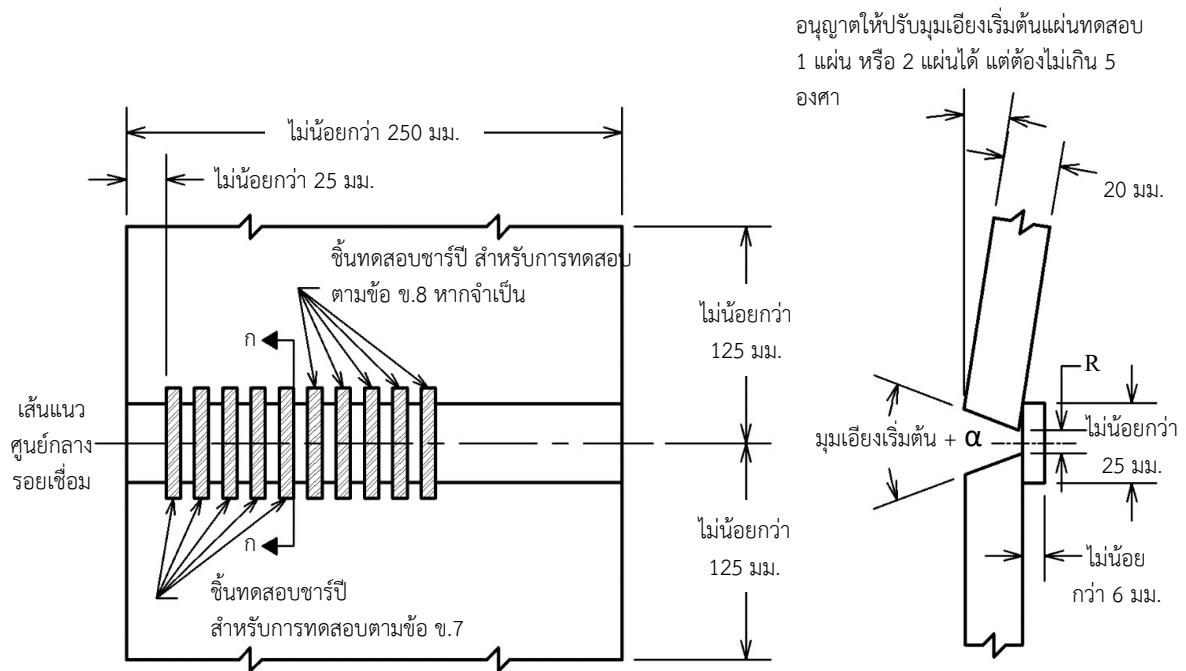
ข.3 รายละเอียดแผ่นทดสอบ

แผ่นทดสอบแผ่นเดียวต้องใช้วัสดุ ดังนี้

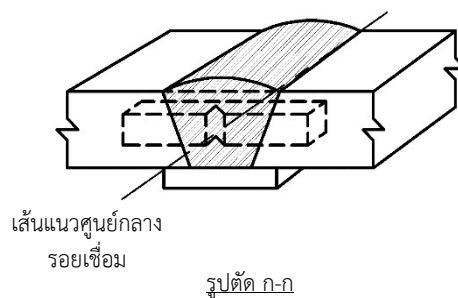
- (1) ASTM A36, ASTM A572 ชั้นคุณภาพ 50 หรือ ASTM A992 ต้องใช้ในการประเมินการรวมโลหะเดิม E49 (หรือเทียบเท่า E70 ในระบบ US)
- (2) ASTM A572 ชั้นคุณภาพ 65 หรือ ASTM A913 ชั้นคุณภาพ 65 ต้องใช้ในการประเมินการรวมโลหะเดิม E55 (หรือเทียบเท่า E80 ในระบบ US)
- (3) ASTM A913 ชั้นคุณภาพ 70 ต้องใช้ในการประเมินการรวมโลหะเดิม E62 (หรือเทียบเท่า E90 ในระบบ US)

ข.3.1 อินเทอร์เน็ตของ FCAW-G, SMAW, GMAW, SAW

แผ่นทดสอบต้องมีความหนา 20 มิลลิเมตร โดยมีระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน 16 มิลลิเมตร และมุมร่อง 20 องศา หรือระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน 12 มิลลิเมตรและมุมร่อง 45 องศา แผ่นทดสอบและชิ้นทดสอบแสดงในรูปที่ ข.1



(ก) ตำแหน่งของขั้นทดสอบ



(ข) การจัดวางขั้นทดสอบชาร์ปี

หมายเหตุ: รูปที่ ข.2 และ ข.4 สำหรับตำแหน่งตัวอย่าง CVN

	ระยะห่างระหว่างร่องบากของ ชิ้นงาน (R)	มุมร่อง (α)
ทางเลือกที่ 1	12 มม.	45°
ทางเลือกที่ 2	16 มม.	20°

หมายเหตุ: ขอบของตัวอย่าง CVN ต้องอยู่ติดกับรอยขีด (scribe line) อินเตอร์มิกซ์ (ดูรูปที่ ข.4)

รูปที่ ข.1 แผ่นทดสอบอินเตอร์มิกซ์

ข.3.2 อินเตอร์มิกซ์สำหรับ ESW

แผ่นทดสอบอินเตอร์มิกซ์ต้องทำโดยการเชื่อมชนด้วยกรรมวิธีการเชื่อม ESW โลหะงานสำหรับการทดสอบต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร อาจใช้ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม ESW ใดก็ได้ ยกเว้นวัสดุสิ้นเปลือง ESW ที่ใช้ต้องเป็นชื่อทางการค้าเดียวกับที่จะประเมินในการทดสอบอินเตอร์มิกซ์ หลังจากเชื่อม ESW แล้ว จะต้องกลึง เจีย หรือเซาะร่องเข้าไปในรอยเชื่อม ESW ให้มีความลึกร่องไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร มีความกว้างด้านบนของร่องไม่

น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และมีรัศมีของร่องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ ข.3 ร่องนี้ต้องเชื่อมด้วยโลหะเติม FCAW-S จนเต็มความหนา เพื่อใช้ในการทดสอบอินเตอร์มิกซ์

ข.4 การเชื่อมแผ่นทดสอบ

ลำดับการเติมเนื้อเชื่อมจะต้องเหมือนกับลำดับที่ใช้ในการผลิต วัสดุแรกจะเรียกว่าวัสดุซับสเตรต (substrate material) หรือวัสดุราก (root material) และวัสดุที่ตามมาจะเรียกว่าวัสดุเติม (filler material) ยกเว้นสำหรับซับสเตรต ESW ประมาณหนึ่งในสามของความหนาของรอยต่อทดสอบจะต้องเชื่อมด้วยวัสดุซับสเตรตหรือวัสดุราก สมดุลของรอยต่อจะต้องเชื่อมด้วยวัสดุเติม

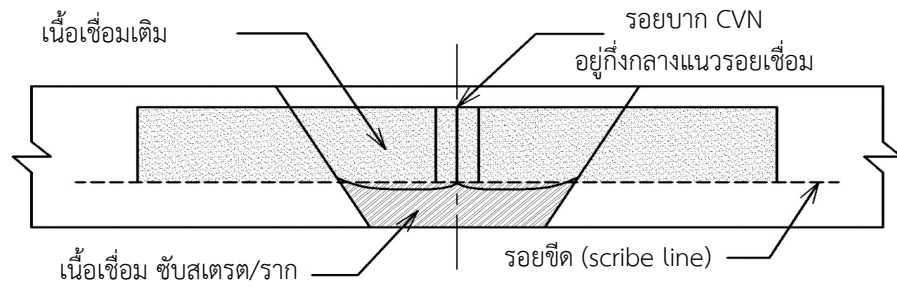
ข.5 ชั้นทดสอบ

ชั้นทดสอบชาร์ปีจำนวน 5 หรือ 10 ชั้น ต้องเตรียมจากแผ่นทดสอบ ขึ้นกับจำนวนการทดสอบที่ต้องการ ชั้นทดสอบชาร์ปีต้องเตรียมตามมาตรฐาน AWS B4.0

ข.6 ตำแหน่งชั้นทดสอบชาร์ปี

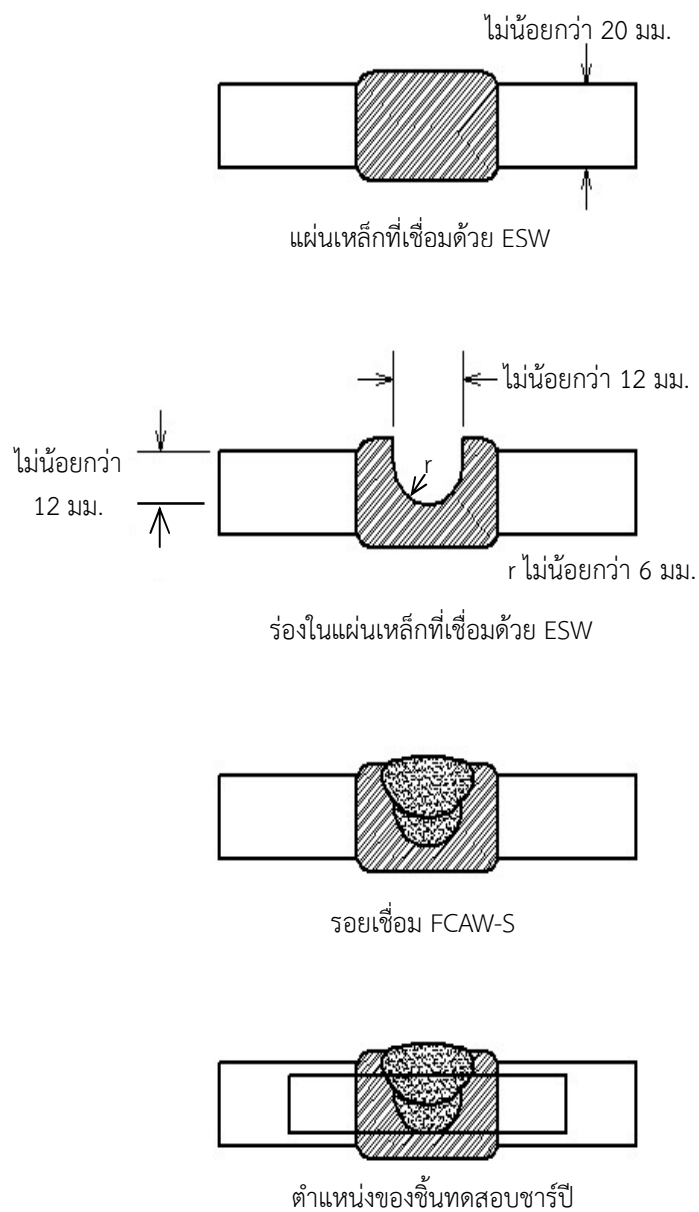
แท่งทดสอบการกระแทกชาร์ปีจะต้องอยู่ในตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

- (1) ชั้นทดสอบตามขวางที่จะกลึงแท่งชาร์ปี (CVN bar) จะต้องกัดกรด เพื่อเผยหน้าตัดของรอยเชื่อม
- (2) จะต้องขีดเส้นไว้บนหน้าตัดที่ได้รับการกัดกรด ที่ส่วนต่อประสานของกรรมวิธีการเชื่อมทั้งสอง (ดูรูปที่ ข.2)
- (3) ชั้นทดสอบชาร์ปี (CVN specimen) จะต้องนำมาจากวัสดุหลักที่เติมโดยกรรมวิธีการเชื่อมที่สอง ตำแหน่งส่วนต่อประสานต้องรวมอยู่ในชั้นทดสอบ โดยขอบของชั้นทดสอบต้องอยู่ในระยะ 1.5 มิลลิเมตรจากตำแหน่งส่วนต่อประสาน (ดูรูปที่ ข.4)

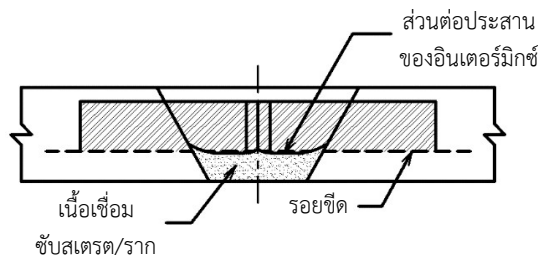


หมายเหตุ: ขอบตัวอย่าง CVN อยู่บนรอยขีด (scribe line)

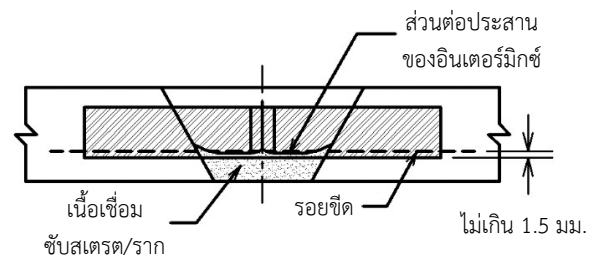
รูปที่ ข.2 ตำแหน่งรอยขีดส่วนต่อประสาน



รูปที่ ข.3 แผ่นทดสอบอินเตอร์มิกซ์ ESW และ FCAW

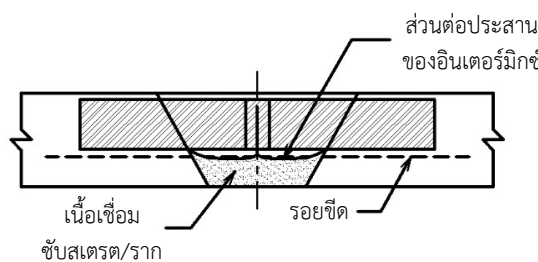


(ก) ตำแหน่งที่เหมาะสม

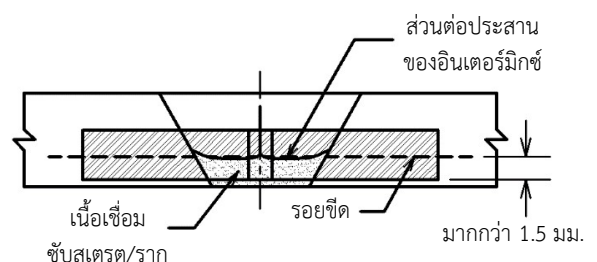


(ข) ผ่านเกณฑ์

หมายเหตุ: ตำแหน่ง CVN ในหน้าตัดของรอยเชื่อม ควรครอบคลุมพื้นที่อินเทอร์มิกซ์ โดยให้ขอบด้านล่างของชั้นงานทดสอบอยู่ภายในระยะ 1.5 มม. จากรอยขีด



(ค) ไม่ผ่านเกณฑ์



(ง) ไม่ผ่านเกณฑ์

รูปที่ ข.4 ตำแหน่งชั้นทดสอบชาร์ปีอินเทอร์มิกซ์

ข.7 เกณฑ์การยอมรับเนื้อเชื่อม

สำหรับการเชื่อมที่ใช้โลหะเติมชั้นคุณภาพ 490 เมกะปาสกาล และ 550 เมกะปาสกาล ต้องมีค่าความแข็งแรงชาร์ปี 27 จูล ที่ -18 องศาเซลเซียส สำหรับการเชื่อมที่ใช้โลหะเติมชั้นคุณภาพ 620 เมกะปาสกาล ต้องมีค่าความแข็งแรงชาร์ปี 34 จูล ที่ -29 องศาเซลเซียส ค่าความแข็งแรงชาร์ปีสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบ 5 ชิ้น ต้องถูกตัดออก สองในสามค่าที่เหลือต้องไม่น้อยกว่า 27 จูล ที่อุณหภูมิทดสอบ หนึ่งในสามค่าที่เหลืออาจจะต่ำกว่าแต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ต้องการเกินกว่า 7 จูล ค่าเฉลี่ยของสามชิ้นทดสอบนี้ต้องไม่น้อยกว่าความแข็งแรงชาร์ปีที่ต้องการต่ำสุด

ข.8 เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมวิกฤติ

สำหรับรอยเชื่อมวิกฤติ นอกเหนือจากเกณฑ์การยอมรับข้อ ข.7 แล้ว ค่าความแข็งแรงของรอยบากที่ต้องการต้องเป็น 54 จูล ที่ 20 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิตามที่กำหนดในข้อ 6.2.2 ค่าความแข็งแรงชาร์ปีสูงสุดและต่ำสุดที่ได้จากการทดสอบ 5 ชิ้นทดสอบ ต้องถูกตัดออก สองในสามค่าที่เหลือต้องไม่น้อยกว่า 54 จูล ที่อุณหภูมิทดสอบ หนึ่งในสามชิ้นทดสอบที่เหลืออาจจะต่ำกว่าค่านี้นี้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 40 จูล ที่อุณหภูมิทดสอบ ค่าเฉลี่ยของสามชิ้นทดสอบนี้ต้องไม่น้อยกว่า 54 จูล

สำหรับการใช้งานที่มีค่า LAST ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส การทดสอบความแข็งแรงชาร์ปีต้องทำที่อุณหภูมิสูงกว่าค่า LAST 11 องศาเซลเซียส

ภาคผนวก ค

การรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมเพิ่มเติมสำหรับการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึง

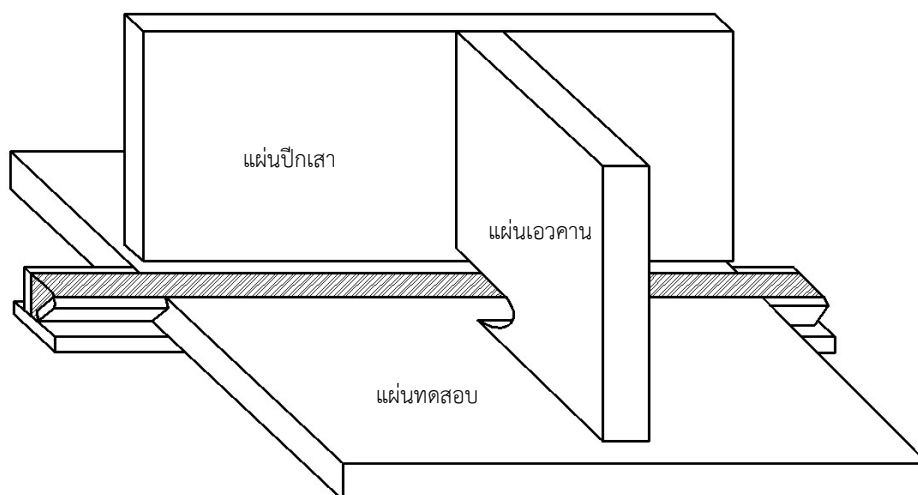
ภาคผนวกนี้ให้ข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีดำเนินการทดสอบคุณสมบัติช่างเชื่อมที่จะทำการเชื่อมรอยเชื่อมวิกฤติที่รอยต่อระหว่างปีกกลางคานและเสา โดยที่รอยเชื่อมจะต้องเชื่อมผ่านช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงตามที่ระบุไว้ในบทที่ 5

ค.1 การรับรองคุณสมบัติก่อนหน้า

ในกรณีที่ช่างเชื่อมผ่านการรับรองคุณสมบัติก่อนหน้าโดยใช้การทดสอบแผ่นที่มีการเชื่อมแบบจำกัดการเข้าถึงแบบเดียวกันก่อนที่มีการบังคับใช้มาตรฐานนี้ ให้ถือว่าช่างเชื่อมมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ตลอดระยะเวลาที่ช่างเชื่อมได้รับการรับรอง

ค.2 รูปร่างแผ่นทดสอบ

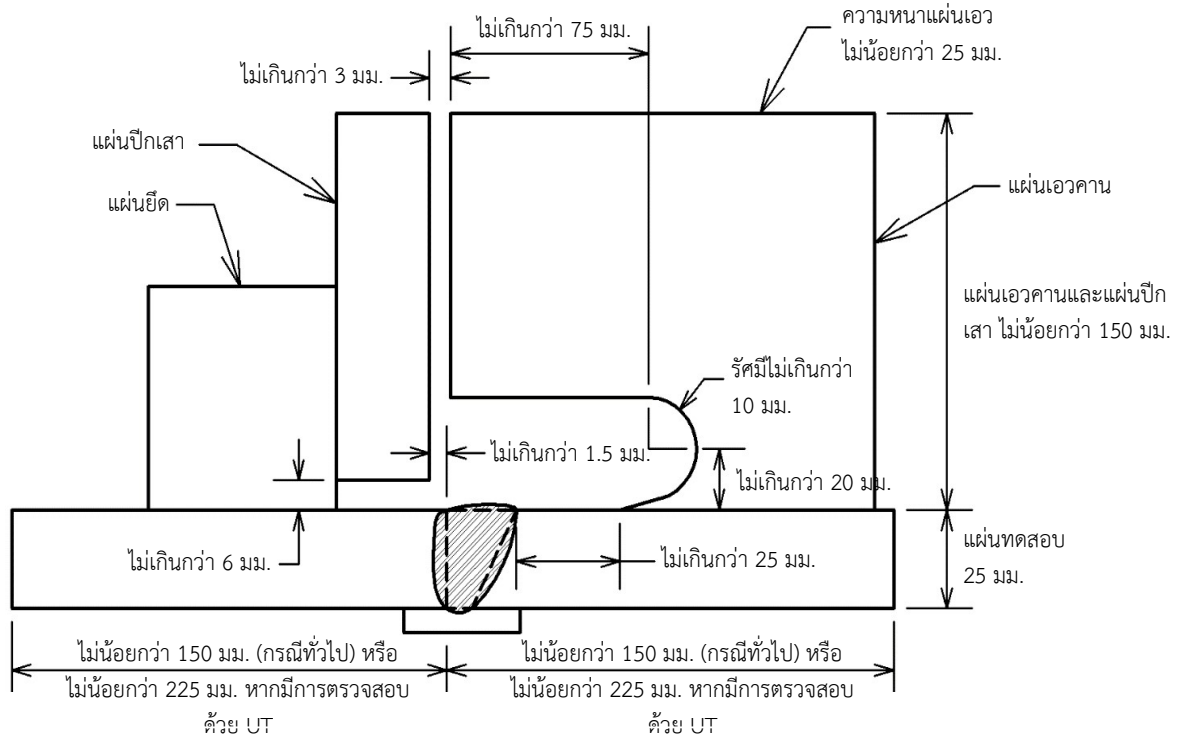
รูปร่างของแผ่นทดสอบต้องเป็นไปตามรูปที่ ค.1 โดยที่ขนาดของแผ่นทดสอบ กำหนดให้เป็นไปตามรูปที่ ค.2 สำหรับกรณีที่ต้องการดำเนินการเชื่อมการผลิตกำหนดให้ใช้แผ่นรองเชื่อมเหล็ก หรือเป็นไปตามรูปที่ ค.3 สำหรับกรณีที่ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมการผลิตกำหนดให้ใช้แผ่นรองเชื่อมอื่นนอกเหนือจากแผ่นรองเชื่อมเหล็ก



หมายเหตุ:

1. ก่อนที่จะถอดประกอบชุดทดสอบ ต้องทำเครื่องหมายตำแหน่งเอวบนแผ่นทดสอบ (ดู ค.3.1.4)
2. แผ่นเอวจะต้องอยู่ตรงกลางของแผ่นทดสอบ
3. ความยาวของแผ่นต่อ ให้เป็นไปตามข้อ 6.16.1

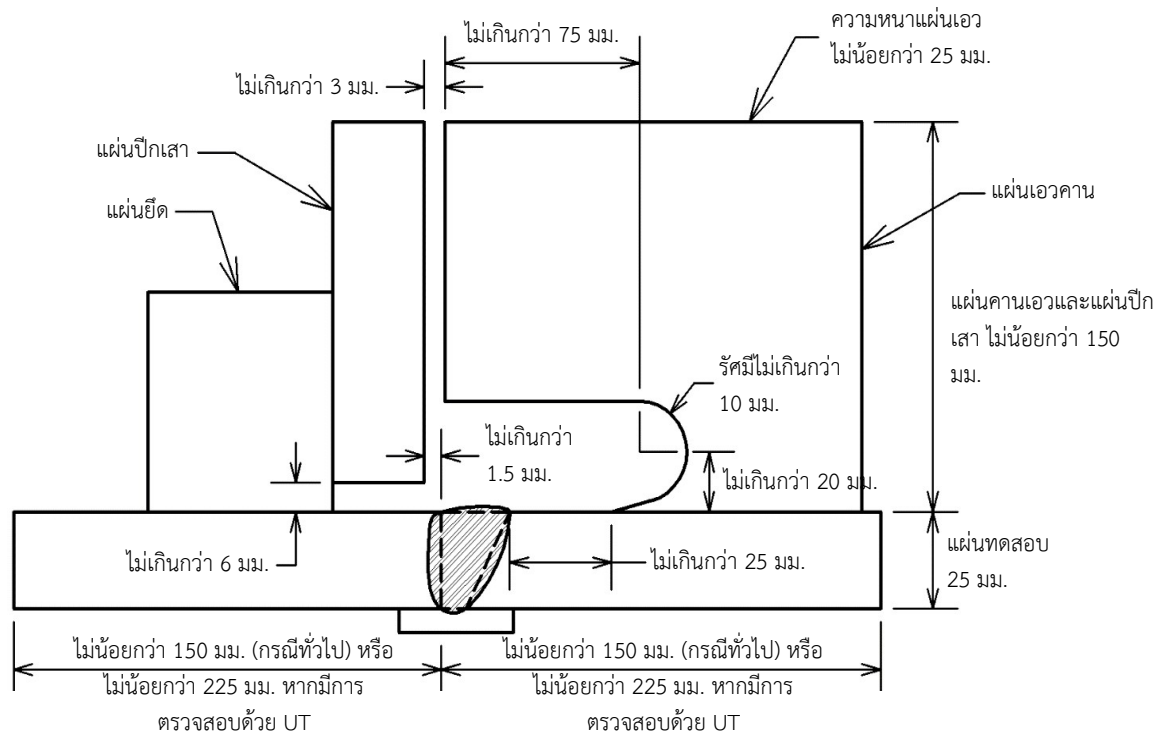
รูปที่ ค.1 รูปร่างแผ่นทดสอบ



หมายเหตุ:

1. ขนาดของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงใช้ได้เฉพาะกับการทดสอบนี้เท่านั้น
2. ขนาดของร่องเชื่อมต้องมีระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงานขนาด 10 ± 1.5 มิลลิเมตร และมีมุมเอียง (bevel) 30 ± 5 องศา
3. แผ่นรองเชื่อมต้องมีความหนาอยู่ระหว่าง 6 และ 20 มิลลิเมตร และต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ความยาวของแผ่นรองเชื่อมต้องมีค่าเท่ากับ 300 มิลลิเมตร บวกกับระยะเผื่อสำหรับการเริ่มและหยุดการเชื่อม
4. แผ่นทดสอบกับแผ่นปีกเสาต้องมีความยาวเท่ากัน ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
5. แผ่นยึด (attachment plate) สามารถมีขนาดและมิติได้ตามต้องการ
6. แผ่นปีกเสาสามารถมีความหนาได้ตามต้องการ

รูปที่ ค.2 รูปร่างแผ่นทดสอบสำหรับทางเลือกที่ 1



หมายเหตุ:

1. ขนาดของช่องเปิดเพื่อให้เข้าเชื่อมถึงนี้ใช้สำหรับการทดสอบนี้เท่านั้น
2. ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมต้องกำหนดประเภทของแผ่นรองเชื่อมอื่นนอกเหนือจากแผ่นรองเชื่อมหลัก หรือเชื่อมแบบรากเปิด (open root)
3. ขนาดร่องเชื่อมทั้งหมดต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม
4. แผ่นทดสอบกับแผ่นปีกเสาต้องมีความยาวเท่ากัน ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร
5. ขนาดและมิติของแผ่นยึดสามารถมีขนาดและมิติได้ตามต้องการ
6. แผ่นปีกเสาสามารถมีความหนาได้ตามต้องการ

รูปที่ ค.3 รูปร่างแผ่นทดสอบสำหรับทางเลือกที่ 2

ค.3 การประกอบแผ่นทดสอบ

ค.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ค.3.1.1 ชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบ

ชิ้นส่วนของชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบอาจถูกตัดและเชื่อมยึดเข้าด้วยกันโดยบุคคลอื่นนอกเหนือจากช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติได้ ยกเว้น แผ่นต่อต้องติดตั้งโดยช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบรับรองคุณสมบัติ ซึ่งในกรณีดังกล่าว กำหนดให้การติดตั้งแผ่นต่อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามข้อ 6.16.1 และ 6.16.2

ค.3.1.2 ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ชุดแผ่นทดสอบต้องเชื่อมตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมโดยใช้กรรมวิธีที่ช่างเชื่อมใช้รับรองคุณสมบัติ และกำหนดให้การรวมตัวแปรที่ส่งผลต่อกรรมวิธี

การเชื่อมเป็นไปในลักษณะที่อัตราการเติมที่ใช้ในการรับรองคุณสมบัติต้องไม่น้อยกว่าอัตราการเติมที่ใช้ในการผลิตรอยเชื่อมจริง

ค.3.1.3 ข้อกำหนดเกี่ยวเชื่อมและระหว่างเกี่ยวเชื่อม

ช่างเชื่อมต้องเชื่อมเกี่ยวเชื่อมทั้งหมดที่จำเป็นต่อการประกอบแผ่นทดสอบและต้องทำความสะอาดรอยเชื่อมด้วยตนเอง นอกจากนี้ ช่างเชื่อมต้องตรวจวัดอุณหภูมิระหว่างเกี่ยวเชื่อมเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ค.3.1.4 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ในการเตรียมชิ้นทดสอบ ต้องจัดให้มีการระบุตำแหน่งของแผ่นเอวอย่างชัดเจนเพื่อให้สามารถสังเกตเห็นตำแหน่งและทิศทางเดิมของแผ่นเอวได้ในกรณีที่มีการนำแผ่นเอวออกจากชิ้นทดสอบ และอนุญาตให้บุคคลอื่นนอกเหนือจากช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติสามารถดำเนินการตัดแยกชิ้นส่วนของชิ้นทดสอบได้

ค.3.2 ทางเลือกที่ 1

ทางเลือกที่ 1 ใช้ในการรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมสำหรับกรณีที่ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมการผลิต (production WPS) กำหนดให้ใช้แผ่นรองเชื่อมเหล็ก

ค.3.2.1 แผ่นรองเชื่อมเหล็ก

แผ่นรองเชื่อมเหล็กต้องมีความหนาอยู่ระหว่าง 6 และ 20 มิลลิเมตร และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร แผ่นรองเชื่อมเหล็กจะต้องยึดเข้ากับชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบโดยรอยเชื่อมยึด ตามข้อ 6.12.3

ค.3.2.2 รายละเอียดรอยเชื่อมแบบร่อง

รายละเอียดรอยเชื่อมแบบร่องต้องใช้ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน 10 ± 1.5 มิลลิเมตร และมุมร่อง 30 ± 5 องศา

ค.3.2.3 ทางเลือกในการถอดแผ่นรองเชื่อม

ชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบได้รับการอนุมัติให้ไม่ต้องถอดแผ่นรองเชื่อมเหล็กออก ยกเว้นกรณีที่ผู้ประกอบชิ้นงานหรือผู้รับจ้างเห็นสมควรให้มีการถอดแผ่นรองเชื่อมเหล็กออกจากชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบ ซึ่งในกรณีดังกล่าว กำหนดให้ช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติเป็นผู้ถอดออก โดยต้องดำเนินการในท่าเหนือศีรษะ

ค.3.2.4 การเซาะร่องด้านหลังและการเชื่อมด้านหลัง

ในกรณีที่มีการถอดแผ่นรองเชื่อมเหล็กออกจากชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบ กำหนดให้ช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติต้องทำการเซาะด้านหลังบริเวณ

รากเชื่อม และเชื่อมด้านหลังในท่าเหนือศีรษะ โดยที่ความลึกของการเซาะด้านหลังต้องไม่เกินกว่า 6 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม อนุโลมให้กรรมวิธีการเชื่อมในท่าเหนือศีรษะไม่ต้องเหมือนกับกรรมวิธีการเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมท่าราบ และอนุโลมให้ไม่ต้องเป็นกรรมวิธีการเชื่อมเดียวกันกับที่ใช้ผลิตรอยเชื่อมจริง

ค.3.2.5 ข้อจำกัดของทางเลือกที่ 1

ช่างเชื่อมที่ผ่านการรับรองคุณสมบัติตามทางเลือกที่ 1 จะได้รับอนุญาตให้เชื่อมบนรอยต่อใด ๆ ที่ใช้แผ่นรองเชื่อมเหล็ก โดยต้องใช้กรรมวิธีการเชื่อมแบบเดียวกันกับที่ใช้สำหรับการเชื่อมในท่าราบ และมีอัตราการเติมไม่เกินกว่าค่าที่ใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติ นอกจากนี้ ต้องจัดให้มีการทดสอบรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมแยกต่างหากโดยใช้แผ่นทดสอบตามทางเลือกที่ 2 สำหรับกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุของแผ่นรองเชื่อมจากเหล็กเป็นเซรามิก การทำรอยต่อรากเปิด (open root joint) หรือกรณีอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้แผ่นรองเชื่อมเหล็ก

ค.3.3 ทางเลือกที่ 2

ทางเลือกที่ 2 ใช้ในการรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมสำหรับกรณีที่ข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมการผลิต กำหนดให้ใช้แผ่นรองเชื่อมอื่นนอกเหนือจากแผ่นรองเชื่อมเหล็ก รวมถึงการใช้แผ่นรองเชื่อมเซรามิกหรือทองแดง ตลอดจนการเชื่อมรากเปิด (open root welding)

ค.3.3.1 แผ่นรองเชื่อม สภาพราก และรายละเอียดรอยเชื่อมแบบร่อง

แผ่นรองเชื่อม รวมถึงสภาพราก (root condition) และรายละเอียดรอยเชื่อมแบบร่อง ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ค.3.3.2 การถอดแผ่นรองเชื่อม

ในกรณีที่มีการใช้แผ่นรองเชื่อมที่ไม่ใช่เหล็ก ช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติต้องดำเนินการถอดแผ่นรองเชื่อมออกภายหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมแบบร่อง นอกจากนี้ กำหนดให้ต้องจัดทำรากเชื่อมตามข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม

ค.3.3.3 การเซาะร่องด้านหลังและการเชื่อมด้านหลัง

ในกรณีที่มีการถอดแผ่นรองเชื่อมที่ไม่ใช่เหล็กออกจากชุดแผ่นประกอบเพื่อทดสอบ กำหนดให้ช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติต้องทำการเซาะด้านหลังบริเวณรากเชื่อม และเชื่อมด้านหลังในท่าเหนือศีรษะ โดยที่ความลึกของการเซาะด้านหลังต้องไม่เกินกว่า 6 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม อนุโลมให้กรรมวิธีการเชื่อมในท่าเหนือศีรษะไม่ต้องเหมือนกับกรรมวิธีการเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมท่าราบ และอนุโลมให้ไม่ต้องเป็นกรรมวิธีการเชื่อมเดียวกันกับที่ใช้ผลิตรอยเชื่อมจริง

ค.3.3.4 ข้อจำกัดของทางเลือกที่ 2

ช่างเชื่อมที่ผ่านการรับรองคุณสมบัติตามทางเลือกที่ 2 จะได้รับอนุญาตให้ใช้ประเภทแผ่นรองเชื่อมเฉพาะที่ระบุไว้ในข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อม ซึ่งรายละเอียดรอยต่ออาจแตกต่างไปจากข้อกำหนดวิธีดำเนินการเชื่อมที่ใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติ ดังนี้

- (1) ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงานต้องไม่เกินกว่าที่ใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อม
- (2) มุมร่องต้องไม่น้อยกว่าที่ใช้ในการทดสอบรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อม

นอกจากนี้ ต้องจัดให้มีทดสอบรับรองคุณสมบัติช่างเชื่อมแยกต่างหาก สำหรับกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุของแผ่นรองเชื่อมจากทองแดงเป็นวัสดุอื่น เช่น เซรามิก เหล็ก

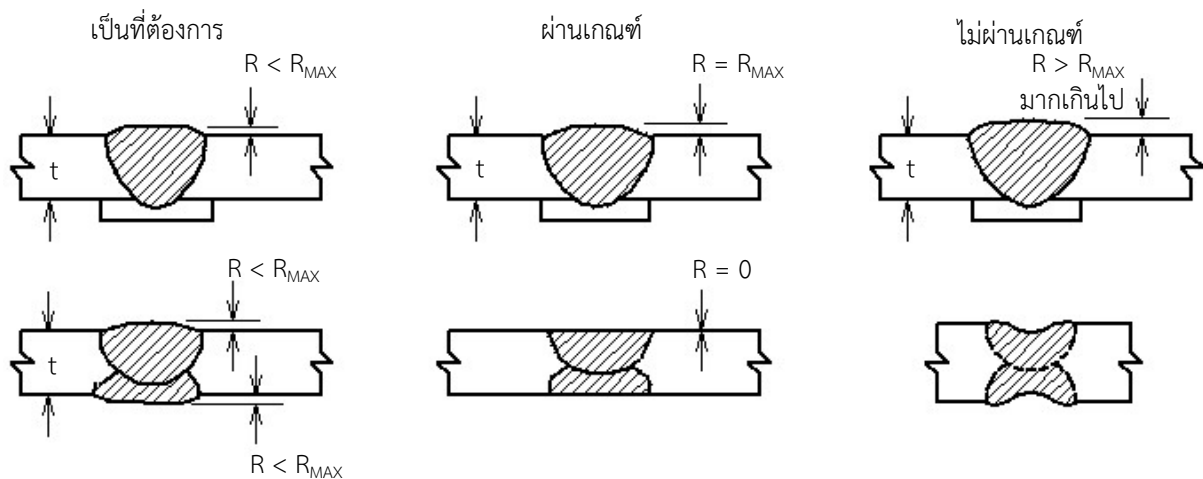
ค.4 การทดสอบขั้นทดสอบ

ค.4.1 การตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจพินิจ

ภายหลังจากการถอดแผ่นเอวคาน แผ่นปีกเสา และแผ่นยึดออกจากชิ้นทดสอบ กำหนดให้ต้องทำการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการตรวจพินิจตามมาตรฐาน AWS D1.1 และไม่อนุญาตให้มีการซ่อมแซมรอยเชื่อมบนแผ่นทดสอบในกรณีที่มีการส่งไปเพื่อการประเมินแล้ว

เกณฑ์การยอมรับด้วยการตรวจพินิจสำหรับการรับรองคุณสมบัติรอยเชื่อมแบบร่องโดยไม่คำนึงถึงแผ่นต่อ จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

- (1) รอยแตกทุกชนิดถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ โดยไม่คำนึงถึงขนาดของรอยแตก
- (2) ต้องเติมแอ่งหลอมละลายที่ปลายสุดของแนวเชื่อม (crater) ทั้งหมดให้เต็มหน้าตัดของรอยเชื่อม
- (3) ส่วนเสริมความแข็งแรงของแนวเชื่อมต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ โพรไฟล์รอยเชื่อมต้องเป็นไปตามรูปที่ ค.4 และต้องหลอมสมบูรณ์
- (4) รอยแหง่ขอบแนว (undercut) ต้องไม่เกิน 1 มิลลิเมตร
- (5) ต้องตรวจสอบรากเชื่อมของรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอด โดยต้องไม่มีรอยร้าว การหลอมที่ไม่สมบูรณ์ หรือหลอมลึกกรอยเชื่อม (joint penetration) ที่ไม่เพียงพอ
- (6) สำหรับรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดที่เชื่อมจากด้านเดียวโดยไม่มีแผ่นรองเชื่อม ความเว้าราก (root concavity) หรือการหลอมทะลุ (melt-through) ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้
 - (ก) ความเว้าสูงสุดของรากเชื่อมต้องไม่เกินกว่า 2 มิลลิเมตร โดยที่ความหนาของรอยเชื่อมทั้งหมดจะต้องไม่น้อยกว่าความหนาของโลหะงาน
 - (ข) การหลอมทะลุต้องไม่เกินกว่า 3 มิลลิเมตร



รูปที่ ค.4 ข้อกำหนดสำหรับโพรไฟล์รอยเชื่อมต่อชนของมาตรฐาน AWS D1.1 (ดูตารางที่ ค.1)

ตารางที่ ค.1 รายการโพรไฟล์รอยเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอดแบบต่อชนตามมาตรฐาน AWS D1.1

t ^ข (มม.)	R ต่ำสุด (มม.)	R สูงสุด (มม.)
≤ 25	0	3
> 25	0	5
≤ 50		
> 50	0	6 ^ก

^ก สำหรับโครงสร้างที่รับภาระแบบวัฏจักร R_{MAX} สำหรับวัสดุหนา > 50 มม. คือ 5 มม.

^ข t = ความหนาของแผ่นที่หนากว่าที่รอยต่อที่รอยต่อสำหรับ CJP

ค.4.2 การทดสอบเพิ่มเติม

แผ่นทดสอบต้องผ่านการทดสอบอย่างน้อยหนึ่งวิธีดังต่อไปนี้ โดยขึ้นกับดุลยพินิจของหน่วยงานรับรองที่เกี่ยวข้อง ผู้ประกอบชิ้นงาน หรือผู้รับจ้าง

- (1) การทดสอบดัดโค้ง (bend test) ตามข้อ ค.4.2.1
- (2) การทดสอบด้วยรังสี (radiographic testing, RT) ตามข้อ ค.4.2.2
- (3) การทดสอบ UT ตามข้อ ค.4.2.3

สำหรับกรณีที่แผ่นรองเชื่อมที่ไม่ได้นำออกเป็นอุปสรรคต่อวิธีการทดสอบที่พิจารณาเลือกใช้ อนุญาตให้บุคคลอื่นนอกเหนือจากช่างเชื่อมที่ทำการทดสอบคุณสมบัติสามารถนำแผ่นรองเชื่อมออกได้ ซึ่งในการถอดแผ่นรองเชื่อม กำหนดให้ทำในลักษณะที่ไม่ต้องมีการเชื่อมเพิ่มเติมก่อนการทดสอบอีกครั้ง

ค.4.2.1 การทดสอบดัดโค้ง

ค.4.2.1.1 ตำแหน่งของชิ้นทดสอบ

ในการทดสอบดัดโค้งด้านข้างตามขวาง (transverse side-bend tests) กำหนดให้ทำการตัดชิ้นทดสอบดัดโค้งงานแผ่น (flat test plate) จำนวน 4 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นทดสอบ ต้องมีความหนา 10 มิลลิเมตร ซึ่งชิ้นทดสอบดัดโค้ง 2 ชิ้นแรก ต้องจัดเตรียมจากบริเวณใต้แผ่นเอวในช่วง 25 มิลลิเมตร และชิ้นทดสอบดัดโค้งอีก 2 ชิ้นที่เหลือ ต้องจัดเตรียมในระยะ 6 มิลลิเมตรจากปลายรอยเชื่อม นอกจากนี้ ต้องทำเครื่องหมายให้ชัดเจนที่ด้านข้างของชิ้นทดสอบที่อยู่ใกล้ปลายรอยเชื่อม (ดูรูปที่ ค.5)

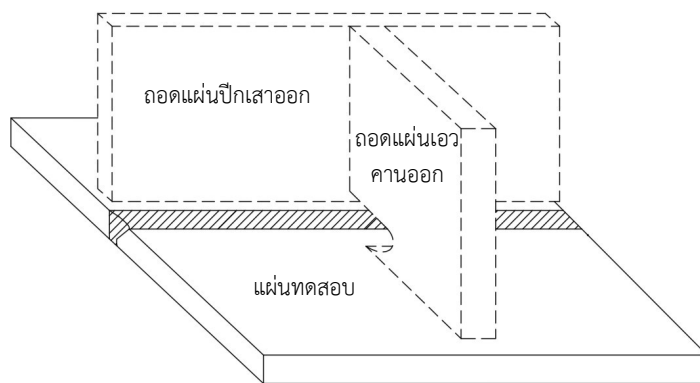
ค.4.2.1.2 วิธีดำเนินการทดสอบชิ้นทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบการดัดโค้งด้านข้าง เป็นไปตามรูปที่ ค.6 โดยที่ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องถูกตัดในอุปกรณ์นำแนวการทดสอบดัดโค้ง (bend test jig) ที่เป็นไปตามข้อกำหนดในรูปที่ ค.7 ถึงรูปที่ ค.9 หรือคล้ายคลึงกันโดยที่ไม่เกินรัศมีการดัดโค้งสูงสุด อาจใช้วิธีการที่สะดวกในการเคลื่อนชิ้นส่วนปล้นเจอร์โดยมีความสัมพันธ์กับชิ้นส่วนแม่แบบ

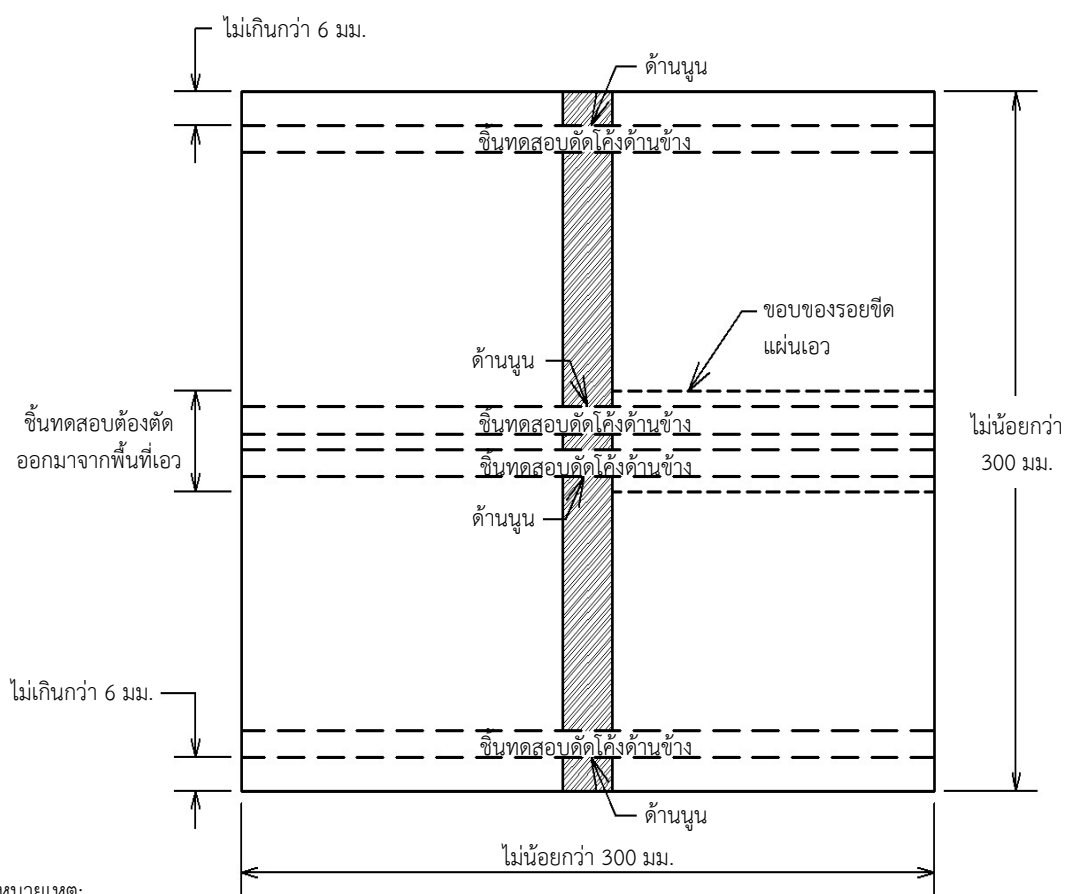
ชิ้นทดสอบจะต้องวางบนชิ้นส่วนแม่แบบของอุปกรณ์นำแนวโดยรอยเชื่อมอยู่ที่กึ่งกลางช่วง ในการจัดวางชิ้นทดสอบดัดโค้งด้านข้าง ให้วางโดยหันด้านที่มีความไม่ต่อเนื่องมากที่สุดเข้าหาช่องว่าง หรือในกรณีที่ไม่มีพบความไม่ต่อเนื่องที่ชัดเจนบนชิ้นทดสอบ ให้วางโดยหันด้านใดด้านหนึ่งเข้าหาช่องว่างแทน และสำหรับการจัดเตรียมชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นจากปลายรอยเชื่อม ต้องทำการดัดโค้งให้ด้านข้างของชิ้นทดสอบที่อยู่ใกล้ปลายรอยเชื่อมมากที่สุดกลายเป็นด้านนูน (convex side) เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งที่รับแรงดึงสูงสุด

ปล้นเจอร์จะต้องให้แรงกระทำกับชิ้นทดสอบเข้าไปในแม่แบบจนกระทั่งชิ้นทดสอบกลายเป็นรูปตัวยู รอยเชื่อมและ HAZ จะต้องอยู่ตรงกลางและอยู่ภายในส่วนดัดโค้งของชิ้นทดสอบหลังการทดสอบ เมื่อใช้อุปกรณ์นำแนวแบบพันรอบ (wraparound jig) ชิ้นทดสอบต้องถูกยึดแน่นที่ปลายด้านหนึ่ง เพื่อไม่ให้ชิ้นทดสอบเลื่อนระหว่างการดัดโค้ง รอยเชื่อมและ HAZ จะต้องอยู่ภายในส่วนดัดโค้งของชิ้นทดสอบหลังการทดสอบ ชิ้นทดสอบจะถูกนำออกจากอุปกรณ์นำแนวเมื่อถูกกลิ้งด้านนอกเคลื่อนไป 180 องศา จากจุดเริ่มต้น

นอกจากนี้ ชิ้นทดสอบดัดโค้งสามารถนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ถึง 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 2 ชั่วโมง ได้ในกรณีที่มิขัดข้อกำหนดของโลหะเดิมที่ใช้กับเนื้อเชื่อมที่ทดสอบระบุว่าสามารถทำได้



(ก) แผ่นทดสอบสำหรับการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อม

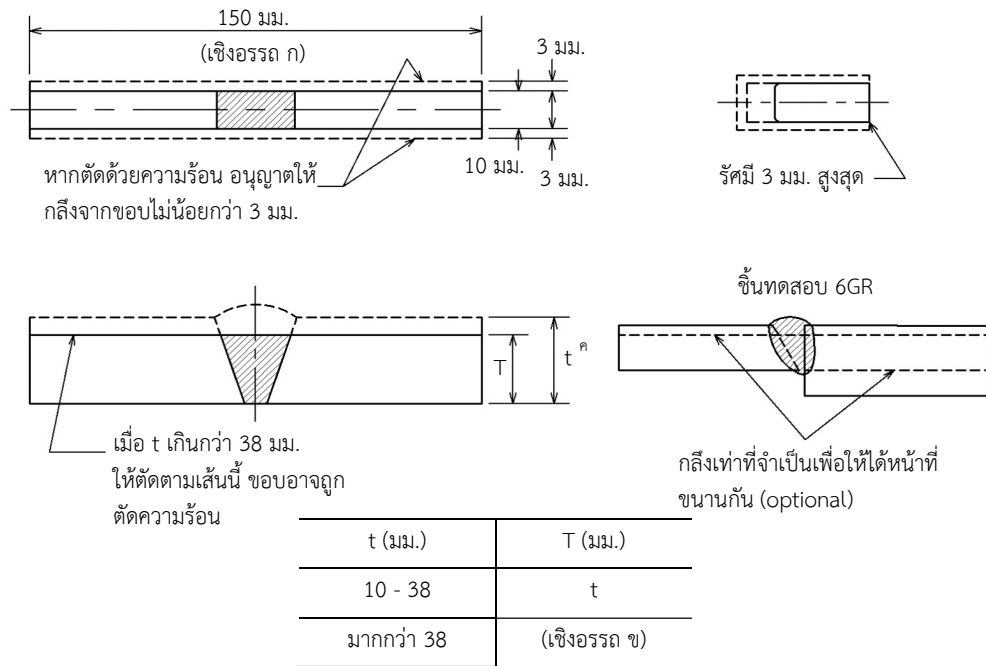


หมายเหตุ:

1. ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการประกอบทดสอบ รายละเอียดร่อง และข้อกำหนดเกี่ยวกับขั้นตอนการทดสอบในภาคผนวก ค.1 รูป ค.2 และรูป ค.3
2. แผ่นทดสอบต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร
3. พื้นที่แผ่นเอวจะต้องมีความหนาเท่ากับ 25 มิลลิเมตร โดยพื้นที่เอวจะต้องถูกทำเครื่องหมายบนแผ่นก่อนนำออก ชั้นทดสอบการตัดโค้งด้านข้างสองชั้นจะต้องถูกนำมาจากพื้นที่เอว ความกว้างทั้งหมดของตัวอย่างแต่ละชั้นจะต้องอยู่ภายในพื้นที่เอว
4. ชั้นทดสอบตัดโค้งด้านข้างจะต้องมีความหนาเท่ากับ 10 มิลลิเมตร และการทดสอบจะต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในภาคผนวก ค.4.2.1.2
5. ชั้นทดสอบการตัดโค้งด้านข้างสองชั้นที่จัดเตรียมจากปลายรอยเชื่อมจะต้องตัดโค้งให้ด้านข้างของชั้นทดสอบที่อยู่ใกล้ปลายรอยเชื่อมมากที่สุดกลายเป็นด้านนู่น เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ในตำแหน่งที่รับแรงดึงสูงสุด

(ข) แผ่นทดสอบที่มีการถอดแผ่นปีกเสาและแผ่นเอวคานออก

รูปที่ ค.5 ตำแหน่งของชั้นทดสอบตัดโค้งด้านข้าง

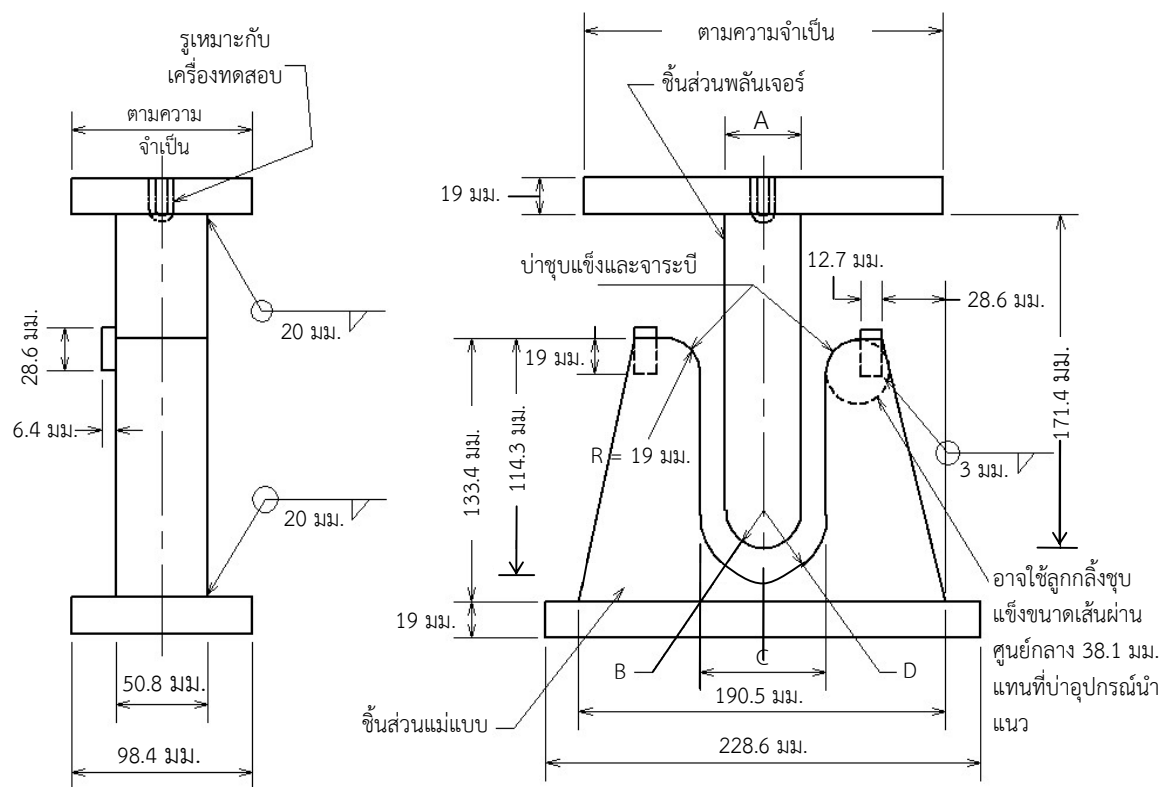


^ก อาจจำเป็นต้องใช้ความยาวของชั้นทดสอบที่ยาวขึ้นเมื่อใช้อุปกรณ์จับยึดการดัดแบบพันรอบ (wraparound type bending fixture) หรือเมื่อทดสอบเหล็กที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 620 เมกะปาสกาล

^ข สำหรับแผ่นที่มีความหนามากกว่า 38 มม. ชั้นทดสอบจะต้องถูกตัดเป็นแถบเท่า ๆ กันโดยประมาณ โดยมี T ระหว่าง 20 มม. ถึง 38 มม. และทดสอบแต่ละแถบ

^ค t = ความหนาของแผ่นหรือท่อ

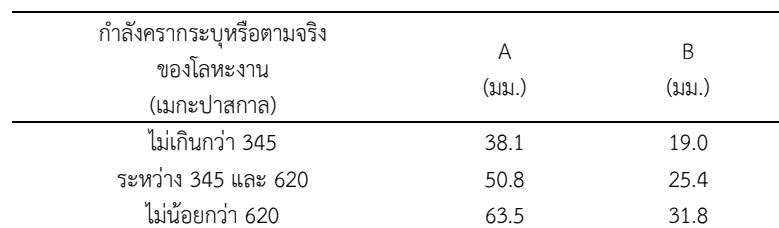
รูปที่ ค.6 ชั้นทดสอบตัดโค้งด้านข้างตามมาตรฐาน AWS D1.1



กำลังครากระบุหรือตามจริง ของโลหะงาน (เมกะปาสกาล)	A (มม.)	B (มม.)	C (มม.)	D (มม.)
ไม่เกินกว่า 345	38.1	19.0	60.3	30.2
ระหว่าง 345 และ 620	50.8	25.4	73.0	36.6
ไม่น้อยกว่า 620	63.5	31.8	85.7	42.9

หมายเหตุ: ผิวพลาเจอร์และแม่แบบภายในจะต้องทำด้วยการกลึง

รูปที่ ค.7 อุปกรณ์นำแนวการทดสอบดัดโค้งตามแบบ



Technical drawing of a mechanical part with dimensions A, B, C, and R. The part has a central circular feature with a dashed outline and a solid outline. The width is A, the height is B = A/2, and the radius is R. The distance between the centers of the two circular features is C. The radius R is specified as 19 mm.

กำลังครากระบุหรือตามจริง ของโลหะงาน (เมกะปาสกาล)	A (มม.)	B (มม.)	C (มม.)
ไม่เกินกว่า 345	38.1	19.0	60.3
ระหว่าง 345 และ 620	50.8	25.4	73.0
ไม่น้อยกว่า 620	63.5	31.8	85.7

หน้า 74

ค.4.2.1.3 เกณฑ์การยอมรับ

ในกรณีที่ทำการตรวจสอบชั้นทดสอบตัดโค้งด้วยวิธีตรวจพินิจ พื้นผิว
นูนของชั้นทดสอบจะต้องผ่านเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- (1) ความไม่ต่อเนื่องจะต้องมีขนาดไม่เกินกว่า 3 มิลลิเมตร โดยวัดใน
ทิศทางใดก็ตามบนพื้นผิว
- (2) หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 และ 3
มิลลิเมตร ให้นำขนาดของความไม่ต่อเนื่องมาคำนวณผลรวม และ
กำหนดให้ค่าผลรวมดังกล่าวจะต้องไม่เกินกว่า 10 มิลลิเมตร
- (3) รอยร้าวที่มุมของชั้นทดสอบต้องมีขนาดไม่เกินกว่า 6 มิลลิเมตร
ยกเว้นกรณีที่ยอยร้าวเกิดจากสแลกฝังในหรือรอยบกพร่องแบบขาด
การหลอมละลาย (fusion type discontinuity) ที่มองเห็นได้ ซึ่ง
จะต้องมีขนาดไม่เกินกว่า 3 มิลลิเมตร

ในกรณีที่มีรอยร้าวที่มุมของชั้นทดสอบซึ่งมีขนาดเกินกว่า 6
มิลลิเมตร โดยไม่พบร่องรอยของสแลกฝังในหรือรอยบกพร่องแบบขาด
การหลอมละลาย ต้องตัดชั้นทดสอบดังกล่าวทิ้งไปและทำการเลือกชั้น
ทดสอบใหม่จากแนวเชื่อมเดิมมาทำการทดสอบแทน

ค.4.2.2 การตรวจสอบด้วย RT

การทดสอบ RT ต้องดำเนินการตรวจสอบตลอดความยาวของแผ่นทดสอบ โดยให้
เป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน AWS D1.1 นอกจากนี้ กำหนดให้ต้องมีแท่งขอบ (edge
blocks) รวมด้วย

ในกรณีที่ใช้การตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบ RT แทนการทดสอบตัดโค้ง
กำหนดให้ไม่ต้องเจียรหรือทำให้ผิวแนวเชื่อมเรียบ ยกเว้นกรณีที่ส่วนเสริมความแข็งแรง
ของแนวเชื่อมมีผิวไม่เรียบหรือช่วงต่อ (juncture) กับโลหะงานจะทำให้เกิดเป็น
ความไม่ต่อเนื่องที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ RT นอกจากนี้ หากมีการนำแผ่นรอง
เชื่อมออกเพื่อทำการทดสอบ RT จะต้องเจียรบริเวณรากเชื่อมให้เรียบเสมอกับผิวโลหะ
งาน

ค.4.2.2.1 วิธีดำเนินการและเทคนิคการทดสอบ RT

วิธีดำเนินการและเทคนิคการทดสอบ RT ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด
ของมาตรฐาน AWS D1.1 หรือมาตรฐาน มยผ. 1565-51 หรือมาตรฐาน
อื่นที่เกี่ยวข้อง สำหรับการรับรองคุณสมบัติข้างเชื่อม ให้ยกเว้นส่วนปลาย
รอยเชื่อมทั้งสองด้านเป็นระยะ 32 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องนำส่วนดังกล่าวมา
ประกอบการประเมินผล

ค.4.2.2.2 เกณฑ์การยอมรับการทดสอบ RT ตามมาตรฐาน AWS D1.1

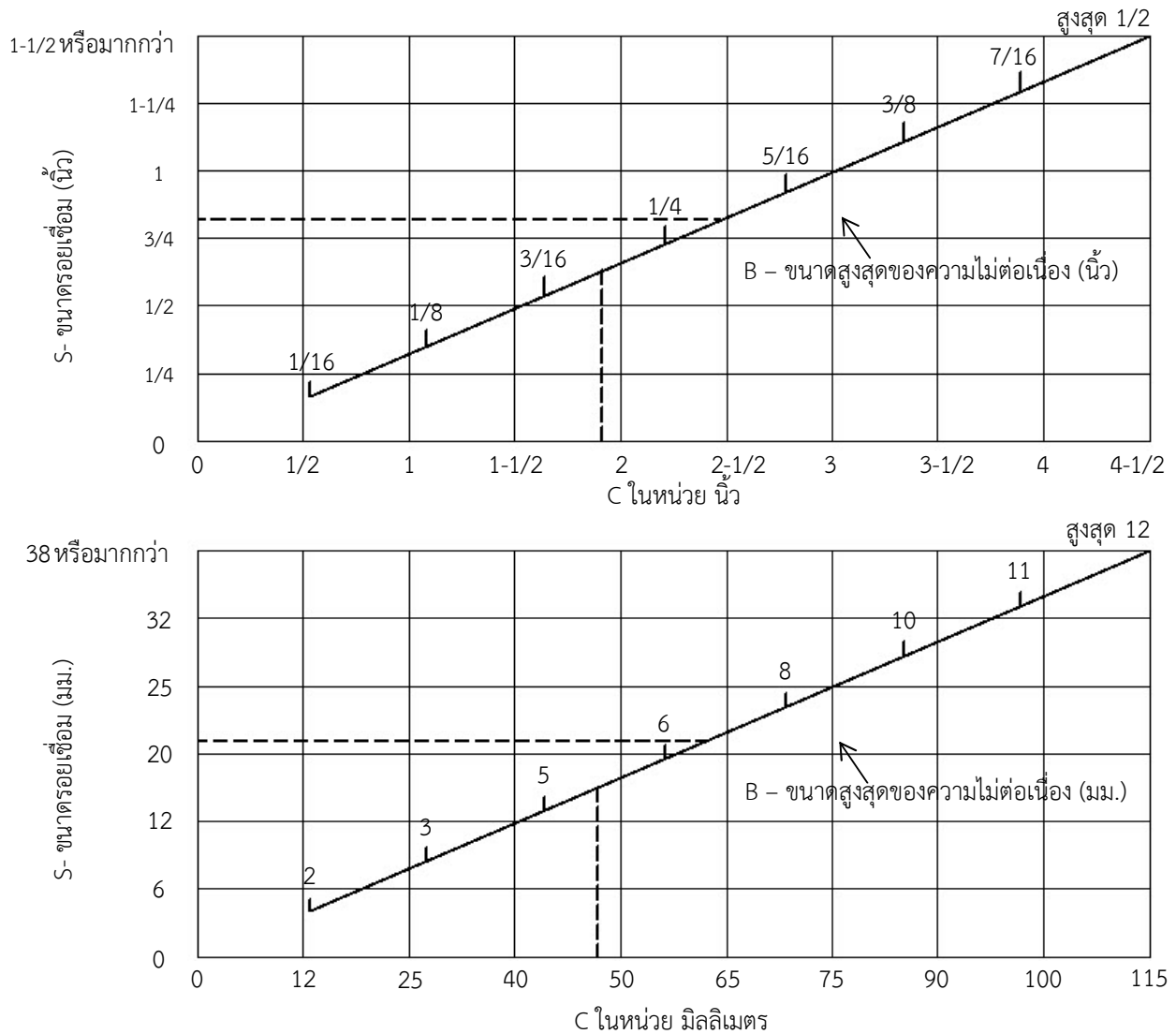
เกณฑ์การยอมรับการทดสอบ RT แสดงในรูปที่ ค.10 ชีตจำกัดในรูปที่ ค.10 สำหรับขนาดรอยเชื่อม (S) 38 มิลลิเมตรจะใช้ได้กับรอยเชื่อมที่มีขนาดมากกว่า 38 มิลลิเมตร นอกจากนี้ จะถือว่าผลทดสอบ RT ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับหากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องตามข้อกำหนดอย่างน้อยหนึ่งข้อดังต่อไปนี้

- (1) ความไม่ต่อเนื่องมีขนาดเกินกว่าขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมให้ ตามรูปที่ ค.10
- (2) ความไม่ต่อเนื่องอยู่ใกล้เกินกว่าระยะต่ำที่สุดที่ยอมให้ ตามรูปที่ ค.10
- (3) ที่จุดตัดของรอยเชื่อมกับรอยเชื่อมอื่นหรือขอบอิสระที่ไม่มีวัสดุต่อออกไป ความไม่ต่อเนื่องที่ผ่านเกณฑ์จะต้องเป็นไปตามขีดจำกัดในรูปที่ ค.10 สำหรับกรณี 1 ถึง 4
- (4) สำหรับความไม่ต่อเนื่องกลุ่มที่แยกเดี่ยว เช่น กลุ่มของรอยบ่งชี้แบบกลม (rounded indications) ที่อยู่ใกล้กัน ผลรวมของมิติใหญ่สุดของแต่ละรอยบ่งชี้ในกลุ่มดังกล่าวมีค่าเกินกว่าความไม่ต่อเนื่องเดี่ยวขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมให้ในรูปที่ ค.10 นอกจากนี้ กำหนดให้ระยะห่าง (clearance) ต่ำที่สุด มีความหมายดังนี้
 - (ก) ระยะห่างต่ำที่สุดจากกลุ่มความไม่ต่อเนื่องที่พิจารณา ไปสู่ความไม่ต่อเนื่องกลุ่มอื่น หรือ
 - (ข) ระยะห่างต่ำที่สุดจากกลุ่มความไม่ต่อเนื่องที่พิจารณา ไปสู่ความไม่ต่อเนื่องเดี่ยวแบบยาวหรือกลม หรือ
 - (ค) ระยะห่างต่ำที่สุดจากกลุ่มความไม่ต่อเนื่องที่พิจารณา ไปสู่ขอบของรอยเชื่อมที่ติดกัน

ระยะห่างต่ำที่สุดในข้างต้นจะต้องเท่ากับร้อยละ 300 ของมิติใหญ่ที่สุดของความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่กว่าของทั้งสองความไม่ต่อเนื่องที่กำลังพิจารณา

- (5) สำหรับความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดไม่เกินกว่า 2.5 มิลลิเมตร หากนำขนาดทั้งหมดมาคำนวณผลรวม จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง ร้อยละ 67 ของค่า S และ 10 มิลลิเมตร โดยพิจารณาความยาวรอยเชื่อมที่ระยะ 25 มิลลิเมตร ซึ่งข้อกำหนดในข้อนี้ไม่ขึ้นอยู่กับข้อ (1) ถึง (3) ในข้างต้น
- (6) ความไม่ต่อเนื่องตามแนวเส้น ให้พิจารณาในช่วงความยาวร้อยละ 600 ของค่า S ซึ่งกรณีที่ผลรวมของมิติใหญ่ที่สุดของความไม่ต่อเนื่อง เกินกว่าค่า S จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม หากความยาวของรอยเชื่อมที่ทำการตรวจสอบมีค่าไม่เกินกว่าร้อยละ 600 ของค่า S ให้ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์เพื่อหาค่าที่ยอมให้สำหรับผลรวมของมิติใหญ่ที่สุดของความไม่ต่อเนื่อง

ในกรณีที่ยื่นนอกเหนือจากข้อ ค.4.2.2.2(1) ถึง (6) ในข้างต้น และตรวจพบความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดไม่เกินกว่า 2 มิลลิเมตร จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ หากผลรวมของมิติใหญ่ที่สุดของแต่ละความไม่ต่อเนื่องมีค่าเกินกว่า 10 มิลลิเมตร สำหรับระยะความยาวรอยเชื่อมทุก 25 มิลลิเมตร



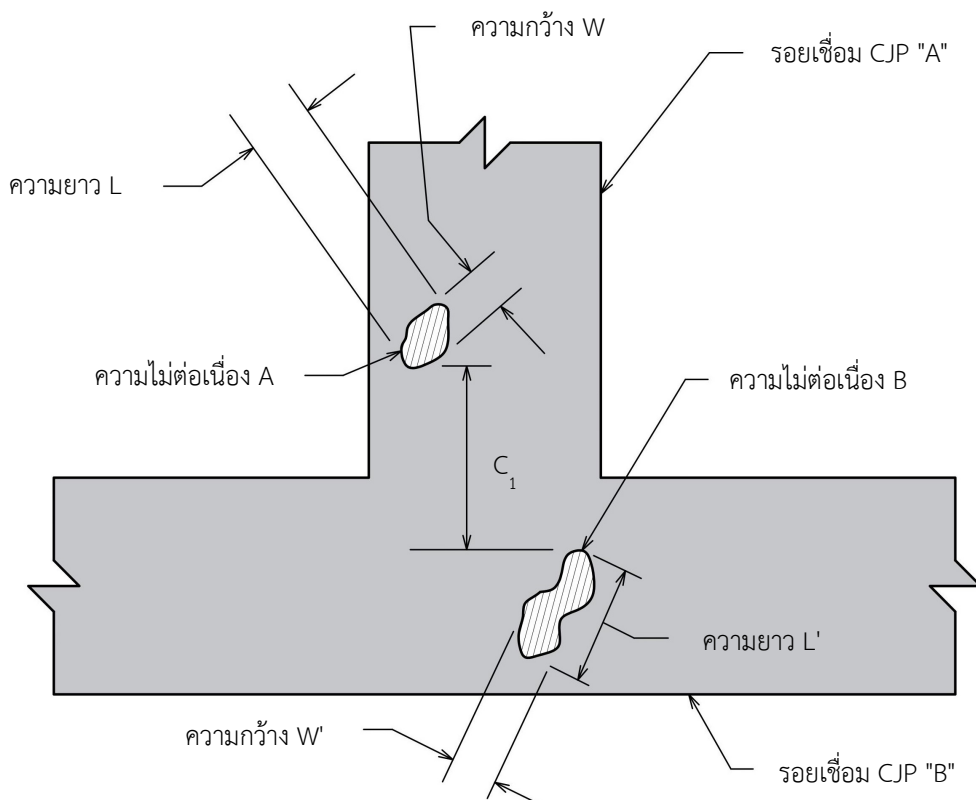
หมายเหตุ:

1. การกำหนดขนาดสูงสุดของความไม่ต่อเนื่องที่อนุญาตในขนาดรอยต่อหรือรอยเชื่อมใด ๆ ให้ฉาย S ในแนวนอนถึง B
2. การกำหนดระยะห่างขั้นต่ำที่อนุญาตระหว่างขอบของความไม่ต่อเนื่องทุกขนาด ให้ฉาย B ในแนวตั้งถึง C

รูปที่ ค.10 เกณฑ์การยอมรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับภาระวัฏจักรภายใต้แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่ต่อเนื่องของการหลอม)

คำอธิบายสำหรับกรณี 1 ถึง 4

ความไม่ต่อเนื่อง A = ความไม่ต่อเนื่องแบบกลมหรือแบบยาวในรอยเชื่อม A
 ความไม่ต่อเนื่อง B = ความไม่ต่อเนื่องแบบกลมหรือแบบยาวในรอยเชื่อม B
 L และ W = ขนาดที่ใหญ่ที่สุดและเล็กที่สุด ตามลำดับ ของความไม่ต่อเนื่อง A
 L' และ W' = ขนาดที่ใหญ่ที่สุดและเล็กที่สุด ตามลำดับ ของความไม่ต่อเนื่อง B
 S = ขนาดรอยเชื่อม
 C_1 = ระยะทางที่สั้นที่สุดขนานกับแกนรอยเชื่อม A ระหว่างขอบความไม่ต่อเนื่องที่ใกล้ที่สุด



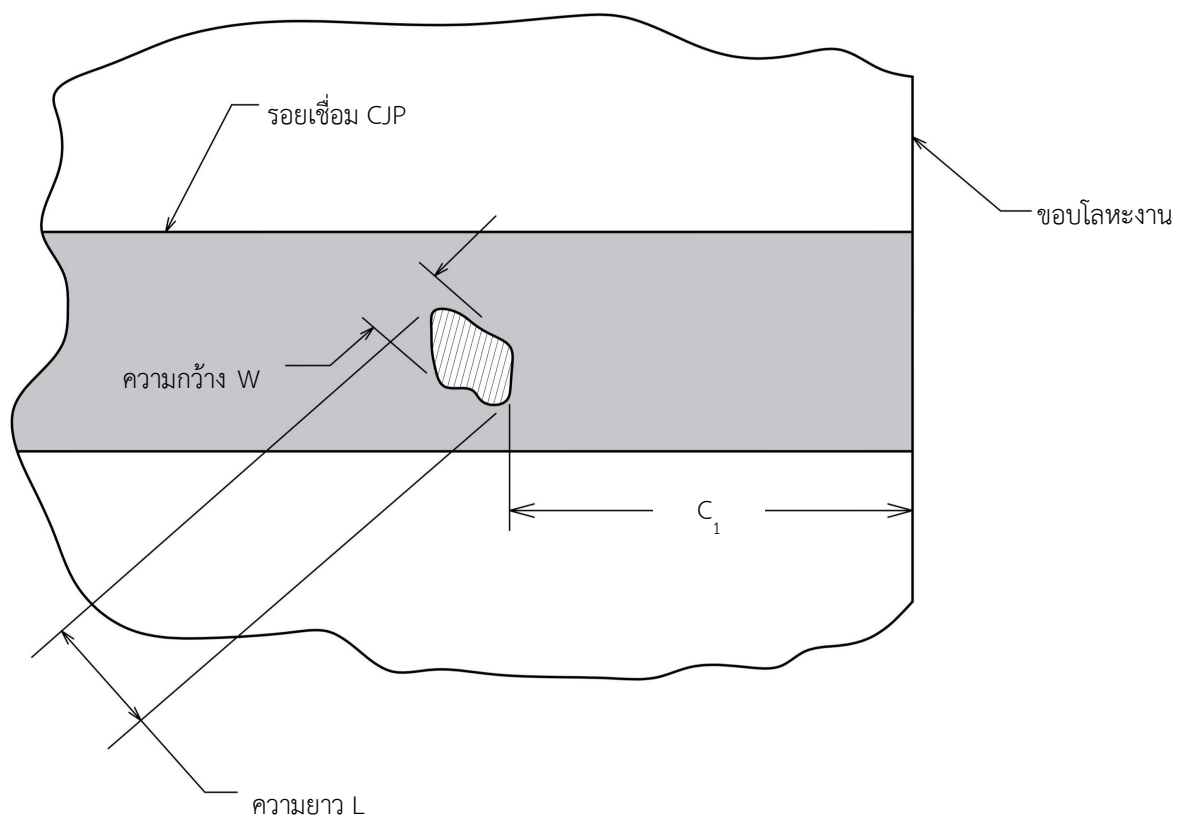
กรณีที่ 1 ข้อจำกัดความไม่ต่อเนื่อง^ก

มิติความไม่ต่อเนื่อง	ข้อจำกัด	เงื่อนไข
L	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ B)	$L \geq 2$ มม.
C_1	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ C)	-

^ก ความไม่ต่อเนื่องแบบยาวอาจอยู่ในรอยเชื่อม "A" หรือ "B" สำหรับวัตถุประสงค์ของภาพประกอบนี้ความไม่ต่อเนื่องแบบยาว "B" อยู่ในรอยเชื่อม "B"

กรณี 1 ความไม่ต่อเนื่องที่จุดตัดของรอยเชื่อม

รูปที่ ค.10 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับภาระวัฏจักรภายใต้แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่ต่อเนื่องของการหลอม)

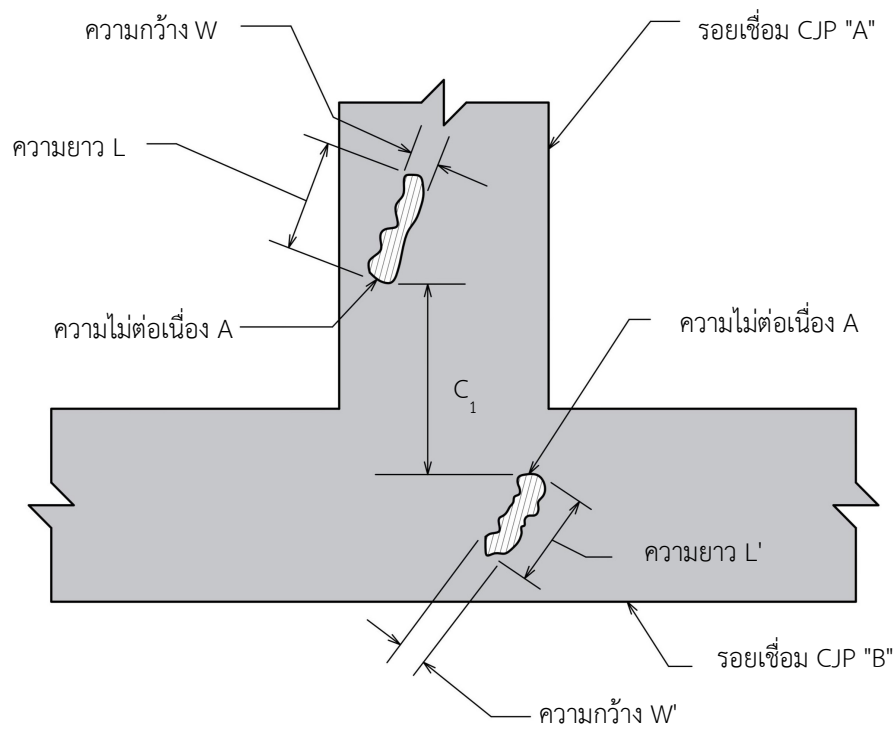


กรณี 2 ข้อจำกัดความไม่ต่อเนื่อง

มิติความไม่ต่อเนื่อง	ข้อจำกัด	เงื่อนไข
L	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ B)	$L \geq 2 \text{ มม.}$
C ₁	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ C)	-

กรณี 2 ความไม่ต่อเนื่องที่ขอบโลหะงานของรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอด

รูปที่ ค.10 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับภาระวัฏจักรภายใต้แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่ต่อเนื่องของการหลอม)

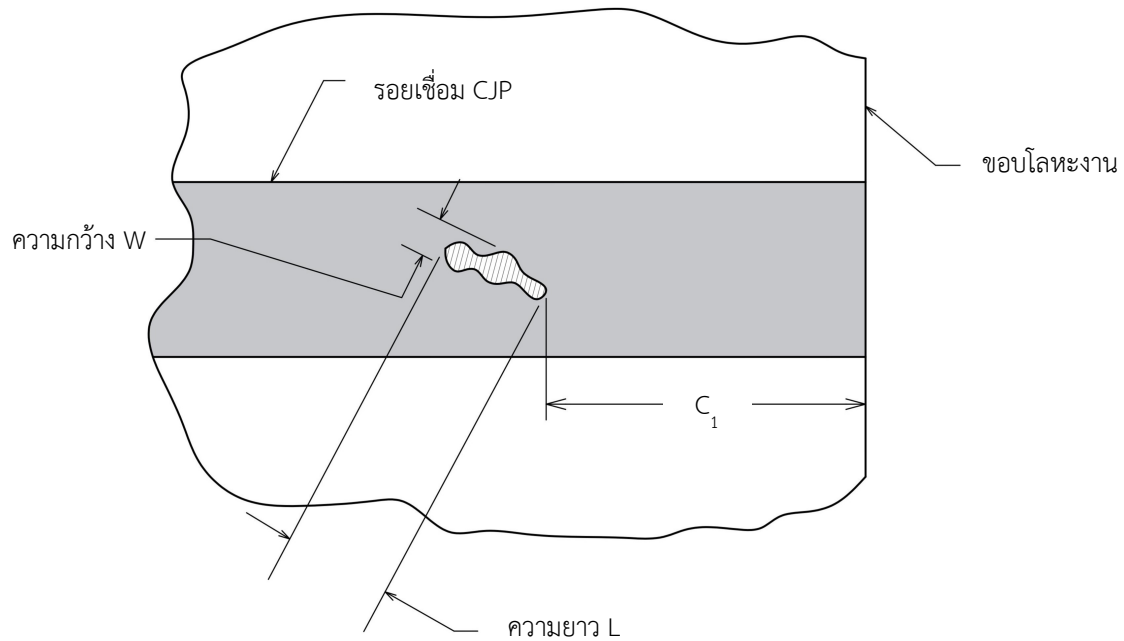


กรณี 3 ข้อจำกัดความไม่ต่อเนื่อง

มิติความไม่ต่อเนื่อง	ข้อจำกัด	เงื่อนไข
L	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ B)	$L \geq 2 \text{ มม.}$
C_1	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ C)	-

กรณี 3 ความไม่ต่อเนื่องที่จุดตัดของรอยเชื่อม

รูปที่ ค.10 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับภาระวัฏจักรภายใต้แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่ต่อเนื่องของการหลอม)



กรณี 4 ข้อจำกัดความไม่ต่อเนื่อง

มิติความไม่ต่อเนื่อง	ข้อจำกัด	เงื่อนไข
L	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ B)	$L \geq 2 \text{ มม.}$
C_1	ดูกราฟรูปที่ ค.10 (มิติ C)	-

กรณี 4 ความไม่ต่อเนื่องที่ขอบโลหะงานของรอยเชื่อมแบบร่องทะลุตลอด

รูปที่ ค.10 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับความไม่สมบูรณ์สำหรับรอยต่อที่ไม่ใช่รอยต่อที่รับแรงกระทำวัฏจักร ภายใต้แรงดึง (ขีดจำกัดของความพรุนและความไม่สมบูรณ์ของการหลอม)

ค.4.2.3 การตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบ UT

การทดสอบ UT ต้องดำเนินการตรวจสอบตลอดความยาวของแผ่นทดสอบ โดยให้เป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐาน AWS D1.1 มาตรฐาน มยผ. 1562-51 หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ เกณฑ์การยอมรับต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมรับแรงดึงรับภาระวัฏจักรที่ไม่ใช่รอยต่อที่ของมาตรฐาน มยผ. 1562-51

ค.5 การทดสอบซ้ำ

ในกรณีที่ช่างเชื่อมไม่ผ่านการทดสอบรับรองคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้ สามารถจัดให้ช่างเชื่อมทำการทดสอบเพิ่มเติมได้ และกรณีที่ช่างเชื่อมไม่ผ่านการทดสอบเป็นครั้งที่สอง จะไม่อนุญาตให้ช่างเชื่อมทำการทดสอบซ้ำจนกว่าช่างเชื่อมจะได้รับการฝึกอบรมและฝึกฝนเพิ่มเติมอย่างเพียงพอ

ภาคผนวก ง

การทดสอบเพิ่มเติมสำหรับการเพิ่มขีดจำกัดการเผยแพร่ สำหรับโลหะเติม FCAW

การทดสอบเพิ่มเติมตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้ระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึมของโลหะเติม FCAW ที่มีการเผยแพร่เป็นระยะเวลานานไม่เกินกว่าระดับ H16 ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 6.4.3

ง.1 ขอบเขต

การทดสอบเพิ่มเติมที่กำหนดในภาคผนวกนี้ใช้ในกรณีที่ระยะเวลาของการเผยแพร่เกินกว่า 72 ชั่วโมงตามที่อนุญาตในข้อ 6.4.3(3) สำหรับอิเล็กโทรด FCAW

ง.2 สภาพการเผยแพร่ทดสอบ

อิเล็กโทรดจะต้องทดสอบการเผยแพร่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27 และ 30 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 80 และ 85 โดยให้ทำการทดสอบตามระยะเวลาที่ยอมให้สำหรับระยะเวลาการเผยแพร่สะสม นอกจากนี้ ห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS A5.5 ข้อ 16.4 โดยยกเว้นเฉพาะข้อ 16.4(3) ซึ่งในการนับระยะเวลาการเผยแพร่ จะเริ่มนับในกรณีที่ห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด รวมถึงต้องจัดให้มีการบันทึกค่าเวลาอุณหภูมิ และความชื้นภายในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมไว้ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

ง.3 การทดสอบไฮโดรเจนที่แพร่ซึม

ง.3.1 สภาพอิเล็กโทรดก่อนการทดสอบ

ไม่อนุญาตให้มีการปรับสภาพอิเล็กโทรดภายหลังจากการเผยแพร่ทดสอบ และก่อนทำการทดสอบตามข้อนี้

ง.3.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

การทดสอบระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึมจะต้องดำเนินการตามมาตรฐาน AWS A5.20 ยกเว้นเส้นผ่านศูนย์กลางของอิเล็กโทรดในการทดสอบต้องเป็นไปตามอย่างน้อยหนึ่งข้อดังต่อไปนี้

- (1) การทดสอบดำเนินการโดยใช้อิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าและเล็กกว่าขนาดที่ใช้ในการผลิต
- (2) การทดสอบดำเนินการโดยใช้อิเล็กโทรดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากับขนาดที่ใช้ในการผลิต

อิเล็กโทรดต้องผ่านการเผยแพร่ในสภาพแวดล้อมตามที่ระบุในข้อ ง.2 โดยที่ข้อกำหนดของมาตรฐาน AWS A5.20 สำหรับกรณี “บรรจุภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เปิด” และ “ตามสภาพที่ได้รับ” จะไม่บังคับใช้ นอกจากนี้ ต้องระบุข้อมูลสภาวะแวดล้อมและระยะเวลาการเผยแพร่ของอิเล็กโทรดไว้ในรายงานการทดสอบร่วมด้วย

ง.4 เกณฑ์การจำกัดการแผ่รังสี

ง.4.1 การรับรองเกณฑ์การแผ่รังสีอากาศทางเลือก

อิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมจะถือว่าผ่านเกณฑ์สำหรับกรณีที่มีระยะเวลาการแผ่รังสีอากาศเกินกว่า 72 ชั่วโมง โดยมีเงื่อนไขว่าอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน AWS A4.3 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลง (modified) ตามข้อจำกัดในข้างต้น เป็นไปตามข้อกำหนดไฮโดรเจนที่แพร่ซึมสูงสุดที่ระดับไม่เกินกว่า H16

ง.4.2 การจัดเก็บและการแผ่รังสีกับอากาศ

ผู้ผลิตอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมหรือที่ปรึกษาที่ได้รับการอนุมัติจากวิศวกรต้องให้รายละเอียดหรือคำแนะนำในการจัดเก็บและการแผ่รังสีกับอากาศโดยอ้างอิงจากผลทดสอบ เพื่อให้ระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึมมีค่าไม่เกินกว่าระดับ H16 โดยที่ข้อแนะนำดังกล่าวอาจแสดงเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการแผ่รังสีหรือขีดจำกัดการแผ่รังสีภายใต้อุณหภูมิและความชื้นในสถานะต่าง ๆ

ง.4.3 การให้ความร้อน การอบ และการอบซ้ำ

ในการจัดเก็บ อบ ตลอดจนให้ความร้อนแก่อิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม อนุญาตให้ดำเนินการอบอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมได้เฉพาะในกรณีที่ได้รับการอนุมัติจากผู้ผลิตอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมและมีผลทดสอบรับรองรับว่าอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมยังมีระดับไฮโดรเจนที่แพร่ซึมไม่เกินกว่าระดับ H16

ภาคผนวก จ

การรับรองคุณสมบัติเพิ่มเติมของบุคลากรปฏิบัติการ UT

ภาคผนวกนี้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้ขั้นตอนทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน เพื่อรับรองความเชี่ยวชาญของบุคลากรปฏิบัติการ UT ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.2.4

จ.1 บุคลากร

บุคลากรปฏิบัติการ UT ต้องแสดงให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญด้วยสมรรถนะที่น่าพอใจของการสอบคุณสมบัติตามที่กำหนดในภาคผนวกนี้

จ.2 การสอบ

การสอบประกอบด้วยการสอบภาคปฏิบัติที่จัดโดยหน่วยงานปฏิบัติการ NDT ด้วยวิธี UT ที่มีบุคลากรปฏิบัติการ UT ระดับ 3 หรือหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง ทั้งนี้ การสอบจะต้องสอดคล้องกับวิธี NDT ตามแนวทางของหน่วยงานที่รับรอง รวมถึงใช้เกณฑ์การยอมรับสำหรับวินิจัยรอยบกพร่องตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.10.2 การสอบต้องใช้วิธี UT ตามมาตรฐาน มยผ. 1562-51 นอกจากนี้ สามารถพิจารณาเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ 8 หรือภาคผนวก O ของมาตรฐาน AWS D1.1

นอกเหนือจากข้อกำหนดในข้างต้น การสอบจะต้องทดสอบความสามารถของบุคลากรปฏิบัติการ UT ในการสอบเทียบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำ UT รวมถึงบุคลากรต้องสามารถตอบคำถามและกรอกข้อมูลลงในเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสอบได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ขั้นตอนการสอบและผลสอบของบุคลากรปฏิบัติการ UT จะต้องทำการจัดเก็บไว้ในรูปแบบของเอกสารและอยู่ในสภาพที่พร้อมให้วิศวกรสามารถเรียกตรวจสอบได้

จ.3 ขั้นตอนทดสอบ

จ.3.1 เรขาคณิต

ขั้นตอนทดสอบต้องใช้เป็นตัวแทนของรายละเอียดของรอยต่อเชื่อมทั่วไปได้ แต่ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะทางเรขาคณิตเหมือนกับรอยเชื่อมจริง ซึ่งลักษณะทางเรขาคณิตในที่นี้หมายถึงความหนา ความกว้าง ความเบ้ ระยะห่างระหว่างร่องบากของชิ้นงาน มุมร่อง ชั้นคุณภาพของเหล็ก และตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเรขาคณิตของขั้นตอนทดสอบ นอกจากนี้ กำหนดให้ขั้นตอนทดสอบต้องเป็นแบบจำลองรอยต่อเชื่อมรูปตัวทีและรอยต่อเชื่อมแบบต่อชน นอกจากนี้ ขั้นตอนทดสอบต้องจำลองรอยเชื่อมแบบมีแผ่นรองเชื่อมเหล็กและไม่มีแผ่นรองเชื่อมเหล็ก

จ.3.2 ความไม่สมบูรณ์ของวัสดุ

ขั้นตอนทดสอบทั้งหมดต้องผ่านการตรวจสอบความไม่สมบูรณ์ของวัสดุด้วยเทคนิคคลื่นตามยาวเพื่อระบุตำแหน่งที่มีการแยกชั้น (laminations) หรือสารฝังใน ในกรณีที่ตรวจพบการแยกชั้นของวัสดุ จะไม่อนุญาตให้นำมาใช้เป็นขั้นตอนทดสอบเนื่องจากจะส่งผลต่อความแม่นยำในการทดสอบ

รอยเชื่อม แต่อนุโลมให้จัดไว้ใช้เป็นคูปอง (coupon) สำหรับการประเมินสมรรถนะของผู้เข้ารับการทดสอบเพื่อตรวจหาความไม่สมบูรณ์ของวัสดุ

จ.3.3 ความไม่ต่อเนื่องตามธรรมชาติและความไม่ต่อเนื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง

คูปองทดสอบ (test coupon) จะต้องมีความไม่ต่อเนื่องตามธรรมชาติ รวมถึงความไม่ต่อเนื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นเองในรูปแบบของรีเฟลคเตอร์ (reflectors) เพื่อจำลองการหลอมที่ไม่สมบูรณ์ โดยที่รีเฟลคเตอร์จัดเตรียมขึ้นจากการแทรกโลหะในรอยเชื่อม หรือใช้การแทรกเหล็กเนื้อบางเข้าไปในขอบมุมเอียงของรอยต่อและทำการพอก อย่างไรก็ตาม ขนาดของความไม่ต่อเนื่องในคูปองทดสอบจะต้องสอดคล้องกับเกณฑ์การยอมรับขนาดรอยบกพร่องตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวกนี้

จ.3.4 การยืนยันและการจำแนกประเภทรอยบกพร่อง

ชิ้นทดสอบต้องผ่านการตรวจสอบด้วยวิธีการทดสอบ RT หรือ UT ภายหลังจากการประกอบ เพื่อยืนยันตำแหน่งและขนาดของรอยบกพร่อง นอกจากนี้ ช่างเทคนิคหรือบุคลากรปฏิบัติการ UT ระดับสาม จำนวน 2 คน จะต้องเห็นพ้องต้องกันในการจัดหมวดหมู่ของรีเฟลคเตอร์แต่ละจุดในชิ้นทดสอบอย่างถูกต้องตามที่ระบุในภาคผนวกนี้

จ.3.5 จำนวนรอยบกพร่อง

ในการทดสอบช่างเทคนิคทุกคน กำหนดให้ใช้รอยบกพร่องอย่างน้อย 20 ตำแหน่ง

จ.3.6 การรักษาความลับของชิ้นทดสอบ

สำหรับกรณีที่ต้องนำชิ้นทดสอบไปใช้ในการทดสอบมากกว่าหนึ่งครั้ง ไม่อนุญาตให้ทำการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความไม่ต่อเนื่องของวัสดุในชิ้นทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบได้ทราบ ทั้งก่อนการจัดสอบและภายหลังการสอบเสร็จสิ้น

จ.3.7 จำนวนแผ่นทดสอบ

รอยบกพร่อง 20 ตำแหน่ง จะต้องกระจายอยู่บนแผ่นทดสอบหลายแผ่น

จ.4 การให้คะแนนผู้สมัครเข้ารับการทดสอบสำหรับการตรวจหารอยบกพร่อง

ข้อกำหนดนี้ใช้กับวิธีดำเนินการตามมาตรฐาน AWS D1.1 (หัวข้อ 8 หรือภาคผนวก O) หรือมาตรฐาน มยผ. 1562-51

จ.4.1 รายงานการทดสอบของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบ

ผู้สมัครเข้ารับการทดสอบเพื่อเป็นบุคลากรปฏิบัติการ UT ต้องส่งรายงานอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรซึ่งให้รายละเอียดรอยบกพร่องทั้งหมดในชิ้นทดสอบที่ตรวจพบระหว่างเข้ารับการทดสอบ โดยที่ข้อมูลในรายงานที่นำเสนอจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดรอยบกพร่องที่ตรวจ

พบ ระดับของรอยบ่งชี้ในหน่วยของเดซิเบล ขนาดของรอยบกพร่องซึ่งแสดงข้อมูลในหน่วยของความยาว ตำแหน่งของรอยบกพร่องตามแนวรอยเชื่อม และตำแหน่งของรอยบกพร่องภายในหน้าตัดของรอยเชื่อม

จ.4.2 วิธีการให้คะแนนและสูตร

รอยบ่งชี้จะถือว่าเป็นรอยบกพร่องที่ตรวจพบ สำหรับกรณีที่ผู้เข้ารับการทดสอบสามารถระบุลักษณะ (attributes) ได้อย่างถูกต้องไม่น้อยกว่า 2 ใน 3 ลักษณะ ภายใต้ค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

- (1) ระดับของรอยบ่งชี้ ภายใน ± 6 เดซิเบล
- (2) ความยาวรอยบ่งชี้ ภายใน +25 มิลลิเมตร ถึง -12 มิลลิเมตร
- (3) ความลึกรอยบ่งชี้ ภายใน ± 6 มิลลิเมตร

รอยบ่งชี้จะถือเป็น "รอยบ่งชี้แปลกปลอม" (false indication) สำหรับกรณีที่ไม่มีรอยบกพร่องจริง แต่ผู้เข้ารับการทดสอบมีการรายงานว่าตรวจพบรอยบกพร่อง โดยที่อัตราการตรวจพบรอยบกพร่องของผู้เข้ารับการทดสอบ (rate of flaw detected, D) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$D = (\text{รอยบกพร่องที่ตรวจพบ}) / (\text{รอยบกพร่องทั้งหมด})$$

สำหรับการประเมินความแม่นยำในการตรวจสอบรอยบ่งชี้ของผู้เข้ารับการทดสอบ กำหนดให้การคำนวณอัตราการแจ้งรอยบ่งชี้แปลกปลอมของผู้เข้ารับการทดสอบ (rate of false indications, F) เป็นไปตามสมการ

$$F = (\text{รอยบ่งชี้แปลกปลอม}) / (\text{รอยบ่งชี้ทั้งหมด})$$

ตัวชี้วัดความเชี่ยวชาญของผู้สมัครเข้ารับการทดสอบเพื่อเป็นบุคลากรปฏิบัติการ UT ในการตรวจจับรอยบกพร่อง สามารถพิจารณาได้จากค่าคะแนนของบุคลากรปฏิบัติการ UT (UT technician rating, R) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$R = 1/2 (1 + D - F)$$

ผู้สมัครเข้ารับการทดสอบตรวจจับรอยบกพร่อง จะถือว่าผ่านการทดสอบในกรณีที่ได้คะแนนเป็นไปตามเกณฑ์ทุกข้อดังต่อไปนี้

- (1) คะแนนของบุคลากรปฏิบัติการ UT (UT technician rating, R) ไม่น้อยกว่า 0.90
- (2) อัตราการตรวจพบรอยบกพร่องของผู้เข้ารับการทดสอบ (rate of flaw detected, D) ไม่น้อยกว่า 0.87
- (3) อัตราการแจ้งรอยบ่งชี้แปลกปลอมของผู้เข้ารับการทดสอบ (rate of false indications, F) ไม่เกินกว่า 0.15

จ.5 ระยะเวลาการรับรองคุณสมบัติ

ในกรณีที่บุคคลผ่านการทดสอบ แต่ไม่ได้ปฏิบัติงาน UT ในโครงสร้างเหล็กเกินกว่า 6 เดือน จะถือว่าสิ้นสุดระยะเวลาการรับรองคุณสมบัติ และจะต้องสมัครเข้ารับการทดสอบใหม่

ภาคผนวก ฉ วิธีดำเนินการเพิ่มเติมสำหรับ MT

ภาคผนวกนี้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.9 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบ MT เพื่อระบุตำแหน่งรอยบกพร่องบนผิวรอยเชื่อมในลักษณะของรอยร้าว การหลอมที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งรอยบกพร่องดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ง่ายด้วยวิธีใช้

ฉ.1 แนวทางการระบุวิธีดำเนินการทดสอบ

ในการทดสอบ MT ต้องจัดให้มีการระบุวิธีดำเนินการทดสอบอย่างเป็นลายลักษณ์อักษร โดยต้องคำนึงถึงรูปทรงของชิ้นทดสอบ การใช้ใช้ ระดับแสงสว่าง ความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ตรวจสอบ ความปลอดภัยในการทำงาน และปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย

นอกจากนี้ กำหนดให้วิธีดำเนินการที่ทำการระบุ จะต้องมียละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) ประเภทของรอยเชื่อมที่จะตรวจสอบ
- (2) ประเภทของอุปกรณ์แม่เหล็ก รวมถึงประเภทของกระแสไฟฟ้าที่ใช้
- (3) การเตรียมพื้นผิว
- (4) ลำดับการตรวจสอบ
- (5) ผังสนามแม่เหล็ก (magnetization plan)
- (6) ชนิดและสีของผงแม่เหล็ก
- (7) การตีความผลทดสอบในรูปของรอยบ่งชี้ (indications)
- (8) เกณฑ์การยอมรับ
- (9) แบบฟอร์มและขั้นตอนการรายงานผล

ฉ.2 การตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ

ก่อนดำเนินการทดสอบด้วยวิธี MT จะต้องจัดให้มีการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีตรวจพินิจเพื่อหาความไม่สมบูรณ์ และในกรณีที่จำเป็น กำหนดให้ต้องทำความสะอาดผิวรอยเชื่อมที่จะตรวจสอบร่วมด้วย

ฉ.3 สภาพพื้นผิว

ก่อนดำเนินการทดสอบรอยเชื่อมด้วยวิธี MT ต้องทำความสะอาดผิวรอยเชื่อม ซึ่งสามารถทำได้โดยการเจีย การใช้แปรงลวด การขัดด้วยมือ หรือการผสมผสานวิธีการตามที่กล่าวมา เพื่อให้รอยเชื่อมอยู่ในสภาพที่แห้งและปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น สิ่งสกปรก จาระบี สนิม และเม็ดโลหะกระเด็นที่มากเกินไป

ฉ.4 วิธี

ในการทดสอบ ต้องใช้วิธีการแบบต่อเนื่องโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า AC หรือ DC ซึ่งเลือกใช้ได้ทั้งแบบสองขาหรือแบบขาเดียว ร่วมกับผงแม่เหล็กชนิดแห้งและต้องมองเห็นด้วยแสงสว่าง (white light)

ฉ.5 โย้ก

โย้กต้องเป็นแบบปรับตำแหน่งขาได้ (articulating-leg) หรืออาจพิจารณาเลือกใช้โย้กแบบขาเดียว (single-leg) ได้สำหรับกรณีพื้นที่ทำงานถูกจำกัดการเข้าถึง อย่างไรก็ตาม ไม่อนุญาตให้ใช้โย้กแบบขาตรึง (fixed-leg)

นอกจากนี้ ในกรณีที่ขาของโย้กอยู่ห่างกันในระยะการตรวจสอบที่กว้างที่สุด กำหนดให้โย้กแบบ AC และ DC ต้องมีแรงยกไม่น้อยกว่า 4.5 และ 18 กิโลกรัม ตามลำดับ

ฉ.6 สนามแม่เหล็ก

ในการตรวจหาความไม่ต่อเนื่องในลักษณะของรอยแตกบนพื้นผิว จะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ระหว่าง 50 และ 60 เฮิร์ตซ์ หรือใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ในการสร้างสนามแม่เหล็ก

ฉ.7 ผงแม่เหล็ก

ผงแม่เหล็กจะต้องทำจากวัสดุเฟอร์โรแมกเนติกที่ถูกบดละเอียด มีช่วงขนาดอนุภาคของเม็ดผงที่พอเหมาะ อยู่ในสภาพแห้ง มีสภาพให้ซึมผ่านได้สูง มีสภาพคงอยู่ (retentivity) ต่ำ สีของผงแม่เหล็กต้องตัดกับผิวรอยเชื่อมเพื่อให้ความแตกต่างที่สูง ผงแม่เหล็กจะต้องไม่มีสนิม ตัวเติม (filler) หรือวัสดุอื่นที่อาจรบกวนการใช้งาน ซึ่งในการทดสอบ จะอนุญาตให้ใช้ผงแม่เหล็กได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์บรรจุผงแม่เหล็กและอุปกรณ์จัดผงแม่เหล็กซึ่งหมายรวมทั้งแบบกะเปาะและแบบฉีดพ่น จะต้องไม่ก่อให้เกิดแรงที่มากเกินไปจนทำให้รอยบ่งชี้ขนาดเล็กหายไป

ฉ.8 การตรวจสอบสมรรถนะของอุปกรณ์

ในส่วนของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับ MT ต้องจัดให้มีการตรวจสอบสมรรถนะของระบบการตรวจสอบและวิธีดำเนินการตามระยะเวลาที่เหมาะสม และต้องตรวจสอบแรงยกโย้กทุกวันก่อนทำ MT นอกจากนี้ กำหนดให้ต้องบันทึกข้อมูลการตรวจสอบอย่างเป็นลายลักษณ์อักษรร่วมด้วย

ฉ.9 การวางตำแหน่งโย้ก

ฉ.9.1 ขอบเขตการตรวจสอบ

การตรวจสอบจะต้องดำเนินการแบบซ้อนทับกันอย่างเพียงพอ เพื่อให้สามารถครอบคลุมชิ้นทดสอบได้ร้อยละ 100 อย่างไรก็ตาม สำหรับกรณีที่รูปทรงของชิ้นทดสอบมีลักษณะที่ไม่สามารถประเมินผลการตรวจสอบได้ที่ร้อยละ 100 จะต้องจัดให้มีการระบุไว้ในรายงานทดสอบ

ฉ.9.2 การตรวจหาความไม่ต่อเนื่องตามยาว

ในการตรวจหาความไม่ต่อเนื่องตามยาว กำหนดให้วางโย้กคร่อมและตั้งฉากกับรอยเชื่อมโดยประมาณ โดยที่ขาของโย้กจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้รอยเชื่อมอยู่กึ่งกลางระหว่างขาโย้ก นอกจากนี้ ต้องจัดให้มีการซ้อนทับอย่างเพียงพอเพื่อให้ครอบคลุมรอยเชื่อมทั้งหมดในขณะที่มีการเคลื่อนที่ไปตามความยาวรอยเชื่อม และกำหนดให้ตำแหน่งโย้กตามแนวรอยเชื่อมต้องห่างกัน

เท่ากับค่าที่น้อยที่สุดระหว่างร้อยละ 50 ของระยะขาโยกซึ่งเป็นระยะการตรวจสอบที่กว้างที่สุด และ 75 มิลลิเมตร

ฉ.9.3 การตรวจหาความไม่ต่อเนื่องตามขวาง

ในการตรวจหาความไม่ต่อเนื่องตามขวาง กำหนดให้วางโยกตั้งในแนวที่ขนานกับรอยเชื่อม โดยประมาณ และวางห่างจากขอบรอยเชื่อมประมาณ 12 มิลลิเมตร และสำหรับกรณีที่มีความจำเป็นต้องวางโยกไว้ด้านบนของรอยเชื่อมเพื่อให้เข้าถึงพื้นที่ทำงานได้ ช่างเทคนิคหรือบุคลากรปฏิบัติการ MT จะต้องจัดให้ขาโยกสัมผัสกับรอยเชื่อมให้มากที่สุด

ฉ.10 การใช้งานและจัดผงแม่เหล็ก

ผงแม่เหล็กแห้งต้องใช้งานในลักษณะของการเคลือบขึ้นทดสอบแบบเบาบางและสม่ำเสมอเหมือนผงฝุ่น และในขณะที่ขึ้นทดสอบอยู่ระหว่างการทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก จะต้องสังเกตตำแหน่งรอยบ่งชี้ทั้งในระยะเวลาที่มีการใช้งานผงแม่เหล็ก และในระยะเวลาที่ทำการจัดผงแม่เหล็กออกจากขึ้นทดสอบ

ในการจัดผงแม่เหล็กออกจากบริเวณที่ทำการตรวจสอบ ให้ปรับใช้แรงลมที่พอเหมาะเพื่อจัดผงแม่เหล็กส่วนเกินที่ติดอยู่ในรอยแหว่งขอบแนวของรอยเชื่อม ในขณะที่ผงแม่เหล็กส่วนที่เกิดจากการรั่วไหลของสนามแม่เหล็ก กำหนดให้คงผงแม่เหล็กในส่วนนี้ไว้เพื่อใช้สังเกตตำแหน่งของความไม่ต่อเนื่องในขึ้นทดสอบ

ฉ.11 การตีความและการประเมินรอยบ่งชี้

รอยบ่งชี้ที่ตรวจพบจาก MT เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของสนามแม่เหล็ก ส่งผลให้มีการดึงดูดและยึดผงแม่เหล็กไว้ในส่วนที่มีความไม่ต่อเนื่องของขึ้นทดสอบ

บุคลากรปฏิบัติการ MT จะต้องทำการตรวจสอบรอยบ่งชี้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) ทำการทดสอบซ้ำโดยจัดให้สนามแม่เหล็กตั้งฉากกับแนวของรอยบ่งชี้ สำหรับกรณีที่การทดสอบครั้งก่อนหน้าไม่ได้จัดวางทิศทางสนามแม่เหล็กให้ถูกต้อง
- (2) ทำการทดสอบซ้ำเพื่อยืนยันการจัดผงแม่เหล็กส่วนเกิน และในกรณีที่รอยบ่งชี้ดังกล่าวหายไประหว่างการทดสอบซ้ำ ให้ถือว่าเป็นรอยบ่งชี้แปลกปลอม (false indication)
- (3) ในกรณีที่รอยบ่งชี้มีผงแม่เหล็กจับตัวกันเพียงเล็กน้อยและยึดเกาะแบบไม่หนาแน่น รวมถึงผู้ทดสอบมีความสงสัยระหว่างการเป็นรอยบ่งชี้เกี่ยวเนื่องและรอยบ่งชี้แปลกปลอม ให้ทำการเจียผิวในบริเวณดังกล่าวเล็กน้อยและดำเนินการทดสอบซ้ำ

ฉ.12 เกณฑ์การยอมรับ

รอยบ่งชี้ทุกขนาดความยาวที่ผ่านการตรวจสอบและได้รับการยืนยันจาก MT ว่าเป็นรอยร้าวหรือการหลอมที่ไม่สมบูรณ์ จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

ภาคผนวก ข

การวัดขนาดรอยบกพร่องด้วย UT

ภาคผนวกนี้ให้รายละเอียดในส่วนของวิธีดำเนินการและเกณฑ์การยอมรับตามที่กำหนดไว้ในข้อ 7.10.3 และการรับรองคุณสมบัติบุคลากรปฏิบัติการ UT เพื่อการประเมินรอยเชื่อมแบบร่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับตามข้อ 7.10.2

ข.1 การวัดขนาดรอยบกพร่อง

ในกรณีที่มีการใช้เทคนิคการวัดขนาดรอยบกพร่อง วิธีดำเนินการทดสอบตลอดจนบุคลากรปฏิบัติการ UT ต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก O ของมาตรฐาน AWS D1.1 และเกณฑ์การยอมรับจะต้องเป็นไปตามข้อ ข.2

ข.2 เกณฑ์การยอมรับ

ข.2.1 รอยบกพร่องใกล้ผิว

ในกรณีที่ตรวจพบรอยบกพร่องที่ความลึกไม่เกินกว่า 3 มิลลิเมตร วัดจากผิวรอยเชื่อม จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ และกำหนดให้ต้องซ่อมแซมผิวรอยเชื่อมหรือขจัดรอยบกพร่องออกไป

ข.2.2 ความสูงรอยบกพร่องที่ฝังอยู่

ในกรณีที่ตรวจพบรอยบกพร่องที่ฝังอยู่ลึกจากผิวรอยเชื่อมไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร โดยรอยบกพร่องนี้มีความสูงไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

ข.2.3 รอยบกพร่องที่แผ่ร่องเชื่อมเหล็ก

ในกรณีที่ไม่นำแผ่ร่องเชื่อมออกจากรอยเชื่อม ต้องทำการตรวจวัดขนาดรอยบกพร่องที่ขยายเข้าไปในเนื้อเชื่อม รอยบกพร่องลักษณะดังกล่าวที่ขยายลงไปลึกไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร วัดจากความหนาของรอยเชื่อมแบบร่อง จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์

ข.2.4 พื้นที่ที่รอยบกพร่องที่ฝังอยู่

รอยบกพร่องที่ฝังอยู่จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ในกรณีที่พื้นที่ของรอยบกพร่องมีค่าไม่น้อยกว่าค่ากำลังสองของความหนารอยเชื่อมประสิทธิผล (effective weld throat) โดยที่พื้นที่ของรอยบกพร่องคำนวณได้จากผลคูณระหว่างความสูงมากที่สุดและความยาวมากที่สุดของรอยบกพร่อง

นอกจากนี้ รอยบกพร่องภายในรอยเชื่อมที่มีความยาวไม่เกินกว่า 300 มิลลิเมตร ซึ่งหมายถึงรวมทั้งที่เป็นรอยบกพร่องเดี่ยวและรอยบกพร่องที่อยู่เป็นกลุ่ม จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ในกรณีที่พื้นที่ของรอยบกพร่องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่รอยเชื่อมประสิทธิผล โดยที่พื้นที่รอยเชื่อมประสิทธิผลคำนวณได้จากผลคูณระหว่างความหนารอยเชื่อมประสิทธิผล และความยาวของรอยเชื่อม

ในการคำนวณพื้นที่รอยเชื่อมประสิทธิผล กำหนดให้พิจารณาที่ความยาวไม่เกินกว่า 300 มิลลิเมตร ซึ่งในกรณีที่จำเป็นต้องพิจารณารอยเชื่อมที่มีความยาวเกินกว่าค่าดังกล่าว ต้องทำการแบ่งรอยเชื่อมออกเป็นช่วงย่อย นอกจากนี้ ความสูงและความยาวของรอยบกพร่องต้องทำการวัดค่าในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของหน่วยแรงหลัก (principal stress) เท่านั้น

ข.2.5 ความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ในแนวเดียวกัน

ความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ในแนวเดียวกันที่มีความยาว L1 และ L2 ซึ่งมีระยะห่างไม่เกินกว่าค่าเฉลี่ยของ L1 และ L2 จะถือว่ารอยบกพร่องมีความต่อเนื่องกัน

ข.2.6 ความไม่ต่อเนื่องที่ขนานกัน

ความไม่ต่อเนื่องที่ขนานกันที่มีความสูง H1 และ H2 ซึ่งมีระยะห่างไม่เกินกว่าค่าเฉลี่ยของ H1 และ H2 จะถือว่ารอยบกพร่องมีความต่อเนื่องกัน

ข.3 การรับรองคุณสมบัติบุคลากรปฏิบัติการ UT สำหรับการวัดขนาดรอยบกพร่อง

ข.3.1 บุคลากร

บุคลากรปฏิบัติการ UT จะต้องมีความรู้ตามที่ระบุไว้ในภาคผนวก จ และจะต้องผ่านการสอบตามรายละเอียดในข้อ ข.3.2

ข.3.2 การสอบ

การสอบจะต้องอยู่ในรูปแบบของการสอบปฏิบัติภายใต้การควบคุมของบุคลากรปฏิบัติการ UT ระดับ 3 หรือหน่วยงานที่ได้รับการรับรอง ทั้งนี้ การสอบจะต้องสอดคล้องกับวิธี NDT ตามแนวทางของหน่วยงานที่รับรอง รวมถึงใช้เกณฑ์การยอมรับสำหรับวินิจฉัยรอยบกพร่องตามที่กำหนดไว้ในข้อ ข.2 นอกจากนี้ การสอบจะต้องใช้วิธีดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดขนาดรอยบกพร่องด้วย UT ตามรายละเอียดที่ปรากฏใน ภาคผนวก O มาตรฐาน AWS D1.1

การสอบจะต้องจัดให้มีการทดสอบบุคลากรปฏิบัติการ UT ให้สามารถทำการสอบเทียบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับ UT ได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนต้องกรอกเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบด้วย UT ได้อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ ขั้นตอนการสอบและผลสอบของบุคลากรปฏิบัติการ UT จะต้องทำการจัดเก็บไว้ในรูปแบบของเอกสารและอยู่ในสภาพที่พร้อมให้วิศวกรสามารถเรียกตรวจสอบได้

ภาคผนวก ซ
ตัวอย่างแบบฟอร์ม PQR และ WPS

Blank Sample Form (GTAW & SMAW-page 1)
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

Company Name				PQR No. Rev. No. Date			
BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Thickness	Size (NPS)	Schedule	Diameter
Base Material							
Welded To							
Backing Material							
Other							
JOINT DETAILS				JOINT DETAILS (Sketch)			
Groove Type							
Groove Angle							
Root Opening							
Root Face							
Backgouging							
Method							
POSTWELD HEAT TREATMENT							
Temperature							
Time at Temperature							
Other							
PROCEDURE							
Weld Layer(s)							
Weld Pass(es)							
Process							
Type (Manual, Mechanized, etc.)							
Position							
Vertical Progression							
Filler Metal (AWS Spec.)							
AWS Classification							
Diameter							
Manufacturer/Trade Name							
Shielding Gas Compos. (GTAW)							
Flow Rate (GTAW)							
Nozzle Size (GTAW)							
Preheat Temperature							
Interpass Temperature							
Electrical Characteristics	-	-	-	-	-	-	-
Electrode Diameter (GTAW)							
Current Type & Polarity							
Amps							
Volts							
Cold or Hot Wire Feed (GTAW)							
Travel Speed							
Maximum Heat Input							
Technique	-	-	-	-	-	-	-
Stringer or Weave							
Multi or Single Pass (per side)							
Oscillation (GTAW Mech./Auto.)							
Traverse Length							
Traverse Speed							
Dwell Time							
Peening							
Interpass Cleaning							
Other							

รูปที่ ซ.1 ตัวอย่างแบบฟอร์ม PQR ตามมาตรฐาน AWS D1.1

Blank Sample Form (GTAW & SMAW-page 2)
PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR) TEST RESULTS

PQR No. _____ Rev. No. _____

TESTS

	Type of Tests	Clause/Figure(s) Reference (AWS D1.1)	Acceptance Criteria (AWS D1.1)	Result	Remarks
	Visual Inspection	6.10.1	6.10.1		
	Radiographic Examination	6.10.2.1	6.10.2.2		
	Ultrasonic Testing	6.10.2.1	6.10.2.2		
	2 Transverse Root Bends	6.10.3.1/Fig. 6.8	6.10.3.3		
	2 Transverse Face Bends	6.10.3.1/Fig. 6.8	6.10.3.3		
	2 Longitudinal Root Bends	6.10.3.1/Fig. 6.8	6.10.3.3		
	2 Longitudinal Face Bends	6.10.3.1/Fig. 6.8	6.10.3.3		
	2 Side Bends	6.10.3.1/Fig. 6.9	6.10.3.3		
	4 Side Bends	6.10.3.1/Fig. 6.9	6.10.3.3		
	2 Tensile Tests	6.10.3.1/Fig. 6.10	6.10.3.5		
	All-Weld-Metal Tensions	6.10.3.1/Figs. 6.14 and 6.18	6.15.1.3(2)		
	3 Macroetch	6.10.4	6.10.4.1		
	4 Macroetch	6.10.4	6.10.4.1		
	CVN Tests	6 Part D/Fig. 6.28	6.30 and Table 6.15		

TENSILE TEST DETAILS

Specimen Number	Width	Thickness	Area	Ultimate Tensile Load	Ultimate Unit Stress	Type of Failure and Location

TOUGHNESS TEST DETAILS

Specimen Number	Notch Location	Specimen Size	Test Temperature	Absorbed Energy	Percent Shear	Lateral Expansion	Average

CERTIFICATION

Welder's Name	ID Number	Stamp Number

Tests Conducted by	
Laboratory	
Test Number	
File Number	

We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Clause 6 of AWS D1.1/D1.1M, (_____) Structural Welding Code-Steel.
(year)

Title	
Name	Signature
Date	

รูปที่ ข.1 (ต่อ) ตัวอย่างแบบฟอร์ม PQR ตามมาตรฐาน AWS D1.1

Blank Sample WPS Form (GTAW & SMAW)
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)

Company Name	WPS No.	Rev. No.	Date
Authorized by	Date	Supporting PQR(s)	CVN Report

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">BASE METALS</th> <th style="text-align: left;">Specification</th> <th style="text-align: left;">Type or Grade</th> <th style="text-align: left;">AWS Group No.</th> </tr> <tr><td>Base Material</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Welded To</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Backing Material</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Other</td><td colspan="3"></td></tr> </table>	BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.	Base Material				Welded To				Backing Material				Other				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">BASE METAL THICKNESS</th> <th style="text-align: left;">As-Welded</th> <th style="text-align: left;">With PWHT</th> </tr> <tr><td>CJP Groove Welds</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>CJP Groove w/CVN</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>PIP Groove Welds</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fillet Welds</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DIAMETER</td><td></td><td></td></tr> </table>	BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT	CJP Groove Welds			CJP Groove w/CVN			PIP Groove Welds			Fillet Welds			DIAMETER			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">JOINT DETAILS</th> </tr> <tr><td>Groove Type</td><td></td></tr> <tr><td>Groove Angle</td><td></td></tr> <tr><td>Root Opening</td><td></td></tr> <tr><td>Root Face</td><td></td></tr> <tr><td>Backgouging Method</td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">POSTWELD HEAT TREATMENT</th> </tr> <tr><td>Temperature</td><td></td></tr> <tr><td>Time at Temperature</td><td></td></tr> <tr><td>Other</td><td></td></tr> </table>	JOINT DETAILS	Groove Type		Groove Angle		Root Opening		Root Face		Backgouging Method		POSTWELD HEAT TREATMENT	Temperature		Time at Temperature		Other																																																																																																																																																																																																																																																																																													
BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Base Material																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Welded To																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Backing Material																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Other																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
BASE METAL THICKNESS	As-Welded	With PWHT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
CJP Groove Welds																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
CJP Groove w/CVN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
PIP Groove Welds																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Fillet Welds																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
DIAMETER																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
JOINT DETAILS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Groove Type																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Groove Angle																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Root Opening																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Root Face																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Backgouging Method																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
POSTWELD HEAT TREATMENT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Temperature																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Time at Temperature																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Other																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">PROCEDURE</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Weld Layer(s)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Weld Pass(es)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">Process</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Type (Manual, Mechanized, etc.)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">Position</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Vertical Progression</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Filler Metal (AWS Spec.)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AWS Classification</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Diameter</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Manufacturer/Trade Name</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Shielding Gas Compos. (GTAW)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Flow Rate (GTAW)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nozzle Size (GTAW)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">Preheat Temperature</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Interpass Temperature</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">Electrical Characteristics</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Electrode Diameter (GTAW)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Current Type & Polarity</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Amps</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Volts</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Cold or Hot Wire Feed (GTAW)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Travel Speed</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Maximum Heat Input</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <th style="text-align: left;">Technique</th> <th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th> </tr> <tr><td>Stringer or Weave</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Multi or Single Pass (per side)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Oscillation (GTAW Mech./Auto.)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Traverse Length</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Traverse Speed</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dwell Time</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peening</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Interpass Cleaning</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Other</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>			PROCEDURE										Weld Layer(s)										Weld Pass(es)										Process										Type (Manual, Mechanized, etc.)										Position										Vertical Progression										Filler Metal (AWS Spec.)										AWS Classification										Diameter										Manufacturer/Trade Name										Shielding Gas Compos. (GTAW)										Flow Rate (GTAW)										Nozzle Size (GTAW)										Preheat Temperature										Interpass Temperature										Electrical Characteristics										Electrode Diameter (GTAW)										Current Type & Polarity										Amps										Volts										Cold or Hot Wire Feed (GTAW)										Travel Speed										Maximum Heat Input										Technique										Stringer or Weave										Multi or Single Pass (per side)										Oscillation (GTAW Mech./Auto.)										Traverse Length										Traverse Speed										Dwell Time										Peening										Interpass Cleaning										Other									
PROCEDURE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Weld Layer(s)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Weld Pass(es)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Process																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Type (Manual, Mechanized, etc.)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Position																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Vertical Progression																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Filler Metal (AWS Spec.)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
AWS Classification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Diameter																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Manufacturer/Trade Name																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Shielding Gas Compos. (GTAW)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Flow Rate (GTAW)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Nozzle Size (GTAW)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Preheat Temperature																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Interpass Temperature																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Electrical Characteristics																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Electrode Diameter (GTAW)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Current Type & Polarity																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Amps																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Volts																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Cold or Hot Wire Feed (GTAW)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Travel Speed																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Maximum Heat Input																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Technique																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Stringer or Weave																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Multi or Single Pass (per side)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Oscillation (GTAW Mech./Auto.)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Traverse Length																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Traverse Speed																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Dwell Time																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Peening																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Interpass Cleaning																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Other																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

รูปที่ ข.2 ตัวอย่างแบบฟอร์ม WPS ตามมาตรฐาน AWS D1.1