มยผ. 1561-51 ถึง มยผ. 1565-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อม โครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ.2551

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

มยผ. 1561-51 ถึง มยผ. 1565-51

ISBN 978-974-16-5837-4

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551 จำนวน 200 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปพิมพ์จำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต

คำนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองมีภารกิจเกี่ยวกับงานด้านการผังเมือง และด้านการโยธาธิการ ซึ่งงานด้านการโยธาธิการจะครอบคลุมถึง การออกแบบ การก่อสร้าง การควบคุมการก่อสร้างอาคาร การกำหนดคุณภาพและมาตรฐานการก่อสร้างด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม เพื่อให้เกิดมาตรฐานความปลอดภัยแก่สาธารณชน และเนื่องด้วยในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารมีความก้าวหน้าทั้งทางด้านเทคโนโลยีในเรื่องของวัสดุ การออกแบบ และการก่อสร้างมากกว่าในอดีตมาก กรมโยธาธิการและผังเมือง จึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงและพัฒนามาตรฐานการออกแบบ การควบคุมงาน และการก่อสร้างให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน

สำหรับมาตรฐานทางด้านวิศวกรรมฉบับนี้ กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองและหน่วยงานต่างๆ สำหรับให้เป็นแนวทางในการปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยกรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่า มาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้จะมีประโยชน์และสามารถนำไปใช้อ้างอิงเพื่อทำให้งานก่อสร้างได้มาตรฐานและมีความปลอดภัยในการใช้งาน

(นายสมชาย ชุ่มรัตน์)
อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

สารบัญ

หน้า

1. มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีตรวจพินิจ (มยผ. 1561-51)

1. ขอบข่าย 1
2. นิยาม 1
3. มาตรฐานอ้างถึง 3
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ 3
5. รายละเอียดการตรวจสอบ 3
6. เกณฑ์การยอมรับ 6
7. บันทึกผลและรายงานผลการตรวจสอบ 10
8. เอกสารอ้างอิง 10

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีตรวจพินิจ 11

ภาคผนวก 2 เกณฑ์การพิจารณาการยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม 12

2. มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (มยผ. 1562-51)

1. ขอบข่าย 15
2. นิยาม 15
3. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน 18
4. เครื่องมือทดสอบ 19
5. การปรับตั้งเครื่อง 19
6. ข้อกำหนดการทดสอบ 21
7. เกณฑ์การยอมรับการใช้งานสำหรับการทดสอบรอยเชื่อมด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 28
8. การทดสอบหลังการซ่อม 34
9. การรายงานผลการทดสอบ 34
10. เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง 35
ภาคผนวก 2 การปรับตั้งเครื่องอัลตราโซนิกด้วยแท่งปรับเทียบมาตรฐาน 36
ภาคผนวก 3 วิธีการประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่อง 41

3. มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (มยผ. 1563-51)

1. ขอบข่าย 43
2. นิยาม 43
3. มาตรฐานอ้างถึง 45
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ 45
5. การปฏิบัติการทดสอบ 46
6. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน 47
7. ระเบียบปฏิบัติงาน 48
8. เกณฑ์การยอมรับ 48
9. บันทึกผลและรายงานผลการทดสอบ 48
10. เอกสารอ้างอิง 49
ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก 50
ภาคผนวก 2 เครื่องมือสร้างสนามแม่เหล็ก 51

4. มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม (มยผ. 1564-51)

1. ขอบข่าย 57
2. นิยาม 57
3. มาตรฐานอ้างถึง 59
4. เครื่องมือทดสอบและวัสดุสิ้นเปลือง 59
5. การปฏิบัติการทดสอบ 60
6. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน 62
7. เกณฑ์การยอมรับ 62
8. บันทึกผลและรายงานผลการทดสอบ 62

9. เอกสารอ้างอิง 63

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอบเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม 64

ภาคผนวก 2 ขั้นตอนการทดสอบรอยเชื่อมด้วยสารแทรกซึม 65

5. มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี (มยผ. 1565-51)

1. ขอบข่าย 67

2. นิยาม 67

3. มาตรฐานอ้างถึง 69

4. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน 69

5. เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ 70

6. การปฏิบัติการทดสอบ 71

7. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้ 76

8. การทดสอบงานใหม่ในพื้นที่ที่ต้องทำการซ่อมแซมแก้ไข 79

9. การรายงานผลการทดสอบ 79

10. เอกสารอ้างอิง 79

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี 81

ภาคผนวก 2 ตารางประกอบมาตรฐาน 82

ภาคผนวก 3 รูปประกอบมาตรฐาน 86

ภาคผนวก 4 เทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสี 92

ภาคผนวก 5 เกณฑ์การยอมรับตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M 95

มยผ. 1561-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ

(Standard Method for Weldment Examination in Steel Structure with Visual Method)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบนี้ใช้สำหรับการตรวจสอบรอยเชื่อมโลหะแบบหลอมละลายของส่วนประกอบงานโครงสร้างเหล็กทั้งในโรงงานและภายนอกโรงงาน ได้แก่ รอยเชื่อมของรอยต่อชิ้นงานต่างๆ เช่น ต่อชน ต่อเกย รอยเชื่อมฟิลเลท ฯลฯ รอยเชื่อมของชิ้นส่วนต่างๆ ที่เป็นแผ่นและท่อของโครงสร้างเหล็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบนี้ใช้สำหรับตรวจสอบหารอยบกพร่องที่ผิวทั้งด้านหน้า และด้านหลังของรอยเชื่อมที่อยู่ในบริเวณรอยเชื่อมและส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone) ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างที่รับภาระสถิตและรับภาระพลวัต ทั้งความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมสร้าง การเชื่อมซ่อม รอยบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการรับภาระระหว่างการใช้งาน และการทดสอบเมื่อครบวาระ

1.3 มาตรฐานนี้ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินการยอมรับหรือไม่ยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อมไว้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินรอยเชื่อม ข้อกำหนดในกระบวนการทดสอบด้วยวิธีตรวจพินิจสำหรับรอยเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็ก

1.4 มาตรฐานนี้จะใช้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1 เหล็กโครงสร้างที่ระบุค่าหน่วยแรงดึงคลากขั้นต่ำไม่เกินกว่า 690 เมกาปาสกาล (7,036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

1.4.2 เหล็กโครงสร้างต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

1.4.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“การเชื่อม (Weld)” หมายถึง การประสานให้ชิ้นส่วนโลหะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันบริเวณรอยต่อชิ้นงานที่ต้องการให้ประสานติดกัน

“การตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ (Visual Examination)” หมายถึง วิธีการตรวจสอบโดยไม่ทำลายเพื่อหารอยบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นด้วยสายตา

“เกณฑ์การยอมรับ (Acceptance Criteria)” หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินการยอมรับของความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อมซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานนี้กำหนด

“ข้อกำหนดวิธีการเชื่อม (Welding Procedure Specification)” หมายถึง รายละเอียดวิธีการเชื่อมแบบหลอมละลาย เช่น การเตรียมงาน พารามิเตอร์การเชื่อม เช่น กระแสไฟเชื่อม แรงดันอาร์ก อัตราเร็วการเชื่อม เป็นต้น ชนิดของลวดเชื่อม ชนิดของชิ้นงาน การออกแบบรอยต่อ เทคนิคการเชื่อม ฯลฯ

“ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)” หมายถึง สิ่งผิดปกติใดๆ ที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ รอยเชื่อม ซึ่งอาจจะยอมรับได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดในมาตรฐานนี้

“โครงสร้างเหล็ก (Steel Structure)” หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน ท่อ ที่มีค่าหน่วยแรงดึงคลากไม่เกิน 690 เมกาปาสกาล (7,036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีค่าความหนาในทุกส่วนภาคตัดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

“บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone)” หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

“ใบรายงานการตรวจสอบ (Inspection Report)” หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการตรวจสอบพร้อมด้วยผลการตรวจสอบ

“ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)” หมายถึง เอกสารที่ระบุวิธีการตรวจสอบที่กำหนดขึ้นเฉพาะโครงสร้างหรือเฉพาะรอยเชื่อมต่อใดในโครงสร้างที่กำหนด ซึ่งต้องระบุรายละเอียดให้ครบถ้วนตามมาตรฐานนี้กำหนด

“ผู้ตรวจสอบ (Operator)” หมายถึง ผู้ตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการตรวจพินิจ

“ฟลักซ์ (Flux)” หมายถึง วัสดุที่ไม่ใช่โลหะที่ใช้เพื่อป้องกันรอยเชื่อมและโลหะแข็งจากการปนเปื้อนของอากาศ (Atmospheric Contamination) ในขณะเชื่อม

“รอยเชื่อม (Weld Bead)” หมายถึง รอยต่อที่เกิดจากการเชื่อม

“รอยบกพร่อง (Defect)” หมายถึง สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ รอยเชื่อมที่ไม่สามารถยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐานนี้ ซึ่งอาจมีผลต่อความมั่นคงแข็งแรงหรือความปลอดภัยในการใช้งาน

“ระเบียบปฏิบัติงาน (Work Procedure)” หมายถึง วิธีการทำการตรวจสอบ ซึ่งระบุผู้ตรวจสอบ วัสดุที่ตรวจสอบ ตำแหน่งที่ตรวจสอบ และเวลาตรวจสอบเป็นอย่างน้อย

“โลหะงาน (Base Metal)” หมายถึง โลหะซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง

“สแลก (Slag)” หมายถึง ฟลักซ์ที่เย็นตัวลงและแข็งตัวเคลือบผิวรอยเชื่อมภายหลังจากการเชื่อม และต้องกำจัดออกก่อนการตรวจสอบรอยเชื่อม

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐาน ASTM A514/A514M-05: Standard Specification for High-Yield-Strength, Quenched and Tempered Alloy Steel Plate, Suitable for Welding.

3.2 มาตรฐาน ASTM A517/A517M-06: Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Alloy Steel, High-Strength, Quenched and Tempered.

3.3 มาตรฐาน ASTM A709/A709M-07: Standard Specification for Structural Steel for Bridges.

4. เครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เครื่องมือวัดสำหรับตรวจสอบ เช่น เกจวัดรอยเชื่อม ฟุตเหล็ก ตลับเมตร

ตัวอย่างเครื่องมือ สำหรับตรวจสอบอาจมีดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก. เทปวัดมีค่าความละเอียด 1 มิลลิเมตร

ข. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ค. ฟิลเลอร์เกจที่มีค่าความละเอียด 0.1 มิลลิเมตร

ง. เกจวัดรัศมี

จ. แว่นขยายกำลังขยาย 2-5 เท่า และควรมีมาตราส่วนอ่านค่า

ฉ. เครื่องมือวัดขนาดลวดเชื่อมที่เกี่ยวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ช. วัสดุสำหรับวัดรอยเชื่อมโดยการกดพิมพ์ เช่น ดินเหนียว หรือดินน้ำมัน

4.2 เครื่องมือช่วยตรวจสอบ เช่น แว่นขยาย กระจกเงา ไฟฉาย กล้องบอร์สโคป (Borescope)ไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic) เอนโดสโคป (Endoscope) และกล้องวีดิทัศน์ (Video Camera) เป็นต้น

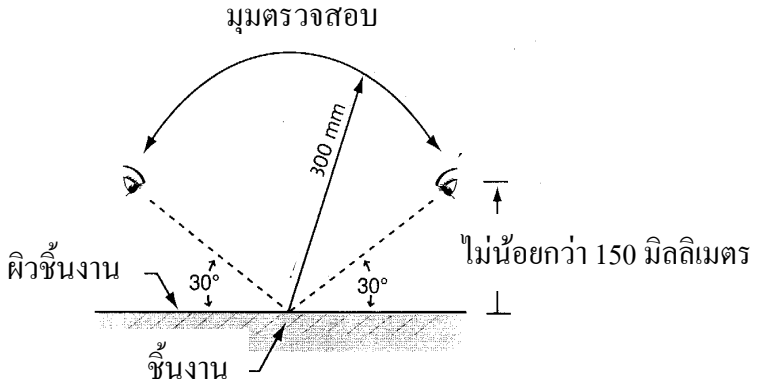
<u>หมายเหตุ</u> เครื่องมือวัดจะต้องได้รับการสอบเทียบหรือการทวนสอบอย่างน้อยทุก 12 เดือน จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

5. รายละเอียดการตรวจสอบ

5.1 ขั้นตอนการตรวจสอบ

5.1.1 ทำความสะอาดรอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร โดยบริเวณที่ทำการตรวจสอบจะต้องแห้งและปราศจากสิ่งสกปรก จารบี น้ำมัน คราบสเกล สแลกเชื่อม (Slag) เม็ดโลหะกระเด็น สี และสิ่งอื่นๆที่ไม่พึงประสงค์ที่อาจปิดรอยบกพร่องได้

5.1.2 ตรวจสอบด้วยสายตาห่างจากผิวชิ้นงานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร และมุมต้องไม่น้อยกว่า 30 องศา (ตามรูปที่ 1) หรือ อาจจะใช้แว่นขยาย กล้องบอร์สโคป ไฟเบอร์ออปติก หรือกล้องวิดีโอ



รูปที่ 1 ระยะห่างและมุมตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ

ที่มา: BS EN 970:1997 Page 3

(ข้อ 6.1.2)

5.1.3 ตรวจสอบด้วยสายตาภายใต้แสงสว่างอย่างน้อย 350 ลักซ์ แต่ที่แนะนำคือ 500 ลักซ์

5.1.4 การตรวจสอบด้วยสายตาในระยะที่ห่างไกลในกรณีชิ้นงานอยู่ไกลกับสายตาสามารถใช้เครื่องช่วยในการตรวจสอบ เช่น กระจกเงา แว่นขยาย กล้องขยาย บอร์สโคป เป็นต้น

5.1.5 ผู้ตรวจสอบต้องทำเครื่องหมาย ณ ตำแหน่งที่พบสิ่งบกพร่อง และต้องระบุผู้ตรวจสอบและเวลาการตรวจสอบเป็นอย่างน้อย เพื่อการบ่งชี้และสอบกลับ

5.1.6 การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีพินิจสามารถกระทำได้ทันทีหลังจากชิ้นงานเชื่อมเย็นตัวลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ยกเว้นเหล็กตามมาตรฐาน ASTM A514 ASTM A517 และ ASTM A709 เกรด 100W และเหล็กมาตรฐานอื่นๆ ที่เทียบเท่า จะสามารถตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีพินิจได้ภายหลังจากเชื่อมสำเร็จแล้วอย่างน้อย 48 ชั่วโมง

5.2 การตรวจสอบรอยเชื่อม แบ่งออกได้เป็น 5 ระยะ ได้แก่ การตรวจสอบก่อนการเชื่อม การตรวจสอบระหว่างการเชื่อม การตรวจสอบภายหลังการเชื่อม การตรวจสอบรอยเชื่อมซ่อม การตรวจสอบภายหลังการใช้งาน และการตรวจสอบเมื่อครบวาระ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การตรวจสอบก่อนการเชื่อม ต้องตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.2.1.1 ขนาด รูปร่าง ระยะประกอบตามข้อกำหนดวิธีการเชื่อม

5.2.1.2 ความตรงศูนย์และตำแหน่งของชิ้นงานอ้างตามแบบงาน

5.2.1.3 ความสะอาดตรงบริเวณรอยเชื่อม

5.2.2 การตรวจสอบระหว่างการเชื่อม ต้องตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.2.2.1 การทำความสะอาดของรอยเชื่อมแต่ละแนวเชื่อม

5.2.2.2 ความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อมแต่ละรอย เช่น รอยแตก หรือรูพรุน กรณีที่พบความไม่ต่อเนื่องจะต้องรายงานและแก้ไขก่อนที่จะเชื่อมทับแนวต่อไป

5.2.2.3 บริเวณจุดต่อระหว่างรอยเชื่อมและชิ้นงานก่อนที่จะเชื่อมรอยต่อไป เช่น รูปร่าง และการหลอมละลาย

5.2.2.4 ความลึก รูปร่าง และผิวหน้าของการเซาะร่อง อ้างตามรายละเอียดเฉพาะการเชื่อมหรือการเตรียมร่องรอยเชื่อมตอนแรก หรือให้มั่นใจว่าได้กำจัดโลหะที่ไม่ต้องการออกหมดแล้ว

5.2.3 การตรวจสอบภายหลังการเชื่อม ต้องตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.2.3.1 การกำจัดสแลก (Slag) บริเวณรอยเชื่อม

5.2.3.2 การขัดผิว (Grinding) และการตกแต่งรอยเชื่อม

5.2.3.3 รอยบกพร่อง รูปร่างและขนาดของรอยเชื่อม (ตามเกณฑ์การยอมรับในตารางที่ 1)

5.2.3.4 ความยาวรอยเชื่อม

5.2.3.5 ภายหลังกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อม

5.2.3.6 ปฏิบัติการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (ถ้าต้องการ)

5.2.3.7 เตรียมบันทึกผลการตรวจสอบ

5.2.4 การตรวจสอบรอยเชื่อมซ่อม ต้องตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.2.4.1 การกำจัดรอยบกพร่องออกก่อนการเชื่อมซ่อม

5.2.4.2 ขนาดต่างๆ ตรงบริเวณที่เตรียมเชื่อมซ่อม เช่น ความลึก ความลาดเอียง ความหยาบผิว

5.2.4.3 ปฏิบัติการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (ถ้าต้องการ)

5.2.5 การตรวจสอบภายหลังการใช้งาน และการตรวจสอบเมื่อครบวาระ ต้องตรวจสอบดังต่อไปนี้

5.2.5.1 ตรวจสอบรอยเชื่อมและบริเวณรอบรอยเชื่อมว่ามีสิ่งบกพร่องต่างๆ หรือไม่ เช่น ขุมสนิม รอยกัดกร่อน

5.2.5.2 รอยเชื่อมมีรอยร้าวเกิดขึ้นหรือไม่

5.2.5.3 ปฏิบัติการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (ถ้าต้องการ)

5.2.5.4 เตรียมบันทึกผลการตรวจสอบ

5.3 ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)

ใบสั่งเทคนิคการทำงาน คือ วิธีการเตรียมการตรวจสอบโดยต้องระบุรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

5.3.1 หมายเลข ชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน ชื่อโครงการ เจ้าของโครงการ วัน-เดือน-ปีที่ออกใบสั่งทางเทคนิค

5.3.2 แบบหรือภาพสเกตแสดงรายละเอียด รูปร่าง พิกัดขนาดในการออกแบบรอยเชื่อม

5.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจพินิจ

5.3.4 สภาพของพื้นผิวที่จะตรวจสอบ

5.3.5 แบบรายงานผลการตรวจสอบ

5.3.6 ชื่อผู้ตรวจสอบและชื่อผู้ทำรายงานผลการตรวจสอบ

5.4 ระเบียบปฏิบัติงาน (Work Procedure)

ระเบียบปฏิบัติงานคือ เอกสารที่อธิบายถึงระเบียบการปฏิบัติงานตรวจสอบให้สอดคล้องกับมาตรฐานและสัญญาของงาน

6. เกณฑ์การยอมรับ

เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม ให้เป็นตามตารางที่ 1 และรูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2

ตารางที่ 1 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม[1)]

(ข้อ 5.2.3.3, 6)

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
1.	รอยแตก (Crack)	รอยแตกทุกชนิด	ไม่อนุญาตให้มี
2.	รูพรุน (Porosity)	2.1. รอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ	
		ก. รอยเชื่อมต่อชน (Butt Joint) บากร่อง (Groove) หลอมลึกสมบูรณ์ (Full Penetration) ที่รับหน่วยแรงดึง	ไม่อนุญาตให้มี
		ข. รอยเชื่อมต่อชนแบบบากร่องแบบอื่น (นอกเหนือจาก ก.) และรอยเชื่อมมุม (Fillet)	ผลรวมของรูพรุนที่ตามองเห็นได้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1 มม. (1/32 นิ้ว) ต้องไม่เกิน (1) 10 มม. (3/8 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 25 มม. (1 นิ้ว) และ (2) 20 มม. (3/4 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)

หมายเหตุ: 1) ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม[1)]

(ข้อ 5.2.3.3, 6)

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
2. (ต่อ)	รูพรุน (Porosity)	2.2. รอยเชื่อมรับภาระพลวัตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ และกรณีรอยเชื่อมท่อ	
		ก. รอยเชื่อมต่อชนบากร่องหลอมลึกสมบูรณ์ที่รับหน่วยแรงดึง	ไม่อนุญาตให้มี
		ข. รอยเชื่อมต่อชนบากร่องแบบอื่น (นอกเหนือจาก ก.)	จำนวนรูพรุนต้องไม่เกิน 1 ตำแหน่งต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 100 มม. (4 นิ้ว) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้องไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
		ค. รอยเชื่อมมุม (Fillet)	
		ค.1. รอยเชื่อมมุมทุกกรณี	จำนวนรูพรุนต้องไม่เกิน 1 ตำแหน่งต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 100 มม. (4 นิ้ว) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้องไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
		ค.2 รอยเชื่อมมุมระหว่างสติฟเฟนเนอร์[2)] (Stiffener) กับเอวของคาน (Web)	ผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนต้องไม่เกิน (1) 10 มม. (3/8 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 25 มม. (1 นิ้ว) และ (2) 20 มม. (3/4 นิ้ว) ต่อทุกความยาวรอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)
3	หน้าตัดจุดหยุดเชื่อม (Crater Cross Section)	ทุกหน้าตัดของจุดหยุดเชื่อมจะต้องเติมแนวเชื่อมให้เต็มตามขนาดของรอยเชื่อมที่ระบุ ยกเว้นรอยเชื่อมมุมแบบเว้นระยะที่เชื่อมได้ความยาวแล้ว (Intermittent Fillet Weld)	ตามคำอธิบายรายละเอียด

หมายเหตุ: 1) ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

2) สติฟเฟนเนอร์ (Stiffeners) หมายถึง แผ่นเหล็กเสริมกำลังคานหรือเสาเหล็ก

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม [1)]

(ข้อ 5.2.3.3, 5)

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
4.	รอยกัดแหว่ง (Undercut)	4.1. รอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ	
		ก. ความหนาโลหะงานน้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)	(1) ความลึกของรอยกัดแหว่งไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว) หรือ (2) ความลึกรอยกัดแหว่งไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว) และความยาวรอยเชื่อมที่มีรอยกัดแหว่งลึกรวมกันไม่เกิน 50 มม. (2 นิ้ว) ต่อความยาวรอยเชื่อม 300 มม. (12 นิ้ว)
		ข. ความหนาโลหะงานมากกว่าหรือเท่ากับ 25 มม. (1 นิ้ว)	ความลึกของรอยกัดแหว่งไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว) ตลอดแนวเชื่อม
		4.2. รอยเชื่อมรับภาระพลวัตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ และกรณีรอยเชื่อมท่อ	
		ก. กรณีโครงสร้างหลัก (Primary Members) ที่มีรอยเชื่อมรับหน่วยแรงดึง	ความลึกของรอยกัดแหว่งไม่เกิน 0.25 มม. (0.01 นิ้ว)
		ข. กรณีอื่นๆ นอกเหนือจาก ก.	ความลึกของรอยกัดแหว่งไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว)
5.	รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด (Undersized Weld)	5.1. รอยเชื่อมทุกกรณี	รอยเชื่อมที่ไม่ได้ขนาดรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของความยาวรอยเชื่อมทั้งหมด
		5.2 รอยเชื่อมมุม (Fillet Weld) ระหว่างเอว (Web) กับปีก (Flange) ของคานประกอบ	ไม่อนุญาตให้มีรอยเชื่อมไม่ได้ขนาดบริเวณรอยเชื่อมที่ปลายเป็นระยะสองเท่าของความกว้างปีก
		5.3 รอยเชื่อมมุม (Fillet Weld) แบ่งตามขนาดรอยเชื่อมระบุ (Specified Nominal Size: L)	
		ก. $L \leq$ 5 มม. (3/16 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว)
		ข. L = 6 มม. (1/4 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุไม่เกิน 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)
		ค. $L \geq$ 8 มม. (5/16 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อมเล็กกว่าขนาดรอยเชื่อมระบุไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว)

หมายเหตุ: 1) ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม[1)]

(ข้อ 5.2.3.3, 6)

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
6.	รอยนูน (Convexity)	สำหรับรอยเชื่อมมุม (Fillet Weld) แบ่งตามความกว้างของขารอยเชื่อม (Width of Weld Face: W)	
		ก. W ≤ 8 มม. (W ≤5/16 นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 2 มม. (1/16 นิ้ว)
		ข. 8 < W < 25 มม. (5/16 < W < 1 นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว)
		ค. W ≥ 25 มม. (W ≥ 1 นิ้ว)	ระยะนูนไม่เกิน 5 มม. (3/16 นิ้ว)
7.	รอยเกย (Overlap)	สำหรับรอยเชื่อมมุมและรอยเชื่อมชนแบบบากร่อง	ไม่อนุญาตให้มี
8.	หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)	สำหรับรอยเชื่อมมุม	ไม่อนุญาตให้มี
9.	โลหะเชื่อมส่วนเกิน (Reinforcement)	โลหะเชื่อมส่วนเกินทั้งกรณีโลหะงานความหนาเท่ากันและโลหะงานความหนาต่างกัน	ความสูงของโลหะเชื่อมส่วนเกินไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว)
10.	รอยเชื่อมไม่เต็ม (Underfill)	รอยเชื่อมไม่เต็มสำหรับการเชื่อมต่อชนแบบบากร่อง	ไม่อนุญาตให้มี
11.	ความเรียบของผิวรอยเชื่อม (Flush Surface)	สำหรับรอยเชื่อมแบบต่อชนบากร่อง การขัดผิวรอยเชื่อมให้เรียบเสมอโลหะงานต้องมีเงื่อนไขดังนี้	
		ก. ความหนารอยเชื่อมภายหลังการขัดผิวและความหนาของโลหะงานภายหลังการขัดผิว	มีค่าน้อยกว่าความหนาของโลหะงานที่บางกว่าไม่เกินร้อยละ 5 และไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว)
		ข. ความสูงของโลหะเชื่อมส่วนเกิน (Reinforcement)	ไม่เกิน 1 มม. (1/32 นิ้ว) ยกเว้นกรณีเป็นหน้าสัมผัสหรือรอยต่อต้องทำผิวรอยเชื่อมให้เรียบเสมอกับผิวโลหะงาน

<u>หมายเหตุ</u>: 1) ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

ตารางที่ 1 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม[1)]

(ข้อ 5.2.3.3, 6)

ลำดับ	ประเภทของรอยบกพร่อง	คำอธิบายรายละเอียด	เกณฑ์การยอมรับ
12.	การแต่งผิวรอยเชื่อม (Surface Finishing)	ในกรณีที่กำหนดให้ต้องแต่งผิวรอยเชื่อม สามารถดำเนินการด้วยการสกัดผิวหรือการเซาะร่อง และตามด้วยการขัดผิว (Grinding) ทั้งนี้ต้องมีความหยาบของผิวไม่เกิน 6.3 ไมครอน (0.0063 มิลลิเมตร หรือ 125 มิลลินิ้ว) และต้องขัดผิวในทิศทางที่กำหนดดังนี้	
		ก. ขัดผิวในทิศทางขนานกับหน่วยแรงหลัก (Primary Stress)	ความหยาบอยู่ในช่วง 3.2 ถึง 6.3 ไมครอน (0.0032 ถึง 0.0063 มม.หรือ 125 ถึง 250 มิลลินิ้ว)
		ข. ขัดผิวในทิศทางใดก็ได้	ความหยาบน้อยกว่า 3.2 ไมครอน (0.0032 มม. หรือ 125 มิลลินิ้ว)

<u>หมายเหตุ</u>: 1) ให้พิจารณารูปที่ ผ2.1 ในภาคผนวก 2 ประกอบการใช้ตาราง

7. บันทึกผลและรายงานผลการตรวจสอบ

7.1 ผู้ตรวจสอบต้องทำเครื่องหมายด้วยปากกาสีที่ไม่ละลายน้ำ เห็นได้ชัดเจน และทนความร้อนลงบนพื้นผิวชิ้นงานในตำแหน่งที่ตรวจสอบพบรอยบกพร่องเพื่อความสะดวกในการซ่อม การบ่งชี้ และการสอบกลับ โดยต้องระบุผู้ตรวจสอบ และเวลาการตรวจสอบเป็นอย่างน้อย

7.2 ผู้ตรวจสอบต้องบันทึกผลและทำรายงานการตรวจสอบโดยมีรายละเอียดอย่างน้อยเป็นตามตัวอย่างแบบฟอร์มรายงาน บฟ.มยผ. 1561 ในภาคผนวก 1)

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Section V, An International Code, Non Destructive Examination, July 1, 2004 Edition, Printed in the United States of America.

8.2 มาตรฐาน American Welding Society AWS D1.1/D1.1M:2006: Structural Welding Code – Steel, An American National Standard, Printed in the United States of America, Reprinted March 2006.

8.3 มาตรฐาน British Standard BS EN 970-1997: Non Destructive Examination of Fusion Welds-Visual Examination.

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1561 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ

(หน่วยงานที่ตรวจสอบ)	**รายงานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีตรวจพินิจ**	**บฟ.มยผ.1561**
	รายงานเลขที่.....	หน้า……..
	วันที่ตรวจสอบ ……..……..	…….

ชื่อโครงการ :	ทะเบียนตรวจสอบ:
สถานที่ก่อสร้าง :	ผู้รับจ้าง :
เกณฑ์การยอมรับอื่นๆ ที่ใช้ร่วม :	
เงื่อนไขการตรวจสอบ: ☐ ตา ☐ แว่นขยาย กำลังขยาย……เท่า ☐ อื่นๆ	
สภาวะการตรวจสอบ: ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน	
สภาพผิวที่ตรวจสอบ: ☐ รอยเชื่อม ☐ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ☐ อื่นๆ	
วิธีการเตรียมผิวงาน: ☐ ผิวรอยเชื่อม ☐ ขัด/ปัดด้วยแปรง ☐ ขัดด้วยเครื่องขัด ☐ พ่นทราย ☐ อื่นๆ	

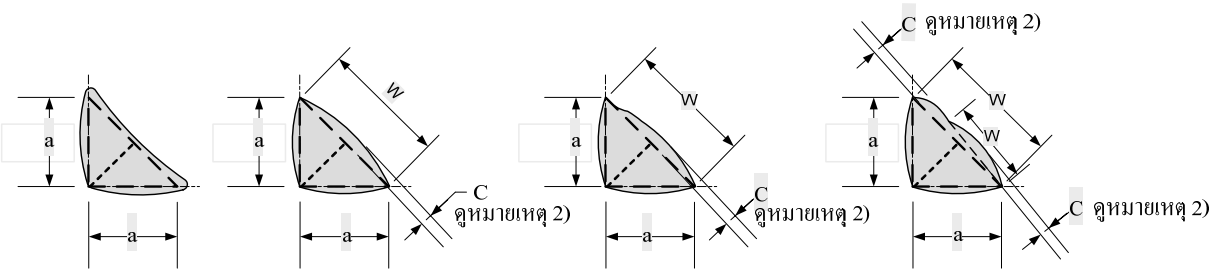
รูปภาพหรือภาพสเกต ☐ มี (ตามเอกสารแนบ) ☐ ไม่มี

ตำแหน่ง/รหัสชิ้นงาน	**ความไม่ต่อเนื่อง**	**ขนาด/จำนวน**	**ยอมรับ**	**ไม่ยอมรับ**

ผลการตัดสิน: ☐ สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ หมายเหตุ (ระบุ).....

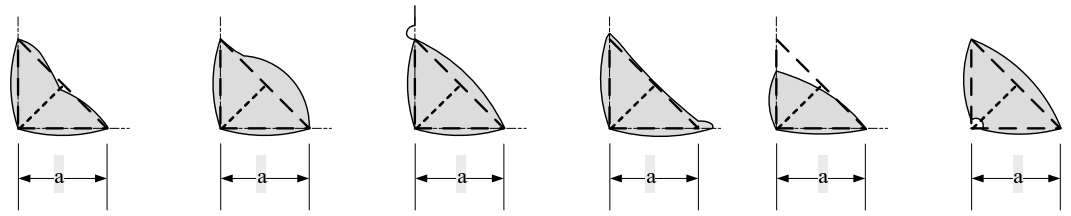
	ผู้ปฏิบัติงาน	**ผู้ตรวจสอบ**	**ผู้อนุมัติ**
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็นต์)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ภาคผนวก 2 เกณฑ์การพิจารณาการยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อม



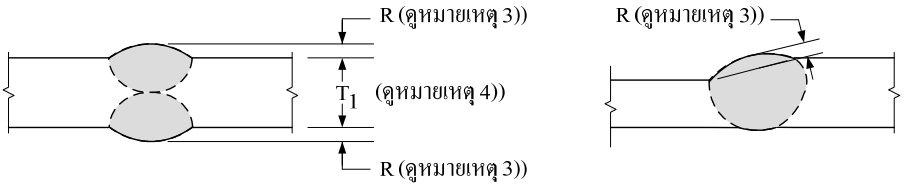
ก. รูปร่างของรอยเชื่อมมุม (Fillet Weld) ที่ต้องการ

ข. รูปร่างของรอยเชื่อมมุมที่ยอมรับได้



รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด (Undersize Weld)	ความนูนมากเกินไป (Excessive Convexity)	รอยกัดแหว่งมากเกินไป (Excessive Undercut)	รอยเกย (Overlap)	รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด (Undersize Weld)	หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)

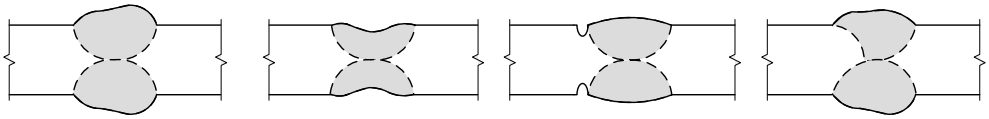
ค. รูปร่างของรอยเชื่อมที่ยอมรับไม่ได้



รอยเชื่อมแบบต่อชน (Butt Weld) กรณีความหนาโลหะงานเท่ากัน

รอยเชื่อมแบบต่อชน (Butt Weld) กรณีความหนาโลหะงานไม่เท่ากัน

ง. ลักษณะรอยเชื่อมแบบต่อชนบากร่องที่ยอมรับได้



โลหะเชื่อมส่วนเกินมากเกินไป (Excessive Weld Reinforcement)	รอยเชื่อมไม่เต็ม (Underfill)	รอยกัดแหว่งมากเกินไป (Excessive Undercut)	รอยเกย (Overlap)

จ. ลักษณะรอยเชื่อมแบบต่อชนบากร่องที่ยอมรับไม่ได้

หมายเหตุ

1) ขนาดของรอยเชื่อม (Size of Weld: a)

2) รอยนูน (Convexity: C) ของรอยเชื่อมหรือของแนวเชื่อมซึ่งมีความกว้าง W ต้องมีค่าไม่เกินค่าระบุดังตารางที่ ข1

3) โลหะเชื่อมส่วนเกิน (Reinforcement: R) ต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

4) T1 หมายถึง ความหนาของโลหะงาน

5) รอยเชื่อมทั้งหมดต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมดังตารางที่ 1 ในมาตรฐานนี้

รูปที่ ผ2.1 เกณฑ์การพิจารณาการยอมรับความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อม

ตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M:2006 –Figure 5.4

(ข้อ 7, ตารางที่ 1)

ตารางที่ ผ2.1 ขนาดรอยนูน (Convexity) ที่ยอมให้
สำหรับความกว้างของรอยเชื่อมขนาดต่างๆ

(รูปที่ ผ2.1)

ความกว้างของผิวหน้ารอยเชื่อม (W) [1)]	**รอยนูนสูงสุด (Convexity: C)**
$W \leq$ 8 มม. ($W \leq$ 5/16 นิ้ว)	2 มม. (1/16 นิ้ว)
8 มม. < W < 25 มม. (5/16 นิ้ว < W < 1 นิ้ว)	3 มม. (1/8 นิ้ว)
$W \geq$ 8 มม. ($W \geq$ 1 นิ้ว)	5 มม. (3/16 นิ้ว)

หมายเหตุ: 1) ความกว้างของผิวหน้ารอยเชื่อม หรือ ความกว้างของแนวเชื่อมแต่ละแนว

มยผ. 1562-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

(Standard Method for Weldment Examination in Steel Structure with Ultrasonic Testing)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบนี้ใช้สำหรับทดสอบรอยเชื่อมของโครงเหล็กรูปพรรณโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง สำหรับงานเชื่อมรอยต่อชน (Butt Weld) ชิ้นงานที่มีความหนาระหว่าง 8 ถึง 200 มิลลิเมตร ซึ่งกำหนดตามมาตรฐานต่อไปนี้ และกำหนดไม่ให้ใช้สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานท่อเชื่อมต่อกันด้วยรอยต่อบาก (Groove Weld) งานรูปตัวที รูปตัววาย หรือรูปตัวเค

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดสอบเพื่อหารอยบกพร่องใดๆที่อยู่ในรอยเชื่อมและส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็ก ทั้งรอยบกพร่องที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมสร้าง การเชื่อมซ่อม การเกิดขึ้นโดยสาเหตุจากการใช้งาน การตรวจสอบเมื่อครบวาระ

1.3 มาตรฐานนี้ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินการยอมรับหรือไม่ยอมรับรอยบกพร่องของรอยเชื่อมไว้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินรอยเชื่อม ข้อกำหนดในกระบวนการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

1.4 มาตรฐานนี้จะใช้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1 เหล็กโครงสร้างที่ระบุค่าหน่วยแรงดึงคลากขั้นต่ำไม่เกินกว่า 690 เมกาปาสกาล (7,036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

1.4.2 เหล็กโครงสร้างต้องมีความหนาอยู่ในช่วง 8 ถึง 200 มิลลิเมตร

1.4.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“การกวาดส่งคลื่น (Scanning)” หมายถึง การกวาดหัวทดสอบของเครื่องมืออัลตราโซนิกบนผิวโลหะงานหรือผิวรอยเชื่อมเพื่อทดสอบรอยเชื่อม

“การเชื่อม (Weld)” หมายถึง การประสานให้ชิ้นส่วนโลหะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันบริเวณรอยต่อชิ้นงานที่ต้องการให้ประสานติดกัน

“การทดสอบรอยเชื่อมด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงหรือคลื่นอัลตราโซนิก” หมายถึง การทดสอบรอยเชื่อมด้วยวิธีการแบบไม่ทำลายโดยการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงตั้งแต่ 1 ถึง 6 เมกะเฮิรตซ์ ส่งเข้าไปในรอยเชื่อม แล้ว

ตรวจจับคลื่นที่สะท้อนกลับจากรอยบกพร่อง เวลาที่ใช้ในการสะท้อนกลับและความแรงของคลื่นสะท้อนจะใช้เพื่อประเมินตำแหน่งและขนาดของรอยบกพร่องได้

“การลดทอน (Attenuation)” หมายถึง การสูญเสียพลังงานคลื่นเสียงซึ่งเกิดขึ้นระหว่างจุดสองจุดที่คลื่นเสียงเดินทางผ่าน โดยการสูญเสียพลังงานอาจเกิดเนื่องจากการดูดซับพลังงาน หรือ การสะท้อน เป็นต้น (สำหรับการทดสอบตามมาตรฐานนี้ ใช้วิธีการส่ง-การสะท้อนคลื่นเฉือน (Shear Wave) ซึ่งมีอัตราการลดทอนของคลื่นเสียงประมาณ 2 เดซิเบลต่อระยะทางเดินคลื่น 25 มิลลิเมตรภายหลังผ่านช่วง 25 มิลลิเมตรแรกแล้ว)

“เกณฑ์การยอมรับ (Acceptance Criteria)” หมายถึง ค่าการยอมรับของรอยบกพร่องซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานนี้กำหนด

“แกนอ้างอิง (Horizontal Reference Line)” หมายถึง เส้นอ้างอิงแนวราบใกล้กับแนวศูนย์กลางของจอแสดงภาพของเครื่องมืออัลตราโซนิก ซึ่งใช้ในการปรับตั้งเพื่ออ่านค่าแอมปลิจูดของสัญญาณคลื่นสะท้อน

“ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)” หมายถึง สิ่งผิดปกติใดๆ ที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ รอยเชื่อม ซึ่งอาจจะยอมรับได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสิน

“โครงสร้างเหล็ก (Steel Structure)” หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน ท่อ ที่มีค่าหน่วยแรงคลากไม่เกิน 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีความหนาในทุกส่วนภาคตัดอยู่ในช่วง 8 ถึง 200 มิลลิเมตร

“เดซิเบล (dB)” หมายถึง ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างแอมปลิจูด หรือความเข้มของพลังงานคลื่นเสียงสองค่า

“ตัวสะท้อนอ้างอิง (Reference Reflector)” หมายถึง ตัวสะท้อนคลื่นที่ทราบขนาดในแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

“แท่งปรับเทียบมาตรฐาน (UT Reference Blocks)” หมายถึง ชิ้นงานมาตรฐานซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของสถาบันงานเชื่อมนานาชาติ (IIW) หรือเทียบเท่าตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M:2006 ใช้เพื่อปรับตั้งเครื่องอัลตราโซนิกก่อนทดสอบ

“บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone)” หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

“ใบรายงานการตรวจสอบ (Inspection Report)” หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการทดสอบพร้อมด้วยผลการทดสอบ

“ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)” หมายถึง เอกสารที่ระบุวิธีการทดสอบที่กำหนดขึ้นเฉพาะโครงสร้าง หรือ เฉพาะรอยเชื่อมต่อใดในโครงสร้างที่กำหนด ซึ่งต้องระบุรายละเอียดครบถ้วนตามที่มาตรฐานนี้กำหนด

“ผู้ตรวจสอบ (Operator)” หมายถึง ผู้ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

“รอยเชื่อม (Weld Bead)” หมายถึง รอยต่อที่เกิดจากการเชื่อม

“รอยบกพร่อง (Defect)” หมายถึง การเกิดรอยแยกหรือโพรงช่องว่างในรอยเชื่อม ทำให้เนื้อโลหะไม่ต่อเนื่องถึงกัน และมีขนาดเกินกว่าที่จะยอมรับได้ตามที่กำหนดในมาตรฐานนี้ ไม่รวมถึงรอยบกพร่องทางโลหะวิทยาและรอยบกพร่องทางมิติ

“รอยบ่งชี้ (Indication)” หมายถึง สิ่งที่แสดงออกให้เห็นบนเครื่องแสดงผล สิ่งนั้นอาจจะเกิดจากรอยบกพร่องหรือไม่ก็ได้ ถ้าเป็นรอยบ่งชี้จริงจะเกิดจากรอยบกพร่อง แต่รอยบ่งชี้แปลกปลอม (False indication) จะเกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น ๆ สำหรับการทดสอบด้วยวิธีนี้ จะหมายถึง รูปคลื่น (Peak หรือ Echo) ที่สะท้อนกลับ

“ระดับของรอยบ่งชี้ (Indication Rating)” หมายถึง ค่าแอมปลิจูดเป็นเดซิเบลเทียบกับแกนอ้างอิงศูนย์ภายหลังการปรับแก้สัญญาณตามระดับอ้างอิงและอัตราการลดทอน โดยมีเกณฑ์การยอมรับตามตารางที่ 2 และตารางที่ 4

“ระดับแสดงผล (Indication Level)” หมายถึง ค่าแอมปลิจูดของรอยบ่งชี้ที่อ่านค่าได้จากการปรับขยายหรือปรับลดสัญญาณเทียบกับระดับอ้างอิง

“ระดับอ้างอิง (Reference Level)” หมายถึง แกนอ้างอิงแนวราบ (Horizontal Reference-Line Height Indication) ซึ่งใช้เพื่อเป็นระดับอ้างอิงในการประเมินระดับของความบกพร่อง ระดับอ้างอิงจะประเมินได้จากค่าแอมปลิจูดหน่วยเป็นเดซิเบล ซึ่งมาจากการทดสอบจากตัวสะท้อนอ้างอิงของแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

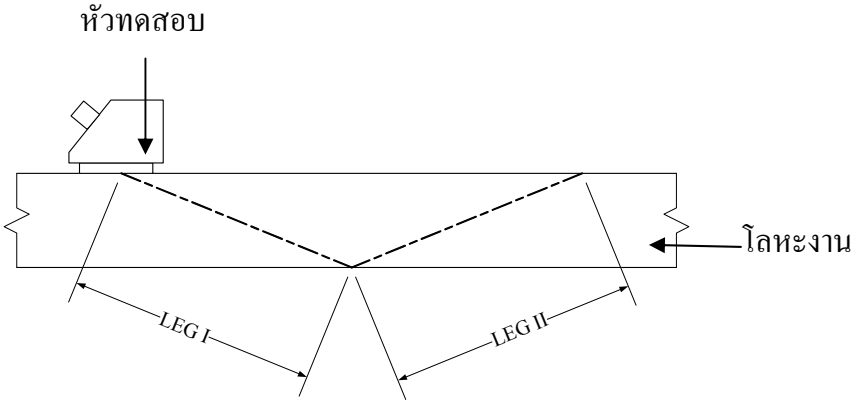
“ระดับอ้างอิงศูนย์ (Zero Reference Level)” หมายถึง ระดับอ้างอิงที่ใช้ในการประเมินระดับของความบกพร่องของสัญญาณที่ปรับแก้ค่าตามระดับอ้างอิง

“ระเบียบปฏิบัติงาน (Work Procedure)” หมายถึงวิธีการทำการทดสอบ ซึ่งระบุผู้ทดสอบ วัสดุที่ทดสอบ ตำแหน่งทดสอบ และเวลาทดสอบเป็นอย่างน้อย

“ระยะทางเดินของคลื่นเสียง (Sound Path Distance)” หมายถึง ระยะทางจากจุดสัมผัสระหว่างหัวทดสอบและโลหะงาน ถึงตัวสะท้อนคลื่นโดยวัดในแนวเส้นกึ่งกลางของคลื่นเสียง

“โลหะงาน (Base Metal)” หมายถึง โลหะซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง

“เส้นทางคลื่น (Leg)” หมายถึง เส้นทางที่คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ผ่านก่อนที่จะสะท้อนกลับที่พื้นผิวด้านหลังของโลหะงานที่ทดสอบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นทางคลื่น (Leg)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Annex K, Page 32

(ข้อ 2)

"แอมปลิจูด (Amplitude)" หมายถึง ความสูงของสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนจอภาพแบบ A-Scan โดยวัดจากฐานถึงจุดสูงสุดของสัญญาณ (Peak) ของสัญญาณที่ปรับขยายแล้ว (A-Scan Rectified Presentation)

3. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)

ใบสั่งเทคนิคการทำงาน คือ วิธีการเตรียมการทดสอบซึ่งจัดเตรียม ให้ถูกต้องตามหลักการทางเทคนิคการทดสอบ โลหะวิทยา และรูปร่างของรอยเชื่อม เมื่อทำตามใบสั่งเทคนิคการทำงานนี้แล้วจะต้องสามารถทดสอบหารอยบกพร่องให้พบ โดยต้องระบุรายละเอียดอย่างน้อยดังต่อไปนี้

3.1 หมายเลขและชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน ชื่อโครงการ และเจ้าของงาน

3.2 ลักษณะของรอยเชื่อม และชนิดของวัสดุ

3.3 พื้นผิวที่จะวางหัวทดสอบ (Probe) แล้วทำการทดสอบ

3.4 สภาพของพื้นผิวที่จะทำการทดสอบ

3.5 ชนิดของสารส่งผ่านคลื่น (Couplant)

3.6 เทคนิคที่ใช้ ได้แก่ ใช้หัวทดสอบแบบตรง หรือแบบมุม เป็นการทดสอบแบบสัมผัสหรือจุ่มชิ้นงานใต้น้ำ

3.7 มุม และชนิดของคลื่นที่เข้าไปในเนื้อวัสดุที่ทำการทดสอบ

3.8 แบบ รุ่น ความถี่ และขนาดของหัวทดสอบ

3.9 อุปกรณ์ประกอบหัวทดสอบ เช่น ลิ่ม แผ่นรอง เพื่อช่วยปรับมุมและกันการสึกหรอ

3.10 เครื่องทดสอบได้แก่ แบบ รุ่น ผู้ผลิต

3.11 แท่งปรับเทียบมาตรฐาน

3.12 ทิศทาง ขอบเขต และวิธีการเคลื่อนที่หัวทดสอบ

3.13 ข้อมูลที่ต้องบันทึกในระหว่างการทดสอบ และวิธีการบันทึกเป็นแบบด้วยมือหรือด้วยเครื่องอัตโนมัติ

3.14 สัญญาณช่วยเตือนระหว่างการทดสอบเมื่อพบรอยบกพร่องเครื่องบันทึกผลการทดสอบหรือทั้งสองอย่าง (ถ้าต้องการ)

3.15 กลไกช่วยการเคลื่อนที่หัวทดสอบ (ถ้าต้องการ)

3.16 การทำความสะอาดผิวงานขั้นสุดท้าย เมื่อทดสอบเสร็จ (ถ้าต้องการ)

3.17 แบบของรายงานผลการทดสอบ

3.18 ชื่อผู้ตรวจสอบและชื่อผู้ทำรายงานผลการตรวจสอบ

4. เครื่องมือทดสอบ

4.1 เครื่องทดสอบคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ที่ใช้ในการทดสอบต้องใช้แบบส่งคลื่น-สะท้อนคลื่น (Pulse Echo Ultrasonic Instrument) พร้อมทั้งแสดงผลบนจอภาพแบบ A-Scan ในย่านความถี่ 1 ถึง 6 เมกะเฮิรตซ์

4.2 หัวทดสอบแบบตรงหรือแบบคลื่นตามยาว (Straight-Beam Search Unit หรือ Longitudinal Wave Search Unit) ต้องมีขอบเขตหวังผลอยู่ในช่วง 323 ถึง 645 ตารางมิลลิเมตร หัวทดสอบต้องมีรูปร่างกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความถี่ของหัวทดสอบอยู่ในช่วง 2 ถึง 4 เมกะเฮิรตซ์ หัวทดสอบต้องสามารถจำแนกคลื่นเสียงสะท้อนจากสามตำแหน่งได้ ดังที่อธิบายไว้ในข้อ 2.3 ในภาคผนวก 2

4.3 หัวทดสอบแบบมุม (Angle-Beam Search Unit) ประกอบด้วยหัวส่งคลื่นเสียงและลิ่มที่เป็นมุม ซึ่งประกอบเป็นสองส่วนแยกออกจากกัน หรือประกอบเป็นชุดเดียวกัน และต้องมีคุณสมบัติดังนี้

4.3.1 ความถี่ของหัวทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 4 เมกะเฮิรตซ์

4.3.2 ผลึกของหัวทดสอบต้องมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้างเริ่มต้นจากขนาด 15 ถึง 25 มิลลิเมตร (5/8 ถึง 13/16 นิ้ว)และขนาดความสูงเริ่มต้นจากขนาด 15 ถึง 20 มิลลิเมตร (5/8 ถึง 1 นิ้ว) ดังรูปที่ 3 ในภาคผนวก 2

4.3.3 หัวทดสอบ ต้องสร้างลำคลื่นเสียงในวัสดุชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบภายในขอบเขต ±2 องศา จากค่ามุมปกติ คือ 70 องศา 60 องศา และ 45 องศา ตามรายละเอียดการสอบเทียบมุมทดสอบในข้อ 3.2 ในภาคผนวก 2

4.3.4 หัวทดสอบทุกหัวต้องมีเครื่องหมายแสดงความถี่ของหัวทดสอบ มุมส่งคลื่น และจุดส่งคลื่น การกำหนดตำแหน่งจุดส่งคลื่น ให้ตรวจสอบตามข้อ 3.1 ในภาคผนวก 2

4.3.5 ระยะของหัวทดสอบวัดจากด้านหน้าของหัวทดสอบถึงเส้นขีดแสดงจุดส่งคลื่นต้องไม่เกิน 25.4 มิลลิเมตร การทดสอบคุณสมบัติดังกล่าว กำหนดให้ใช้แท่งปรับเทียบมาตรฐานดังรูปที่ 4 ภาคผนวก 2

5. การปรับตั้งเครื่อง

5.1 ให้ผู้ทดสอบปรับตั้งระดับความไว และระยะทางตามแนวการกวาดส่งคลื่น ก่อนการทดสอบ และที่ตำแหน่งทดสอบแนวเชื่อมแต่ละแห่ง

5.2 ให้ปรับตั้งซ้ำเมื่อมีการเปลี่ยนผู้ทดสอบ หรือ ทดสอบต่อเนื่องเกิน 30 นาที หรือเมื่อวงจรไฟฟ้าได้รับการรบกวนเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

5.2.1 การเปลี่ยนหัวทดสอบ

5.2.2 การเปลี่ยนแบตเตอรี่

5.2.3 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า

5.2.4 การเปลี่ยนสายเคเบิล

5.2.5 การปิดเครื่องทดสอบ

5.3 การปรับตั้งหัวทดสอบแบบตรงสำหรับโลหะงาน

5.3.1 ให้ปรับตั้งเครื่องมือโดยกวาดหัวทดสอบบนผิวด้าน A ของโลหะงาน และให้ปรับตั้งเครื่องมือตามข้อ 5.3.2 และ 5.3.3

5.3.2 ระยะการกวาดส่งคลื่น ต้องปรับตั้งเครื่องให้จอแสดงภาพแสดงระยะทางการกวาดส่งคลื่นไม่น้อยกว่าสองเท่าของความหนาของโลหะงาน

5.3.3 การปรับตั้งระดับความไวของการตรวจสอบ ต้องปรับตั้งเครื่องทดสอบบนโลหะงาน ณ ตำแหน่งที่ไม่พบรอยบกพร่องใดๆ และปรับตั้งให้คลื่นสะท้อนจากผิวด้านหลังของโลหะงานมีความสูงระหว่างร้อยละ 50 ถึง 75 ของขนาดความสูงของจอแสดงภาพ

5.4 การปรับตั้งหัวทดสอบแบบมุม เพื่อการตรวจสอบต้องปฏิบัติดังนี้

5.4.1 ระยะกวาดส่งคลื่นตามแนวราบ

(1) ให้ปรับตั้งระยะกวาดส่งคลื่นโดยปรับเทียบระยะการกวาดส่งคลื่นกับแท่งปรับเทียบมาตรฐาน (ดังรูปที่ ผ2.1 และ รูปที่ ผ2.2 ใน ภาคผนวก 2)

(2) ปรับตั้งโดยใช้สเกลของจอแสดงภาพขนาด 125 มิลลิเมตร หรือ 250 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นกับระยะทางที่ปรับเทียบ ในกรณีที่ลักษณะรอยต่อหรือความหนาโลหะงานเป็นอุปสรรคต่อการตรวจสอบงานเชื่อมตลอดแนวเมื่อปรับตั้งตามสเกลข้างต้น อาจปรับตั้งสเกลของจอแสดงภาพให้เป็น 400 มิลลิเมตร หรือ 500 มิลลิเมตรได้ตามความจำเป็น การปรับเทียบการอ่านค่าระยะทางของเครื่องมือให้เป็นไปตาม ข้อ 3.3 ในภาคผนวก 2

หมายเหตุ: ตำแหน่งตามแกนราบของจอแสดงภาพ อ้างอิงจากตำแหน่งทางด้านซ้ายของจอภาพซึ่งเป็นจุดตัดระหว่างสัญญาณและแกนราบ

5.4.2 การปรับตั้งระดับอ้างอิงศูนย์ (Zero Reference Level)

การปรับตั้งระดับอ้างอิงศูนย์ซึ่งใช้เพื่อการประเมินขนาดของรอยบกพร่อง (อักษร b ในแบบฟอร์มรายงานผลตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก บฟ.มยผ. 1562 ในภาคผนวก 1) สามารถปฏิบัติโดยปรับตั้งปุ่มปรับละเอียดของเครื่องอัลตราโซนิกซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อ 4 ให้ขยายขนาดสัญญาณมากที่สุดในจอแสดงภาพ และปรับตั้งค่าระดับอ้างอิงตามข้อ 3.4 ในภาคผนวก 2

6. ข้อกำหนดการทดสอบ (Testing Procedures)

6.1 การกำหนดแกนอ้างอิงหลัก หรือ แกนเอกซ์ (X-Line)

6.1.1 แกนเอกซ์เป็นแกนสำหรับระบุตำแหน่งของจุดบกพร่องตามแนวรอยเชื่อม ตำแหน่งของแกนเอกซ์ (ระยะห่างระหว่างแกนเอกซ์และแนวเชื่อม) ให้เป็นตามที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด รอยเชื่อม โดยปกติแกนเอกซ์จะเป็นแนวเดียวกับเส้นแนวศูนย์กลาง (Centerline) ของแนวเชื่อมสำหรับรอยเชื่อมต่อชน และเป็นแนวใกล้กับผิวหน้าของรอยต่อชิ้นงานสำหรับรอยเชื่อมรูปตัวที หรือรอยต่อมุม (ผิวหน้าตรงข้ามกับด้าน C ตามรูปประกอบตารางที่ 1)

6.1.2 ต้องทำเครื่องหมายแสดงเส้นแนวเอ็กซ์ลงบนตำแหน่งรอยเชื่อมที่ทดสอบให้ชัดเจน

6.2 การกำหนดแกนอ้างอิงรอง หรือ แกนวาย (Y-Line)

ต้องทำเครื่องหมายแสดงแกนวายบนโลหะงานใกล้กับแนวรอยเชื่อมที่ทดสอบ โดยต้องระบุข้อมูลอย่างน้อยดังต่อไปนี้

6.2.1 ข้อมูลจำเพาะของรอยเชื่อม (Weld Identification)

6.2.2 ตำแหน่งของผิวหน้า A (ตามรูปประกอบตารางที่ 1)

6.2.3 การวัดระยะทาง และทิศทางด้านบวกหรือด้านลบจากแกนเอกซ์

6.2.4 ตำแหน่งที่ทดสอบวัดจากปลายหรือขอบของรอยเชื่อม

6.3 พื้นผิวหน้างานที่เป็นตำแหน่งวางหัวทดสอบ ต้องปราศจากสะเก็ดงานเชื่อม ฝุ่นผง จาระบี น้ำมัน (ชนิดอื่นที่ไม่ใช่สารส่งผ่านคลื่น) สี และรอยลอก

6.4 สารส่งผ่านคลื่น (Couplants)

6.4.1 สารส่งผ่านคลื่นต้องมีคุณสมบัติที่เปียกผิวรอยเชื่อมที่จะทดสอบได้ดี และสามารถส่งผ่านคลื่นเสียงได้มาก โดยสามารถเลือกใช้กลีเซอรีน หรือ ยางเซลลูโลส หรือ สารละลายซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักที่มีความหนืดเหมาะสม อาจผสมสารลดความตึงผิว (Wetting Agent) ในกรณีที่ต้องการ และอาจเลือกใช้น้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องจักรขนาดเล็กสำหรับการทดสอบชิ้นงานมาตรฐานได้

6.4.2 สารส่งผ่านคลื่นต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโลหะงานและรอยเชื่อม และต้องมีความหนืดเหมาะสมที่อุณหภูมิทดสอบ

6.5 ขอบเขตของการทดสอบ (Extent of Testing)

6.5.1 โลหะงานซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ต้องส่งผ่านคลื่นเสียงตรวจสอบงานการเชื่อมทั้งหมด ต้องได้รับการตรวจสอบรอยบกพร่องแยกชั้นภายในโดยวิธีทดสอบคลื่นเสียงสะท้อนจากการแยกชั้น (Laminar Reflectors) ด้วยหัวทดสอบแบบตรงซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อ 4.2 และปรับตั้งตามข้อ 5.3 ในกรณีที่ตรวจพบการสูญเสียสัญญาณสะท้อนกลับ หรือ มีรอยบ่งชี้ที่มีความสูงสัญญาณมากกว่าหรือเท่ากับความสูงของคลื่นสะท้อนผิวด้านหลัง และอยู่ในตำแหน่งที่มีผลกระทบต่อการทดสอบแนว

เชื่อมต้องบันทึก ขนาด ตำแหน่ง และความลึกจากผิวหน้า A ลงในบันทึกผลการตรวจสอบ และต้องเปลี่ยนวิธีการกวาดส่งคลื่นเสียงที่ใช้ในการทดสอบ

6.5.2 การประเมินขนาดคลื่นเสียงสะท้อนกลับ ให้เป็นตามข้อ 1 ในภาคผนวก 3

6.5.3 ในกรณีที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของแนวเชื่อมอยู่ในตำแหน่งที่ไม่สามารถทดสอบได้ตามเงื่อนไขดังตารางที่ 1 ต้องดำเนินการด้วยวิธีหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งวิธีดังต่อไปนี้ เพื่อให้ตรวจสอบงานการเชื่อมได้อย่างครบถ้วน

6.5.2.1 ขัดผิวและตกแต่งพื้นผิวงานเชื่อมให้มีราบเรียบตามข้อกำหนดในมาตรฐาน มยผ. 1561-51

6.5.2.2 ตรวจสอบจากทั้งผิวหน้า A และ B

6.5.2.3 เลือกใช้หัวทดสอบแบบมุมอื่น ๆ

6.6 การตรวจสอบรอยเชื่อม

กำหนดให้ตรวจสอบด้วยหัวทดสอบแบบมุมซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อ 4.3 และปรับตั้งเครื่องมือทดสอบตามข้อ 5.4 การปรับตั้งภายหลังและการปรับตั้งเครื่องมือระหว่างการตรวจสอบยอมให้ปรับเพียงระดับความไวของเครื่องมือด้วยปุ่มปรับละเอียด (Calibrated Gain Control) เท่านั้น และควรเพิ่มระดับความไวโดยอ้างอิงตามข้อกำหนดในตารางที่ 3 และตารางที่ 5 ตามความเหมาะสม

6.6.1 มุมส่งคลื่นเสียงและการกวาดส่งคลื่นเสียง กำหนดให้ดำเนินการตามตารางที่ 1

6.6.2 การเชื่อมแบบรอยต่อชนทุกตำแหน่ง ต้องตรวจสอบรอยเชื่อมจากทั้งสองด้านบนผิวรอยเชื่อมของแนวรอยเชื่อมจนครบทุกด้าน รอยต่อมุมและรอยต่อรูปตัวที ให้เริ่มตรวจสอบจากด้านหนึ่งด้านใดของแนวแกนรอยเชื่อมเท่านั้น รอยเชื่อมทั้งหมดที่ตรวจสอบให้ใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นเสียงตามรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวก 3 โดยประยุกต์ใช้งานตามความจำเป็นเพื่อตรวจสอบรอยบกพร่องทั้งตามแนวยาวและตามแนวขวางให้ได้ครบถ้วน ทั้งนี้อย่างน้อยต้องทดสอบแนวรอยเชื่อมทั้งแนว และทดสอบบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนอย่างสองทิศทางตัดกัน (ในกรณีที่ทำได้)

6.6.3 เมื่อปรากฏสัญญาณสะท้อนกลับจากรอยบกพร่องบนจอแสดงภาพ ต้องปรับสัญญาณสะท้อนที่สูงสุดที่เพื่อให้เห็นสัญญาณเทียบกับระดับอ้างอิงตลอดสัญญาณบนจอแสดงภาพ ทั้งนี้ให้ปรับตั้งโดยใช้ปุ่มปรับละเอียดเท่านั้น และอ่านค่าแอมปลิจูดที่ได้จากเครื่องมือในหน่วยเดซิเบลและบันทึกค่าระดับการแสดงผลของรอยบกพร่อง a ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1562 เพื่อใช้ในการคำนวณระดับของความบกพร่อง d

6.6.4 ปัจจัยการลดทอน (Attenuation Factor: c) ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1562 ได้มาจากการหักระยะทางเดินของคลื่นเสียงออก 25 มิลลิเมตร และขยายสัญญาณส่วนที่เหลือเป็น 2 เท่า จากนั้นให้ปัดเศษปัจจัยการลดทอนเป็นจำนวนเต็ม (สำหรับทศนิยมที่น้อยกว่า 0.5 ให้ปัดเป็นจำนวนเต็มที่ต่ำกว่าค่าที่อ่านได้ และทศนิยมที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ให้ปัดเป็นจำนวนเต็มที่สูงกว่าค่าที่อ่านได้)

6.6.5 ระดับของความบกพร่อง d ตามแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1562 ในภาคผนวก 1 เป็นผลต่างระหว่างระดับการแสดงผล ระดับอ้างอิง และปรับแก้ด้วยปัจจัยการลดทอน ดังสมการต่อไปนี้

6.6.5.1 ปรับตั้งเครื่องมือโดยการปรับขยายสัญญาญในหน่วยเดซิเบล

$$a - b - c = d \qquad (1)$$

6.6.5.2 ปรับตั้งเครื่องมือโดยการปรับลดสัญญาณในหน่วยเดซิเบล

$$b - a - c = d \qquad (2)$$

6.7 การประเมินขนาดของความไม่ต่อเนื่อง

ให้ประเมินขนาดของความไม่ต่อเนื่องโดยใช้วิธีการตามภาคผนวกที่ 3

6.8 การประเมินการยอมรับการใช้งานรอยเชื่อม

6.8.1 การประเมินการยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมให้พิจารณาปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ (1) ระดับของความบกพร่อง และ (2) ความยาวของความไม่ต่อเนื่อง โดยพิจารณาตามเกณฑ์การยอมรับการใช้งานตามข้อ 7 (ใช้ตารางที่ 2 สำหรับประเมินการยอมรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ และตารางที่ 4 สำหรับประเมินการยอมรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักรที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ)

6.8.2 ให้บันทึกเฉพาะรอยบกพร่อง หรือ ความไม่ต่อเนื่องที่ไม่ยอมรับการใช้งานในรายงานผลการทดสอบในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1562 ในภาคผนวก 1

6.9 การระบุตำแหน่งรอยเชื่อมที่มีรอยบกพร่อง

ให้ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งของรอยบกพร่อง หรือความไม่ต่อเนื่องที่ไม่ยอมรับการใช้งาน ตลอดแนวรอยบกพร่อง บนรอยเชื่อม และให้ระบุความลึกของรอยบกพร่อง และระดับความบกพร่องบนโลหะงานบริเวณข้างเคียง

ตารางที่ 1 มุมในการตรวจสอบ

ตาราง (ก) มุมในการตรวจสอบ

(ข้อ 6.1.1, 6.2.2, 6.5.3, 6.6.1)

(ก) มุมในการตรวจสอบ[1]			
ลำดับที่[3]	พื้นที่ตามความหนาของรอยเชื่อม [2]		
	ช่วงบน (1/4 ส่วนจากผิวด้านบน)	ช่วงกลาง (บริเวณกึ่งกลาง)	ช่วงล่าง (1/4 ส่วนจากผิวด้านล่าง)
1	70 องศา	70 องศา	70 องศา
2	60 องศา	60 องศา	60 องศา
3	45 องศา	45 องศา	45 องศา
4	60 องศา	70 องศา	70 องศา
5	45 องศา	70 องศา	70 องศา
6	70 องศา (G,A)	70 องศา	60 องศา
7	60 องศา (B)	70 องศา	60 องศา
8	70 องศา (G,A)	60 องศา	60 องศา
9	70 องศา (G,A)	60 องศา	45 องศา
10	60 องศา (B)	60 องศา	60 องศา
11	45 องศา (B)	70 องศา	45 องศา
12	70 องศา (G, A)	45 องศา	70 องศา (G, B)
13	45 องศา (B)	45 องศา	45 องศา
14	70 องศา (G, A)	45 องศา	45 องศา
15	70 องศา (G, A)	70 องศา (G, B)	70 องศา (G, B)

หมายเหตุ: 1) มุมทดสอบที่ใช้ และข้อกำหนดเพิ่มเติมตามข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 ข้อ (6) และ (7)

2) ดูรูปประกอบตารางที่ 1 และความหมายสัญลักษณ์ในข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 ข้อ (7) ประกอบ

3) วิธีการทดสอบตามประเภทของงานเชื่อม และขนาดความหนาของโลหะงาน (ตามคอลัมน์ I ในตารางที่ 1 (ข))

(ดูหน้าถัดไป)

ตารางที่ 1 (ต่อ) มุมในการตรวจสอบ

ตาราง (ข) วิธีการทดสอบ และข้อกำหนดเพิ่มเติม

(ข้อ 6.1.1, 6.2.2, 6.5.3, 6.6.1)

(ข.1) วิธีการทดสอบ และข้อกำหนดเพิ่มเติม (กรณีความหนาโลหะงานอยู่ระหว่าง 8 ถึง 110 มิลลิเมตร) [1), 2)]										
ประเภทของงานเชื่อม[3)]	ขนาดความหนาของโลหะงาน (มิลลิเมตร)									
	8 ถึง 38		>38 ถึง 45		>45 ถึง 60		>60 ถึง 90		>90 ถึง 110	
	*		*		*		*		*	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
รอยต่อชน	1	O	1	F	1G หรือ 4	F	1G หรือ 5	F	6 หรือ 7	F
รอยต่อรูปตัวที	1	O	1	F หรือ XF	4	F หรือ XF	5	F หรือ XF	7	F หรือ XF
รอยต่อมุม	1	O	1	F หรือ XF	1G หรือ 4	F หรือ XF	1G หรือ 5	F หรือ XF	6 หรือ 7	F หรือ XF
การเชื่อมอิเลคโตรแกสและอิเลคโตรสแลก	1	O	1	O	1G หรือ 4	1**	1G หรือ 3	P1 หรือ P3	6 หรือ 7	P3

(ข.2) วิธีการทดสอบ และข้อกำหนดเพิ่มเติม (กรณีความหนาโลหะงานอยู่ระหว่าง 110 ถึง 200 มิลลิเมตร) [1), 2)]								
ประเภทของงานเชื่อม[3)]	ขนาดความหนาของโลหะงาน (มิลลิเมตร)							
	>110 ถึง 130		>130 ถึง 160		> 160 ถึง 180		>180 ถึง 200	
	*		*		*		*	
	I	II	I	II	I	II	I	II
รอยต่อชน	8 หรือ 10	F	9 หรือ 11	F	12 หรือ 13	F	12	F
รอยต่อรูปตัวที	10	F หรือ XF	11	F หรือ XF	13	F หรือ XF	-	-
รอยต่อมุม	8 หรือ 10	F หรือ XF	9 หรือ 11	F หรือ XF	13 หรือ 14	F หรือ XF	-	-
การเชื่อมอิเลคโตรแกสและอิเลคโตรสแลก	11 หรือ 15	P3	11 หรือ 15	P3	11 หรือ 15	P3	11 หรือ 15**	P3

หมายเหตุ: 1) วิธีการทดสอบและข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับประเภทของงานเชื่อม และความหนาของโลหะงานที่พิจารณา

ก. คอลัมน์ I หมายถึง ลำดับที่ของวิธีการทดสอบที่ให้ใช้ตามตารางที่ 1 (ก)

ข. คอลัมน์ II หมายถึง ข้อกำหนดเพิ่มเติมตามข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 ข้อ (6) ถึง (7)

2) พิจารณาข้อกำหนดสำหรับตารางที่ 1 ประกอบการใช้ตาราง

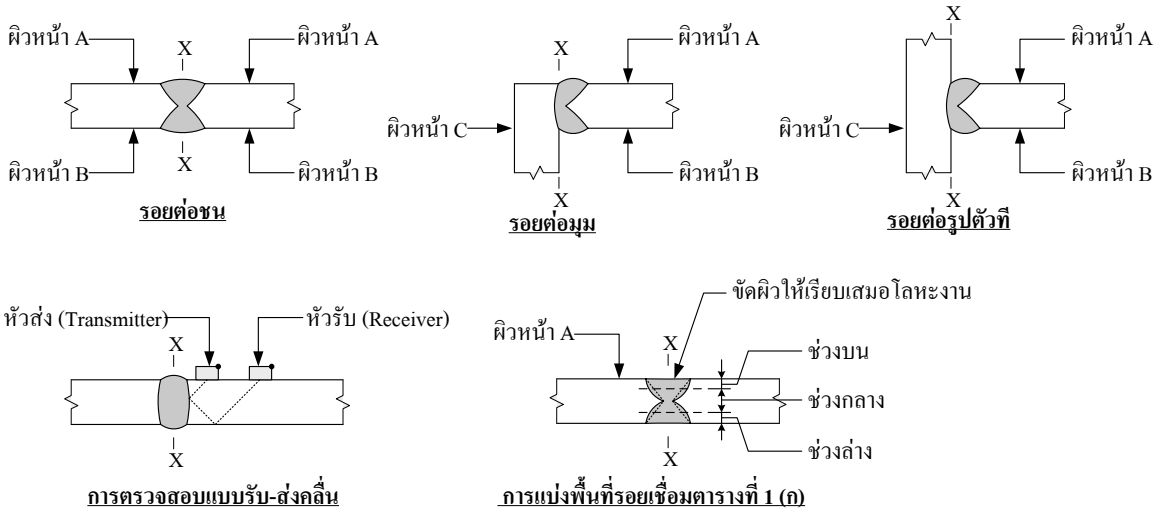
3) ดูรูปประกอบตารางที่ 1 และความหมายสัญลักษณ์ในข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 ข้อ (7) ประกอบ

(ดูหน้าถัดไป)

ตารางที่ 1 (ต่อ) มุมในการตรวจสอบ

รูปประกอบตารางที่ 1 และหมายเหตุประกอบตารางที่ 1

(ข้อ 6.1.1, 6.2.2, 6.5.3, 6.6.1)



รูปประกอบตารางที่ 1

ข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1

(1) ในกรณีที่เป็นไปได้การทดสอบงานทั้งหมดจะต้องทดสอบจากผิวหน้าด้าน A ด้วยเส้นทางคลื่น Leg I เว้นแต่กำหนดไว้ในตารางนี้

(2) ในกรณีที่ใช้แผ่นรองหลังบริเวณฐานเชื่อม (Roots) ของงานเชื่อมรอยต่อชน และไม่กำหนดให้กำจัดออก ให้ทดสอบบนผิวหน้าด้าน A ด้วยเส้นทางคลื่น Leg I โดยผิวหน้าด้าน A ต้องอยู่ตรงกันข้ามกับพื้นผิวด้านแผ่นรองหลัง (อาจจำเป็นต้องขัดผิวหน้ารอยเชื่อม หรือ ต้องการทดสอบจากผิวรอยเชื่อมเพิ่ม เพื่อให้กวาดส่งคลื่นเสียงได้ทั่วทั้งบริเวณฐานเชื่อม)

(3) การทดสอบในช่วงเส้นทางคลื่น Leg II และ Leg III ให้ใช้ในกรณีต่อไปนี้เท่านั้น (ก) เพื่อให้ผลทดสอบครอบคลุมตามข้อกำหนดในตารางนี้ หรือ (ข) กรณีที่ต้องทดสอบในพื้นที่ซึ่งไม่สามารถเข้าไปถึงได้เนื่องจากผิวงานเชื่อมไม่ได้รับการขัดผิวเพื่อกำจัดโลหะเชื่อมส่วนเกินออก หรือ (ค) มีสัญญาณรบกวนจากงานเชื่อมอื่นๆ หรือ (ง) เพื่อให้เป็นไปตามข้อ 6.6.2

(4) ค่ามากที่สุดของเส้นทางคลื่น Leg III ใช้เฉพาะกรณีชิ้นงานที่มีความหนา หรือรูปทรงเรขาคณิต ที่เป็นอุปสรรคต่อการกวาดส่งคลื่นเพื่อตรวจสอบพื้นที่แนวเชื่อม และบริเวณเขตอิทธิพลความร้อนในเส้นทางคลื่น Leg I หรือ เส้นทางคลื่น Leg II

(ดูหน้าถัดไป)

ตารางที่ 1 (ต่อ) มุมในการตรวจสอบ

ข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 (ต่อ)

(ข้อ 6.1.1, 6.2.2, 6.5.3, 6.6.1)

ข้อกำหนดประกอบตารางที่ 1 (ต่อ)

(5) สำหรับงานเชื่อมรับแรงดึงเป็นวัฏจักร (Cyclic loading) ให้ทดสอบดังนี้

(ก) รอยเชื่อมช่วงบน (รอยเชื่อมบริเวณหนึ่งในสี่ของความหนาโลหะงานช่วงใกล้ผิวหน้า A) ต้องทำการทดสอบโดยพิจารณาเส้นทางคลื่นสุดท้าย (Final leg) ซึ่งส่งผ่านมาจากผิวหน้า B ไปสู่ผิวหน้า A เช่น ทดสอบโดยกวาดส่งคลื่น

(ข) รอยเชื่อมช่วงล่าง (รอยเชื่อมบริเวณหนึ่งในสี่ของความหนาโลหะงานช่วงใกล้ผิวหน้า B) ต้องทำการทดสอบโดยพิจารณาเส้นทางคลื่นสุดท้ายซึ่งส่งผ่านมาจากผิวหน้า A ไปสู่ผิวหน้า B

(ค) ตัวอย่างเช่น อาจพิจารณาทดสอบรอยเชื่อมช่วงบนโดยกวาดส่งคลื่นที่ผิวหน้าผิวหน้า A และประเมินรอยเชื่อมด้วยเส้นทางเสียง Leg II หรือทดสอบจากผิวหน้า B และประเมินรอยเชื่อมด้วยเส้นทางเสียง Leg I ทั้งนี้ไปเป็นตามดุลยพินิจของวิศวกร

(6) การทดสอบด้วยวิธีการทดสอบแบบ 1G, 6, 8, 9, 12, 14 หรือ 15 จะต้องขัดผิวหน้าเพื่อกำจัดโลหะเชื่อมส่วนเกินออกก่อนการทดสอบ และผิวหน้าด้าน A ของโลหะงานทั้งสองชิ้นที่เชื่อมต่อกัน ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน

(7) สัญลักษณ์ตามตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

(ก) X หมายถึง การกวาดส่งคลื่นจากผิวหน้า C

(ข) G หมายถึง ต้องขัดผิวหน้างานเชื่อมเพื่อกำจัดโลหะเชื่อมส่วนเกินออกจนเรียบเสมอกัน

(ค) O หมายถึง ไม่ต้องการ

(ง) ผิวหน้า A หมายถึง พื้นผิวหน้าของวัสดุที่เริ่มกวาดส่งคลื่น (สำหรับรอยต่อรูปตัวทีและรอยต่อมุม ให้เป็นไปตามรูปประกอบตารางนี้)

(จ) ผิวหน้า B หมายถึง พื้นผิวหน้าด้านตรงข้ามกับพื้นผิวหน้า A (ในโลหะงานเดียวกัน)

(ฉ) ผิวหน้า C หมายถึง พื้นผิวหน้าด้านตรงข้ามกับรอยเชื่อมสำหรับงานเชื่อมรอยต่อรูปตัวที หรือรอยต่อมุม

(ช) เครื่องหมาย * ในคอลัมน์ II ของตารางที่ 1 (ข) หมายถึง ความต้องการการทดสอบเพิ่มเติมในกรณีตรวจพบรอยบกพร่องบริเวณรอยต่อระหว่างโลหะเชื่อมกับโลหะงานเมื่อทดสอบด้วยวิธีการในคอลัมน์ I

(ช) เครื่องหมาย ** ในตารางที่ 1 (ข) หมายถึง กำหนดให้ปรับตั้งจอแสดงผลโดยให้มีสเกลรวม 400 มิลลิเมตร หรือ 500 มิลลิเมตร

(ฌ) P หมายถึง การทดสอบแบบหัวทดสอบคู่ (Tandem) ใช้สำหรับประเมินรอยบกพร่องที่อยู่บริเวณช่วงกึ่งกลางของความหนาของวัสดุ โดยใช้หัวทดสอบมุม 45 องศา หรือ 70 องศา และทดสอบทั้งสองด้านของงานเชื่อมด้วยหัวทดสอบเดียวกัน (โดยจับยึดให้หัวทดสอบทั้งสองให้อยู่ในตำแหน่งดังรูปประกอบตาราง) การปรับตั้งค่าแอมพลิจูดสำหรับหัวทดสอบแบบคู่ให้ทำเช่นเดียวกับการปรับตั้งหัวทดสอบเดี่ยว และต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่าการปรับตั้งไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปลี่ยนโหมดการทำงานของเครื่องมือเป็นแบบหัวทดสอบคู่

(ญ) F หมายถึง ให้ประเมินรอยบกพร่องบริเวณรอยต่อระหว่างโลหะเชื่อม และโลหะงานด้วยหัวทดสอบแบบมุม 70 องศา 60 องศา หรือ 45 องศา โดยเลือกหัวทดสอบซึ่งทางเดินของคลื่นเสียงอยู่ทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวหลอมละลายที่อาจมีรอยบกพร่องมากที่สุด

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006, Table 6.7

7. เกณฑ์การยอมรับการใช้งานสำหรับการทดสอบรอยเชื่อมด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

7.1 เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ (Statically Loaded Nontubular Connections)

7.1.1 สำหรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่ออื่นนอกจากข้อ 7.1.2 ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 โดยปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3

7.1.2 สำหรับรอยเชื่อมต่อระหว่างปีกและเอว

7.1.2.1 กรณีทดสอบโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ A B C หรือ D (ตามรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวก 3) ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยใช้เกณฑ์สำหรับความหนาของรอยเชื่อมซึ่งเท่ากับผลรวมระหว่างความหนาของเอวกับ 25 มิลลิเมตร

7.1.2.2 กรณีทดสอบโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ E (ตามรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวก 3) ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามตารางที่ 2 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3 โดยใช้เกณฑ์สำหรับความหนารอยเชื่อมเท่ากับความหนาของเอว

7.1.2.3 ในกรณีที่รอยเชื่อมต้องรับหน่วยแรงดึงตั้งฉากกับรอยเชื่อม ต้องกำหนดไว้ในแบบรายละเอียด และประเมินการยอมรับตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3

7.1.3 กรณีตรวจพบรอยบ่งชี้คงค้างอยู่ในจอแสดงผลขณะที่กวาดส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องทั้งกรณีกวาดส่งคลื่นเข้าหา หรือ ออกจาก แนวรอยบกพร่อง (ตามรูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ B ดังรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวกที่ 3) อาจบ่งชี้ว่ามีความไม่ต่อเนื่องลักษณะเป็นแผ่นตามแนวระยะลึกของรอยเชื่อม

7.1.4 ในกรณีพื้นผิวของรอยบกพร่องซึ่งสะท้อนคลื่นสัญญาณมีระนาบทำมุมกับแนวตั้งฉากกับเส้นทางคลื่นอยู่ในช่วง 20 (สำหรับมุมทดสอบ 70 องศา) ถึง 45 องศา (สำหรับมุมทดสอบ 45 องศา) อาจทำให้การประเมินระดับของความบกพร่องจากค่าแอมพลิจูดของโดยตรงไม่แม่นยำได้ ลักษณะเช่นนี้อาจจำเป็นต้องมีการทดสอบรอยบกพร่องด้วยวิธีการอื่นที่เหมาะสม (เช่น การทดสอบด้วยรังสี ตามมาตรฐาน มยผ. 1565-51 หรือ เซาะร่องเพื่อตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ เป็นต้น)

7.2 เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักรที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ (Cyclically Loaded Nontubular Connections)

7.2.1 ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักรที่ไม่ใช่รอยต่อท่อตามเกณฑ์ดังนี้

7.2.1.1 สำหรับรอยเชื่อมรับแรงดึงให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามเกณฑ์ในตารางที่ 4 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 5

7.2.1.2 สำหรับรอยเชื่อมรับแรงอัดให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3

7.2.2 การตรวจสอบรอยบ่งชี้แบบแผ่น (Planar Discontinuities)

7.2.2.1 การทดสอบด้วยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ใช้หลักการตรวจวัดสัญญาณสะท้อนจากรอยบกพร่อง ซึ่งแปรผันตาม ความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม กรณีตรวจพบรอยบ่งชี้ยังคงค้างอยู่ในจอแสดงผลขณะที่กวาดส่งคลื่นอย่างต่อเนื่องทั้งกรณีกวาดส่งคลื่นเข้าหา หรือ ออกจาก แนวรอยบกพร่อง (ตามรูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ B ดังรูปที่ 5 ในภาคผนวกที่ 3) อาจบ่งชี้ว่ามีความไม่ต่อเนื่องลักษณะเป็นแผ่นตามแนวระยะลึกของรอยเชื่อม

7.2.2.2 ในกรณีระนาบของแนวความไม่ต่อเนื่องลักษณะเป็นแผ่นเบนจากแนวตั้งฉากกับเส้นทางคลื่นที่ทดสอบ จะทำให้ไม่สามารถประเมินค่าระดับของความบกพร่องจากค่าอ่านแอมพลิจูด (เดซิเบล) โดยตรงได้อย่างแม่นยำ อาจต้องมีการทดสอบรอยบกพร่องด้วยวิธีการอื่นที่เหมาะสม (เช่น การทดสอบด้วยรังสีตามมาตรฐาน มยผ. 1565-51 หรือเซาะร่องเพื่อตรวจสอบด้วยวิธีตรวจพินิจ เป็นต้น)

7.2.3 การกวาดส่งคลื่นสำหรับทดสอบรอยเชื่อมต่อเอวและปีก

7.2.3.1 กรณีทดสอบโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ A B C หรือ D (ตามรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวก 3) ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามตารางที่ 2 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3 โดยใช้เกณฑ์สำหรับความหนาของรอยเชื่อมซึ่งเท่ากับผลรวมระหว่างความหนาของเอวกับ 25 มิลลิเมตร

7.2.3.2 กรณีทดสอบโดยใช้รูปแบบการกวาดส่งคลื่นแบบ E (ตามรูปที่ ผ3.1 ในภาคผนวก 3) ให้ประเมินการยอมรับรอยเชื่อมตามตารางที่ 2 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 3 โดยใช้เกณฑ์สำหรับความหนารอยเชื่อมเท่ากับความหนาของเอว

7.2.3.3 ในกรณีที่รอยเชื่อมต้องรับหน่วยแรงดึงตั้งฉากกับแนวเชื่อมให้ประเมินการยอมรับตามเกณฑ์ในตารางที่ 4 และปรับตั้งระดับการกวาดส่งคลื่นเสียงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 2 เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ
สำหรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 2, 6.6, 6.8.1, 7.1.1, 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.2.1.2, 7.2.3.1, 7.2.3.1, 7.2.3.2)

ระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่อง[6]	ความหนาของการเชื่อม T[7](มิลลิเมตร) และมุมของหัวทดสอบ (องศา)										
	8≤T≤ 20	20<T≤ 38	38<T≤ 65			65<T≤ 100			100<T≤ 200		
	70^0	70^0	70^0	60^0	45^0	70^0	60^0	45^0	70^0	60^0	45^0
ระดับ A	≤+5	≤+2	≤-2	≤+1	≤+3	≤-5	≤-2	≤0	≤-7	≤-4	≤-1
ระดับ B	+6	+3	-1 ถึง 0	+2 ถึง +3	+4 ถึง +5	-4 ถึง -3	-1 ถึง 0	+1 ถึง +2	-6 ถึง -5	-3 ถึง -2	0 ถึง +1
ระดับ C	+7	+4	+1 ถึง +2	+4 ถึง +5	+6 ถึง +7	+2 ถึง +2	+1 ถึง +2	+3 ถึง +4	-4 ถึง +2	-1 ถึง +2	+2 ถึง +3
ระดับ D	≥ +8	≥ +5	≥+3	≥+6	≥+8	≥+3	≥+3	≥+5	≥+3	≥+3	≥+4

หมายเหตุ จากตารางที่ 2

1) การพิจารณาระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องระดับ B และ C

ก. กรณีความไม่ต่อเนื่อง 2 ตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันและห่างกันมากกว่า 2L โดยที่ L คือความยาวของความไม่ต่อเนื่องที่ยาวกว่า ให้ถือว่าเป็นความไม่ต่อเนื่อง 2 ตำแหน่ง และแยกพิจารณาประเมินระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่อง

ข. กรณีความไม่ต่อเนื่องตั้งแต่สองตำแหน่งขึ้นไปซึ่งมีผลรวมระหว่างความยาวของความไม่ต่อเนื่องและระยะห่างระหว่างความไม่ต่อเนื่องไม่เกินความยาวที่ยอมให้ตามข้อกำหนดของระดับชั้น B หรือ C ให้ถือว่าเป็นความไม่ต่อเนื่อง 1 ตำแหน่งที่ยอมรับได้

2) สำหรับรอยเชื่อมบริเวณช่วงปลายเป็นระยะอย่างน้อย 2L ซึ่งต้องรับหน่วยแรงดึง ไม่อนุญาตให้มีความไม่ต่อเนื่องในระดับชั้น B และ C (โดยที่ L คือระยะความยาวของความไม่ต่อเนื่อง)

3) กรณีงานเชื่อมอิเลคโตรแกส หรือ งานเชื่อมอิเลคโตรสแลก: ความไม่ต่อเนื่องซึ่งตรวจพบภายใต้ระดับการกวาดส่งคลื่นตามตารางที่ 3 ที่มีความยาวเกิน 50 มิลลิเมตร สันนิษฐานได้ว่าเป็นโพรงอากาศคล้ายท่อ และต้องได้รับการตรวจสอบอีกครั้งด้วยรังสีตามมาตรฐาน มยผ. 1565-51

4) กรณีทดสอบพบรอยบ่งชี้คงค้างที่จอแสดงภาพในขณะกวาดส่งคลื่นให้พิจารณาตามหัวข้อ 7.1

(ดูหน้าถัดไป)

ตารางที่ 2 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ
สำหรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 2, 6.6, 6.8.1, 7.1.1, 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.2.1.2, 7.2.3.1, 7.2.3.2)

หมายเหตุ (ต่อ) จากตารางที่ 2

5) ระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

ก. ระดับ A หรือ (ความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่: Large Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้ โดยไม่คำนึงถึงความยาวของความไม่ต่อเนื่อง

ข. ระดับ B (ความไม่ต่อเนื่องขนาดกลาง: Medium Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้กรณีพบความไม่ต่อเนื่องในระดับนี้ซึ่งมีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตร

ค. ระดับ C (ความไม่ต่อเนื่องขนาดเล็ก: Small Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้กรณีพบความไม่ต่อเนื่องในระดับนี้ซึ่งมีความยาวมากกว่า 50 มิลลิเมตร

ง. ระดับ D (ความไม่ต่อเนื่องเล็กน้อย: Minor Discontinuities) กำหนดให้ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดความยาวและตำแหน่งในงานเชื่อม

6) ขนาดรอยเชื่อม สำหรับรอยต่อชน ให้ใช้ค่าเท่ากับความหนาของโลหะงานที่บางกว่า

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006, Table 6.2

ตารางที่ 3 ระดับการกวาดส่งคลื่นเสียง
สำหรับรอยเชื่อมรับภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 7.1.1, 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.2.1.2, 7.2.3.1, 7.2.3.2, ตารางที่ 2)

ระดับการกวาดส่งคลื่นเสียง	
ระยะทางเดินของคลื่นเสียง, SP[1)] (มิลลิเมตร)	**ค่าระดับการกวาดส่งคลื่นเหนือระดับอ้างอิงศูนย์ (เดซิเบล)**
SP ≤65	14
65 < SP ≤ 125	19
125 < SP ≤ 250	29
250 < SP ≤ 380	39

หมายเหตุ:

1) ระยะทางเดินของคลื่นเสียง (SP) เป็นไปตามนิยามในข้อ 2 (ไม่ใช่ความหนาของโลหะงาน)

2) สำหรับรอยเชื่อมรับแรงดึงชนิดหลอมลึกสมบูรณ์แบบรอยต่อชนบากร่องคู่ หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องบริเวณฐานเชื่อม โดยใช้ระดับการกวาดส่งคลื่นตามตารางที่ 3 ต้องทดสอบเพิ่มโดยตั้งระดับความไวให้มากกว่าค่าระดับของความบกพร่องซึ่งคำนวณตามข้อ 6.6.5 อย่างน้อย 4 เดซิเบล (หรือคำนวณโดยการหักลบระดับของความบกพร่อง d ด้วยค่า 4 เดซิเบล)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006, Table 6.2

ตารางที่ 4 เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ
สำหรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักร (Cyclic loading) ที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 2, 6.6, 6.8.1, 7.2.1.1, 7.2.3.3)

ระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่อง[5]	ความหนาของการเชื่อม T[6](มิลลิเมตร) และมุมของหัวทดสอบ (องศา)										
	8≤T≤ 20	20<T≤ 38	38<T≤ 65			65<T≤ 100			100<T≤ 200		
	70^0	70^0	70^0	60^0	45^0	70^0	60^0	45^0	70^0	60^0	45^0
ระดับ A	≤+10	≤+8	≤+4	≤+7	≤+9	≤+1	≤+4	≤+6	≤-2	≤+1	≤+3
ระดับ B	+11	+9	+5 ถึง +6	+8 ถึง +9	+10 ถึง +11	+2 ถึง +3	+5 ถึง +6	+7 ถึง +8	-1 ถึง 0	+2 ถึง +3	+4 ถึง +5
ระดับ C	+12	+10	+7 ถึง +8	+10 ถึง +11	+12 ถึง +13	+4 ถึง +5	+7 ถึง +8	+9 ถึง +10	+1 ถึง +2	+4 ถึง +5	+6 ถึง +7
ระดับ D	≥ +13	≥ +11	≥+9	≥+12	≥+14	≥+6	≥+9	≥+11	≥+3	≥+6	≥+8

หมายเหตุ จากตารางที่ 4

1) การพิจารณาระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องระดับ B และ C

ก. กรณีความไม่ต่อเนื่อง 2 ตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันและห่างกันมากกว่า 2L โดยที่ L คือความยาวของความไม่ต่อเนื่องที่ยาวกว่า ให้ถือว่าเป็นความไม่ต่อเนื่อง 2 ตำแหน่ง และแยกพิจารณาประเมินระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่อง

ข. กรณีความไม่ต่อเนื่องตั้งแต่สองตำแหน่งขึ้นไปซึ่งมีผลรวมระหว่างความยาวของความไม่ต่อเนื่องและระยะห่างระหว่างความไม่ต่อเนื่องไม่เกินความยาวที่ยอมให้ตามข้อกำหนดของระดับชั้น B หรือ C ให้ถือว่าเป็นความไม่ต่อเนื่อง 1 ตำแหน่งที่ยอมรับได้

2) สำหรับรอยเชื่อมบริเวณช่วงปลายเป็นระยะอย่างน้อย 2L ซึ่งต้องรับหน่วยแรงดึง ไม่อนุญาตให้มีความไม่ต่อเนื่องในระดับชั้น B และ C (โดยที่ L คือระยะความยาวของความไม่ต่อเนื่อง)

3) กรณีทดสอบพบรอยบ่งชี้คงค้างที่จอแสดงภาพในขณะกวาดส่งคลื่นให้พิจารณาตามหัวข้อ 7.2.2

(ดูหน้าถัดไป)

ตารางที่ 4 (ต่อ) เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ สำหรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักร (Cyclic Loading) ที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 2, 6.6, 6.8.1, 7.2.1.1, 7.2.3.3)

หมายเหตุ (ต่อ) จากตารางที่ 4

4) ระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

ก. ระดับ A หรือ ความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่: Large Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้ โดยไม่คำนึงถึงความยาวของความไม่ต่อเนื่อง

ข. ระดับ B (ความไม่ต่อเนื่องขนาดกลาง: Medium Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้กรณีพบความไม่ต่อเนื่องในระดับนี้ซึ่งมีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตร

ค. ระดับ C (ความไม่ต่อเนื่องขนาดเล็ก: Small Discontinuities) กำหนดให้ไม่ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้กรณีดังนี้ (1) พบความไม่ต่อเนื่องในระดับนี้ซึ่งมีความยาวมากกว่า 50 มิลลิเมตร บริเวณรอยเชื่อมช่วงกลางของความลึก หรือ (2) พบความไม่ต่อเนื่องในระดับนี้ซึ่งมีความยาวมากกว่า 20 มิลลิเมตรบริเวณรอยเชื่อมช่วงบนหรือรอยเชื่อมช่วงล่างของความลึก

ง. ระดับ D (ความไม่ต่อเนื่องเล็กน้อย: Minor Discontinuities) กำหนดให้ยอมรับการใช้งานรอยเชื่อมนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดความยาวและตำแหน่งในงานเชื่อม

5) ขนาดรอยเชื่อม สำหรับรอยต่อชน ให้ใช้ค่าเท่ากับความหนาของโลหะงานที่บางกว่า

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006, Table 6.3

ตารางที่ 5 ระดับการกวาดส่งคลื่นเสียง สำหรับรอยเชื่อมรับภาระวัฏจักร (Cyclic Loading) ที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ

(ข้อ 7.2.1.1, 7.2.3.3, ตารางที่ 4)

ระดับการกวาดส่งคลื่นเสียง	
ระยะทางเดินของคลื่นเสียง, SP[1)] (มิลลิเมตร)	**ค่าระดับการกวาดส่งคลื่นเหนือระดับอ้างอิงศูนย์ (เดซิเบล)**
SP ≤65	20
65 < SP ≤ 125	25
125 < SP ≤ 250	35
250 < SP ≤ 380	45

หมายเหตุ: 1) ระยะทางเดินของคลื่นเสียง (SP) เป็นไปตามนิยามในข้อ 2 (ไม่ใช่ความหนาของโลหะงาน)

2) สำหรับรอยเชื่อมรับแรงดึงชนิดหลอมลึกสมบูรณ์แบบรอยต่อชนบากร่องคู่ หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องบริเวณฐานเชื่อม โดยใช้ระดับการกวาดส่งคลื่นตามตารางที่ 5 ต้องทดสอบเพิ่มโดยตั้งระดับความไวให้มากกว่าค่าระดับของความบกพร่องซึ่งคำนวณตามข้อ 6.6.5 อย่างน้อย 4 เดซิเบล (หรือคำนวณโดยการหักลบระดับของความบกพร่อง d ด้วยค่า 4 เดซิเบล)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006, Table 6.3

8. การทดสอบหลังการซ่อม

รอยเชื่อมที่ผ่านการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งได้รับการตัดสินผลว่าไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องได้รับการซ่อมแซมแก้ไข พร้อมทั้งต้องได้รับการตรวจสอบใหม่ด้วยวิธีการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงตามมาตรฐานนี้ โดยบันทึกผลการตรวจสอบลงในแบบฟอร์มเดิม (ถ้าเป็นไปได้) หรือในแบบฟอร์มบันทึกผลเพิ่มเติม

9. การรายงานผลการทดสอบ

9.1 ผู้ตรวจสอบต้องบันทึกผลและทำรายงานผลการตรวจสอบ ดังตัวอย่างรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง บฟ. มยผ. 1562 แสดงดังภาคผนวก 1

9.2 ผู้ตรวจสอบทำเครื่องหมายลงด้วยปากกาสีที่ไม่ละลายน้ำ และทนความร้อนจากการซ่อมได้นานพอสมควรบนผิวงาน ในตำแหน่งตรวจพบรอยบกพร่อง ระบุความลึกและตำแหน่งของรอยบกพร่องเพื่อที่จะได้เห็นชัดเจน และทำการซ่อมได้สะดวก

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 ขันติพล วัชรานาถและคณะ, " การตรวจสอบงานเชื่อม", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร, 2535

10.2 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineer ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Section V, An International Code, Non Destructive Examination, July 1, 2004 Edition,

10.3 มาตรฐาน American Welding Society AWS D1.1/D1.1M-2006: Structural Welding Code – Steel, An American National Standard.

10.4 มาตรฐาน British Standard BS EN 1712-1997: Non Destructive Examination of Fusion welds-UT Examination of Weld Joints – Acceptance Levels.

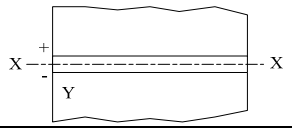
10.5 มาตรฐาน British Standard BS EN 1713-1998: Non Destructive Examination of Fusion Welds-UT Examination–Characterization of Indication in Welds.

10.6 มาตรฐาน British Standard BS EN 1714-1998: Non Destructive Examination of Fusion Welds-UT Examination of Welded Joint.

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1562 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง

(หน่วยงานที่ตรวจสอบ)	**รายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง**	บฟ.มยผ.1562
	รายงานเลขที่.....	หน้า..... / .....
	วันที่ตรวจสอบ ……..……..	

ชื่อโครงการ :	ทะเบียนตรวจสอบ :
สถานที่ก่อสร้าง :	ผู้รับจ้าง :
ตำแหน่งของรอยเชื่อม :	ความหนาของโลหะงาน :
ชนิดของรอยเชื่อม:	วิธีการเชื่อม :
สภาวะการตรวจสอบ: ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน	
สภาพผิวที่ตรวจสอบ: ☐ รอยเชื่อม ☐ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ☐ อื่นๆ.....	
รายละเอียดการทดสอบ: เครื่องมือ: ……..	หัวทดสอบ: .....
สารส่งนำคลื่น :	ความถี่: ..... เฮิรตซ์
หมายเหตุ:	

หมายเลข	หมายเลขแสดงผล	มุมตรวจสอบ	ผิวหน้าตรวจสอบ	เส้นทางคลื่น (Leg)	เดซิเบล				ความไม่ต่อเนื่อง					ผลการประเมินความไม่ต่อเนื่อง	หมายเหตุ
					ระดับแสดงผล	ระดับอ้างอิง	ปัจจัยการลดทอน	ระดับของความบกพร่อง	ความยาว	ระยะทางเดินคลื่นเสียง	ความลึกจากผิวหน้า A	ระยะทางจากแกน (มม)			
					a	b	c	d				X	Y		
1															
2															
3															
4															
5															
6															

ขอรับรองว่าข้อมูลบันทึกทั้งหมดถูกต้องและการตรวจสอบได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดตาม มยผ. 1562-51

	ผู้ปฏิบัติงาน	**ผู้ตรวจสอบ**	**ผู้อนุมัติ**
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็น)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ภาคผนวก 2 การปรับตั้งเครื่องอัลตราโซนิกด้วยแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

1. ขอบข่าย

มาตรฐานนี้ใช้ปรับตั้งเครื่องอัลตราโซนิกด้วยแท่งปรับเทียบมาตรฐาน ดังรูปที่ ผ2.1 เพื่อสอบเทียบการอ่านค่าระยะทาง การปรับตั้งแอมพลิจูด และการปรับตั้งความละเอียด

2. การปรับตั้งเครื่องกรณีรูปแบบคลื่นตามยาว (Longitudinal Mode)

2.1 การสอบเทียบการอ่านค่าระยะทาง

2.1.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง G บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

2.1.2 ปรับตั้งเครื่องมือทดสอบ เพื่อให้ปรากฏสัญญาณบนจอแสดงภาพที่ระยะทาง 25 มิลลิเมตร 50 มิลลิเมตร 75 มิลลิเมตร และ 100 มิลลิเมตร ตามลำดับ

2.2 การปรับตั้งแอมพลิจูด

2.2.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง G บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน ดังรูปที่ ผ2.2

2.2.2 ปรับตั้งเครื่องด้วยปุ่มปรับละเอียด จนกระทั่งปรากฏสัญญาณสูงสุดจากคลื่นเสียงสะท้อนผิวหลังคลื่นแรกมีขนาดอยู่ในช่วงร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 75 ของความสูงของจอแสดงภาพ

2.3 การปรับตั้งการแยกแยะสัญญาณ

2.3.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง F บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

2.3.2 หัวทดสอบและเครื่องมือทดสอบต้องสามารถจำแนกสัญญาณได้ทั้งสามตำแหน่ง

3. การปรับตั้งเครื่องกรณีรูปแบบคลื่นตามขวาง (Shear Wave Mode or Transverse Mode)

3.1 การสอบเทียบจุดส่งคลื่นของหัวทดสอบ (Index Point) ให้ตรวจสอบตำแหน่งหรือสภาพของจุดส่งคลื่นของหัวทดสอบ ตามวิธีการดังนี้

3.1.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง D บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

3.1.2 เลื่อนหัวทดสอบจนปรากฏสัญญาณคลื่นเสียงสะท้อนกลับสูงสุดตามแนวรัศมี ตำแหน่งจุดส่งคลื่นบนหัวทดสอบ คือ จุดที่ตรงกับเส้นขีดแสดงจุดศูนย์กลางบนชิ้นงานมาตรฐาน

3.2 การสอบเทียบมุมส่งคลื่นเสียง ให้ทำตามวิธีการดังนี้

3.2.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง B บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน สำหรับมุมส่งคลื่นเสียงระหว่าง 40 องศา ถึง 60 องศา

3.2.2 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง C บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน สำหรับมุมส่งคลื่นเสียงระหว่าง 60 องศา ถึง 70 องศา

3.2.3 เลื่อนหัวทดสอบไปและกลับบนแท่งปรับเทียบมาตรฐานดังรูปที่ ผ2.2 เพื่อให้ปรากฏสัญญาณสะท้อนกลับจากรัศมีความโค้งสูงสุด และเปรียบเทียบตำแหน่งของจุดส่งคลื่นบนหัวทดสอบกับเส้นแสดงมุมบนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน (ยอมให้มีมุมคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$2 องศา)

3.3 การสอบเทียบการอ่านค่าระยะทาง

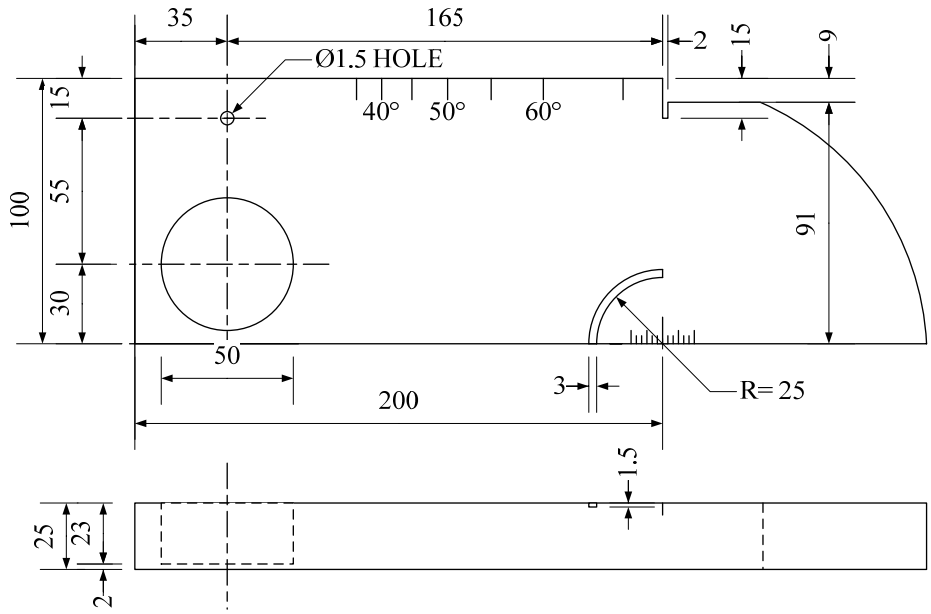
3.3.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง D บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน สำหรับแต่ละมุมของหัวทดสอบ

3.3.2 ตั้งปรับเครื่องมือให้ปรากฏสัญญาณสะท้อนบนจอแสดงภาพจากระยะ 100 มิลลิเมตร และ 200 มิลลิเมตร หรือ 225 มิลลิเมตร (โดยอ่านค่าระยะทาง 100 มิลลิเมตรและ 230 มิลลิเมตรจากแท่งปรับเทียบมาตรฐานแบบที่ 1 หรือ อ่านค่าระยะทาง 100 มิลลิเมตรและ 200 มิลลิเมตรจากแท่งปรับเทียบมาตรฐานแบบที่ 2 ดังรูปที่ ผ2.1)

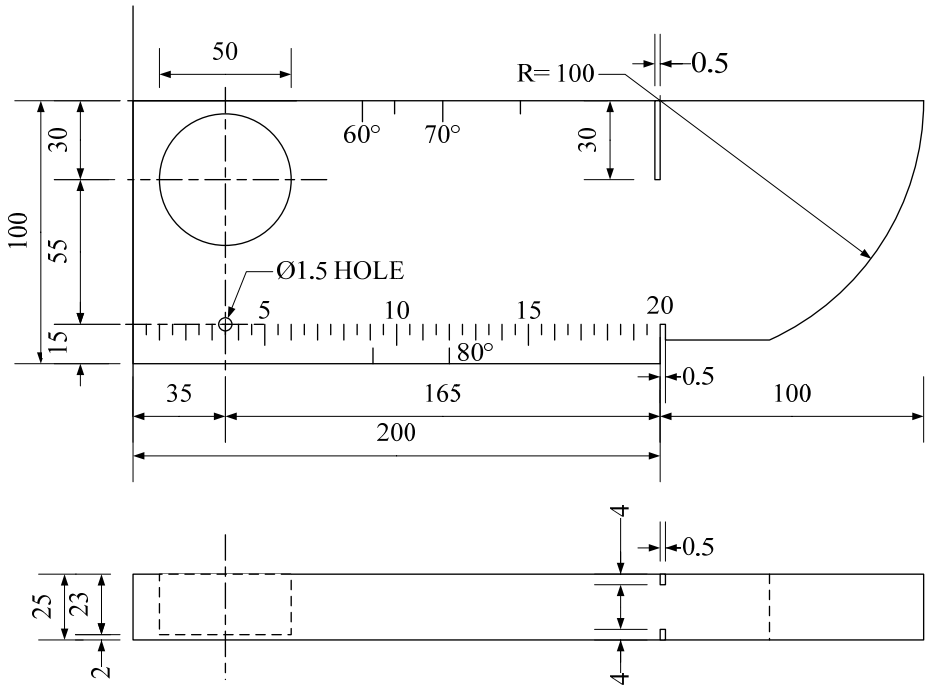
3.4 การปรับตั้งแอมพลิจูดหรือการสอบเทียบความไว

3.4.1 วางหัวทดสอบที่ตำแหน่ง A บนแท่งปรับเทียบมาตรฐาน สำหรับแต่ละมุมทดสอบของหัวทดสอบ

3.4.2 ปรับตั้งเครื่องจนปรากฏสัญญาณสะท้อนกลับสูงสุดจากรูกลมเป้าหมายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.59 มิลลิเมตรบนแท่งปรับเทียบมาตรฐานเพื่อสร้างสัญญาณที่ใช้กำหนดค่าระดับอ้างอิงแนวราบ และบันทึกค่าแอมพลิจูดที่สูงสุดของสัญญาณเป็นค่าระดับอ้างอิง (Reference Level, b) ในแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1562



ก. แบบที่ 1



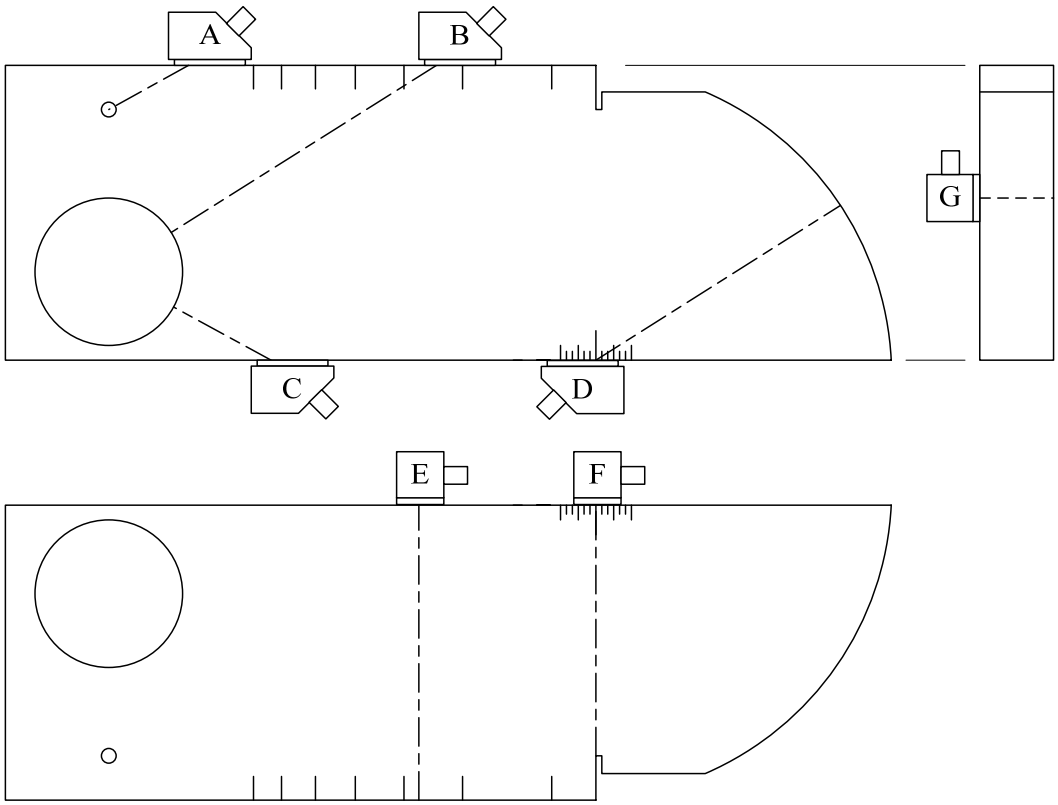
ข. แบบที่ 2

รูปที่ ผ2.1 แท่งปรับเทียบมาตรฐานของสถาบันงานเชื่อมนานาชาติ

(International Institute of Welding: IIW)

(ข้อ 5.4.1, ภาคผนวก 2)

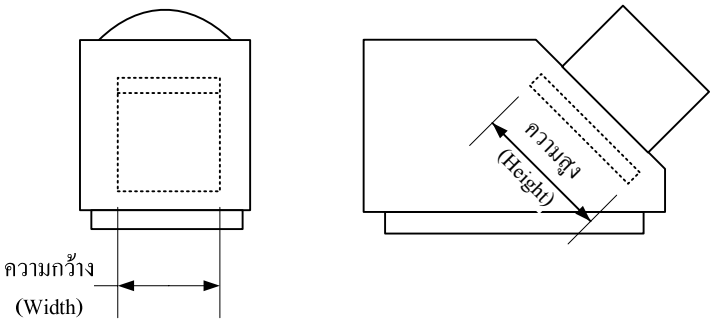
ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Figure 6.22



รูปที่ ผ2.2 แท่งปรับเทียบมาตรฐาน และตำแหน่งวางหัวทดสอบ

(ข้อ 5.4.1, ภาคผนวก 2)

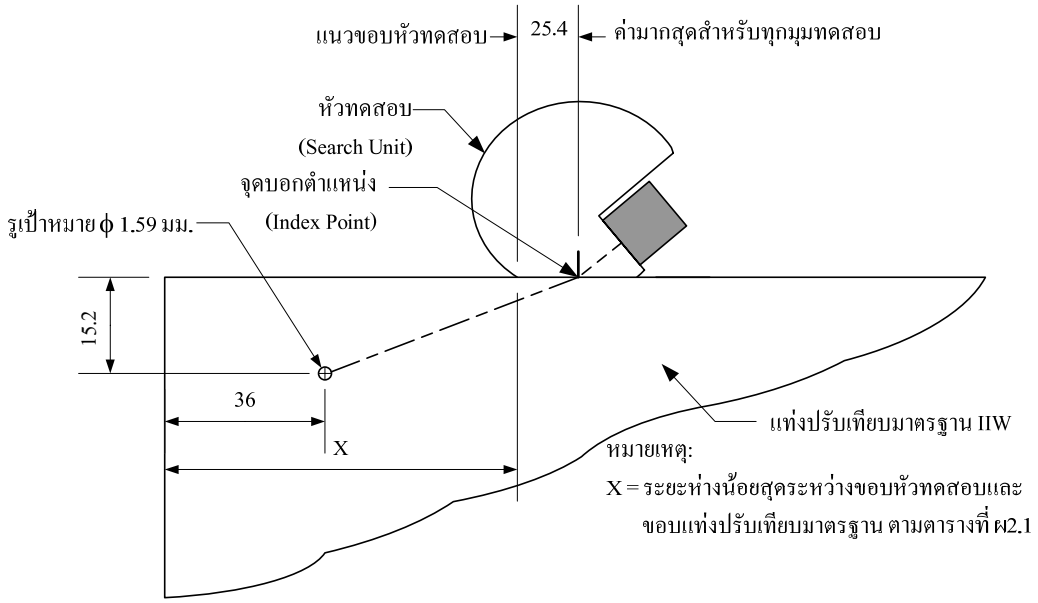
ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Figure 6.24



รูปที่ ผ2.3 ผลึกของหัวทดสอบ

(ข้อ 4.3.2)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Figure 6.20



รูปที่ ผ2.4 วิธีการสอบเทียบคุณสมบัติของหัวทดสอบด้วยแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

(ข้อ 4.3.5)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Figure 6.21

ตารางที่ ผ2.1 ระยะห่างน้อยสุดระหว่างขอบหัวทดสอบและขอบแท่งปรับเทียบมาตรฐาน

(ภาคผนวก 2 รูปที่ ผ2.4)

มุมทดสอบ (องศา)	ระยะห่างน้อยสุดระหว่างขอบหัวทดสอบและขอบแท่งปรับเทียบมาตรฐาน: X (มิลลิเมตร)
45	50
60	37
70	25

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Chapter 6.29.2.6

ภาคผนวก 3 วิธีการประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่อง

1. การทดสอบโดยใช้หัวทดสอบแบบตรง

1.1 โดยปกติความไม่ต่อเนื่องแบบแยกชั้น (Lamellar Discontinuity) จะประเมินขนาดได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของหัวทดสอบ สำหรับความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของหัวทดสอบ จะเกิดการสูญเสียสัญญาณคลื่นเสียงสะท้อนกลับจากผิวด้านหลังโลหะงานได้ และประเมินแนวขอบของความไม่ต่อเนื่องได้จากตำแหน่งของสัญญาณที่สูญเสียค่าแอมพลิจูดลง 6 เดซิเบลโดยอ้างอิงจากจากเส้นศูนย์กลางของหัวทดสอบ

1.2 การประเมินขนาดโดยประมาณของสัญญาณคลื่นเสียงสะท้อนกลับของความไม่ต่อเนื่องซึ่งมีขนาดเล็กกว่าหัวทดสอบต้องใช้เครื่องทดสอบซึ่งปรับตั้งตามข้อ 5.3.1 เริ่มต้นวางหัวทดสอบที่บริเวณด้านนอกของความไม่ต่อเนื่อง และเคลื่อนที่หัวทดสอบต่อไปยังพื้นที่ของความไม่ต่อเนื่องจนกระทั่งแสดงผลขึ้นบนจอภาพ ประเมินแนวขอบของความไม่ต่อเนื่องได้จากแนวขอบด้านหน้าของหัวทดสอบ

2. การทดสอบโดยใช้หัวทดสอบแบบมุม

2.1 การทดสอบวิธีนี้สามารถใช้ประเมินขนาดของความไม่ต่อเนื่องได้เฉพาะในกรณีที่ความไม่ต่อเนื่องมีระดับความรุนแรงเกินกว่าระดับขั้น D (ตารางที่ 2 และตาราง 4 ในข้อ 7)

2.2 ประเมินความยาวของความไม่ต่อเนื่องจากระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของหัวทดสอบซึ่งสัญญาณมีค่าแอมพลิจูดลดลง 6 เดซิเบลจากแอมพลิจูดที่ระบุตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 และตารางที่ 4 ของระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องที่ทดสอบพบ ค่าความยาวที่ได้จะบันทึกเป็นความยาวของความไม่ต่อเนื่องลงบนแบบฟอร์มผลการทดสอบตามแบบฟอร์ม บฟ.มยผ.1562

2.3 ให้ทดสอบซ้ำเพื่อหาความยาวของความไม่ต่อเนื่องที่มีระดับความรุนแรงของความไม่ต่อเนื่องขั้น A B และ C

3. รูปแบบการกวาดส่งคลื่น (Scanning)

รูปแบบการกวาดส่งคลื่น (ดังรูปที่ ผ3.1) ที่ใช้ในการตรวจสอบรอยเชื่อม เพื่อตรวจหาความไม่ต่อเนื่องลักษณะต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความไม่ต่อเนื่องตามแนวยาว (Longitudinal Discontinuities)

3.1.1 การเคลื่อนที่กวาดส่งคลื่นรูปแบบ A มุมของการหมุนเพื่อการกวาดส่งคลื่น a เท่ากับ 10 องศา

3.1.2 การเคลื่อนที่กวาดส่งคลื่นรูปแบบ B ระยะทางเคลื่อนที่เพื่อกวาดคลื่นเสียง b ให้ครอบคลุมตลอดพื้นที่หน้าตัดของรอยเชื่อม

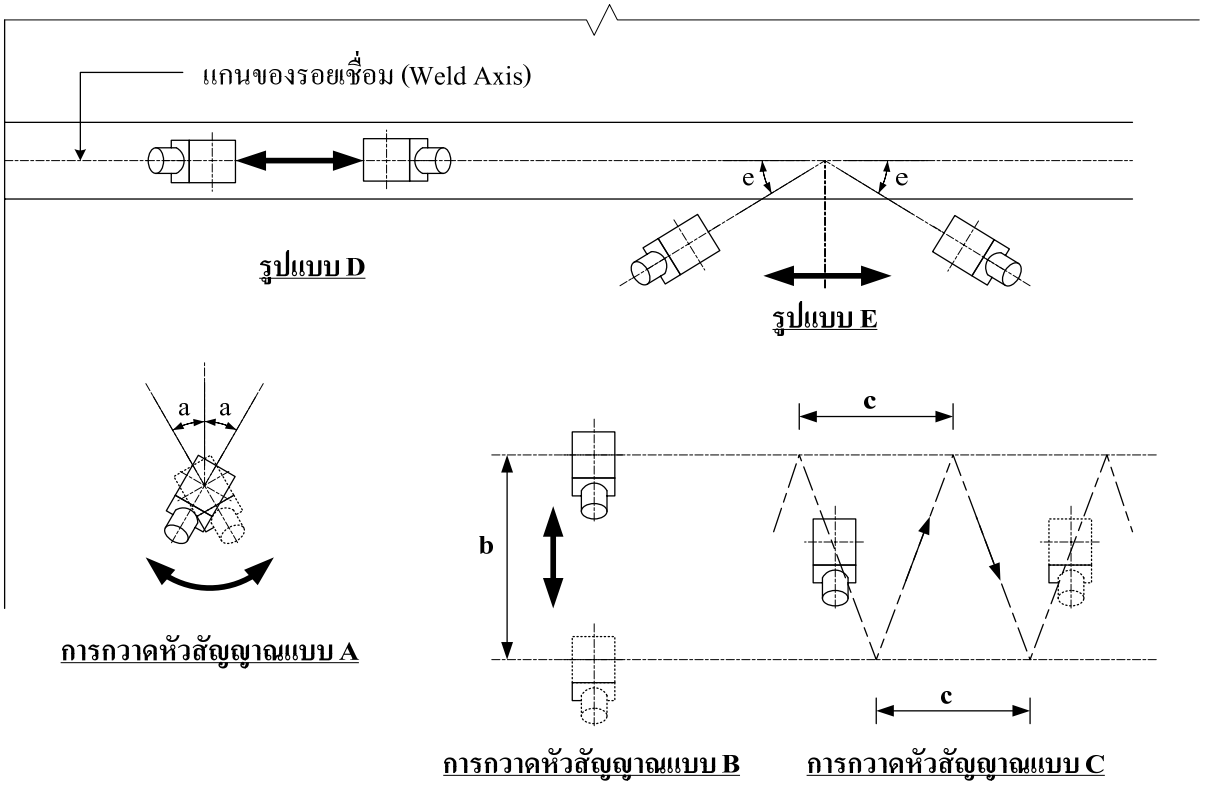
3.1.3 การเคลื่อนที่กวาดส่งคลื่นรูปแบบ C ระยะเคลื่อนไปด้านหน้า c มีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของความกว้างของหัวทดสอบ

3.1.4 รูปแบบการเคลื่อนที่เพื่อกวาดส่งคลื่นเสียง รูปแบบ A B หรือ C สามารถรวมกันเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการเคลื่อนที่เพื่อกวาดส่งคลื่น

3.2 ความไม่ต่อเนื่องตามแนวขวาง (Transverse Discontinuities)

3.2.1 การเคลื่อนที่กวาดส่งคลื่นรูปแบบ D ใช้ในกรณีที่แนวเชื่อมได้รับการขัดแต่งผิวให้เรียบเป็นระนาบเดียวกับโลหะงาน

3.2.2 การเคลื่อนที่กวาดส่งคลื่นรูปแบบ E ใช้ในกรณีไม่ได้รับการขัดแต่งโลหะเชื่อมส่วนเกินออกให้ผิวเรียบ โดยมุมเอียงกวาดส่งคลื่น e ให้ใช้ได้ไม่เกิน 15 องศา



หมายเหตุ:

1) รูปแบบการกวาดส่งคลื่นเสียง จะทำบริเวณรอบๆ ในลักษณะสมมาตรกับแนวเชื่อม ยกเว้นรูปแบบการกวาดส่งคลื่นเสียงแบบ D ซึ่งจะทำการทดสอบตามแนวเชื่อม
2) ให้ทดสอบรอยเชื่อมจากทั้งสองด้านของแนวเชื่อมในกรณีที่สามารถทดสอบได้

รูปที่ ผ3.1 แสดงรูปแบบการสแกนของคลื่นเสียง

(6.6.2, 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.3, 7.2.2.1, 7.2.3.1, 7.2.3.2, ภาคผนวก 2 ข้อ 3, ภาคผนวก 3 ข้อ 3)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M:2006 Figure 6.24

มยผ. 1563-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก

(Standard for Weldment Examination in Steel Structure with Magnetic Particle Testing Method)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบนี้ใช้สำหรับทดสอบรอยเชื่อมของโครงเหล็กรูปพรรณด้วยอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับรอยเชื่อมที่เป็นส่วนประกอบของงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตันและท่อชนิดต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้ เพื่อทดสอบหาลักษณะบกพร่องใดๆ ที่ผิวและใต้ผิวในบริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone) ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างที่รับภาระสถิตและภาระพลวัตทั้งความไม่สมบูรณ์ที่เกิดขึ้น ในระหว่างการเชื่อมสร้าง การเชื่อมซ่อม รอยบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน และการทดสอบเมื่อครบวาระ

1.3 มาตรฐานนี้ระบุเกณฑ์การพิจารณาการยอมรับความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อม ข้อกำหนดในวิธีการทดสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็กสำหรับรอยเชื่อมของงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

1.4 มาตรฐานนี้จะใช้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1 เหล็กโครงสร้างที่ระบุค่าหน่วยแรงดึงคลากขั้นต่ำไม่เกินกว่า 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

1.4.2 เหล็กโครงสร้างต้องมีความหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ขึ้นไป

1.4.3 ไม่ใช้กับระบบท่อและถังที่มีความดัน

1.4.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"การเชื่อม (Weld)" หมายถึง การประสานให้ชิ้นส่วนโลหะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันบริเวณรอยต่อชิ้นงานที่ต้องการให้ประสานติดกัน

"การทดสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic Particle Testing)" หมายถึง วิธีการทดสอบโดยไม่ทำลายบนชิ้นงานที่สามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้ โดยการทดสอบต้องทำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็กและโรยผงเหล็กลงไปบนผิวชิ้นงาน ผงเหล็กจะเกาะบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กรั่วออกมาเนื่องจากความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)

ที่ผิวหรือใต้ผิวชิ้นงานซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ทำให้สามารถตรวจพบรอยบกพร่องที่ผิวหรือใต้ผิวได้

"ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)" หมายถึง ความไม่ต่อเนื่องของเนื้อวัสดุ เช่น การขาดความต่อเนื่องทางเชิงกล หรือ เชิงโลหะวิทยา หรือ เชิงกายภาพ เป็นต้น ความไม่ต่อเนื่องของวัสดุอาจไม่ใช่รอยบกพร่องก็ได้ ขึ้นอยู่เกณฑ์การยอมรับที่กำหนดตามมาตรฐานนี้

"โครงสร้างเหล็ก (Steel Structure)" หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน ท่อ ที่มีค่าหน่วยแรงคลากไม่เกิน 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)และมีความหนาในทุกส่วนภาคตัดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

"บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone)" หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

"ใบรายงานการตรวจสอบ (Inspection Report)" หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการทดสอบพร้อมด้วยผลการทดสอบ

"ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)" หมายถึง เอกสารที่ระบุวิธีการทดสอบที่กำหนดขึ้นเฉพาะโครงสร้าง หรือเฉพาะรอยเชื่อมต่อใดในโครงสร้างที่กำหนด ซึ่งต้องระบุรายละเอียดให้ครบถ้วนตามมาตรฐานนี้กำหนด

"ผู้ตรวจสอบ (Operator)" หมายถึง ผู้ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก

"รอยบกพร่อง (Defect)" หมายถึง สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ รอยเชื่อมที่ไม่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานนี้ ซึ่งอาจมีผลต่อความมั่นคง แข็งแรง หรือความปลอดภัยในการใช้งาน ไม่รวมถึงรอยบกพร่องทางโลหะวิทยาและรอยบกพร่องทางมิติ

"รอยบ่งชี้ (Indicator)" หมายถึง สิ่งที่ปรากฏจากรอยบกพร่องเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น เป็นเส้นยาว หรือรูปร่างกลม

"รอยบ่งชี้แปลกปลอม (False Indication)" หมายถึง สิ่งที่ปรากฏซึ่งไม่ใช่รอยบกพร่องจริงโดยอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น สนิม ความสกปรก สะเก็ดสนิมของเหล็ก สแลกเชื่อม ฯลฯ ที่ทำให้เห็นเหมือนรอยบกพร่อง

"รอยเชื่อม (Weld Bead)" หมายถึง รอยต่อที่เกิดจากการเชื่อม

"โลหะงาน (Base Metal)" หมายถึง โลหะซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง

3. มาตรฐานอ้างถึง

มาตรฐาน American Society For Testing and Materials ASTM E709-95: Standard Guide For Magnetic Particle Examination.

4. เครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กแบบพรอดเทคนิค (Prods Technique) ให้มีคุณสมบัติดังนี้

ก. สามารถปรับกระแสเป็นแบบกระแสสลับหรือกระแสตรงได้

ข. ประยุกต์ใช้เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กเป็นแบบหัวเดี่ยว (Single Prod) หรือหัวคู่ (Double Prod) และคอยล์เทคนิค (Coil Technique) ได้

4.2 เครื่องสร้างสนามแม่เหล็กแบบโย้กเทคนิค (Yoke Technique) ให้มีคุณสมบัติดังนี้

ก. สามารถปรับกระแสเป็นแบบกระแสสลับหรือกระแสตรง หรืออาจเป็นโย้กแม่เหล็กถาวร

ข. เป็นแบบปรับขาได้หรือปรับขาไม่ได้

4.3 เครื่องวัดความแรงสนามแม่เหล็ก (Magnetic Particle Field Indicator) ให้มีคุณสมบัติดังนี้ สามารถใช้ตรวจความเข้มและทิศทางของสนามแม่เหล็กได้ตามมาตรฐาน ASTM E709 หรือมาตรฐานแห่งชาติอื่นที่เป็นที่ยอมรับ หรือ มาตรฐานระดับนานาชาติ

4.4 เครื่องกำเนิดแสงแบล็กไลท์ (Black Light) คุณสมบัติของเครื่องมือมีดังต่อไปนี้

ก. เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบล็กไลท์ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้ผงเหล็กชนิดเรืองแสง เรืองแสงออกมาเป็นแสงสว่างเห็นได้อย่างชัดเจนในที่มืด

ข. หลอดกำเนิดแสงเป็นชนิดใดก็ได้ แต่ต้องมีความยาวคลื่นแสงอยู่ในช่วง 330 ถึง 390 นาโนเมตร และสามารถให้ความเข้มการส่องสว่างไม่ต่ำกว่า 1000ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

4.5 เครื่องวัดสนามแม่เหล็กตกค้าง (Field Indicator)

4.6 ผงแม่เหล็กที่ใช้เป็นตัวกลางในการทดสอบควรเป็นแบบเปียก (Wet Magnetic Particles) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (1) ชนิดมองเห็นด้วยแสงสว่าง (Visible Type) และ (2) ชนิดเรืองแสง (Fluorescent Type) ผงเหล็กแบบแห้ง (Dry Magnetic Particles) อนุญาตให้ใช้เฉพาะการทดสอบรอยเชื่อมซ่อมที่อยู่ในแนวราบและแนวดิ่งเท่านั้น ห้ามใช้ทดสอบตำแหน่งเหนือศีรษะ

4.7 วัสดุปรับสีผิวทดสอบ (White Contrasting) ใช้เพื่อทำให้มองเห็นความแตกต่างระหว่างผงเหล็กกับผิวทดสอบซึ่งโดยทั่วไปเป็นสีขาว สำหรับผงเหล็กแบบเรืองแสงอาจทดสอบโดยไม่ต้องใช้วัสดุปรับสีผิวได้

5. การปฏิบัติการทดสอบ

5.1 ก่อนการทดสอบต้องมีใบสั่งเทคนิคการทำงานให้ผู้ปฏิบัติงาน โดยมีรายละเอียดตาม ข้อ.6

5.2 การเตรียมผิว

5.2.1 โดยปกติการทดสอบผิวงานหลังการเชื่อมสำเร็จ (As Welded) จะให้ผลดี แต่อาจต้องขัดผิวหรือตกแต่งผิวงานกรณีที่ผิวงานมีสิ่งที่ทำให้เกิดรอยบ่งชี้แปลกปลอม สำหรับผิวที่ไม่มีรอยผุกร่อนมาก เมื่อลอกสีหรือขูดสนิมออกแล้วให้ใช้แปรงลวดหรือแปรงลวดไฟฟ้าขัดก็เพียงพอ

5.2.2 กรณีผิวงานโครงสร้างมีรอยกัดกร่อนมาก ต้องขจัดสนิมออกให้หมดจนถึงเนื้อโลหะโดยอาจใช้วิธีการขัดหรือพ่นทรายก่อนทดสอบ บริเวณผิวทดสอบและบริเวณใกล้เคียงที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากความร้อน และ/หรือ ห่างจากขอบรอยเชื่อมประมาณ 25 มิลลิเมตรต้องแห้งปราศจากสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่น น้ำมัน สนิม สะเก็ดเชื่อม หรืออื่นๆ ที่มีผลต่อการทดสอบ หากจำเป็นให้เช็ดล้างด้วยน้ำยาเคมีสำหรับทำความสะอาดพื้นผิวก่อนเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

5.2.3 กรณีทดสอบผิวที่มีการเคลือบผิวต้องแสดงให้เห็นว่ารอยบ่งชี้สามารถปรากฏได้เมื่อเหนี่ยวนำชิ้นงานผ่านผิวเคลือบที่หนาที่สุด โดยทั่วไปวิธีนี้สามารถใช้ทดสอบผิวที่ความหนาของผิวเคลือบไม่เกิน 80 ไมครอน (0.08 มิลลิเมตร) ได้

5.3 ขั้นตอนการทดสอบ

5.3.1 การทดสอบโดยใช้ผงเหล็กชนิดมองเห็นด้วยแสงสว่าง (White Light) ต้องปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

5.3.1.1 ทำความสะอาดเบื้องต้นตามขั้นตอนการเตรียมผิวตามข้อ 5.2

5.3.1.2 ให้วัสดุปรับสีผิวลงบนพื้นผิวที่ทดสอบ โดยให้เฉพาะเท่าที่จำเป็น และไม่หนาเกินไปจนมีผลต่อการตรวจรอยบกพร่องขนาดเล็ก

5.3.1.3 เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กแบบต่อเนื่อง

5.3.1.4 ให้ผงแม่เหล็กลงบนผิวทดสอบขณะทำการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

5.3.1.5 ตรวจพินิจภายใต้แสงสว่างหลังจากให้ผงเหล็กลงไปไม่ต่ำกว่า 3 ถึง 5 วินาที

5.3.1.6 ย้ายตำแหน่งไปเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กยังจุดถัดไปและทดสอบซ้ำตามขั้นตอนเดิม

5.3.2 การทดสอบผงเหล็กแบบเรืองแสงให้ทำตามวิธีในข้อ 5.3.1 โดยต้องทดสอบภายใต้แสงแบล็กไลท์ (Black Light) และต้องปฏิบัติดังนี้

5.3.2.1 ต้องทดสอบในบริเวณที่มืด

5.3.2.2 ผู้ทดสอบต้องอยู่ในบริเวณที่มืดอย่างน้อย 5 นาที ก่อนทำการทดสอบ เพื่อปรับสายตาเข้ากับความมืด

5.3.2.3 ต้องเปิดแสงแบล็กไลท์ทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาที ก่อนทำการทดสอบ หรือวัดความเข้มส่องสว่างของแสงให้ได้ตามกำหนด โดยมีค่าไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร บนผิวทดสอบ และต้องตรวจวัดทุก 8 ชั่วโมง หรือเมื่อเปลี่ยนสถานที่ทดสอบ

5.3.3 การทดสอบต้องครอบคลุมพื้นที่ของผิวรอยเชื่อมและส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน รวมถึงมีสนามแม่เหล็กเพียงพอที่ทำให้เกิดรอยบ่งชี้จากรอยบกพร่อง การทดสอบแต่ละครั้งที่ครอบคลุมพื้นที่มากเกินไปจนสนามแม่เหล็กไม่เพียงพออาจทำให้การทดสอบไม่พบรอยบกพร่อง

5.3.4 ควรดำเนินการทดสอบแต่ละพื้นที่ทดสอบอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยการทดสอบครั้งที่ 2 ควรให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในการทดสอบครั้งแรก เพื่อสามารถหารอยบกพร่องได้ทุกทิศทาง

5.3.5 เมื่อต้องการตรวจสอบทิศทาง และความเข้มของสนามแม่เหล็ก ให้ใช้เครื่องวัดความแรงสนามแม่เหล็ก (Magnetic Particle Field Indicator) วางลงบนผิวทดสอบ เมื่อเหนี่ยวนำชิ้นงานให้เป็นแม่เหล็กและให้ผงเหล็กลงไป ผงเหล็กจะรวมตัวบนผิวหน้าอุปกรณ์ซึ่งบ่งบอกถึงความแรงของสนามและทิศทางของสนามแม่เหล็ก กรณีไม่ปรากฏเส้นของผงเหล็กหรือผลเหล็กไม่ปรากฏในทิศทางที่ต้องการ ต้องปรับหรือเปลี่ยนเทคนิคในการสร้างสนามแม่เหล็กตลอดจนขอบเขตของพื้นที่ทดสอบแต่ละครั้งใหม่

5.3.6 การคลายอำนาจแม่เหล็กตกค้างในชิ้นงานที่อาจมีผลต่อการทำงานหรือใช้งานในขั้นต่อไปจะต้องคลายภายหลังการทดสอบ โดยทั่วไปงานโครงสร้างที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนหรือเหล็กกล้าผสมต่ำไม่จำเป็นต้องคลายอำนาจแม่เหล็กตกค้าง

6. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)

ใบสั่งเทคนิคการทำงาน คือวิธีการเตรียมการทดสอบที่จัดเตรียมให้ถูกต้องตามหลักทางเทคนิคการทดสอบโลหะวิทยา และรูปร่างของรอยเชื่อม เมื่อทำตามใบสั่งเทคนิคการทำงานนี้แล้วจะต้องสามารถทดสอบหารอยบกพร่องให้พบ โดยให้ระบุรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 หมายเลข ชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน ชื่อโครงการ เจ้าของโครงการ วัน-เดือน-ปีที่ออกใบสั่งทางเทคนิค

6.2 แบบหรือภาพสเกตแสดงรายละเอียด รูปร่าง พิกัดขนาดในการออกแบบรอยเชื่อม

6.3 เทคนิคการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กที่ใช้

6.4 อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก

6.5 ผู้ผลิตและชนิดของผงเหล็กที่ใช้

6.6 สภาพของพื้นผิวที่จะทดสอบ

6.7 ชนิดและขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

6.8 แบบของการวางโย้ก เครื่องวัดความแรงสนามแม่เหล็ก ระยะห่างของการวางโย้ก และเครื่องวัดความแรงสนามแม่เหล็กแต่ละครั้งเพื่อให้สามารถทดสอบหารอยบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในทิศทางต่างๆ ได้ครบ

6.9 การสลายอำนาจแม่เหล็กเมื่อทดสอบเสร็จ ถ้าจำเป็น

6.10 แบบรายงานผลการทดสอบ

6.11 ชื่อผู้ตรวจสอบและชื่อผู้ทำรายงานผลการตรวจสอบ

7. ระเบียบปฏิบัติงาน (Work Procedure)

ระเบียบปฏิบัติงาน คือเอกสารที่อธิบายถึงระเบียบการปฏิบัติงานทดสอบให้สอดคล้องกับมาตรฐานและสัญญาของงาน

8. เกณฑ์การยอมรับ

8.1 รอยบ่งชี้ที่ไม่นำมาพิจารณาประเมินผล (Nonrelevant Indication) คือรอยบ่งชี้ที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) โดยวัดในทิศทางที่มากที่สุด

8.2 รอยบ่งชี้ที่นำมาพิจารณาประเมินผล (Relevant Indication) คือรอยบ่งชี้ที่มีขนาดวัดในทิศทางที่กว้างหรือยาวมากที่สุด มากกว่า 1.6 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

8.2.1 รอยบ่งชี้รูปร่างกลม (Round Indication) คือ รอยบ่งชี้ที่มีความยาวน้อยกว่า 3 เท่าของความกว้าง

8.2.2 รอยบ่งชี้รูปร่างยาว (Linear Indication) คือ รอยบ่งชี้ที่มีความยาวมากกว่า หรือเท่ากับ 3 เท่าของความกว้าง

8.3 เกณฑ์การตัดสินรอยเชื่อม รอยเชื่อมที่ผ่านการทดสอบต้องปราศจาก

8.3.1 รอยร้าวหรือรอยบ่งชี้รูปร่างยาว

8.3.2 รอยบ่งชี้รูปร่างกลมที่มีขนาดมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว)

8.3.3 รอยบ่งชี้รูปร่างกลมที่เรียงเป็นแนวไม่ต่อเนื่องถึงกันตั้งแต่ 4 ตำแหน่งขึ้นไป โดยที่ระยะห่างจากขอบถึงขอบของแต่ละรอยบ่งชี้ห่างกันไม่ต่ำกว่า 1.6 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว)

9. บันทึกผลและรายงานผลการทดสอบ

9.1 ผู้ทดสอบต้องทำเครื่องหมายด้วยปากกาสีที่ไม่ละลายน้ำและทนความร้อนลงบนพื้นผิวชิ้นงานในตำแหน่งที่ทดสอบพบรอยบกพร่องเพื่อความสะดวกในการซ่อม

9.2 การบันทึกรอยบ่งชี้จากการทดสอบ ให้บันทึกด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกัน เช่น การเขียน หรือพิมพ์บรรยายลักษณะรอยบ่งชี้ สเกตภาพรอยบ่งชี้ ภาพถ่าย ใช้เทปกาวใสชนิดไม่ยืด ปิดทับผงเหล็กบนรอยบ่งชี้แล้วลอกเก็บไว้ หรือบันทึกด้วยกล้องวีดีโอ เป็นต้น

9.3 ผู้ตรวจสอบต้องบันทึกผลการตรวจสอบและจัดทำรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก โดยมีตัวอย่างในรายงานผลการตรวจสอบตามแบบฟอร์ม บฟ. มยผ.1563 ในภาคผนวก 1

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 มยธ.(ท) 803-2542 มาตรฐานวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก (Standard Method for Magnetic Particle Examination).

10.2 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Section V, An International Code, Non Destructive Examination, July 1, 2004 Edition, Printed in the United States of America.

10.3 มาตรฐาน American Welding Society AWS D1.1/D1.1M-2006: Structural Welding Code – Steel, An American National Standard, Printed in the United States of America, Reprinted March 2006.

10.4 มาตรฐาน British Standard BS EN 1291:1998 Non-destructive Examination of Welds- Magnetic Particle Testing of Welds- Acceptance Levels.

10.5 มาตรฐาน International Organization for Standardization ISO 9934-1: Non- Destructive Testing – Magnetic Particle Testing – Part 1: General Principles.

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บฟ.มยผ. 1563 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก

(หน่วยงานที่ทดสอบ)	**รายงานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก**	บฟ. มยผ. 1563
	รายงานเลขที่.....	หน้า……..
	วันที่ทดสอบ ……..……..	…….

ชื่อโครงการ :	ทะเบียนทดสอบ :
สถานที่ก่อสร้าง :	ผู้รับจ้าง :
เกณฑ์การยอมรับอื่นๆ ที่ใช้ร่วม :	
สภาวะการทดสอบ : ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน	
สภาพผิวที่ทดสอบ : ☐ รอยเชื่อม ☐ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ☐ อื่นๆ.....	
วิธีการเตรียมผิวงาน : ☐ ผิวรอยเชื่อม ☐ ขัด/ปัดด้วยแปรง ☐ ขัดด้วยเครื่องขัด ☐ พ่นทราย ☐ อื่นๆ.....	
วิธีการสร้างสนามแม่เหล็ก ☐ โย้ก ☐ คอยล์ ☐ แม่เหล็กถาวร ☐ พรอด ☐ อื่นๆ (ระบุ).....	ชนิดของอนุภาคแม่เหล็ก ☐ แบบไม่เรืองแสง ☐ แบบเรืองแสง ☐ ผงแห้ง ผู้ผลิต.....รุ่น..... ☐ ผงเปียก ผู้ผลิต.....รุ่น.....
กระแสเหนี่ยวนำ : ☐ กระแสสลับ .....แอมแปร์ ☐ กระแสตรง.....แอมแปร์	
วิธีสร้างสนามแม่เหล็ก : ☐ ต่อเนื่อง ☐ แม่เหล็กตกค้าง	

รูปภาพหรือภาพสเกต ☐ มี (ตามเอกสารแนบท้าย) ☐ ไม่มี

ตำแหน่ง/รหัสชิ้นงาน	รอยบ่งชี้	ขนาด	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

ผลการตัดสิน: ☐ สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ หมายเหตุ (ระบุ).....

ขอรับรองว่าข้อมูลบันทึกทั้งหมดถูกต้องโดยงานเชื่อมและงานการตรวจสอบปฏิบัติตามมาตรฐาน มยผ. 1563-51

	ผู้ปฏิบัติงาน	ผู้ตรวจสอบ	ผู้อนุมัติ
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็นต์)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ภาคผนวก 2 เครื่องมือสร้างสนามแม่เหล็ก

เครื่องมือสร้างสนามแม่เหล็กที่ใช้ ต้องสามารถเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กให้เกิดบนผิวชิ้นงานเหล็กโครงสร้างในบริเวณที่ทดสอบ ซึ่งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมได้จากเทคนิคต่างๆ ดังนี้

1. พรอดเทคนิค (Prods Techniques)

1.1 พรอดเป็นเครื่องมือสร้างสนามแม่เหล็ก โดยเครื่องมือ 1 ชุดประกอบด้วยขา 2 ขา ซึ่งสามารถปรับระยะห่างระหว่างปลายพรอดทั้งสองขาอย่างอิสระในช่วงประมาณ 70 ถึง 200 มิลลิเมตร (3 ถึง 8 นิ้ว) ตามความต้องการของผู้ทดสอบดังรูปที่ 1 ใช้พรอดสร้างสนามแม่เหล็กโดยการกดหน้าสัมผัสของพรอดลงบนพื้นผิวชิ้นงาน เมื่อพรอดถูกวางในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วกดปลายพรอดให้หน้าสัมผัสของพรอดสัมผัสกับพื้นผิวชิ้นงานแนบสนิทซึ่งช่วยให้กระแสไฟฟ้าจากพรอดไหลผ่านได้สะดวกโดยไม่เกิดการอาร์ก แล้วจึงกดสวิทช์จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านปลายพรอดทั้งสอง ดังรูปที่ 1

1.2 เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กด้วยพรอด (Prod Magnetization Technique)

(1) ให้ใช้กระแสเหนี่ยวนำไฟตรงที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟตรง หรือกระแสไฟตรงจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับซึ่งผ่านชุดแปลงไฟเป็นไฟกระแสตรง และให้มีอัตราส่วนระหว่างกระแสไฟฟ้ากับระยะระหว่างจุดศูนย์กลางปลายพรอดดังนี้

ก. โลหะงานที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) กำหนดให้ตั้งค่าโดยให้มีอัตราส่วนระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางปลายพรอดในช่วง 4 ถึง 5 แอมแปร์ต่อมิลลิเมตร (100 ถึง 125 แอมแปร์ต่อนิ้ว)

ข. โลหะงานที่มีความหนาน้อยกว่า 19 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) กำหนดให้ตั้งค่าโดยให้มีอัตราส่วนระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางปลายพรอดในช่วง 3.6 ถึง 4.4 แอมแปร์ต่อมิลลิเมตร (90 ถึง 110 แอมแปร์ต่อนิ้ว)

(2) ระยะห่างระหว่างปลายพรอดขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะงานที่ทดสอบ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) และไม่เกินกว่า 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว)

(3) ให้ทำความสะอาดปลายพรอดให้สะอาดก่อนการทดสอบ

(4) กรณีแรงเคลื่อนไฟฟ้าขณะวงจรเปิดมีค่าเกิน 25 โวลต์ ให้ใช้แผ่นตะกั่ว แผ่นเหล็ก หรือแผ่นอลูมิเนียมรองระหว่างปลายพรอดกับผิวชิ้นงานเพื่อป้องกันการอาร์ก (Arc) และการหลอมตัวของทองแดงจากปลายพรอดสู่ผิวโลหะงาน

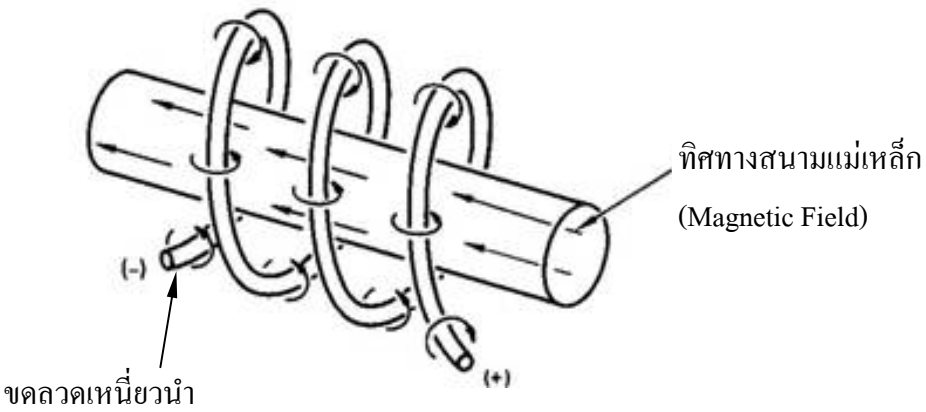
รูปที่ 1 การสร้างสนามแม่เหล็กแบบพรอดเทคนิค

(ภาคผนวก 2 ข้อ 1.1)

ที่มา: www.ndt-ed.org

2. เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวยาวรอยเชื่อมด้วยขดลวดเหนี่ยวนำสำหรับท่อหรืองานลักษณะคล้ายกัน (Longitudinal Magnetization Technique)

2.1 สร้างสนามแม่เหล็กตามแนวยาวของรอยเชื่อม โดยการผ่านกระแสไฟผ่านขดลวดหรือสายไฟฟ้าที่พันรอบชิ้นงานให้กระแสไฟฟ้าไหลขนานกับแกนของรอยเชื่อมซึ่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กตามแนวยาวของรอยเชื่อมเพื่อตรวจหารอยบ่งชี้ตามแนวขวางกับแกนรอยเชื่อม ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวยาวรอยเชื่อมด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

(ภาคผนวก 2 ข้อ 2.1)

ที่มา: www.ndt-ed.org

2.2 ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ต้องการสำหรับการตรวจหารอยบกพร่องสามารถคำนวณได้ดังนี้

(1) สำหรับชิ้นงานตัน กำหนดให้

ก. L หมายถึง ความยาวของบริเวณที่ต้องการทดสอบ ต้องมีค่าไม่เกิน 450 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) หรือแบ่งเป็นช่วงทดสอบแต่ละช่วงยาวไม่เกิน 450 มิลลิเมตร

ข. D หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางโลหะงานที่ต้องการทดสอบ กรณีชิ้นงานมีภาคตัดไม่สม่ำเสมอให้ใช้ค่าเส้นทแยงมุมที่ยาวที่สุดของภาคตัดเป็นค่า D แทน

ค. ให้คำนวณ จำนวนรอบขดลวดและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ดังนี้

1) ชิ้นส่วนที่มีค่า L/D มากกว่าหรือเท่ากับ 4 ให้ใช้ค่ากระแสเหนี่ยวนำในช่วงร้อยละ ±10 ของค่าที่ได้จากสมการดังนี้

กระแสไฟฟ้า x จำนวนรอบขดลวด = 35,000 / [(L/D) + 2] (1)

ตัวอย่าง: โลหะงานยาว 250 มิลลิเมตร (10 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) แทนค่าในสมการที่ (1) ได้ดังนี้

กระแสไฟฟ้า x จำนวนรอบขดลวด = 35,000 / (250/50 + 2) = 5,000

ดังนั้นหากใช้ขดลวดพัน 2 รอบ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ทดสอบมีค่าเป็น 5,000/2 = 2,500 แอมแปร์±ร้อยละ10 หรือ 2,500±250 แอมแปร์

2) ชิ้นส่วนที่มีค่า L/D ระหว่าง 2 ถึง 4 ให้ใช้ค่ากระแสเหนี่ยวนำในช่วงร้อยละ ±10 ของค่าที่ได้จากสมการดังนี้

กระแสไฟฟ้า x จำนวนรอบขดลวด = 45,000 / (L/D) (2)

ง. ห้ามทดสอบด้วยขดลวดกรณีชิ้นส่วนมีค่า L/D น้อยกว่า 2

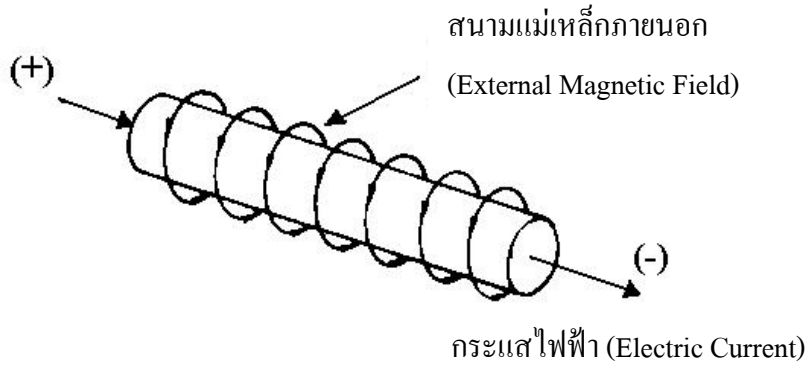
จ. กรณีพื้นที่ทดสอบด้านใดด้านหนึ่งยาวมากกว่าหรือเท่ากับ 225 มิลลิเมตร (9 นิ้ว) จากศูนย์กลางของขดลวด ให้ตรวจสอบค่าความเข้มสนามแม่เหล็กให้เพียงพอต่อการทดสอบด้วยเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก หรือแผ่นจำลองลักษณะบกพร่อง (Artificial Flaw Shims)

ฉ. กรณีชิ้นงานขนาดหรือรูปร่างใหญ่ ให้ใช้กระแสเหนี่ยวนำ 1,200 ถึง 4,500 แอมแปร์ x จำนวนรอบขดลวด และให้ตรวจสอบความเข้มสนามแม่เหล็กให้เพียงพอต่อการทดสอบด้วยเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กหรือแผ่นจำลองลักษณะบกพร่อง

3. เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวเส้นรอบวงสำหรับท่อหรืองานลักษณะคล้ายกัน (Circular Magnetization Technique)

การสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวเส้นรอบวงซึ่งมีลักษณะวิ่งตัดขวางกับแนวแกนของรอยเชื่อม ทำโดยผ่านกระแสไฟผ่านแท่งตัวนำที่วางขนานกับแกนรอยเชื่อม ขดลวดหรือสายไฟฟ้าพันรอบโลหะงานในทิศทางที่

กระแสไฟฟ้าไหลตัดขวางกับแกนของรอยเชื่อมเพื่อตรวจหารอยบ่งชี้ตามแนวยาวกับแกนรอยเชื่อม โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3



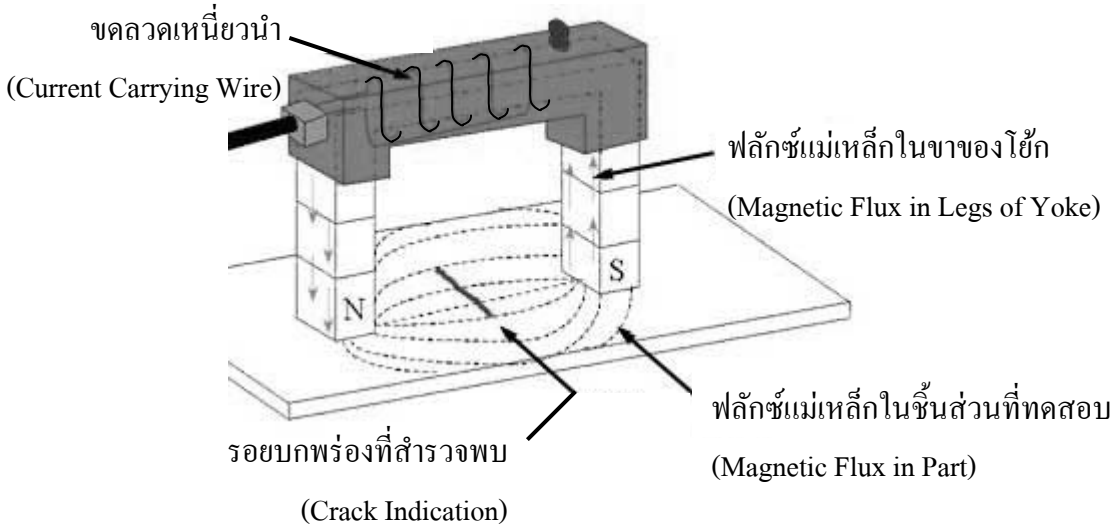
รูปที่ 3 เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กตามแนวเส้นรอบวงยาวรอยเชื่อมด้วยขดลวดเหนี่ยวนำ

(ภาคผนวก 2 ข้อ 3)

ที่มา: www.ndt-ed.org

4. โย้กเทคนิค (Yoke Technique)

วิธีโย้กเทคนิคดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 ใช้เพื่อทดสอบหารอยบกพร่องที่เปิดสู่ผิวเท่านั้น การสร้างสนามแม่เหล็กด้วยโย้กสามารถทำได้โดยเหนี่ยวนำด้วยกระแสไฟตรง กระแสสลับ หรือเป็นแบบโย้กแม่เหล็กถาวร สำหรับวัสดุที่หนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร (1/4 นิ้ว) สนามแม่เหล็กจากไฟฟ้ากระแสสลับจะตรวจพบรอยบกพร่องที่ผิวได้ดีกว่าสนามแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำจากไฟฟ้ากระแสตรงหรือจากโย้กแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 4 การสร้างสนามแม่เหล็กแบบโย้กเทคนิค

(ภาคผนวก 2 ข้อ 4)

ที่มา: www.ndt-ed.org

(ก) โย้กแม่เหล็กไฟฟ้า

(ข) โย้กแม่เหล็กถาวร

รูปที่ 5 การสร้างสนามแม่เหล็กแบบโย้กเทคนิค

(ภาคผนวก 2 ข้อ 4)

ที่มา: www.ndt-ed.org

5. เทคนิคการสร้างสนามแม่เหล็กหลายทิศทาง (Multidirectional Magnetization Technique)

การสร้างสนามแม่เหล็กหลายทิศทางตรงพื้นที่ทดสอบเดี่ยวทำได้ด้วยการใช้วงจรไฟฟ้ากระแสสลับในการเหนี่ยวนำพร้อมกัน 3 เฟสแต่ละเฟสเหลี่ยมกัน 120 องศา กระแสไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะสร้างสนามแม่เหล็กหลายทิศทางบริเวณพื้นที่ทดสอบ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นอาจกระจายเป็นวงกลมหรือเป็นแนวยาวโดยต้องมีสนามแม่เหล็กอย่างน้อยสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน ความเข้มของสนามแม่เหล็กทุกทิศทางต้องเท่ากันหรือเกือบเท่ากัน การวัดความเข้มของสนามแม่เหล็กให้สอบเทียบด้วยเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field Indicator) ดังรูปที่ 6 และตัวอย่างเครื่องสร้างสนามแม่เหล็กหลายทิศทางแสดงดังรูปที่ 7

รูปที่ 6 ตัวอย่างเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก

(ภาคผนวก 2 ข้อ 5)

ที่มา: www.ndt-ed.org

รูปที่ 7 ตัวอย่างเครื่องสร้างสนามแม่เหล็กหลายทิศทาง

(ภาคผนวก 2 ข้อ 5)

ที่มา: www.ndt-ed.org

มยผ. 1564-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม

(Standard for Weldment Examination in Steel Structure with Penetrant Testing Method)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ใช้สำหรับทดสอบรอยเชื่อมของโครงเหล็กรูปพรรณด้วยสารแทรกซึม สำหรับรอยเชื่อมที่เป็นส่วนประกอบของงานโครงเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน และท่อชนิดต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อทดสอบหาลักษณะบกพร่องใดๆ (Discontinuity) ที่ผิวและรอยบกพร่องใต้ผิวที่มีรอยเปิดที่ผิว ในบริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone) ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างที่รับภาระสถิตและภาระพลวัต ทั้งความไม่สมบูรณ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมสร้าง การเชื่อมซ่อม รอยบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้งานและการทดสอบเมื่อครบวาระ

1.3 มาตรฐานนี้ระบุเกณฑ์การพิจารณาการยอมรับความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อม ข้อกำหนดในกระบวนวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึมสำหรับรอยเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

1.4 มาตรฐานนี้จะใช้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1 เหล็กโครงสร้างที่ระบุค่าหน่วยแรงดึงคลากขั้นต่ำไม่เกินกว่า 690 เมกาปาสกาล (7,036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

1.4.2 เหล็กโครงสร้างต้องมีความหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ขึ้นไป

1.4.3 ไม่ใช้กับระบบท่อและถังที่มีความดัน

1.4.4 มาตรฐานนี้จะใช้กับการทดสอบแบบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยสารแทรกซึมแบบมองเห็นด้วยแสงสว่าง (Visible Penetrant) ที่สามารถมองเห็นภายใต้แสงปกติ หรือแบบเรืองแสง (Fluorescent Penetrant) ที่สามารถมองเห็นภายใต้แสงแบล็คไลท์

1.4.5 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“การเชื่อม (Weld)” หมายถึง การประสานให้ชิ้นส่วนโลหะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันบริเวณรอยต่อชิ้นงานที่ต้องการให้ประสานติดกัน

“การทดสอบด้วยการแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing)” หมายถึง การใช้สารแทรกซึมหารอยบกพร่องจากผิวของรอยเชื่อมหรือผิวของชิ้นงาน สารแทรกซึม (Liquid Penetrant) จะแทรกซึมเข้าไปในรอย

บกพร่องที่เป็นโพรงช่องว่างของเนื้อโลหะที่ทำการทดสอบ โดยอาศัยหลักการของการแทรกซึมเข้าช่องว่างขนาดเล็ก(Capillary Action) ความสามารถของการแทรกซึมจะขึ้นอยู่กับความตึงผิว ความหนืด และความสามารถในการเปียกผิวชิ้นงาน (Wetting Ability) ของการแทรกซึมนั้น เมื่อขจัดสารแทรกซึมส่วนเกินที่อยู่ตามผิวภายนอกชิ้นงานออกแล้วใช้สารดูดซับสารแทรกซึมที่ตกค้างภายในรอยบกพร่องออกมา จะทำให้สามารถทดสอบพบรอยบกพร่องที่มีอยู่ได้

"ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)" หมายถึง ความไม่ต่อเนื่องของเนื้อวัสดุ เช่น การขาดความต่อเนื่องทางเชิงกล หรือ เชิงโลหะวิทยา หรือ เชิงกายภาพ เป็นต้น ความไม่ต่อเนื่องของวัสดุอาจไม่ใช่รอยบกพร่องก็ได้ขึ้นอยู่เกณฑ์การยอมรับที่กำหนดตามมาตรฐานนี้

"โครงสร้างเหล็ก (Steel Structure)" หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน ท่อที่มีหน่วยแรงคลากไม่เกิน 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีความหนาในทุกส่วนภาคตัดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

"บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone)" หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

"ใบรายงานการทดสอบ (Inspection Report)" หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการทดสอบพร้อมด้วยผลการทดสอบ

"ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)" หมายถึง เอกสารที่ระบุวิธีการทดสอบที่กำหนดขึ้นเฉพาะโครงสร้าง หรือเฉพาะรอยเชื่อมต่อใดในโครงสร้างที่กำหนด ซึ่งต้องระบุรายละเอียดให้ครบถ้วนตามมาตรฐานนี้กำหนด

"ผู้ตรวจสอบ (Operator)" หมายถึง ผู้ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม

"ผู้อนุมัติ (Approved by)" หมายถึง ผู้มีอำนาจลงนามแทนนิติบุคคลที่ได้รับใบรับรองจากกรมโยธาธิการ

"รอยเชื่อม (Weld Bead)" หมายถึง รอยต่อที่เกิดจากการเชื่อม

"รอยบกพร่อง (Defect)" หมายถึง สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ แนวเชื่อมที่ไม่สามารถยอมรับได้ซึ่งอาจมีผลต่อความมั่นคง แข็งแรงหรือความปลอดภัยในการใช้งาน ไม่รวมถึงรอยบกพร่องทางโลหะวิทยาและรอยบกพร่องทางมิติ

"รอยบ่งชี้ (Indicator)" หมายถึง สิ่งที่ปรากฏจากรอยบกพร่องเป็นรูปร่างต่างๆ เช่น เป็นเส้นยาว หรือรูปร่างกลม

"รอยบ่งชี้แปลกปลอม (False Indication)" หมายถึง สิ่งที่ปรากฏซึ่งไม่ใช้รอยบกพร่องจริงโดยอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น สนิม ความสกปรก สะเก็ดสนิมของเหล็ก สแลกเชื่อม ฯลฯ ที่ทำให้เห็นเหมือนรอยบกพร่อง

“โลหะงาน (Base Metal)” หมายถึง โลหะซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐาน ASTM International ASTM E165: Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination

3.2 มาตรฐาน EN ISO 3452-2: Non-destructive testing -- Penetrant testing -- Part 2: Testing of Penetrant materials

3.3 มาตรฐาน International Organization for Standardization EN ISO 3452-3: Non-Destructive Testing - Penetrant Testing - Part 3: Reference Test Blocks

3.4 มาตรฐาน Japanese Industrial Standards JIS Z 2343-3:2001 Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 3: Reference test blocks

4. เครื่องมือทดสอบ และวัสดุสิ้นเปลือง

4.1 ชุดน้ำยาทดสอบด้วยสารแทรกซึมสำหรับใช้ในทดสอบเป็นจุดหรือเฉพาะตำแหน่งแบบกระป๋องฉีด (Spray Can) ประกอบด้วย

4.1.1 คลีนเนอร์ (Cleaner) หมายถึง สารละลายที่ใช้สำหรับการทำความสะอาดผิวชิ้นงานก่อนจะทำการทดสอบด้วยสารแทรกซึม

4.1.2 เพนิแทรนต์ (Penetrant) หมายถึง สารแทรกซึมที่ใช้สำหรับแทรกซึมเข้าไปในรอยบกพร่องต่างๆ ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.1.2.1 เพนิแทรนต์ต้องสามารถกำจัดออกได้ด้วยตัวทำละลาย (Solvent)

4.1.2.2 เพนิแทรนต์อาจใช้เป็นแบบมองเห็นด้วยแสงสว่าง (Visible Penetrant) หรือแบบเรืองแสง (Fluorescent Penetrant)

4.1.3 ริมูฟเวอร์ (Remover) หมายถึง ตัวทำละลายที่ใช้สำหรับกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกินออกจากผิวหน้าชิ้นงานทดสอบ

4.1.4 ดีเวลลอปเปอร์ (Developer) หมายถึง สารที่ใช้สำหรับดูดซึมเพนิแทรนต์ออกจากรอยบกพร่องต่างๆ ออกมาที่ผิวชิ้นงาน มีคุณสมบัติแขวนลอยอยู่ในตัวทำละลายที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำ (Nonaqueous Wet Developer)

4.1.5 ชุดน้ำยาต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E165 หรือ EN ISO 3452-2 หรือมาตรฐานแห่งชาติอื่นที่เทียบเท่า

4.1.6 ชุดน้ำยาต้องผลิตจากผู้ผลิตเดียวกัน และสามารถใช้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องจัดเก็บในสถานที่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้ผลิต เพนิแทรนต์แบบเรืองแสงอาจเสียคุณสมบัติการเรืองแสงถ้าเก็บอยู่ในที่ร้อนเป็นเวลานาน

4.2 เศษผ้าสีขาวสามารถดูดซับน้ำยาทดสอบได้ดี ไม่เป็นขุยหรือขนเพื่อใช้สำหรับเช็ดทำความสะอาดผิวหน้าชิ้นงานและกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกินออกจากผิวหน้า

4.3 เครื่องกำเนิดแสงแบล็กไลท์ (Black Light) ซึ่งหลอดกำเนิดแสงเป็นชนิดใดก็ได้ โดยความยาวคลื่นแสงอยู่ในช่วง 320 ถึง 380 นาโนเมตร และสามารถให้ความเข้มการส่องสว่างไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร

4.4 แท่งปรับเทียบมาตรฐาน (Reference Test Block) หมายถึง ชิ้นงานมาตรฐานซึ่งใช้เพื่อสอบเทียบคุณภาพของชุดน้ำยาที่ใช้ในการทดสอบ ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน EN ISO 3452-3 หรือ ASME V Article 6 Appendix III หรือ JIS Z 2343-3 หรือมาตรฐานแห่งชาติอื่นๆ ที่เทียบเท่า

4.5 การใช้สารแทรกซึมชนิดอื่นนอกจากที่กล่าวมาในข้อ 4.1 ให้เป็นไปตามใบสั่งเทคนิคการทำงาน

5. การปฏิบัติการทดสอบ

ผู้ทดสอบต้องระมัดระวังอันตรายจากการใช้สารแทรกซึม เช่น การสัมผัส การสูดหายใจ การติดไฟ เป็นต้น และการจัดเตรียมเครื่องป้องกันอันตรายที่จำเป็นและเหมาะสม การปฏิบัติการทดสอบให้ดำเนินการดังนี้

5.1 ก่อนการทดสอบต้องมีใบสั่งเทคนิคการทำงานให้ผู้ทดสอบโดยมีรายละเอียดตามข้อ 6

5.2 การเตรียมผิวชิ้นงานทดสอบ

5.2.1 โดยปกติการทดสอบที่ผิวงานหลังการเชื่อมเสร็จ (As Welded) จะให้ผลดี แต่อาจต้องขัดผิวหรือตกแต่งผิวงานกรณีที่ผิวงานมีสิ่งที่ทำให้เกิดรอยบ่งชี้แปลกปลอม

5.2.2 กรณีผิวชิ้นงานบริเวณที่จะทดสอบมีการกัดกร่อนเนื่องจากสนิมต้องขจัดสนิมออกให้หมดจนถึงเนื้อโลหะอาจใช้วิธีการขัด บริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากความร้อน และ/หรือ ห่างจากขอบรอยเชื่อมอย่างน้อย 25 มิลลิเมตรต้องแห้งปราศจากสิ่งสกปรก เช่น คราบน้ำมัน จารบี เศษผ้า เม็ดโลหะกระเด็น สแลกเชื่อม สี หรือสิ่งอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ที่อาจปิดรอยเปิด ของรอยบกพร่องได้

5.2.3 ชนิดของสารทำความสะอาดสามารถใช้ผงซักฟอก ตัวทำละลายธรรมชาติ สารละลายกำจัดสเกล และน้ำยาลอกสี

5.2.4 การเตรียมผิวต้องระวังมิให้เศษผ้าต่าง ๆ เข้าไปอุดตันในรอยบกพร่องหรือมิให้ใช้กระบวนการทางกลที่จะทำให้ปากของรอยบกพร่องเสียรูปจนปิดรอยบกพร่องนั้นไป

5.3 ขั้นตอนการทดสอบ

5.3.1 ทำความสะอาดเบื้องต้นตามขั้นตอนการเตรียมผิวของชิ้นงานทดสอบในข้อ 5.2 ผิวของชิ้นงาน ทดสอบต้องแห้งและมีอุณหภูมิระหว่าง 10 ถึง 52 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว ให้ใช้แท่งปรับเทียบมาตรฐาน ที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.4 ทำการสอบเทียบคุณภาพของชุดน้ำยาที่ใช้ในการทดสอบและกระบวนการทดสอบ

5.3.2 ถ้าใช้เพนิแทรนต์แบบมองเห็นด้วยแสงสว่าง ต้องทดสอบในบริเวณที่มีความสว่างของแสงอย่างน้อย 1000 ลักซ์ (100 ฟุต-แคนเดลา) บนพื้นผิวทดสอบ

5.3.3 ถ้าใช้เพนิแทรนต์แบบเรืองแสงในการทดสอบ ต้องทดสอบในบริเวณที่มืดภายใต้แสงแบล็กไลท์ ผู้ทดสอบต้องอยู่ในบริเวณที่มืดอย่างน้อย 5 นาทีก่อนทดสอบเพื่อให้สายตาคุ้นเคยกับความมืด โคม

แบล็กไลท์ที่ใช้ต้องเปิดทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาที และต้องวัดความเข้มส่องสว่างของแสงได้ไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรบนผิวทดสอบ โดยต้องตรวจวัดทุกๆ 8 ชั่วโมง หรือเมื่อเปลี่ยนสถานที่ทดสอบและเปลี่ยนหลอดไฟ

5.3.4 พ่นคลีนเนอร์บนผิวชิ้นงานบริเวณที่จะทดสอบเพื่อชะล้างสิ่งสกปรกออกจนผิวบริเวณนั้นสะอาดและปล่อยให้คลีนเนอร์ระเหยจนแห้ง

5.3.5 พ่นเพนิแทรนต์ลงบนผิวชิ้นงานบริเวณที่จะทดสอบ ควรระวังการไหลของสารแทรกซึมที่อาจเกิดจากผิวชิ้นงานไม่ได้ระนาบหรือเป็นสันนูนซึ่งอาจมีผลให้บางบริเวณได้รับเพนิแทรนต์ไม่เพียงพอ ในกรณีนี้ควรพ่นเพนิแทรนต์เพิ่มเติมตามความจำเป็น หลังจากพ่นเพนิแทรนต์เสร็จให้ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาทีหรือมากกว่า ตามแต่ชนิดของรอยบกพร่องและข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิตสารแทรกซึมหรือตามระเบียบปฏิบัติงานที่ต้องการทดสอบ

5.3.6 ใช้เศษผ้าเช็ดเพนิแทรนต์ส่วนเกินที่ติดอยู่บนผิวชิ้นงานออกจนหมดจนเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นคราบที่ไม่สามารถเช็ดออกได้ (ในทางปฏิบัติคือไม่มีสีของสารแทรกซึมติดอยู่ที่เศษผ้าสำหรับสารแทรกซึมแบบมองเห็นได้ด้วยแสงสว่าง)

5.3.7 พ่นริมูฟเวอร์ ลงบนเศษผ้าและเช็ดบนชิ้นงานอย่างระมัดระวังเพื่อกำจัดเพนิแทรนต์ส่วนเกินที่ติดอยู่บนผิวชิ้นงานทดสอบออก สังเกตสีหรือการเรืองแสงของเพนิแทรนต์ว่าเช็ดออกหมดหรือไม่ ระวังไม่ให้เช็ดผิวชิ้นงานมากเกินไปเพราะอาจทำให้เพนิแทรนต์ที่อยู่ในรอยบกพร่องหลุดออกมาด้วย และห้ามพ่นริมูฟเวอร์ลงบนผิวชิ้นงานโดยตรง

5.3.8 ภายหลังเช็ดชิ้นงานให้สะอาดแล้วให้พ่นดีเวลลอปเปอร์ลงบนชิ้นงานอย่างระมัดระวัง โดยต้องทำให้ดีเวลลอปเปอร์กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางบนชิ้นงาน การพ่นดีเวลลอปเปอร์หนาเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถทดสอบหารอยบกพร่องขนาดเล็กได้และถ้าชิ้นงานไม่สะอาดเพียงพอ พื้นผิวของดีเวลลอปเปอร์จะเป็นสีชมพูอ่อนซึ่งทำให้การแปลผลยากขึ้น

5.3.9 เมื่อดีเวลลอปเปอร์แห้งให้สังเกตการเปลี่ยนสีหรือการเรืองแสงของดีเวลลอปเปอร์ที่เกิดจากการดูดซับเพนิแทรนต์ออกจากรอยบกพร่อง และพิจารณารอยบ่งชี้ที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากรอยบกพร่องจริงหรือเป็นรอยบ่งชี้แปลกปลอม โดยควรสังเกตจุดเริ่มต้นและการเกิดภาพของรอยบ่งชี้เพื่อประกอบการพิจารณาว่ารอยบ่งชี้ที่ตรวจพบเป็นรอยบ่งชี้ชนิดใด การแปลผลการทดสอบให้กระทำภายหลังพ่นดีเวลลอปเปอร์อย่างน้อย 7 นาที และไม่เกิน 60 นาที

5.3.10 การทำความสะอาดภายหลังการทดสอบจะกระทำหลังจากการประเมินและทำเอกสารเสร็จสิ้นโดยใช้กระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วน

6. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)

ใบสั่งเทคนิคการทำงาน คือวิธีการเตรียมการทดสอบที่จัดเตรียมขึ้นอย่างถูกหลักการทางเทคนิคการทดสอบโลหะวิทยา และรูปร่างของรอยเชื่อม เมื่อทำตามใบสั่งเทคนิคการทำงานนี้แล้วจะต้องสามารถทดสอบหารอยบกพร่องให้พบ โดยให้ระบุรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 หมายเลข ชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน ชื่อโครงการ เจ้าของโครงการ วัน-เดือน-ปีที่ออกใบสั่งทางเทคนิค

6.2 แบบหรือภาพสเกตแสดงรายละเอียด รูปร่าง พิกัดขนาดในการออกแบบรอยเชื่อม

6.3 สภาพของพื้นผิวที่จะทดสอบ

6.4 ผู้ผลิตและชนิดของสารแทรกซึม

6.6 กรรมวิธีการใช้สารแทรกซึมตรวจสอบ

6.7 แบบรายงานผลการทดสอบ

6.8 ชื่อผู้ตรวจสอบและชื่อผู้ทำรายงานผลการตรวจสอบ

7. เกณฑ์การยอมรับ

7.1 รอยบ่งชี้ที่ไม่นำมาพิจารณาประเมินผล (Nonrelevant Indication) คือรอยบ่งชี้ที่มีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร โดยวัดในทิศทางที่มากที่สุด

7.2 รอยบ่งชี้ที่นำ มาพิจารณาประเมินผล (Relevant Indication) คือรอยบ่งชี้ที่มีขนาดวัดในทิศทางที่กว้างหรือยาวมากที่สุด มากกว่า 1.6 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

7.2.1 รอยบ่งชี้รูปร่างกลม (Round Indication) คือ รอยบ่งชี้ที่มีความยาวน้อยกว่า 3 เท่าของความกว้าง

7.2.2 รอยบ่งชี้รูปร่างยาว (Linear Indication) คือ รอยบ่งชี้ที่มีความยาวมากกว่า หรือเท่ากับ 3 เท่าของความกว้าง

7.3 เกณฑ์การตัดสินรอยเชื่อม รอยเชื่อมที่ผ่านการทดสอบต้องปราศจาก

7.3.1 รอยร้าวหรือรอยบ่งชี้รูปร่างยาว

7.3.2 รอยบ่งชี้รูปร่างกลม ที่มีขนาดมากกว่า 4.8 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว)

7.3.3 รอยบ่งชี้รูปร่างกลมที่เรียงเป็นแนว (ไม่ต่อเนื่องถึงกัน) ตั้งแต่ 4 ตำแหน่งขึ้นไป โดยที่ระยะห่างจากขอบถึงขอบของแต่ละรอยบ่งชี้ห่างกันต้องไม่ต่ำกว่า 1.6 มิลลิเมตร (1/16 นิ้ว)

8. บันทึกผลและรายงานผลการทดสอบ

8.1 ผู้ทดสอบต้องทำเครื่องหมายด้วยปากกาสีที่ไม่ละลายน้ำและทนความร้อนลงบนพื้นผิวชิ้นงานในตำแหน่งที่ทดสอบพบรอยบกพร่องเพื่อความสะดวกในการซ่อม

8.2 การบันทึกรอยบ่งชี้จากการทดสอบ ให้บันทึกด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกัน เช่น การเขียนหรือพิมพ์บรรยายลักษณะรอยบ่งชี้ สเกตภาพรอยบ่งชี้ ภาพถ่าย เป็นต้น

8.3 ผู้ตรวจสอบต้องบันทึกผลและทำรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม โดยมีตัวอย่างในรายงานผลการตรวจสอบตามแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1564 ในภาคผนวก 1

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 มาตรฐานงานช่าง มยธ.(ท) 804-2544 มาตรฐานวิธีทดสอบด้วยสารแทรกซึม (Standard Method for Liquid Penetrant Examination) กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย

9.2 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers ASME Boiler and Pressure Code, Section V, An International Code, Non Destructive Examination, July 1,2004 Edition, Printed in the United States of America.

9.3 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers ASME Boiler and Pressure Code, Section VIII, Division 1, An International Code, Non Destructive Examination, July 1, 2004 Edition, Printed in the United States of America.

9.4 มาตรฐาน American Welding Society AWS D1.1/D1.1M:2006: Structural Welding Code – Steel, An American National Standard, Printed in the United States of America, Reprinted March 2006.

9.5 มาตรฐาน British Standard BS EN 571-1: 1997 Non-destructive Testing- Penetrant Testing, Part 1. General Principles.

9.6 มาตรฐาน International Organization for Standardization EN ISO 3452: Non-Destructive Testing-Penetrant Inspection – General Principles.

9.7 มาตรฐาน International Organization for Standardization ISO 23277: Non-destructive Testing of Welds- Penetrant Testing of Welds-Acceptance Levels.

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีทดสอบด้วยสารแทรกซึม

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1564 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม

(หน่วยงานที่ทดสอบ)	**รายงานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีทดสอบด้วยสารแทรกซึม**	**บฟ.มยผ. 1564**
	รายงานเลขที่.....	หน้า……..
	วันที่ทดสอบ ……..……..	…….

ชื่อโครงการ :	ทะเบียนทดสอบ :
สถานที่ก่อสร้าง :	ผู้รับจ้าง :
เกณฑ์การยอมรับอื่นๆ ที่ใช้ร่วม :	
สภาวะการทดสอบ : ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน	
สภาพผิวที่ทดสอบ : ☐ รอยเชื่อม ☐ บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ☐ อื่นๆ.....	
วิธีการเตรียมผิวงาน : ☐ ผิวรอยเชื่อม ☐ ขัด/ปัดด้วยแปรง ☐ ขัดด้วยเครื่องขัด ☐ พ่นทราย ☐ อื่นๆ.....	
ชนิดของสารแทรกซึม : ☐ แบบมองเห็นด้วยแสงสว่าง ☐ แบบเรืองแสง	
Solvent Cleaner / Remover : ผู้ผลิต.....รุ่น.....	
Solvent Removable Penetrant : ผู้ผลิต.....รุ่น.....	
Nonaqueous Wet Developer : ผู้ผลิต.....รุ่น.....	

รูปภาพหรือภาพสเกต ☐ มี (ตามเอกสารแนบท้าย) ☐ ไม่มี

ตำแหน่ง/รหัสชิ้นงาน	รอยบ่งชี้	ขนาด	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ

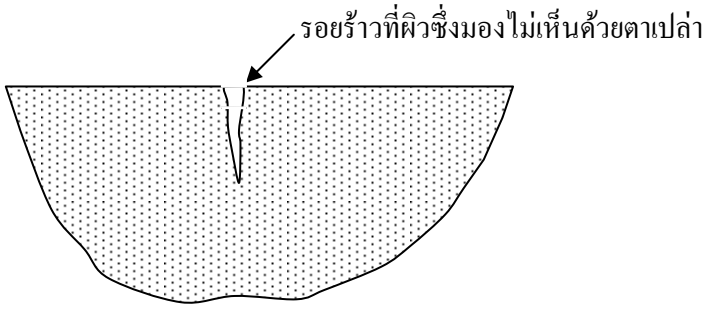
ผลการตัดสิน: ☐ สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ ไม่สอดคล้องกับมาตรฐาน ☐ หมายเหตุ (ระบุ).....

ขอรับรองว่าข้อมูลบันทึกทั้งหมดถูกต้องโดยงานเชื่อมและงานการตรวจสอบปฏิบัติตามมาตรฐาน มยผ. 1564-51

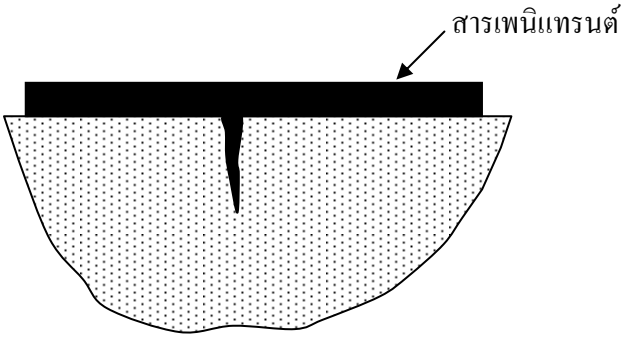
	ผู้ปฏิบัติงาน	**ผู้ตรวจสอบ**	**ผู้อนุมัติ**
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็นต์)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ภาคผนวก 2 ขั้นตอนการทดสอบรอยเชื่อมด้วยสารแทรกซึม

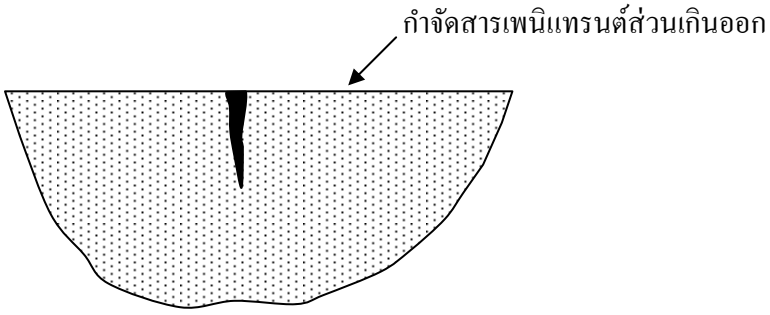
การทดสอบรอยเชื่อมด้วยสารแทรกซึมมีขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 4 ดังนี้



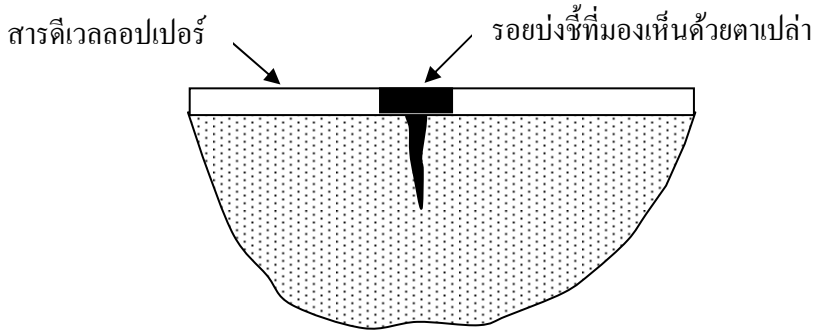
รูปที่ 1 การทำความสะอาดผิวที่จะทดสอบ



รูปที่ 2 การพ่นหรือทาสารเพนิแทรนต์



รูปที่ 3 การกำจัดสารเพนิแทรนต์ส่วนเกินออก



รูปที่ 4 การพ่นหรือทาสารดีเวลลอปเปอร์

มยผ. 1565-51

มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี

(Standard for Weldment Examination in Steel Structure with Radiographic Testing Method)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานวิธีการตรวจสอบนี้ใช้สำหรับทดสอบรอยเชื่อมของโครงเหล็กรูปพรรณด้วยรังสีสำหรับรอยเชื่อมที่เป็นส่วนประกอบของงานโครงเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน และท่อชนิดต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้เพื่อหารอยบกพร่องใด ๆ ที่อยู่ในรอยเชื่อมและส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็ก ทั้งรอยบกพร่องที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมสร้าง การเชื่อมซ่อม การเกิดขึ้นโดยสาเหตุจากการใช้งาน การทดสอบเมื่อครบวาระ

1.3 มาตรฐานนี้ระบุเกณฑ์การพิจารณาการยอมรับความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อม ข้อกำหนดในกระบวนวิธีการทดสอบด้วยรังสีสำหรับรอยเชื่อมในงานโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

1.4 มาตรฐานนี้จะใช้ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.4.1 เหล็กโครงสร้างที่ระบุค่าหน่วยแรงดึงคลากขั้นต่ำไม่เกินกว่า 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

1.4.2 เหล็กโครงสร้างต้องมีความหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว) ขึ้นไป

1.4.3 ไม่ใช้กับระบบท่อและถังที่มีความดัน

1.4.4 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"การทดสอบด้วยรังสี (Radiographic Testing)" หมายถึง การฉายรังสีผ่านทะลุเนื้อโลหะและแนวเชื่อมเข้าไปหาฟิล์ม ปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบและทำปฏิกริยาบนฟิล์มขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีของโลหะและรอยบกพร่อง รอยบกพร่องที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าเนื้อโลหะ จะปรากฏอยู่ในฟิล์มเป็นบริเวณที่มีความเข้มสูง

"การฉายรังสีแบบพาโนรามิก (Panoramic Exposure)" หมายถึง วิธีการถ่ายภาพรังสีโดยถ่ายวัตถุหลายวัตถุพร้อมกันในครั้งเดียว หรือการถ่ายภาพวัตถุรูปทรงกระบอกโดยรอบตามแนวเส้นรอบวงภายใต้แหล่งกำเนิดรังสีซึ่งกระจายทุกทิศทาง

"การเชื่อม (Weld)" หมายถึง การประสานให้ชิ้นส่วนโลหะหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันบริเวณรอยต่อชิ้นงานที่ต้องการให้ประสานติดกัน

“เกรน (Graininess)” หมายถึง ลักษณะเนื้อฟิล์มที่เห็นภายหลังจากการถ่ายภาพทางรังสี ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซิลเวอร์แฮไลด์ (Silver Halide) เป็นโลหะเงิน (Metallic Silver) บนแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับพลังงานรังสีมากเพียงพอ

“ความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity)” หมายถึง สิ่งผิดปกติใดๆ ที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมหรือบริเวณรอบๆ รอยเชื่อม ซึ่งอาจจะยอมรับได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับเกณฑ์การตัดสิน

“โครงสร้างเหล็ก (Steel Structure)” หมายถึง โครงสร้างที่ประกอบจากเหล็กรูปพรรณที่มีภาคตัดกลวงหรือตัน ท่อที่มีค่าหน่วยแรงดึงคลากไม่เกิน 690 เมกาปาสกาล (7036 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) และมีความหนาในทุกส่วนภาคตัดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

“ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสี (Image Quality Indicator: IQI)” หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสี อาจเป็นชนิดเส้นลวด (Wire Type) หรือชนิดรู (Hole Type) ก็ได้ โดยไม่ให้ใช้เพื่อตัดสินหรือประเมินขนาดของรอยบกพร่องตามเกณฑ์การตรวจวัดที่กำหนดในมาตรฐานนี้

“ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive Element)” หมายถึง ธาตุพลังงานสูงกลุ่มหนึ่งที่สามารถแผ่รังสี แล้วกลายเป็นอะตอมของธาตุใหม่ได้ สำหรับมาตรฐานนี้หมายถึงสารซึ่งใช้เป็นแหล่งกำเนิดของรังสีที่ใช้ในการทดสอบ

“บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone)” หมายถึง บริเวณข้างรอยเชื่อมที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนของรอยเชื่อมจากการนำความร้อน อาจทำให้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุที่เชื่อมตรงบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลง

“ใบรายงานการตรวจสอบ (Inspection Report)” หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการทดสอบพร้อมด้วยผลการทดสอบ

“ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)” หมายถึง เอกสารที่ระบุวิธีการทดสอบที่กำหนดขึ้นเฉพาะโครงสร้าง หรือเฉพาะรอยเชื่อมต่อใดในโครงสร้างที่กำหนด ซึ่งต้องระบุรายละเอียดครบถ้วนตามที่มาตรฐานนี้กำหนด

“ผู้ตรวจสอบ (Operator)” หมายถึง ผู้ทำการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี

“ผู้อนุมัติ (Approved by)” หมายถึง ผู้มีอำนาจลงนามแทนนิติบุคคลที่ได้รับใบรับรองจากกรมโยธาธิการ

“พีนีเตรมิเตอร์ (Penetrameter)” หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถในการทะลุทะลวง (Penetrating Power) ของการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

“รอยบกพร่อง (Defect)” หมายถึง การเกิดรอยแยกหรือโพรงช่องว่างในรอยเชื่อม ทำให้เนื้อโลหะไม่ต่อเนื่องถึงกันและมีขนาดเกินกว่าที่จะยอมรับได้ตามที่กำหนดในมาตรฐานนี้ไม่รวมถึงรอยบกพร่องทางโลหะวิทยา และรอยบกพร่องทางมิติ

“รอยบ่งชี้ (Indication)” หมายถึง สิ่งที่แสดงออกให้เห็นบนแผ่นฟิล์มสิ่งนั้นอาจจะเกิดจากรอยบกพร่องหรือไม่ก็ได้ สำหรับการทดสอบด้วยวิธีนี้จะหมายถึง บริเวณที่มีความเข้มของฟิล์มแตกต่างจากบริเวณข้างเคียงโดยรอบ

“รอยบ่งชี้แปลกปลอม (False Indication)” หมายถึง สิ่งที่ปรากฏซึ่งไม่ใช้รอยบกพร่องจริงโดยอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น สนิม ความสกปรก สะเก็ดสนิมของเหล็ก สแลกเชื่อม ฯลฯ ที่ทำให้เห็นเหมือนรอยบกพร่อง

“รอยเชื่อม (Weld Bead)” หมายถึง รอยต่อที่เกิดจากการเชื่อม

“โลหะงาน (Base Metal)” หมายถึง โลหะซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้าง

“วิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction)” หมายถึง วิธีการทำการทดสอบ ซึ่งจะบอกวิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติการทดสอบ

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐาน ASTM E94 - 04 Standard Guide for Radiographic Examination.

3.2 มาตรฐาน ASTM E747: Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology.

3.3 มาตรฐาน ASTM E1025: Standard Practice for Design, Manufacture, and Material Grouping Classification of Hole-Type Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology.

4. ใบสั่งเทคนิคการทำงาน (Written Procedure)

ใบสั่งเทคนิคการทำงาน คือ วิธีการเตรียมการทดสอบให้ถูกต้องตามหลักการทางเทคนิค การทดสอบโลหะวิทยาและรูปร่างรอยเชื่อม เมื่อทำตามใบสั่ง เทคนิคการทำงานนี้แล้วจะต้องสามารถหารอยบกพร่องให้พบโดยให้ระบุรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 หมายเลขและชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน ชื่อโครงการ และเจ้าของโครงการ

4.2 ลักษณะของรอยเชื่อม ชนิดของวัสดุและความหนา

4.3 ชนิดของธาตุกัมมันตรังสี (Isotope) หรือ ความต่างศักย์ที่ใช้ในการกำหนดรังสีเอกซ์ (X-Ray Voltage)

4.4 ระยะทางต่ำสุดจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงผิวงานด้านรังสี

4.5 ระยะทางสูงสุดจากผิวงานด้านรังสีถึงฟิล์ม

4.6 ขนาดของแหล่งกำเนิดรังสีสูงสุดที่ใช้

4.7 ผู้ผลิตและชนิดของฟิล์มที่ใช้

4.8 ฉากเพิ่มความไวที่ใช้ (Intensify Screen)

4.9 เทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมม่า หรือรังสีเอกซ์

4.10 อุปกรณ์เครื่องมือที่จะใช้ในการฉายรังสีและป้องกันอันตรายจากรังสี

4.11 สภาพของพื้นผิวที่จะทดสอบ

4.12 แบบรายงานผลการทดสอบ

4.13 ชื่อผู้ตรวจสอบและชื่อผู้ทำรายงานผลการตรวจสอบ

5. เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบ (Equipment Used)

5.1 แหล่งกำเนิดรังสี

เครื่องกำเนิดสำหรับการถ่ายภาพทางอุตสาหกรรมที่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดรังสี มี 2 ชนิด คือ

5.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ มีหลอดเอกซ์เรย์ เป็นเครื่องมือกำเนิดรังสีเอกซ์

5.1.2 แหล่งกำเนิดรังสีแกมม่า ซึ่งอาจได้จากธาตุกัมมันตรังสีชนิดอิริเดียม-192 (Ir-192) หรือ โคบอลท์-60 (Co-60)

5.2 ฟิล์มสำหรับภาพถ่ายด้วยรังสี

ฟิล์มที่ใช้เป็นฟิล์มภาพถ่ายด้วยรังสีจะเป็นฟิล์มถ่ายภาพทางอุตสาหกรรม (Industrial Radiographic Film) ซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ASTM E94 และสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

5.2.1 ฟิล์มประเภทที่ 1 (Type I) เป็นฟิล์มชนิดความไวต่ำ ความแตกต่างของค่าความเข้มของฟิล์มสูงมาก เกรนละเอียดมาก (Low Speed, Very High Contrast, Very Low Graininess)

5.2.2 ฟิล์มประเภทที่ 2 (Type II) เป็นฟิล์มชนิดความไวปานกลาง ความแตกต่างของค่าความเข้มของฟิล์มสูง เกรนละเอียด (Medium Speed, High Contrast, Low Graininess)

5.2.3 ฟิล์มประเภทที่ 3 (Type III) เป็นฟิล์มชนิดความไวสูง ความแตกต่างของค่าความเข้มของฟิล์มปานกลาง เกรนหยาบ (High Speed, Medium Contrast, High Graininess)

5.3 ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสี (Image Quality Indicator: IQI) หรือพีนีเตรมิเตอร์ (Penetrameter)

ให้ใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสี (IQI) ชนิดรู (Hole Type) หรือชนิดเส้นลวด (Wire Type) ก็ได้ โดยผลิตตามข้อกำหนดในภาคผนวก 3 รูปที่ 1 สำหรับ IQI ชนิดรู หรือ ตามภาคผนวก 3 รูปที่ 2 สำหรับ IQI ชนิดเส้นลวด

5.4 ฉากเพิ่มความไว (Intensifying Screen)

ให้ใช้ฉากเพิ่มความไวชนิดตะกั่ว โดยให้สัมผัสกับฟิล์มโดยตรง ฉากเพิ่มความไวเหล่านี้ ต้องปราศจากฝุ่น รอยขีดข่วน รู และผิวออกไซด์ ความหนาของฉากเพิ่มความไวตะกั่วตามตารางที่ 1 ในภาคผนวก 2 ในกรณีที่ต้องการใช้ฉากเพิ่มความไวชนิดอื่นให้เป็นไปตามใบสั่งเทคนิคการทำงาน

5.5 เซฟไลท์ (Safelight)

เซฟไลท์ (Safelight) เป็นอุปกรณ์ในห้องมืด การปฏิบัติเกี่ยวกับฟิล์มต้องอยู่ภายใต้สภาพเซฟไลท์ตามข้อแนะนำของผู้ผลิตฟิล์ม

5.6 อุปกรณ์อ่านภาพถ่ายด้วยรังสี (Viewing Facility)

อุปกรณ์อ่านภาพถ่ายด้วยรังสีต้องสามารถปรับความสว่างได้ และมีความเข้มของแสงสว่างพอสำหรับขอบเขตค่าความเข้มที่กำหนด สถานที่อ่านภาพถ่ายด้วยรังสีควรอยู่ในที่มืด สำหรับแสงสว่างที่ไม่พึงประสงค์ที่ออกจากอุปกรณ์อ่านภาพถ่ายด้วยรังสี ต้องมีหน้ากากปิดบังไว้อย่างมิดชิด

5.7 เครื่องมือวัดความเข้มของภาพถ่ายด้วยรังสี

เครื่องมือวัดความเข้มของภาพถ่ายด้วยรังสี ต้องปรับเทียบและรับรองความเที่ยงตรงด้วยแผ่นภาพถ่ายด้วยรังสีของชิ้นงานขั้นบันได (Calibrated Step Wedge Film) ที่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานสากล โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกินร้อยละ ± 0.05 ของค่าจริง

6. การปฏิบัติการทดสอบ

6.1 ก่อนการทดสอบ ต้องมีใบสั่งเทคนิคการทำงานซึ่งมีรายละเอียดตามหัวข้อ 4 ให้ผู้ปฏิบัติการตรวจสอบรอยเชื่อม

6.2 การเตรียมผิวชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ

6.2.1 ผิวชิ้นงานที่จะทดสอบต้องสะอาด ปราศจากสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการทดสอบบนภาพถ่ายด้วยรังสีได้ เช่น เม็ดโลหะ (Spatter) รอยเชื่อมช่วยยึดชั่วคราว แผ่นสนิม รอยขีดข่วนซึ่งทำให้ผิวขรุขระ เป็นต้น

6.2.2 ต้องกำจัดรอยเชื่อมที่ไม่สม่ำเสมอหรือรอยคลื่นทั้งด้านใน (ซึ่งสามารถเข้าไปถึงได้) และด้านนอกด้วยกระบวนการที่เหมาะสม จนกระทั่งถึงระดับที่ไม่สามารถสร้างความสับสนต่อภาพปรากฏของข้อบกพร่องในภาพถ่ายด้วยรังสี

6.3 กรรมวิธีการถ่ายภาพรังสี

6.3.1 กรรมวิธีการถ่ายภาพรังสีต้องเลือกใช้จากแหล่งกำเนิดรังสีชนิดเดียวจากรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมม่า ความคมชัดของภาพรังสี กำหนดให้ตัดสินจากความกระจ่างของภาพถ่ายรังสีของพีนีเตรมิเตอร์ (Penetrameter) สำหรับเทคนิคการถ่ายภาพรังสีและเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ต้องสามารถทำให้ภาพปรากฏขนาดของเส้นลวดเป้าหมายหรือรูเป้าหมายของพีนีเตรมิเตอร์มีความชัดเจนเพียงพอ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 และ 3 ในภาคผนวก 2 และรูปที่ 1 และ 2 ในภาคผนวก 3 นอกจากนี้ข้อมูลจำเพาะของฟิล์มและชิ้นงานต้องปรากฏอย่างชัดเจนในภาพถ่ายรังสี

6.3.2 การทดสอบด้วยการถ่ายภาพรังสีต้องปฏิบัติการตามข้อกำหนดของมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งานเกี่ยวกับรังสีตามพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504 และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง

6.3.3 ในกรณีที่ต้องการให้กำจัดโลหะเชื่อมส่วนเกิน (Weld Reinforcement) ต้องเตรียมผิวทดสอบด้วยวิธีการขัดผิว (Grinding) หน้างานเชื่อมอื่นๆ อาจไม่จำเป็นต้องขัดผิว หรือทำให้ผิวเรียบเพื่อการ

ถ่ายภาพรังสี ยกเว้นในกรณีที่ผิวหน้างานที่ขรุขระหรือบริเวณรอยต่อกันระหว่างแนวเชื่อมและโลหะชิ้นงานอาจทำให้เกิดความสับสนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่ตรวจพบจากภาพถ่ายรังสี

6.3.4 ต้องกำจัดแผ่นต่อ (Tabs)[1] ที่ขอบโลหะงาน ออกก่อนได้รับการตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสี

6.3.5 กรณีใช้แผ่นรองหลังรอยเชื่อม ให้กำจัดแผ่นเหล็กรองหลังออก และต้องตกแต่งผิวให้ราบเรียบก่อนปฏิบัติการถ่ายภาพรังสีด้วยวิธีการขัดผิว (Grinding)

6.3.6 ในกรณีมิได้กำหนดให้กำจัดโลหะเชื่อมส่วนเกินของรอยเชื่อม และ/หรือ แผ่นรองหลัง กำหนดให้ใช้แผ่นรองเสริมขนาดความหนาอย่างน้อย 3.2 มิลลิเมตร วางในตำแหน่งภายใต้พีนีเตรมิเตอร์ โดยให้ความหนารวมของเหล็กในตำแหน่งระหว่างพีนีเตรมิเตอร์ถึงฟิล์ม มีค่าประมาณเท่ากับความหนาของงานเชื่อมซึ่งวัดค่าในบริเวณโลหะเชื่อมส่วนเกินและแผ่นรองหลัง

6.3.7 ฟิล์มถ่ายภาพรังสีกำหนดให้ใช้ประเภทที่ 1 หรือประเภทที่ 2 ตามข้อ 5.2 และกำหนดให้ใช้ฉากเพิ่มความไวชนิดตะกั่ว ไม่อนุญาตให้ใช้งานฉากเพิ่มความไวชนิดเรืองแสง

6.3.8 เทคนิคการถ่ายภาพรังสีเทคนิคการถ่ายภาพรังสีต้องกระทำด้วยแหล่งกำเนิดรังสีแหล่งเดียวโดยตำแหน่งศูนย์กลางของการฉายรังสีตรวจสอบ ต้องใกล้เคียงความยาว และความกว้างของงานเชื่อมที่ทำการตรวจสอบมากที่สุดเท่าที่สามารถเป็นไปได้ โดย

6.3.8.1 ความไม่คมชัดทางรูปทรงเรขาคณิต (Geometric Unsharpness) ให้ใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมม่า (โดยทั่วไปไม่ต้องคำนึงถึงขนาด) ซึ่งมีความสามารถเป็นไปตามเกณฑ์ความไม่คมชัดทางรูปทรงเรขาคณิตตามมาตรฐาน ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V, Article 2. หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า

6.3.8.2 ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงชิ้นงาน ต้องไม่น้อยกว่าระยะความยาวทั้งหมดของฟิล์มที่ดำเนินการฉายรังสีในระนาบเดียว ยกเว้นกรณีการฉายรังสีแบบพาโนรามิก (Panoramic Exposures)

6.3.8.3 ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดถึงชิ้นงานต้องไม่น้อยกว่า 7 เท่าของผลรวมของความหนาของแนวเชื่อมที่ โลหะเชื่อมส่วนเกินและแผ่นรองหลัง โดยต้องให้รังสีทะลุผ่านส่วนต่างๆ ของรอยเชื่อมและแสดงภาพถ่ายรังสีในมุมมากกว่าหรือเท่ากับ 26.5 องศา จากเส้นปกติ (Normal Line) ที่ผิวหน้าของงานเชื่อม

6.3.9 อุปกรณ์ถ่ายภาพรังสีเอกซ์

ให้ใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพรังสีเอกซ์ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 600 kVp และอิริเดียม-192 ซึ่งมีความสามารถของการทะลุทะลวงเพียงพอเป็นแหล่งกำเนิดรังสี กรณีใช้โคบอลต์-60 เป็น

[1] แผ่นต่อ (Tabs) หมายถึง แผ่นโลหะซึ่งใช้บริเวณปลายชิ้นงานเชื่อมเพื่อให้ทำการเชื่อมเลยออกไปที่แผ่นต่อ และตัดออกในภายหลัง เพื่อช่วยให้รอยเชื่อมบริเวณขอบได้ขนาดตามที่กำหนด

แหล่งกำเนิดรังสี ให้ใช้เฉพาะต้องการถ่ายภาพรังสีเหล็กกล้าที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 65 มิลลิเมตร (2.5 นิ้ว)

6.3.10 การเลือกใช้และวางตำแหน่ง IQI การเลือกใช้และวางตำแหน่ง IQI แสดงไว้ในตารางที่ 4 ในภาคผนวก 2

6.3.11 เทคนิคการถ่ายภาพ ให้ถ่ายภาพรังสีและทำดัชนีของฟิล์มด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ตรวจสอบรอยต่อได้อย่างสมบูรณ์และมีความต่อเนื่องภายในขอบเขตที่กำหนดให้ตรวจสอบ กรณีฟิล์มสั้นฉากสั้น การตัดขอบแนวเชื่อมที่มากเกินไปเนื่องจากการกระจายของรังสี (Excessive Undercut by Scattered Radiation) หรือกรรมวิธีอื่น ๆ ที่บดบังแนวเชื่อมบางส่วน หรือทั้งหมด ให้ถือว่าภาพถ่ายรังสีดังกล่าวไม่สามารถใช้ตัดสินผลได้

6.3.12 ฟิล์มต้องมีความยาวเพียงพอ และต้องวางฟิล์ม ณ ตำแหน่งเพื่อการถ่ายภาพรังสีโดยตรงกับทิศทางการฉายรังสีจากแหล่งกำเนิด โดยกำหนดให้ยื่นขอบฟิล์มที่เกินแนวขอบรอยเชื่อมอย่างน้อย 12 มิลลิเมตร

6.3.13 แนวเชื่อมที่มีความยาวกว่า 350 มิลลิเมตร (14 นิ้ว) ต้องปฏิบัติการถ่ายภาพรังสีโดยให้ซองบรรจุฟิล์มวางซ้อนเกยกัน และใช้การถ่ายภาพรังสีแบบเดี่ยว หรือโดยใช้ซองบรรจุฟิล์มเดียว และแบ่งแยกกันการถ่ายภาพรังสีให้เป็นตามข้อกำหนดที่ 6.3.8

6.3.14 การตรวจสอบปริมาณรังสีสะท้อนกลับให้ใช้ตัวหนังสือตะกั่วตัวอักษร B ขนาดความสูง 13 มิลลิเมตร และความหนา 1.6 มิลลิเมตร วางตำแหน่งด้านหลังของซองบรรจุฟิล์ม ถ้าปรากฏภาพตัวอักษร B บนภาพถ่ายรังสี ให้ถือว่าภาพถ่ายรังสีดังกล่าวไม่สามารถใช้ตัดสินผลได้

6.3.15 แผ่นฟิล์มต้องกว้างมากพอที่จะสามารถเก็บรายละเอียดในพื้นที่เป้าหมายของงานเชื่อมรวมทั้งบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone) โดยต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับพีนีเตรมิเตอร์และลักษณะจำเพาะของฟิล์ม โดยไม่ล่วงล้ำเข้าไปในพื้นที่เป้าหมายของงานเชื่อมในภาพถ่ายรังสี

6.3.16 คุณภาพของภาพรังสี กำหนดให้ภาพถ่ายรังสีทั้งหมดจะต้องปราศจากรอยมลทินเนื่องจากทางกลทางปฏิกิริยาเคมี หรือลักษณะผิดพลาดอื่น ๆ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการปิดบังหรือสับสนต่อภาพปรากฏของลักษณะบกพร่องในขอบเขตของพื้นที่เป้าหมาย ลักษณะของการปิดบังมีดังนี้

ก. คราบหมอก

ข. ข้อบกพร่องจากการล้างฟิล์ม เช่น รอยเส้นพาดเป็นทาง คราบน้ำ หรือรอยด่างจากสารเคมี

ค. รอยขีดข่วน รอยนิ้วมือ รอยย่น รอยเปื้อน รอยจับยึด รอยด่าง หรือรอยฉีกขาด

ง. การสูญเสียรายละเอียดเนื่องจากความแนบสนิทระหว่างแผ่นฟิล์มและฉากไม่สมบูรณ์

จ. ลักษณะปรากฏที่ผิดพลาดซึ่งเป็นข้อบกพร่อง เนื่องจากฉากหรือข้อผิดพลาดภายใน

6.3.17 ขอบเขตของความเข้ม กำหนดความหมายของค่าความเข้มของฟิล์มในบริเวณพื้นที่ภาพปรากฏของพีนีเตรมิเตอร์ และบริเวณพื้นที่เป้าหมายต้องมีค่าความเข้มน้อยที่สุด 1.8 สำหรับการถ่ายภาพแบบฟิล์มเดี่ยวด้วยรังสีเอกซ์ และค่าความเข้มน้อยที่สุด 2.0 สำหรับการถ่ายภาพแบบฟิล์มด้วยรังสีแกมม่า กรณีถ่ายภาพรังสีแบบฟิล์มคู่ค่าความเข้มน้อยที่สุดมิให้ต่ำกว่า 2.6 โดยในแต่ละฟิล์มภาพถ่ายรังสีต้องมีค่าความเข้มไม่ต่ำกว่า 1.3 และกำหนดค่าความเข้มมากที่สุดให้ไม่เกิน 4.0 ทั้งแบบฟิล์มคู่และแบบฟิล์มเดี่ยว

6.3.18 การวัดค่าความเข้มของภาพรังสี (ค่าความเข้ม H&D) ความเข้ม H&Dในการถ่ายภาพรังสีกำหนดด้วยค่าความดำของฟิล์ม โดยหาค่าได้จากสมการดังนี้

$$D = \log I_o/I \qquad (1)$$

โดยที่

D คือ ค่าความเข้ม H&D (ในภาพถ่ายรังสี)

I_o คือ ค่าความเข้มที่กระทำต่อแผ่นฟิล์ม

I คือ ค่าความเข้มที่ทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

6.3.19 การถ่ายภาพรังสีชิ้นงานเชื่อมที่ความหนาแตกต่างกัน ถ้าอัตราส่วนของความหนาของชิ้นงานที่หนากว่าต่อชิ้นงานที่บางกว่ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3 ให้ใช้ค่าความเข้มของการถ่ายภาพรังสีแบบฟิล์มเดี่ยวเป็น 3.0 ถึง 4.0 สำหรับชิ้นงานที่บางกว่า ทั้งนี้ค่าความเข้มต่ำที่สุดให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ 6.3.17 นอกจากกรณีที่ได้กำหนดไว้ในสัญญาการจ้าง

6.3.20 ข้อมูลจำเพาะของภาพถ่ายรังสี (Identification Marks)

กำหนดให้วางรหัสของภาพถ่ายรังสี (Radiograph Identification Mark) และรหัสของชิ้นส่วน (Location Identification Marks)[1] ทั้งสองชิ้นที่ต่อเชื่อมกันบนชิ้นงานที่ทดสอบ โดยต้องให้ปรากฏชัดบนภาพถ่ายรังสี อาจใช้ตัวหนังสือหรือตัวเลขซึ่งทำจากตะกั่วเป็นตัวระบุข้อมูลดังกล่าว และอาจพิมพ์ข้อมูลเพิ่มเติมไว้ล่วงหน้าได้แต่ต้องห่างจากขอบรอยเชื่อมไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) หรืออาจจัดทำโดยวางตัวหนังสือตะกั่วไว้บนโลหะงานที่ทำการทดสอบ ข้อมูลจำเพาะของภาพถ่ายรังสีที่ต้องระบุในภาพถ่ายรังสี ได้แก่ เครื่องหมายของบริษัทผู้ผลิต เครื่องหมายของบริษัทตรวจสอบ หมายเลขของงานประกอบ รหัสของภาพถ่ายรังสี วันที่ถ่ายภาพรังสี และหมายเลขของงานการเชื่อมซ่อมแซม

[1] รหัสของชิ้นส่วน (Location Identification Marks) หมายถึง รหัสของชิ้นส่วนซึ่งใช้อ้างอิงในงานประกอบโครงสร้าง (Fabrication)

6.3.21 เทคนิคการถ่ายภาพ (Exposure Technique) การถ่ายภาพด้วยรังสีแบ่งเป็นวิธีการต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

6..3.21.1 วิธีการแบบผนังเดียวและถ่ายภาพผนังเดียว (Single Wall Technique with Single Wall Viewing) โดยแหล่งกำเนิดรังสีวางด้านในท่อ และฟิล์มวางอยู่ภายนอกท่อ ควรถ่ายภาพอย่างน้อย 3 ครั้ง และใช้วิธีการถ่ายภาพแบบพาโนรามิกได้กรณีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงชิ้นงานมากเพียงพอ การวางตำแหน่ง IQI ควรวางด้านแหล่งกำเนิดรังสี ถ้าวางไม่ได้สามารถวางด้านฟิล์มได้ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 7_ในภาคผนวก 4

6.3.21.2 วิธีการแบบผนังคู่แต่ถ่ายภาพผนังเดียว (Double Wall Technique with Single Wall Viewing) วิธีการนี้ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถใช้วิธีแบบผนังเดียวและถ่ายภาพแบบผนังเดียวได้ โดยวางแหล่งกำเนิดรังสีไว้ภายนอกท่อและวางฟิล์มอยู่ภายนอกท่อด้านตรงกันข้าม ให้ถ่ายภาพอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยวาง IQI ด้านฟิล์มดังรูปที่ 8 ในภาคผนวก 4

6.3.21.3 วิธีการแบบผนังคู่และถ่ายภาพผนังคู่ (Double Wall Technique with Double Wall Viewing) วิธีการนี้ใช้เมื่อท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร หรือขนาดเล็กกว่า โดยการจัดวางแหล่งกำเนิดรังสีและฟิล์มให้รังสีฉายทะลุผ่านผนัง 2 ชั้น วางแหล่งกำเนิดรังสีในแนวตั้งฉากกับท่อโดยให้ระยะห่างไม่น้อยกว่า 7 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ และลำรังสีเยื้องตั้งฉากกับแนวเชื่อมให้มุมที่กระทบบนฟิล์มเพียงพอจะเก็บภาพจากส่วนรอยเชื่อมทางด้านฟิล์มและด้านแหล่งกำเนิดรังสีที่แยกกันโดยรอยเชื่อมต้องไม่ทับและต้องถ่ายภาพทำมุม 90 องศาอย่างน้อย 2 ครั้ง ดังรูปที่ 9 ในภาคผนวก 4 สำหรับกรณีแนวเชื่อมทับกัน 2 แนวให้ถ่ายภาพอย่างน้อย 3 ครั้งโดยทำมุมประมาณ 60 องศา การถ่ายภาพทั้งสองกรณีให้วาง IQI อยู่บนชิ้นงานด้านแหล่งกำเนิดรังสี ดังรูปที่ 10 ในภาคผนวก 4

6.3.22_การล้างฟิล์ม[1]

6.3.22.1 กระบวนการล้างฟิล์ม เป็นกระบวนการทำให้ภาพปรากฏเห็นบนแผ่นฟิล์มโดยปฏิกิริยาเคมี ซึ่งต้องกระทำให้ห้องมืด (Dark Room) น้ำยาเคมีที่ใช้ในการล้างฟิล์มจะต้องควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลา และความเข้มข้นของน้ำยาล้างฟิล์ม เพื่อให้ได้ภาพถ่ายที่มีคุณภาพ ซึ่งต้องปฏิบัติตามคู่มือแนะนำของผู้ผลิต

6.3.22.2 ขั้นตอนในการล้างฟิล์มจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยมีขั้นตอนดังนี้

[1] ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ล้างฟิล์มแบบอัตโนมัติ (Automatic Film Processor) ซึ่งสามารถใช้ในการล้างฟิล์มได้อย่างรวดเร็วและสะดวกมากขึ้น เมื่อเทียบกับแบบการล้างฟิล์มด้วยมือ (Manual Processing) ซึ่งมีรายละเอียดตามหัวข้อ 6.3.22.2 อย่างไรก็ตามจะต้องเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับชนิดของฟิล์มและควบคุมโดยปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต

(1) กระบวนการกำเนิดภาพ (Developing) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบเงินโบรไมด์ที่ถูกรังสีให้เป็นโลหะเงิน (Black Metallic Silver) ซึ่งมีสีดำโดยใช้น้ำยาเคมีที่เป็นด่าง

(2) กระบวนการหยุดภาพ (Stop Bath) เป็นกระบวนการทำให้ ดีเวลลอปเปอร์ (Developer) หยุดการทำปฏิกิริยาโดยใช้น้ำยาเคมีที่มีสภาพเป็นกรด น้ำยาหยุดภาพเป็นส่วนผสมระหว่างกรดอะซิติก (Acetic Acid) กับน้ำ หรือใช้น้ำธรรมดาให้ไหลผ่านฟิล์มก็จะเป็นการล้างน้ำยาเคมีออกจากฟิล์ม

(3) กระบวนการการยึดภาพ (Fixing) เป็นกระบวนการชะล้างผลึกเงินโบรไมด์ที่ไม่ได้ถูกรังสีออกจากแผ่นฟิล์มใช้น้ำยาเคมีที่เป็นกรด นอกจากนี้น้ำยาฟิกเซอร์ (Fixer) ยังช่วยทำให้เจลาตินในฟิล์มอยู่ตัว (Harden) และช่วยทำให้ดีเวลลอปเปอร์ที่ตกค้างอยู่มีสภาพเป็นกลาง

(4) กระบวนการทำความสะอาด (Washing) เป็นการล้างเอาสารเคมีที่ตกค้างอยู่ออกด้วยน้ำ

(5) กระบวนการลดแรงดึงผิว (Wetting Agent) เป็นการแช่ฟิล์มในน้ำยาเคมีที่ลดแรงตึงผิวของน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหยดน้ำเกาะบนฟิล์ม

(6) กระบวนการทำให้แห้ง (Drying) เป็นการผึ่งฟิล์มให้แห้งในอากาศที่ปราศจากฝุ่นภายในตู้อบฟิล์มที่มีพัดลมดูดอากาศหมุนเวียน

7. เกณฑ์การตัดสินและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ได้

7.1 งานเชื่อมที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีสำหรับการตรวจสอบ ต้องปราศจากลักษณะรอยบกพร่องที่เป็นข้อห้ามตามข้อกำหนด ถ้ารอยเชื่อมไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของเกณฑ์การยอมรับจะต้องซ่อมแซมให้เป็นไปตามข้อกำหนดของเกณฑ์การยอมรับนี้ รอยบ่งชี้นอกเหนือจากรอยแตกจะประเมินตามหลักเกณฑ์ของลักษณะรอยบ่งชี้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

(1) รอยบ่งชี้แบบกลม (Rounded Discontinuities) หมายถึง รอยบ่งชี้ที่มีความยาวมากที่สุดไม่เกินสามเท่าของความกว้างในภาพถ่ายรังสีซึ่งอาจเป็นรูปกลม รูปวงรี รูปกรวย หรือรูปร่างไม่แน่นอน และอาจมีลักษณะเป็นหางยาว

(2) รอยบ่งชี้แบบยาว (Elongated Discontinuities) หมายถึง รอยบ่งชี้ที่มีความยาวมากสุดเกินสามเท่าของความกว้าง

7.2 เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมภาระสถิตที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ (Statically Loaded Nontubular Connections)

7.2.1 รอยบกพร่องที่ผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาต้องปราศจากรอยแตก ถ้าพบว่าเป็นรอยบกพร่องจะไม่ยอมรับภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) สำหรับรอยบกพร่องแบบยาว ต้องมีขนาดของรอยบกพร่องเกินกว่าขนาดใหญ่สุดที่ยอมให้ตามรูปที่ 11 ในภาคผนวกที่ 5

(2) ระยะห่างระหว่างจุดบกพร่อง (Clearance) มีระยะน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ตามรูปที่ 11 ในภาคผนวกที่ 5

(3) รอยบ่งชี้แบบกลมต้องมีขนาดใหญ่สุดเกินหนึ่งในสามของขนาดแนวเชื่อม (E/3 โดยที่ E หมายถึง ขนาดของรอยเชื่อม) หรือเกิน 6 มิลลิเมตร และกรณีชิ้นงานมีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตรรอยบ่งชี้แบบกลมขนาดใหญ่สุดเกิน 10 มิลลิเมตร โดยระยะห่างน้อยสุดระหว่างรอยบ่งชี้ที่พิจารณากับรอยบ่งชี้แบบกลมหรือแบบยาวที่ยอมรับได้ หรือ ขอบรอยเชื่อม หรือ จุดตัดรอยเชื่อมน้อยกว่าสามเท่าของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่สุดที่พิจารณา หรือ น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร

(4) กรณีรอยบ่งชี้แบบกลุ่ม (Isolated Discontinuities) เช่น กลุ่มของรอยบ่งชี้แบบกลมซึ่งมีผลรวมของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่สุดเกินขนาดใหญ่สุดของรอยบ่งชี้เดี่ยวที่ยอมให้ดังรูปที่ 11 ในภาคผนวก 5 หรือกรณีระยะห่างน้อยสุดระหว่างรอยบ่งชี้แบบกลุ่มที่พิจารณากับรอยบ่งชี้แบบกลุ่มอื่น หรือ รอยบ่งชี้แบบกลม หรือ ขอบรอยเชื่อม หรือ จุดตัดรอยเชื่อม น้อยกว่าสามเท่าของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่ที่สุดที่พิจารณา

(5) ผลรวมของรอยบกพร่องแบบเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่สุดน้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าเกินสองในสามของขนาดแนวเชื่อม (2E/3) หรือ มีค่าเกิน 10 มิลลิเมตรต่อรอยเชื่อมทุก 25 มิลลิเมตร ซึ่งข้อกำหนดนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับหัวข้อ (1) (2) และ (3)

(6) รอยบ่งชี้แบบเส้น (In-Line Discontinuities) ที่มีผลรวมของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่สุดเกินกว่าขนาดแนวเชื่อม (E) ต่อทุกรอยเชื่อมยาว 6 เท่าของขนาดแนวเชื่อม (6E) ในกรณีความยาวของแนวเชื่อมที่กำลังตรวจสอบน้อยกว่า 6 เท่าของขนาดแนวเชื่อมให้พิจารณาผลรวมของขนาดมากที่สุดที่ยอมให้ลดลงตามสัดส่วน

7.2.2 รูปที่ 12 และ รูปที่ 13 ในภาคผนวกที่ 5 แสดงและอธิบายถึงการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดที่ 7.2

7.3 เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมรับภาระแบบวัฏจักรที่ไม่ใช่รอยต่อท่อ (Cyclically Loaded Nontubular Connections)

รอยบกพร่องที่ผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาต้องปราศจากรอยแตก ถ้าพบว่าเป็นรอยบกพร่องจะไม่ยอมรับภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

7.3.1 แนวเชื่อมที่รับหน่วยแรงดึง สำหรับงานเชื่อมที่รับแรงดึง ภายใต้ภาระแรงกระทำแบบต่างๆ ขนาดใหญ่สุดของรอยบกพร่องแบบรูพรุนต่างๆ หรือรอยบกพร่องแบบขาดการหลอมละลาย

(Fusion Type Discontinuity) ต้องไม่เกิน 2 มิลลิเมตร หรือ ขนาดใหญ่สุดที่พบ และจะต้องไม่เกินขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่ที่สุดที่ยอมให้ B ดังแสดงในรูปที่ 14 ในภาคผนวกที่ 5 ระยะห่างน้อยสุดที่ยอมให้ได้ระหว่างรอยบกพร่องแบบรูพรุนหรือรอยบกพร่องแบบขาดการหลอมละลาย กับรอยบกพร่องในจุดอื่น หรือ ขอบ หรือแนวรูท (Root) ของจุดตัดของแนวเชื่อมปีก (Flange) และเอว (Web) จะต้องไม่น้อยกว่าระยะห่างระหว่างความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ C ตามรูปที่ 14 ในภาคผนวกที่ 5

7.3.2 แนวเชื่อมที่รับหน่วยแรงกด สำหรับการเชื่อมที่รับเฉพาะแรงกดเพียงอย่างเดียวและระบุไว้ในแบบงาน (Design Drawings) ขนาดใหญ่สุดของรอยบกพร่องแบบรูพรุน หรือรอยบกพร่องแบบขาดการหลอมละลายต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร หรือ ขนาดใหญ่สุดที่พบ และต้องไม่เกินขนาด B และระยะห่างระหว่างรอยบกพร่องที่พิจารณากับรอยบกพร่องที่อยู่ติดกันต้องไม่น้อยกว่าระยะห่างระหว่างความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ C ดังแสดงในรูปที่ 15 ในภาคผนวกที่ 5

7.3.3 รอยบกพร่องที่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ไม่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด 7.3.1 และ 7.3.2 รอยบกพร่องที่มีขนาดโตสุดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ไม่สามารถยอมรับได้กรณีผลรวมของขนาดมากที่สุดของรอยบกพร่องทั้งหมดเกิน 10 มิลลิเมตรต่อความยาวรอยเชื่อมทุก 25 มิลลิเมตร

7.3.4 ข้อจำกัดที่ถูกให้ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 14 และ 15 สำหรับขนาดงานเชื่อม 38 มิลลิเมตร สามารถประยุกต์ใช้กับงานเชื่อมที่มีขนาดใหญ่กว่า 38 มิลลิเมตร

7.4 เกณฑ์การยอมรับสำหรับรอยเชื่อมที่เป็นรอยต่อท่อ

7.4.1 รอยบกพร่องที่ผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาต้องปราศจากรอยแตก ถ้าพบว่าเป็นรอยบกพร่องจะไม่ยอมรับภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) รอยบ่งชี้แบบยาว ที่ซึ่งเกินขนาดใหญ่ที่สุดที่ยอมรับได้ ดังแสดงในรูปที่ 16 ถึง 20ในภาคผนวกที่ 5

(2) รอยบ่งชี้ที่อยู่ใกล้กันกว่าระยะห่างที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 16 ในภาคผนวกที่ 5

(3) ณ ตำแหน่งจุดตัดของแนวเชื่อมหรือรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงาน รอยบกพร่องที่ยอมรับได้ต้องเป็นตามเงื่อนไขดังนี้

(ก) สำหรับรอยเชื่อมแต่ละแนว ต้องเป็นตามข้อจำกัดดังแสดงในรูปที่ 16 ถึงรูปที่ 20 ในภาคผนวก 5

(ข) สำหรับจุดตัดของแนวเชื่อม ต้องเป็นตามข้อจำกัดดังแสดงในรูปที่ 16 รูปที่ 17 และรูปที่ 19 ในภาคผนวก 5 (สำหรับกรณี I และกรณี III)

(ค) สำหรับรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงานต้องเป็นตามข้อจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 18 และรูปที่ 20 ในภาคผนวก 5 (กรณี II และ กรณี IV)

(4) รอยบ่งชี้แบบกลุ่ม เช่น กลุ่มของรอยชี้บ่งแบบกลมที่มีผลรวมของขนาดมากที่สุดเกินกว่าขนาดที่ใหญ่ที่สุดของรอยบ่งชี้ ที่ยอมให้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 16 ถึง 20 ในภาคผนวกที่ 5 และระยะห่างน้อยสุดระหว่างรอยบ่งชี้ที่พิจารณาถึงรอยบ่งชี้กลุ่มอื่น หรือ รอยบ่งชี้แบบยาว หรือแบบกลม หรือ ขอบงาน หรือ ปลายของจุดต่อแนวเชื่อม มีขนาดน้อยกว่าสามเท่าของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่สุดที่พิจารณา

(5) ผลรวมของรอยบกพร่องแบบเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่สุดน้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าเกินสองในสามของขนาดแนวเชื่อม (2E/3) หรือ มีค่าเกิน 10 มิลลิเมตรต่อรอยเชื่อมทุก 25 มิลลิเมตร ซึ่งข้อกำหนดนี้จะไม่ขึ้นอยู่กับหัวข้อ (1) (2) และ (3)

(6) รอยบ่งชี้แบบเส้น (In-Line Discontinuities) ที่มีผลรวมของขนาดรอยบ่งชี้ใหญ่สุดเกินกว่าขนาดแนวเชื่อม (E) ต่อทุกรอยเชื่อมยาว 6 เท่าของขนาดแนวเชื่อม (6E) ในกรณีความยาวของแนวเชื่อมที่กำลังตรวจสอบน้อยกว่า 6 เท่าของขนาดแนวเชื่อมให้พิจารณาผลรวมของขนาดมากที่สุดที่ยอมให้ลดลงตามสัดส่วน

7.4.2 รูปที่ 12 และ รูปที่ 13 ในภาคผนวกที่ 5 อธิบายถึงการประยุกต์ใช้ข้อกำหนดที่ได้ให้ไว้ในหัวข้อ

8. การทดสอบงานใหม่ในพื้นที่ที่ต้องทำการซ่อมแซมแก้ไข

พื้นที่ในบริเวณที่ทำการซ่อมแซมแก้ไข ต้องกลมกลืนกับพื้นผิวบริเวณข้างเคียงโดยรอบ ซึ่งต้องปราศจากรอย บาก รอยแยก หรือลักษณะเป็นมุม และต้องได้รับการทดสอบใหม่ด้วยวิธีการถ่ายภาพทางรังสีและกรรมวิธีการทดสอบอื่นทั้งหมดที่กำหนดให้ทดสอบไว้ในครั้งแรกในพื้นที่ที่มีผลกระทบ

9. การรายงานผลการทดสอบ

9.1 ให้รายงานตามแบบฟอร์ม รายงานที่กำหนดให้ในภาคผนวก

9.2 ผู้ทดสอบทำเครื่องหมายลงด้วยปากกาสีที่ไม่ละลายน้ำ และทนความร้อนจากการซ่อมได้นานพอสมควรบนผิวงาน ในตำแหน่งที่ทดสอบพบรอยบกพร่อง ระบุความลึกและตำแหน่งของรอยบกพร่องเพื่อที่จะได้เห็นชัดเจน และทำการซ่อมโดยสะดวก

9.3 ผู้ตรวจสอบต้องบันทึกผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี ดังตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผล บฟ.มยผ.1565 ในภาคผนวก 1

10. เอกสารอ้างอิง

10.1 ขันติพล วัชรานาถและคณะ “ การตรวจสอบงานเชื่อม” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพมหานคร, 2535

10.2 มาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers ASME Boiler And Pressure Vessel Code, Section V, An International Code, Non Destructive Examination, July 1, 2004 Edition.

10.3 มาตรฐาน American Society of Testing and Materials. ASTM E142: Standard Method for Controlling Quality of Radiographic Testing

10.4 มาตรฐาน American Society of Testing and Materials. ASTM E1032: Standard Test Method for Radiographic Examination of Weldments.

10.5 มาตรฐาน American Society of Testing and Materials. ASTM E 1742-06, Standard Practice for Radiographic Examinations.

10.6 มาตรฐาน American Welding Society AWS D1.1/D1.1M-2006: Structural Welding Code – Steel.

10.7 มาตรฐาน British Standard BS EN 1435-1997: Non-Destructive Examination of Fusion Welds-RT Examination.

ภาคผนวก 1 ตัวอย่างแบบฟอร์มรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี

ตัวอย่างแบบฟอร์ม บฟ.มยผ.1565 สำหรับการรายงานผลการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี

(หน่วยงานที่ทดสอบ)	**รายงานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ ด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี**	**บฟ.มยผ. 1565**
	รายงานเลขที่.....	หน้า…….. ……..
	วันที่ทดสอบ ……..……..	

ชื่อโครงการ : ……..	ทะเบียนทดสอบ : ……
สถานที่ก่อสร้าง : ……	ผู้รับจ้าง : ……...
ชื่อรอยเชื่อม ..... ความยาว .....มม.	
ลักษณะของรอยเชื่อม : ☐ ต่อชน ☐ รอยเชื่อมมุม ☐ อื่นๆ.....	
สภาวะการทดสอบ : ☐ สร้างใหม่ ☐ การซ่อม ☐ ระหว่างใช้งาน	
รายละเอียดการทดสอบ:	
ระยะเวลาฉายรังสี: ..... ชั่วโมง .....นาที	ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงฟิล์ม ..... มม.
ต้นกำเนิดรังสี: ☐ อีรีเดียม 92 ☐ โคบอลต์ 60 ☐ อื่นๆ	
ความเข้มของภาพถ่ายรังสี	ชนิดและขนาดของ IQI ……
ขนาดของต้นกำเนิดรังสี	ปริมาณรังสี .....คูรี
ชนิดของฟิล์ม: แบบ ..... ขนาด	
กรรมวิธีล้างฟิล์ม: ☐ อัตโนมัติ ☐ มือ	
ความหนาฉากตะกั่วเพิ่มความไว: หน้า ..... หลัง	

รูปภาพหรือภาพสเกตแสดงตำแหน่งและข้อมูลของงานเชื่อม ☐ มี (ตามเอกสารแนบท้าย) ☐ ไม่มี

วันที่	**ตำแหน่งของงานเชื่อม**	**พื้นที่**	**การแปลความหมาย**		**การซ่อมแซม**		**หมายเหตุ**
			ยอมรับ	**ปฏิเสธ**	**ยอมรับ**	**ปฏิเสธ**	

ขอรับรองว่าข้อมูลบันทึกทั้งหมดถูกต้องโดยงานเชื่อมและงานการตรวจสอบปฏิบัติตามมาตรฐาน มยผ. 1565-51

	ผู้ปฏิบัติงาน	**ผู้ตรวจสอบ**	**ผู้อนุมัติ**
ชื่อ-สกุล (ลายเซ็นต์)			
ชื่อ-สกุล (ตัวบรรจง)			
วันที่			

ภาคผนวก 2 ตารางประกอบมาตรฐาน

ประกอบด้วยตารางดังนี้

ตารางที่ 1 ความหนาของฉากเพิ่มความไวชนิดตะกั่ว

ตารางที่ 2 การเลือกใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบรู (Hole Type IQI)

ตารางที่ 3 การเลือกใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบเส้น (Wire Type IQI)

ตารางที่ 4 การเลือกใช้และวางตำแหน่งตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสี (IQI)

ตารางที่ 1 ความหนาของฉากเพิ่มความไวตะกั่ว

(ข้อ 5.4)

ชนิดของรังสี	ความหนาของฉากเพิ่มความไวตะกั่วด้านหน้า (มม.)
รังสีเอกซ์ > 150 Kvp	$\geq$ 0.127 (0.005 นิ้ว)
รังสีแกมม่าชนิด Ir -192	$\geq$ 0.127 (0.005 นิ้ว)
รังสีแกมม่าชนิด Co-60	$\geq$ 0.127 (0.005 นิ้ว)

ที่มา : ASTM E1742-06

ตารางที่ 2 การเลือกใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบรู (Hole Type IQI)

(ข้อ 6.3.1, ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ขนาดตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบรู (Hole Type IQI)					
ช่วงความหนาของวัสดุที่ทดสอบ [1]		กรณีวางตำแหน่ง IQI ด้านแหล่งกำเนิด		กรณีวางตำแหน่ง IQI ด้านฟิล์ม[2]	
นิ้ว	มม.	หมายเลข IQI[3]	รูเป้าหมาย[4]	หมายเลข IQI[3]	รูเป้าหมาย[4]
ไม่เกิน 0.25	ไม่เกิน 6	10	4T	7	4T
เกิน 0.25 ถึง 0.375	เกิน 6 ถึง 10	12	4T	10	4T
เกิน 0.375 ถึง 0.50	เกิน 10 ถึง 12	15	4T	12	4T
เกิน 0.50 ถึง 0.625	เกิน 12 ถึง 16	15	4T	12	4T
เกิน 0.625 ถึง 0.75	เกิน 16 ถึง 20	17	4T	15	4T
เกิน 0.75 ถึง 0.875	เกิน 20 ถึง 22	20	4T	17	4T
เกิน 0.875 ถึง 1.00	เกิน 22 ถึง 25	20	4T	17	4T
เกิน 1.00 ถึง 1.25	เกิน 25 ถึง 32	25	4T	20	4T
เกิน 1.25 ถึง 1.50	เกิน 32 ถึง 38	30	2T	25	2T
เกิน 1.50 ถึง 2.00	เกิน 38 ถึง 50	35	2T	30	2T
เกิน 2.00 ถึง 2.50	เกิน 50 ถึง 65	40	2T	35	2T
เกิน 2.50 ถึง 3.00	เกิน 65 ถึง 75	45	2T	40	2T
เกิน 3.00 ถึง 4.00	เกิน 75 ถึง 100	50	2T	45	2T
เกิน 4.00 ถึง 6.00	เกิน 100 ถึง 150	60	2T	50	2T
เกิน 6.00 ถึง 8.00	เกิน 150 ถึง 200	80	2T	60	2T

หมายเหตุ: *1) สำหรับเทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังเดียว (สำหรับท่อ)*

2) สำหรับโครงสร้างแบบท่อเท่านั้น

3) หมายเลขตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบรู (Hole Type IQI) ดูรูปที่ 1 ในภาคผนวก 3 ประกอบ

4) ขนาดรูเป้าหมาย ดูรูปที่ 1 ในภาคผนวก 3 ประกอบ

ที่มา : AWS D1.1/D1.1M:2006 Table 6.4

ตารางที่ 3 การเลือกใช้ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบเส้น (Wire Type IQI)

(ข้อ 6.3.1, ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ขนาดตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสี แบบเส้น (Wire Type IQI)[3]					
ช่วงความหนาของวัสดุที่ทดสอบ[1]		กรณีวางตำแหน่ง IQI ด้านแหล่งกำเนิด		กรณีวางตำแหน่ง IQI ด้านฟิลม์[2]	
		ขนาดโตสุดของเส้นลวด		ขนาดโตสุดของเส้นลวด	
นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
ไม่เกิน 0.25	ไม่เกิน 6	0.010	0.25	0.008	0.20
เกิน 0.25 ถึง 0.375	เกิน 6 ถึง 10	0.013	0.33	0.010	0.25
เกิน 0.375ถึง0.625	เกิน 10 ถึง 16	0.016	0.41	0.013	0.33
เกิน 0.625ถึง 0.75	เกิน 16 ถึง 20	0.020	0.51	0.016	0.41
เกิน 0.75 ถึง 1.50	เกิน 20 ถึง 38	0.025	0.63	0.020	0.51
เกิน 1.50 ถึง 2.00	เกิน 38 ถึง 50	0.032	0.81	0.025	0.63
เกิน 2.00 ถึง 2.50	เกิน 50 ถึง 65	0.040	1.02	0.032	0.81
เกิน 2.50 ถึง 4.00	เกิน 65 ถึง 100	0.050	1.27	0.040	1.02
เกิน 4.00 ถึง 6.00	เกิน 100 ถึง 150	0.063	1.60	0.050	1.27
เกิน 6.00 ถึง 8.00	เกิน 150 ถึง 200	0.100	2.54	0.063	1.60

หมายเหตุ: 1) สำหรับเทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังเดียว (สำหรับท่อ)

2) สำหรับโครงสร้างแบบท่อเท่านั้น

3) ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีแบบเส้น (Wire Type IQI) ดูรูปที่ 2 ในภาคผนวก 3 ประกอบ

ที่มา : AWS D1.1/D1.1M:2006 Table 6.5

ตารางที่ 4 การเลือกใช้และวางตำแหน่งตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสี (IQI)

(ข้อ 6.3.10)

การเลือกใช้และการวางตำแหน่งตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสี (IQI)								
ความหนาโลหะงาน	**โลหะงานหนาเท่ากัน (Equal T)**				**โลหะงานหนาไม่เท่ากัน (Unequal T)**			
ความยาวรอยเชื่อมที่พิจารณา	**L ≥ 250 มม. (L ≥ 10 นิ้ว)**		**L< 250 มม. (L< 10 นิ้ว)**		**L ≥ 250 มม. (L ≥ 10 นิ้ว)**		**L< 250 มม. (L< 10 นิ้ว)**	
ชนิด IQI	**แบบรู**	**แบบเส้น**	**แบบรู**	**แบบเส้น**	**แบบรู**	**แบบเส้น**	**แบบรู**	**แบบเส้น**
จำนวนของ IQI								
โครงสร้างแบบแผ่น	2	2	1	1	3	2	2	1
โครงสร้างแบบท่อ	3	3	3	3	3	3	3	3
ตามมาตรฐาน ASTM	E 1025	E 747	E 1025	E 747	E 1025	E 747	E 1025	E 747
ตามตารางที่[5)]	2	3	2	3	2	3	2	3
ตามรูปที่ [6)]	3		4		5		6	

หมายเหตุ *1) แผ่นรองหลังจะไม่นำมาพิจารณารวมกับแนวเชื่อมในการเลือกเบอร์ IQI*

2) เมื่อความหนาของแนวเชื่อมเพิ่มมากขึ้น การวาง IQI แบบรูควรวางบนเหล็ก

3) เมื่อถ่ายภาพแนวเชื่อมท่อตามแนวเส้นรอบวงด้วยเทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังเดียวและแหล่งกำเนิดรังสีอยู่กึ่งกลางท่อ ให้ใช้ IQI ไม่น้อยกว่า 3 ตัวโดยวางห่างเป็นระยะเท่ากัน

4) T หมายถึงความหนาของโลหะงานที่ทดสอบ (T1 และ T2 ตามรูป) และ L หมายถึง ความยาวของรอยเชื่อมที่พิจารณา

5) พิจารณาเลือกขนาดตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีตารางที่ระบุ

6) พิจารณารูปที่ 3 4 5 และ 6 ในภาคผนวก 3 ประกอบตามที่ระบุ

ที่มา : AWS D1.1/D1.1M:2006 Table 6.6

ภาคผนวก 3 รูปประกอบมาตรฐาน

ประกอบด้วยรูปดังนี้

รูปที่ 1 มาตรฐานตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบรู (Hole Type IQI)

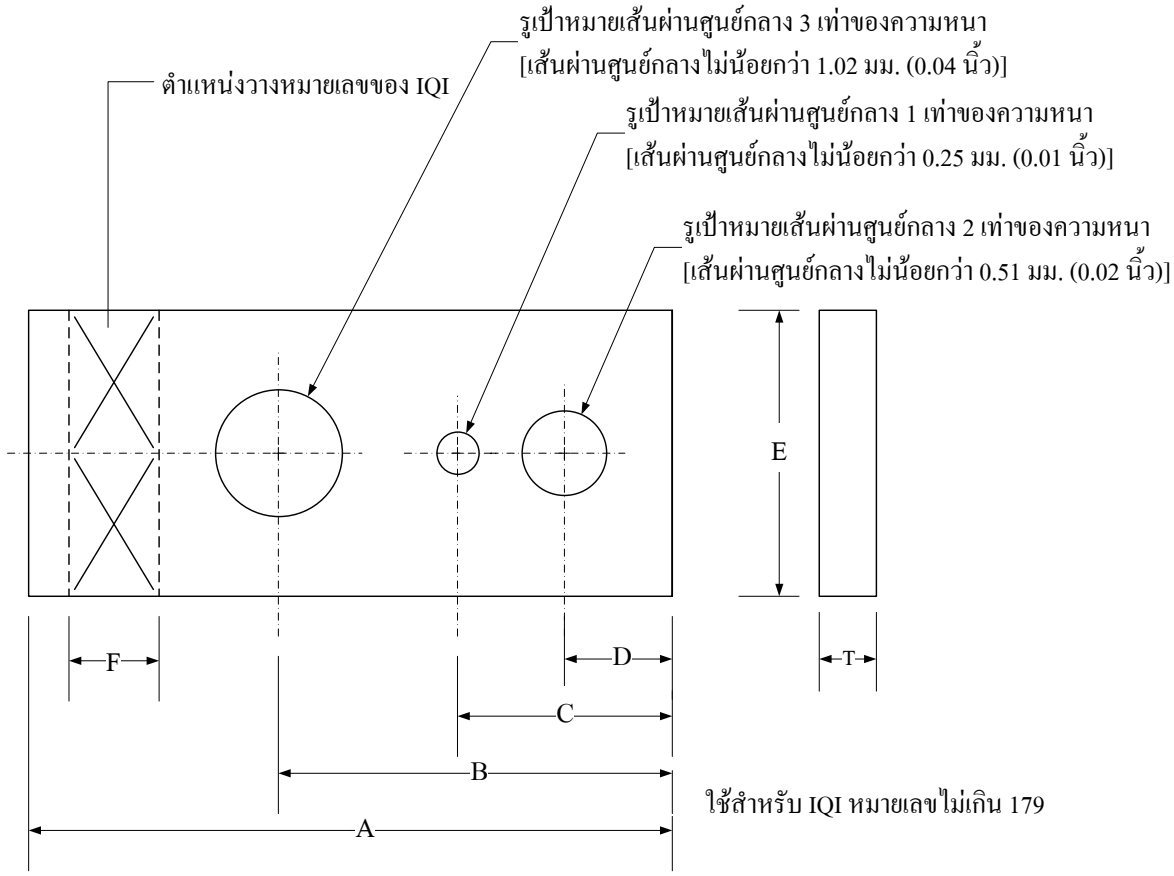
รูปที่ 2 มาตรฐานตัวชี้บ่งคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบเส้น (Standard Wire-Type IQI)

รูปที่ 3 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้นบนชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมยาวไม่น้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)

รูปที่ 4 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมยาวน้อยกว่า 250 มม.(10 นิ้ว)

รูปที่ 5 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีความหนาต่างกัน และมีความยาวของรอยเชื่อมยาวไม่น้อยกว่า 250 มม.(10 นิ้ว)

รูปที่ 6 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีความหนาต่างกัน และมีความยาวของรอยเชื่อมยาวน้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)



ขนาดของตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบรู (มิลลิเมตร)

ตารางกำหนดขนาดของ IQI (มิลลิเมตร)							
หมายเลข IQI[1)]	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**พิกัดความเผื่อความหนาและรูของIQI**
5-20	38.10 ± 0.38	19.05 ± 0.38	11.13 ± 0.38	6.35 ± 0.38	12.70 ± 0.38	6.35 ± 0.80	± 0.013
21-59	38.10 ± 0.38	19.05 ± 0.38	11.13 ± 0.38	6.35 ± 0.38	12.70 ± 0.38	6.35 ± 0.80	± 0.06
60-179	57.15 ± 0.80	34.92 ± 0.80	19.05 ± 0.80	9.52 ± 0.80	25.40 ± 0.80	9.52 ± 0.80	± 0.13

หมายเหตุ: 1) ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีตั้งแต่หมายเลข 5 ถึง 9 ไม่มีรูเป้าหมายขนาด 1T 2T และ 3T

2) รูเป้าหมายจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและอยู่ในแนวตั้งฉากกับ IQI

รูปที่ 1 มาตรฐานตัวชี้บ่งคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบรู (Standard Hole-Type IQI)

(ข้อ 5.3, 6.3.1, ภาคผนวก 2 ตารางที่ 1)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.9

(ดูหน้าถัดไป)

ขนาดของตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบรู (นิ้ว)

ตารางกำหนดขนาดของ IQI (นิ้ว)							
เบอร์ IQI[1)]	A	B	C	D	E	F	พิกัดความเผื่อความหนาและรูของIQI
5-20	1.500 ± 0.015	0.750 ± 0.015	0.438 ± 0.015	0.250 ± 0.015	0.500 ± 0.015	0.250 ± 0.030	± 0.0005
21-59	1.500 ± 0.015	0.750 ± 0.015	0.438 ± 0.015	0.250 ± 0.015	0.500 ± 0.015	0.250 ± 0.030	± 0.0025
60-179	2.250 ± 0.030	1.375 ± 0.030	0.750 ± 0.030	0.375 ± 0.030	1.000 ± 0.030	0.375 ± 0.030	± 0.005

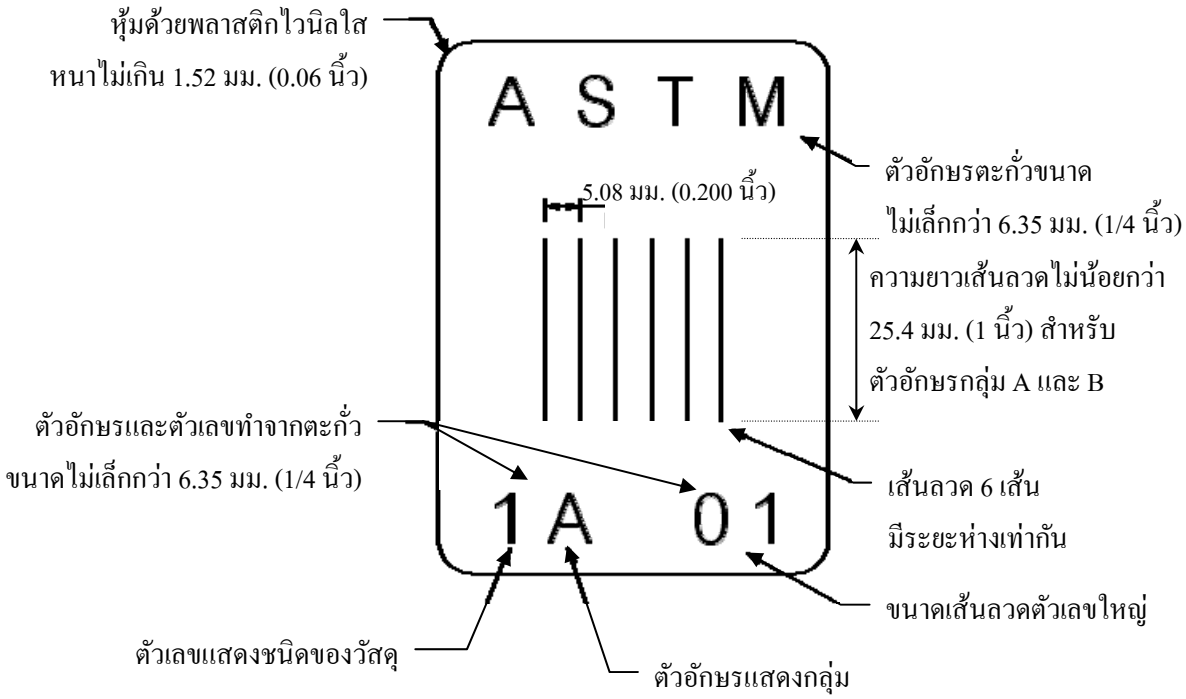
หมายเหตุ: 1) ตัวบ่งชี้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีตั้งแต่หมายเลข 5 ถึง 9 ไม่มีรูเป้าหมายขนาด 1T 2T และ 3T

2) รูเป้าหมายจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและอยู่ในแนวตั้งฉากกับ IQI

รูปที่ 1 (ต่อ) มาตรฐานตัวชี้บ่งคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบรู (Standard Hole-Type IQI)

(ข้อ 5.3, 6.3.1, ภาคผนวก 2 ตารางที่ 1)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.9



***หมายเหตุ**: ระยะห่างระหว่างเส้นลวดแต่ละเส้นต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นลวด และต้องไม่น้อยกว่า 5.08 มม. (0.200 นิ้ว)*

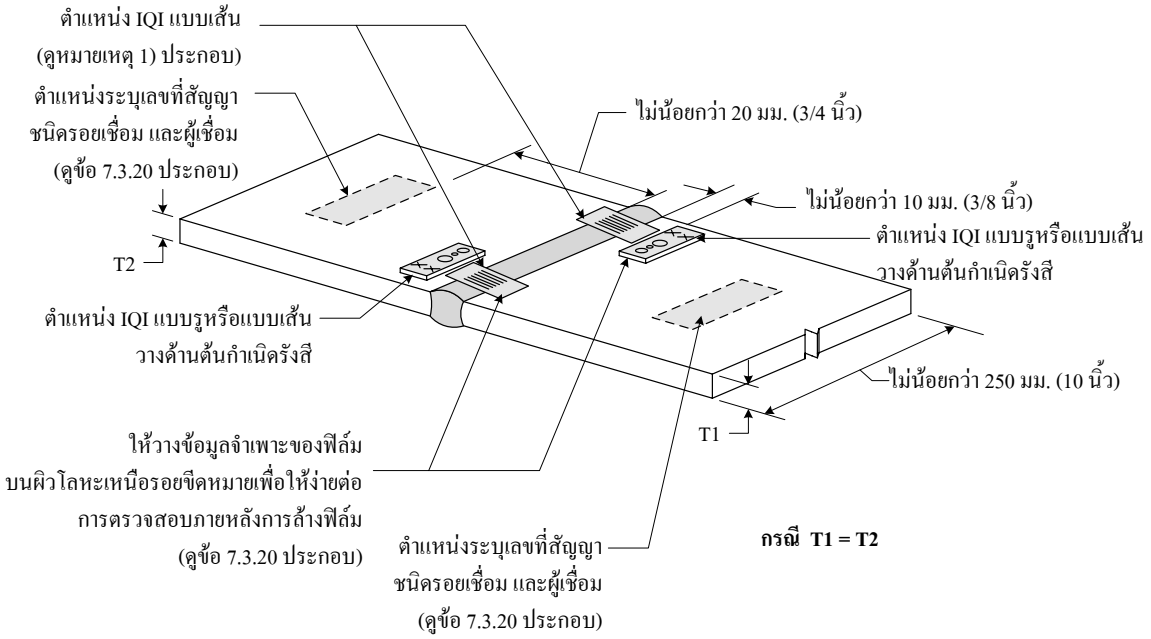
ขนาดตัวชี้บ่งคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบเส้น (Wire Penetrameter)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นลวด IQI, มิลลิเมตร (นิ้ว)			
กลุ่ม A	**กลุ่ม B**	**กลุ่ม C**	**กลุ่ม D**
0.08 (0.0032)	0.25 (0.010)	0.81 (0.032)	2.50 (0.10)
0.10 (0.004)	0.33 (0.013)	1.02 (0.040)	3.20 (0.125)
0.13 (0.005)	0.40 (0.016)	1.27 (0.050)	4.06 (0.160)
0.16 (0.0063)	0.51 (0.020)	1.60 (0.063)	5.10 (0.20)
0.20 (0.008)	0.64 (0.025)	2.03 (0.080)	6.40 (0.25)
0.25 (0.010)	0.81 (0.032)	2.50 (0.100)	8.00 (0.32)

รูปที่ 2 มาตรฐานตัวชี้บ่งคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบเส้น (Standard Wire-Type IQI)

(ข้อ 5.3, 6.3.1, ภาคผนวก 2 ตารางที่ 2)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.10

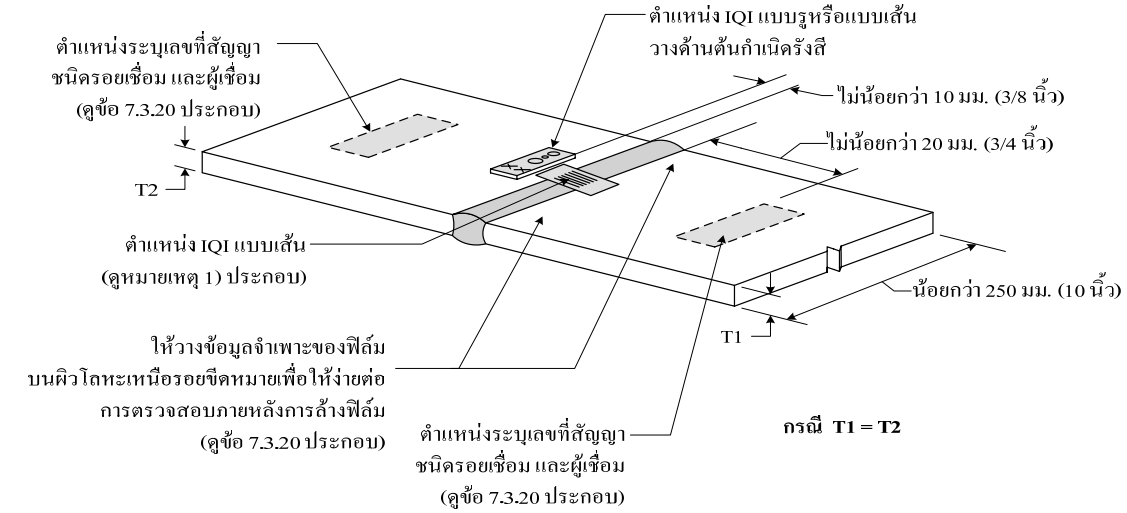


หมายเหตุ: 1) ตำแหน่ง IQI แบบเส้น สำหรับชิ้นส่วนท่อ หรือ กรณีอื่นๆ แต่ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ทดสอบรับ ดูข้อ 2 หรือ 3

รูปที่ 3 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมยาวไม่น้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)

(ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.11

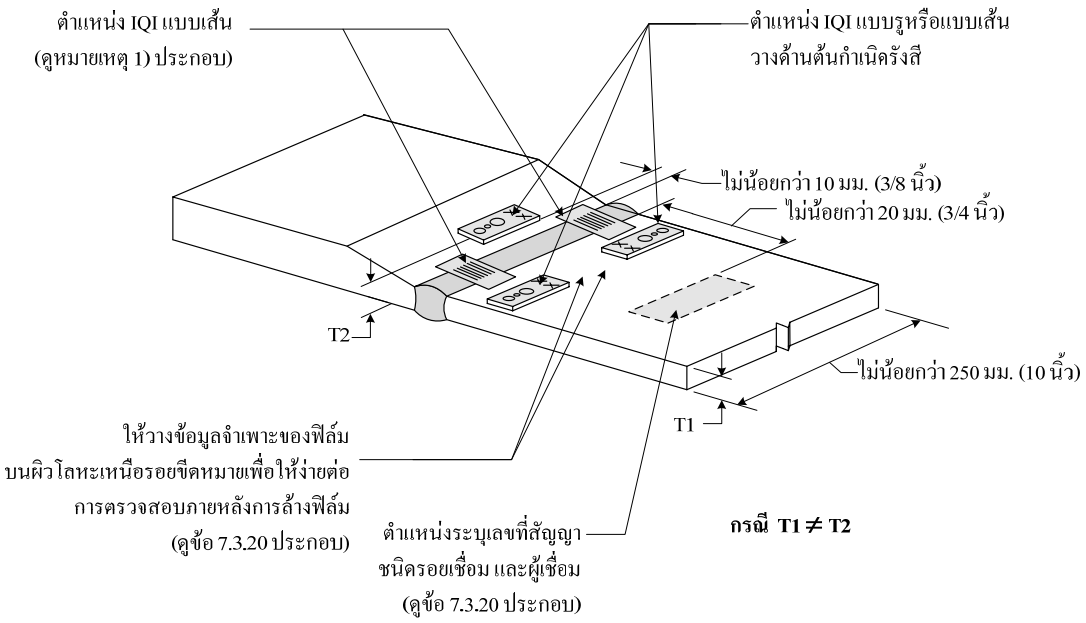


หมายเหตุ: 1) ตำแหน่ง IQI แบบเส้น สำหรับชิ้นส่วนท่อ หรือ กรณีอื่นๆ แต่ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ทดสอบรับ ดูข้อ 2 หรือ 3

รูปที่ 4 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้นบนชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมยาวน้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)

(ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.12

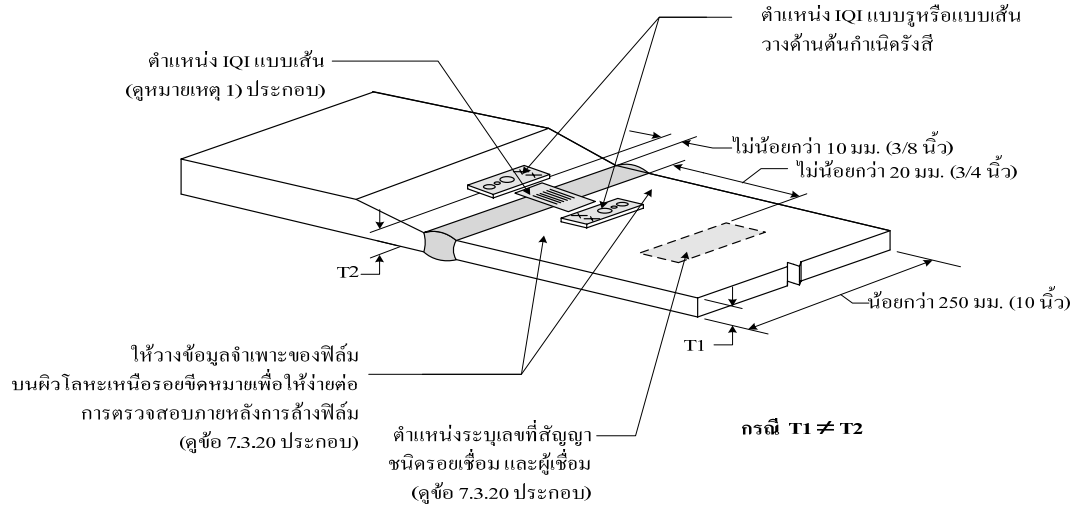


หมายเหตุ: 1) ตำแหน่ง IQI แบบเส้น สำหรับชิ้นส่วนท่อ หรือ กรณีอื่นๆ แต่ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ทดสอบรับ ดูข้อ 2 หรือ 3
2) ความหนาแผ่นโลหะงาน T2 ให้ใช้เป็นความหนามากที่สุด ณ ตำแหน่งที่วาง IQI ทั้งแบบรูและแบบเส้น

รูปที่ 5 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีความหนาต่างกัน และมีความยาวของรอยเชื่อมยาวไม่น้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)

(ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.13

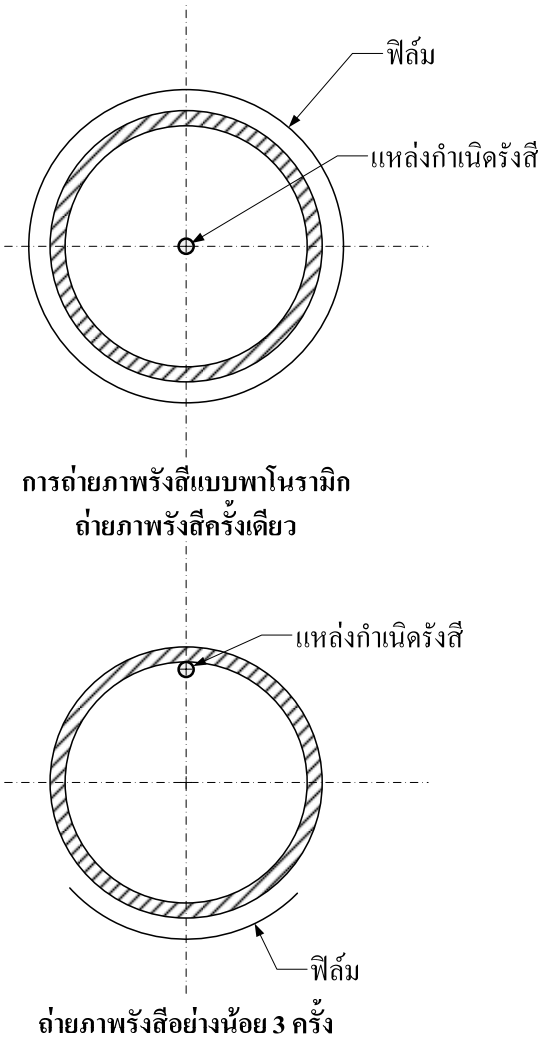


หมายเหตุ: 1) ตำแหน่ง IQI แบบเส้น สำหรับชิ้นส่วนท่อ หรือ กรณีอื่นๆ แต่ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ทดสอบรับ ดูข้อ 2 หรือ 3
2) ความหนาแผ่นโลหะงาน T2 ให้ใช้เป็นความหนามากที่สุด ณ ตำแหน่งที่วาง IQI ทั้งแบบรูและแบบเส้น

รูปที่ 6 ตำแหน่ง IQI แบบรูและแบบเส้น บนชิ้นงานที่มีความหนาต่างกัน และมีความยาวของรอยเชื่อมยาวน้อยกว่า 250 มม. (10 นิ้ว)

(ภาคผนวก 2 ตารางที่ 4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.14

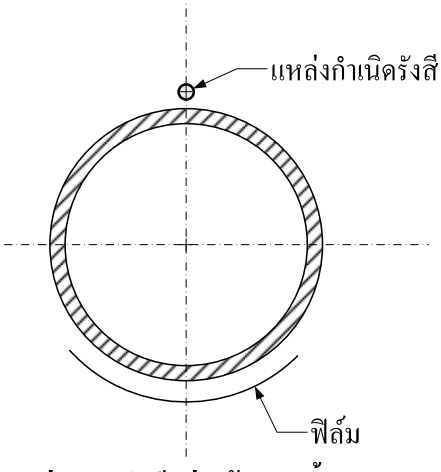


รูปที่ 7 เทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังเดียวและถ่ายภาพแบบผนังเดียว

(Single Wall Technique with Single Wall Viewing)

(ข้อ 6.3.21.1)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.16



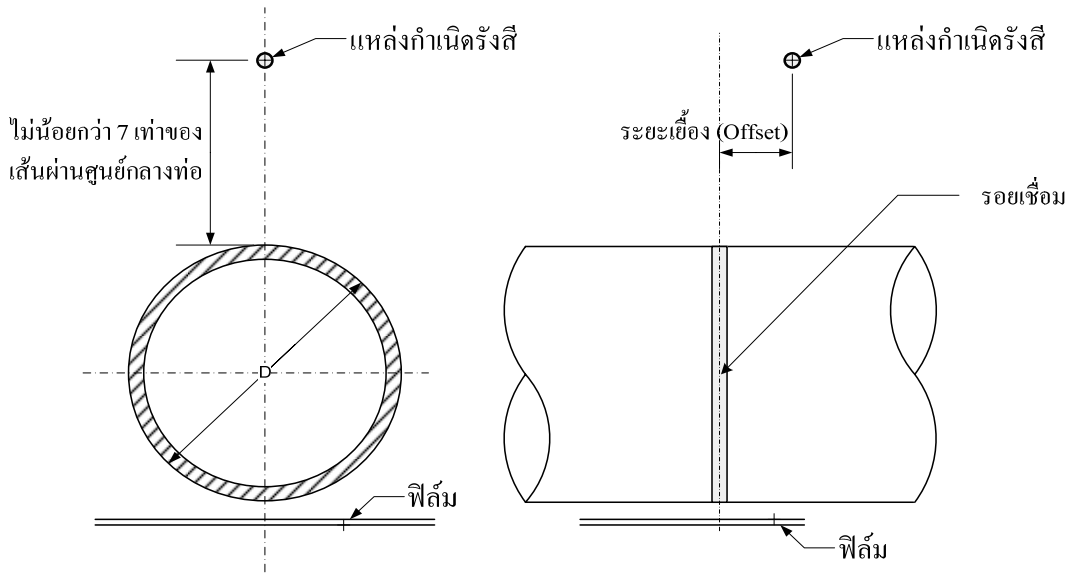
ถ่ายภาพรังสีอย่างน้อย 3 ครั้ง

รูปที่ 8 เทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังคู่แต่ถ่ายภาพแบบผนังเดียว

(Double Wall Technique with Single Wall Viewing)

(ข้อ 6.3.21.2)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.17

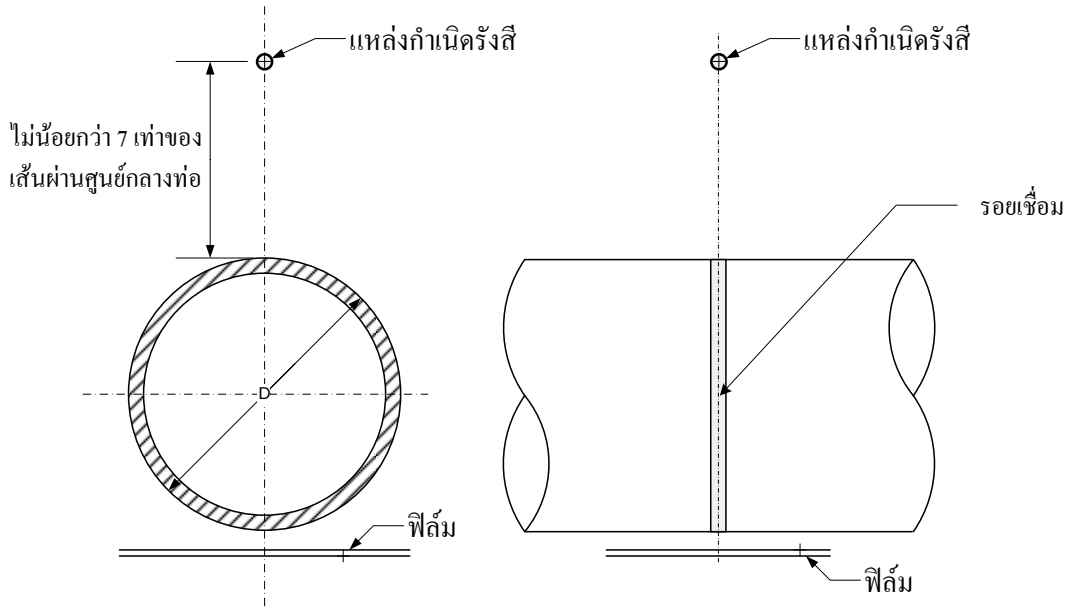


รูปที่ 9 เทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังคู่และถ่ายภาพผนังคู่ (ถ่ายภาพรังสีอย่างน้อย 2 ครั้ง)

(Double Wall Technique with Double Wall [Elliptical] Viewing)

(ข้อ 6.3.21.3)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.18

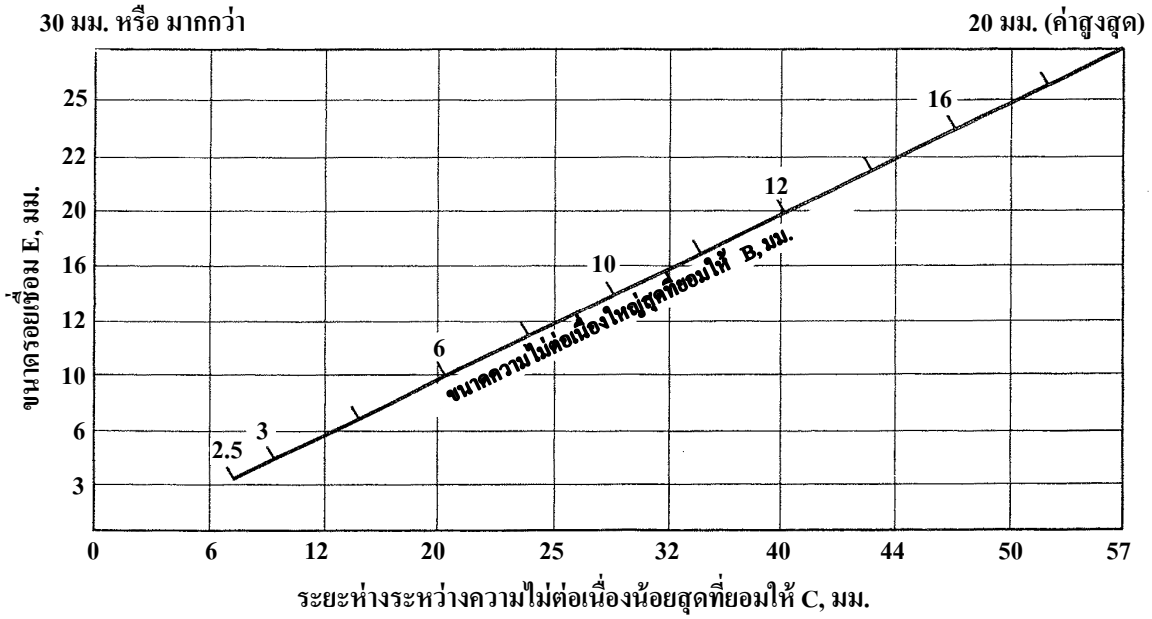


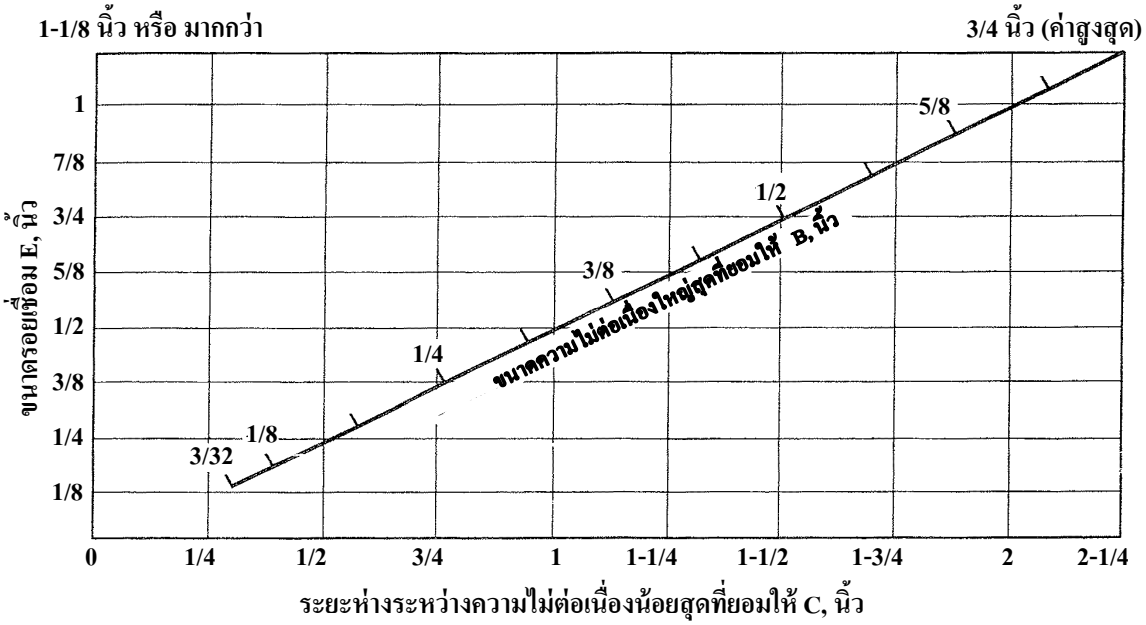
รูปที่ 10 เทคนิคการถ่ายภาพแบบผนังคู่และถ่ายภาพผนังคู่ (ถ่ายภาพรังสีอย่างน้อย 3 ครั้ง)

(Double Wall Technique with Double Wall Viewing)

(ข้อ 6.3.21.3)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.19





หมายเหตุ:

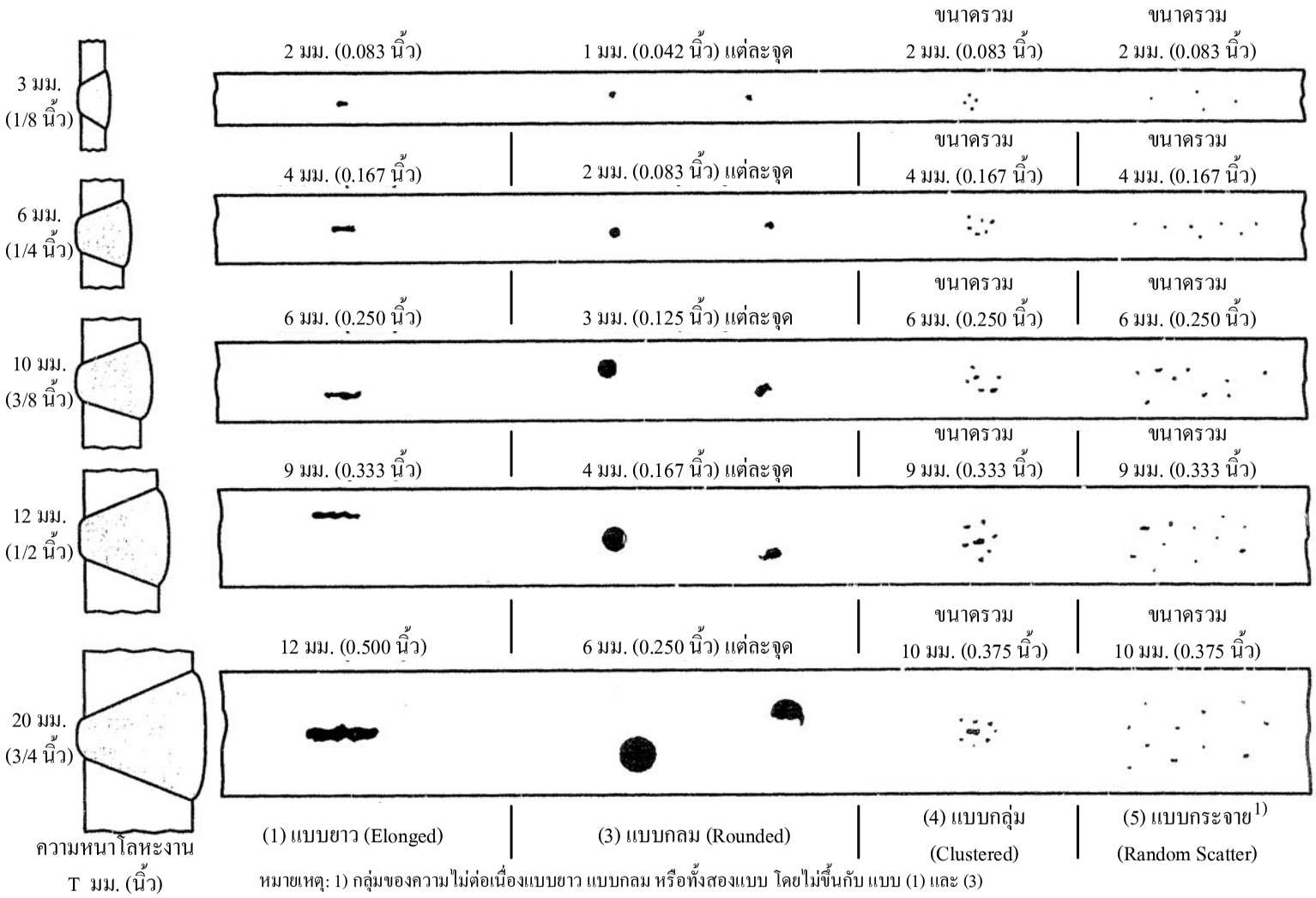
1) ใช้ประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุดที่ยอมรับได้ (B) ของรอยต่อหรือแนวเชื่อม สำหรับขนาดรอยเชื่อมต่างๆ (E)

2) ใช้ ประเมินระยะห่างระหว่างขอบของความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ (C) สำหรับความไม่ต่อเนื่องขนาดต่างๆ (B) และใช้ในกรณีความไม่ต่อเนื่องซึ่งมีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว) เท่านั้น

รูปที่ 11 เกณฑ์การยอมรับรอยเชื่อมสำหรับรอยบกพร่องแบบยาว
ในงานโครงสร้างที่ไม่ใช่รอยต่อท่อซึ่งรับภาระแบบสถิตย์

(ข้อ7.2.1)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.1

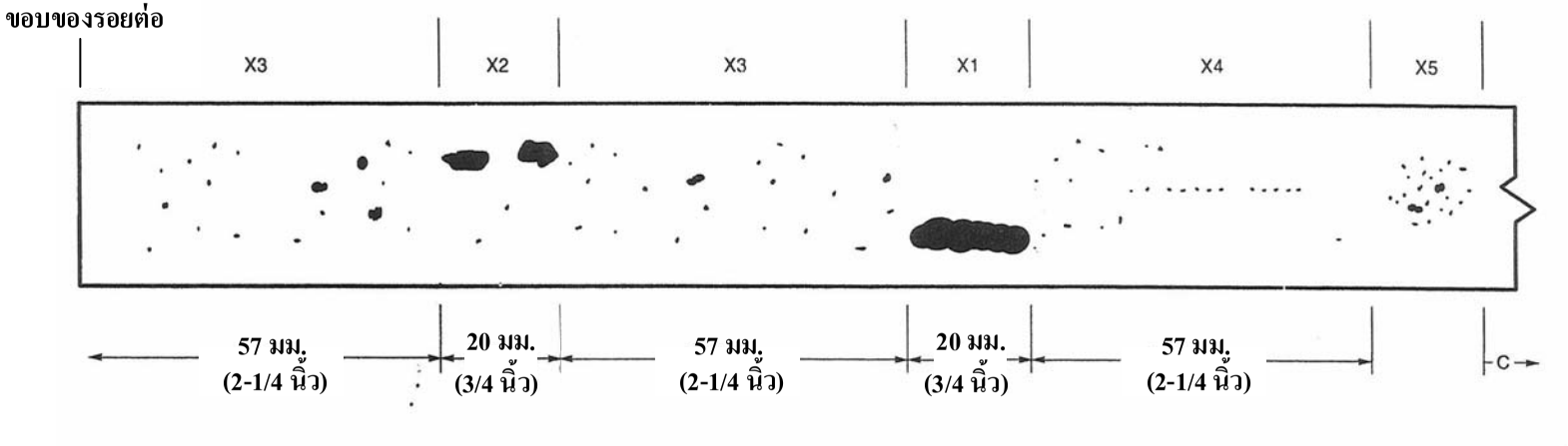


หมายเหตุ: 1) กลุ่มของความไม่ต่อเนื่องแบบยาว แบบกลม หรือทั้งสองแบบ โดยไม่ขึ้นกับ แบบ (1) และ (3)

รูปที่ 12 ขนาดของรอยบกพร่องในภาพถ่ายทางรังสีสูงสุดที่ยอมให้ตามหัวข้อ 7.4.1

(ข้อ 7.2.2, 7.4.2)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.2



หมายเหตุ

1) C หมายถึง ระยะห่างน้อยสุดระหว่างขอบของจุดบกพร่องที่ยอมรับได้ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)หรือโตกว่าดังรูปที่ 16

2) X1 หมายถึง ขนาดใหญ่สุดที่ยอมให้ของจุดบกพร่องแบบยาวสำหรับโลหะงานหนา 30 มม. (1-1/8 นิ้ว) ดังรูปที่ 16

3) X2 หมายถึง จุดบกพร่องแบบหลายๆจุดมีความยาวเป็นตามเกณฑ์ที่ยอมให้ดังรูปที่ 16 อาจพิจารณารวมเป็นจุดบกพร่องเดี่ยวได้

4) X3-X4 หมายถึง จุดบกพร่องแบบกลมที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)

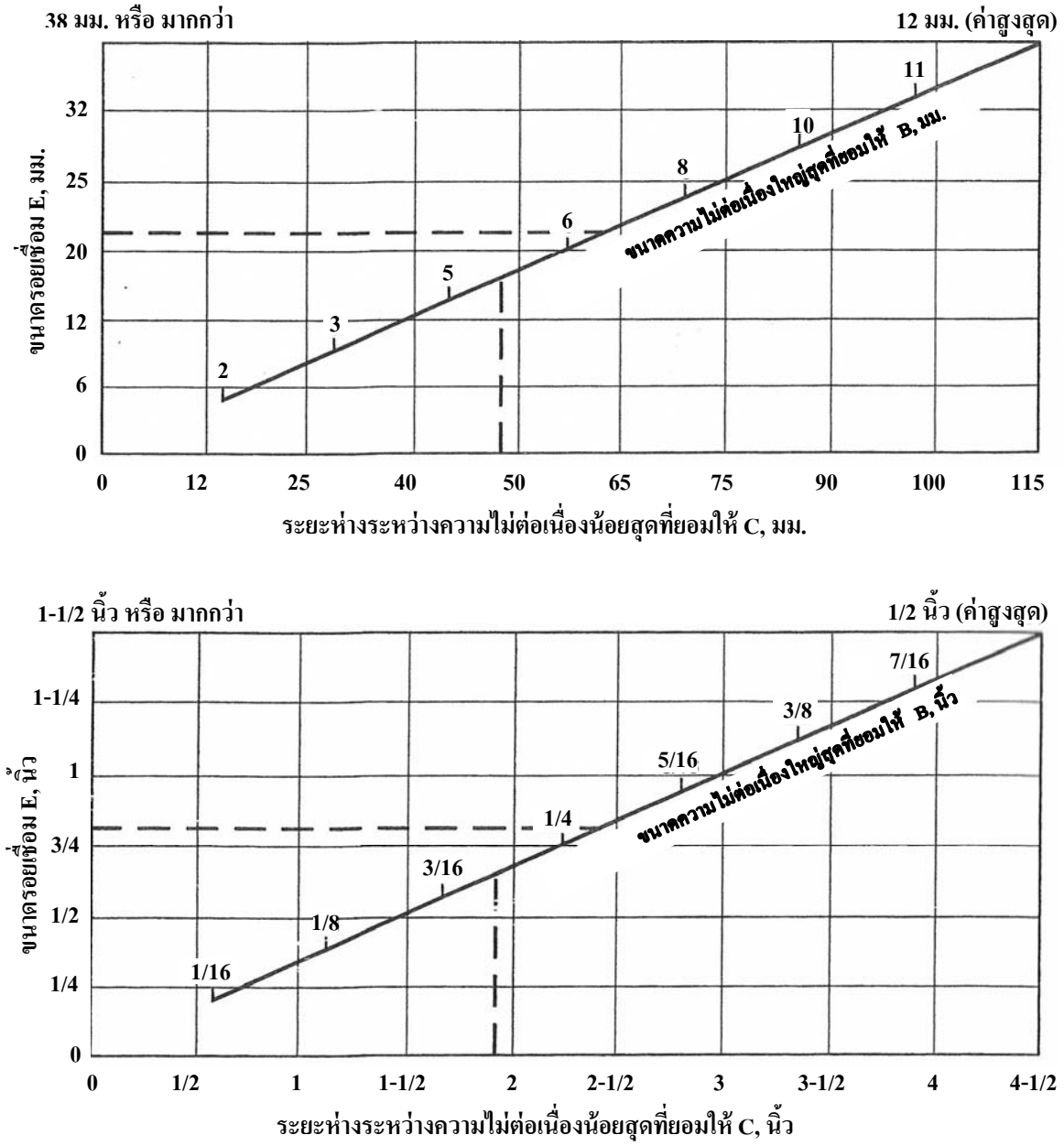
5) X5 หมายถึง จุดบกพร่องแบบกลมลักษณะเป็นกลุ่ม (Clustered) ให้ใช้เกณฑ์การพิจารณาเดียวกับรอยบกพร่องแบบยาว เช่น จุดบกพร่องแบบกลมลักษณะเป็นกลุ่มซึ่งมีขนาดของกลุ่ม 20 มม. (3/4 นิ้ว) ให้ใช้เกณฑ์การพิจารณาเดียวกับรอยบกพร่องแบบยาวที่มีความยาว 20 มม. (3/4 นิ้ว) ดังรูปที่16

6) การแปรผล : ขนาดใหญ่สุดที่ยอมให้และระยะห่างน้อยสุดที่ยอมให้ระหว่างจุดบกพร่องหรือระหว่างจุดบกพร่องถึงขอบของงานเชื่อม ของทั้งจุดบกพร่องแบบกลมและแบบยาวจะต้องเป็นไปดังแสดงไว้ในรูปนี้

รูปที่ 13 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องกรณีทั่วไป สำหรับรอยต่อท่อที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 30 มิลลิเมตร (1-1/8 นิ้ว)

(ข้อ 7.2.2, 7.4.2)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.3



หมายเหตุ:

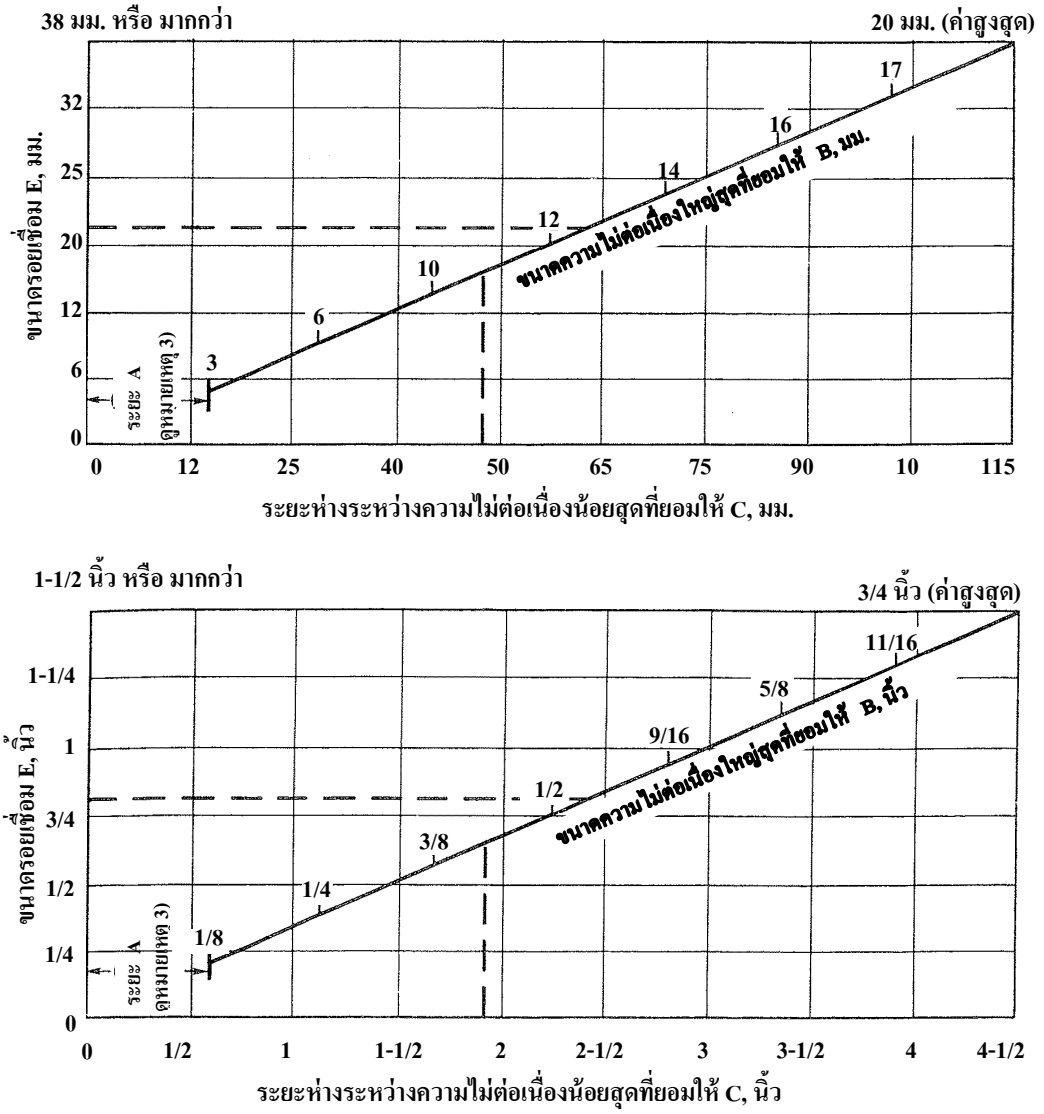
1) ใช้ประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุดที่ยอมรับได้ (B) ของรอยต่อหรือแนวเชื่อม สำหรับขนาดรอยเชื่อมต่างๆ (E)

2) ใช้ ประเมินระยะห่างระหว่างขอบของความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ (C) สำหรับความไม่ต่อเนื่องขนาดต่างๆ (B)

รูปที่ 14 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องแบบรูพรุนและแบบหลอมละลายไม่สมบูรณ์
ในงานโครงสร้างที่ไม่ใช่ท่อซึ่งรับแรงดึงแบบวัฏจักร (Cyclic Loading)

(ข้อ 7.3.1, 7.3.4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.4



หมายเหตุ:

1) *ใช้ประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุดที่ยอมรับได้ (B) ของรอยต่อหรือแนวเชื่อม สำหรับขนาดรอยเชื่อมต่างๆ (E)*

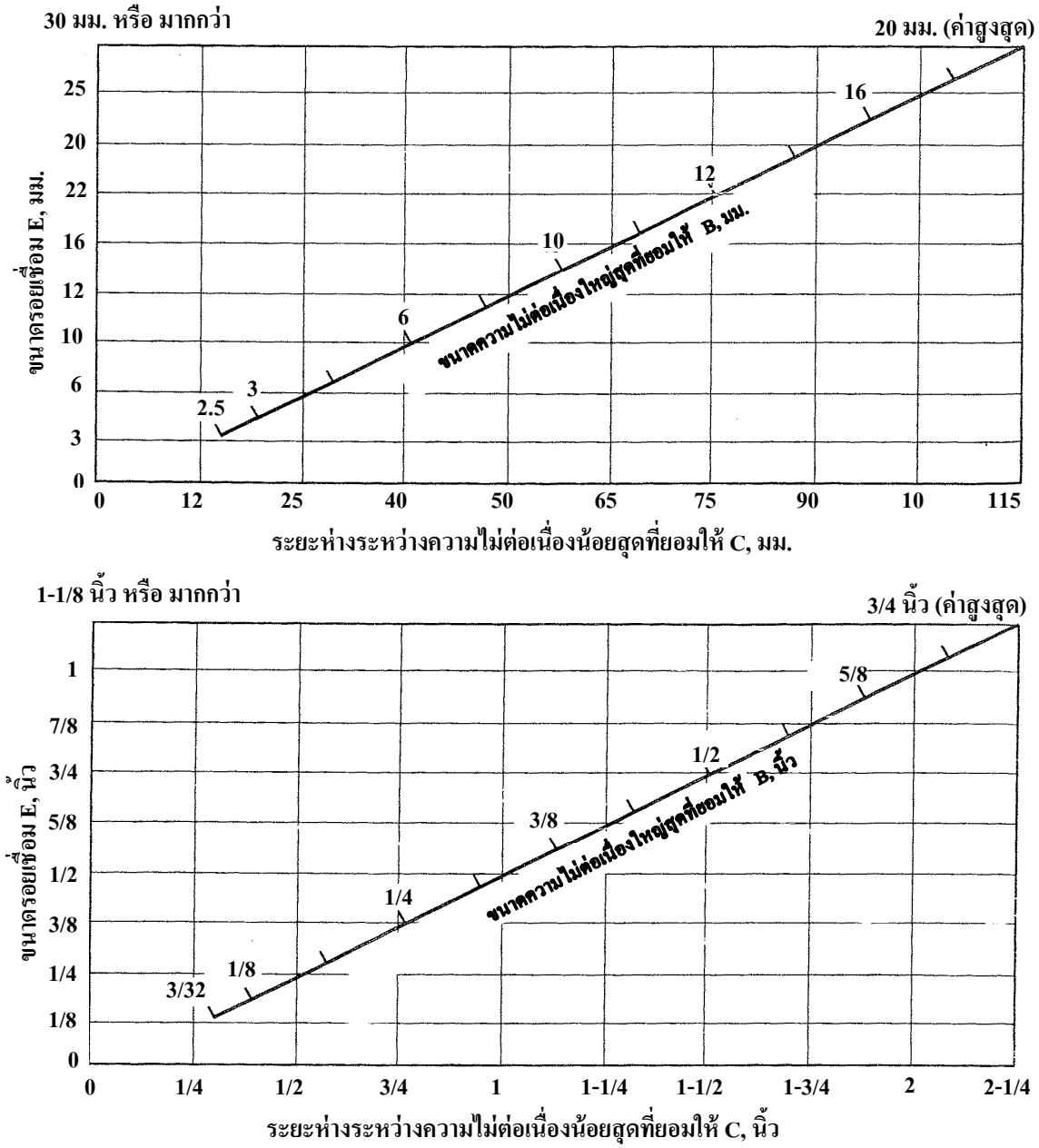
2) *ใช้ ประเมินระยะห่างระหว่างขอบของความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ (C) สำหรับความไม่ต่อเนื่องขนาดต่างๆ (B)*

3) *ขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุดที่ยอมให้เกิดภายในช่วงระยะ A จากขอบของโลหะงานต้องไม่เกิน 3 มม. (1/8 นิ้ว); ความไม่ต่อเนื่องขนาด 3 มม (1/8 นิ้ว) ต้องห่างจากขอบโลหะงานไม่น้อยกว่า 6 มม. (1/4 นิ้ว); ผลรวมของขนาดความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดเล็กกว่า 3 มม. (1/8 นิ้ว) ซึ่งอยู่ในช่วงระยะ A จากขอบของโลหะงานต้องมีค่าไม่เกิน 5 มม. (3/16 นิ้ว); สำหรับพื้นที่อื่นนอกเหนือจากบริเวณระยะใกล้ขอบ A ยอมให้มีความไม่ต่อเนื่องขนาดใหญ่กว่า 2 มม. (1/16 นิ้ว) และไม่ถึง 3 มม. (1/8 นิ้ว) ได้แต่ต้องมีระยะห่างกันเกิน 2L (L = ความยาวของขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุด) และต้องพิจารณาการยอมรับตามรูปที่ 15 เปรียบเทียบกับความยาวซึ่งได้จากการวัดระยะรวมของขนาดความไม่ต่อเนื่องทั้งหมดและช่วงว่างระหว่างความไม่ต่อเนื่อง*

รูปที่ 15 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องแบบรูพรุนและแบบหลอมละลายไม่สมบูรณ์ ในงานโครงสร้างที่ไม่ใช่ท่อซึ่งรับแรงอัดแบบวัฏจักร (Cyclic Loading)

(ข้อ 7.3.2, 7.3.4)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.5



หมายเหตุ:

1) ใช้ประเมินขนาดความไม่ต่อเนื่องใหญ่สุดที่ยอมรับได้ (B) ของรอยต่อหรือแนวเชื่อม สำหรับขนาดรอยเชื่อมต่างๆ (E)

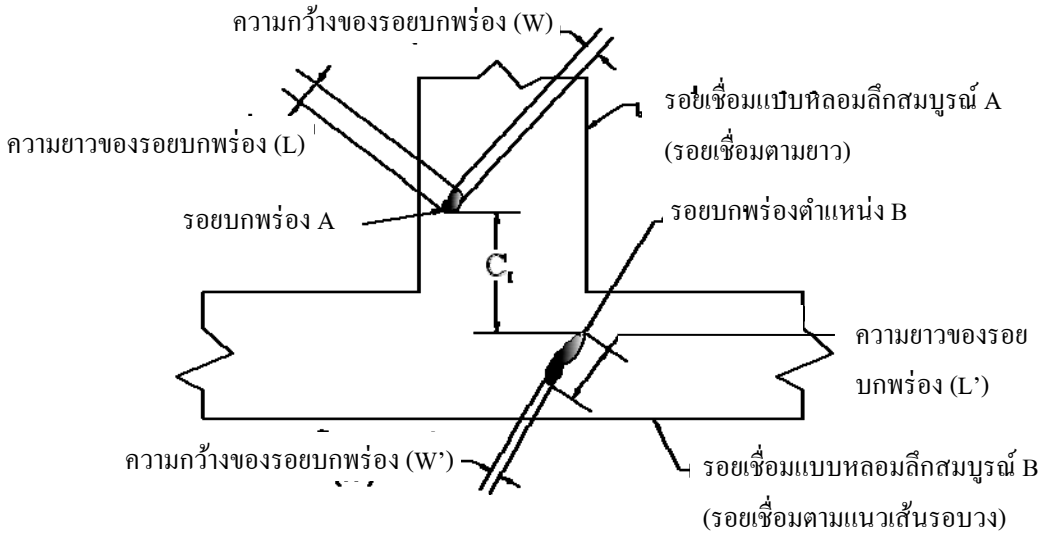
2) ใช้ ประเมินระยะห่างระหว่างขอบของความไม่ต่อเนื่องน้อยสุดที่ยอมให้ (C) สำหรับความไม่ต่อเนื่องขนาดต่างๆ (B) และใช้ในกรณีความไม่ต่อเนื่องซึ่งมีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว) เท่านั้น

3) ดูรูปที่ 17 ถึง 20 ประกอบการประเมินคุณภาพตามรูปที่ 16

รูปที่ 16 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องแบบยาวในงานโครงสร้างแบบท่อ

(ข้อ 7.4.1)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.6



ตาราง ผ5.1 ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้ของรอยบกพร่องกรณีจุดตัดของรอยเชื่อม (กรณี I) [1), 2)]

ขนาดของรอยบกพร่อง	ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้	เงื่อนไข
ขนาดความยาวของรอยบกพร่อง (L)	< E/3 และ ≤ 6 มม. (1/4 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อม E ≤ 50 มม. (2 นิ้ว)
	≤ 10 มม. (3/8 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อม E > 50 มม. (2 นิ้ว)
ระยะสั้นสุดระหว่างขอบของรอยบกพร่องในทิศทางขนานกับแนวเชื่อม A (C_I)	≥ 3L	(A) รอยบกพร่องแรกเป็นแบบกลม ส่วนรอยอื่นเป็นแบบกลมหรือแบบยาวก็ได้ [2)] (B) L ≥ 3/32 นิ้ว. [2.5 มม.]

หมายเหตุ

1) ตารางประกอบการประเมินคุณภาพของรอยเชื่อมตามรูปที่ 16 สำหรับกรณีพิจารณารอยบกพร่องที่จุดตัดของรอยเชื่อม

2) รอยบกพร่องแบบยาวอาจเกิด ณ รอยเชื่อม A หรือ รอยเชื่อม B ก็ได้ (สำหรับที่แสดงในรูปเป็นรอยบกพร่องแบบยาวซึ่งเกิด ณ รอยเชื่อม B)

3) รอยเชื่อม A และรอยเชื่อม B หมายถึงรอยเชื่อมแบบบากร่องหลอมลึกสมบูรณ์ของโครงสร้างท่อ ตามยาว (Longitudinal Tubular CJP Groove Weld) และตามแนวเส้นรอบวง (Tubular Girth CJP Groove Weld) ตามลำดับ

4) รอยบกพร่อง A และรอยบกพร่อง B หมายถึง รอยบกพร่องแบบกลมหรือแบบยาวที่เกิดในแนวรอยเชื่อม A และรอยเชื่อม B ตามลำดับ

5) L และ W หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง A ตามลำดับ

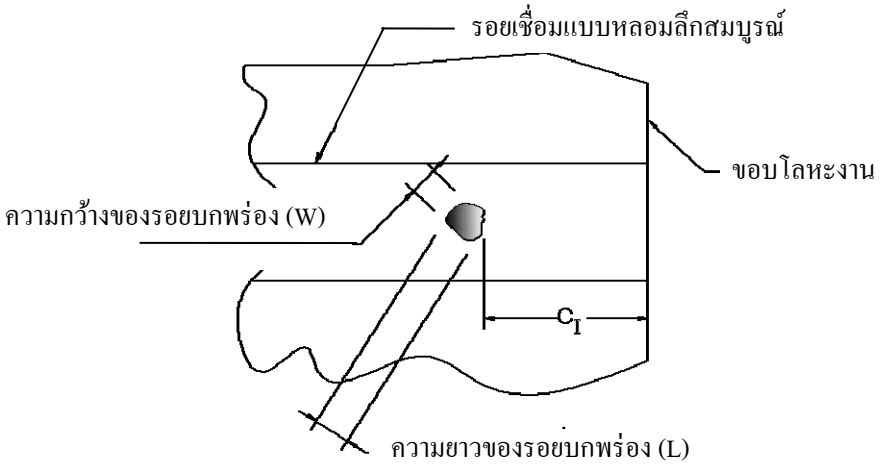
6) L' และ W' หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง B ตามลำดับ

รูปที่ 17 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องกรณีจุดตัดของรอยเชื่อม (กรณี I)

สำหรับรอยบกพร่องแบบยาวในงานโครงสร้างแบบท่อ

(ข้อ 8.4.1 ภาคผนวก 5 รูปที่ 16)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.6



ตาราง ผ5.2 ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้ของรอยบกพร่องกรณีรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงาน (กรณี II) [1)]

ขนาดของรอยบกพร่อง	ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้	เงื่อนไข
ความยาวของรอยบกพร่อง (L)	< E/3 และ ≤ 6 มม. (1/4 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อม E ≤ 50 มม. (2 นิ้ว)
	≤ 10 มม. (3/8 นิ้ว)	ขนาดรอยเชื่อม E > 50 มม. (2 นิ้ว)
ระยะสั้นสุดระหว่างขอบของรอยบกพร่องในทิศทางขนานกับแนวเชื่อม (C_I)	≥ 3L	L ≥ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)

หมายเหตุ

1) ตารางประกอบการประเมินคุณภาพของรอยเชื่อมตามรูปที่ 16 สำหรับกรณีพิจารณารอยบกพร่องใกล้ขอบโลหะงาน

2) L และ W หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง ตามลำดับ

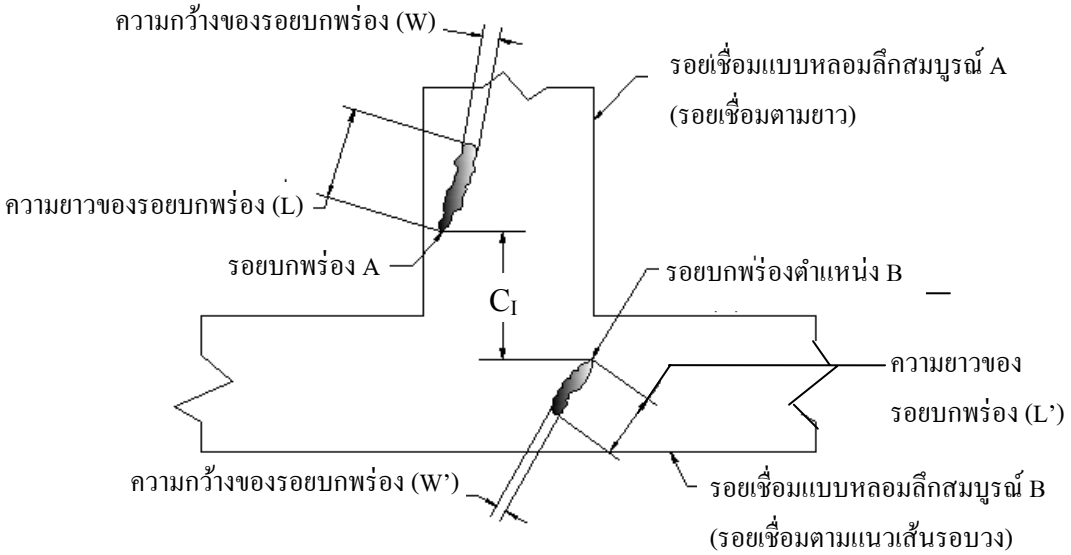
3) E หมายถึง ขนาดของรอยเชื่อม

รูปที่ 18 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องกรณีรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงาน (กรณี II)

สำหรับรอยบกพร่องแบบยาวในงานโครงสร้างแบบท่อ

(ข้อ 8.4.1 ภาคผนวก 5 รูปที่ 16)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.6



ตาราง ผ5.3 ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้ของรอยบกพร่องกรณีจุดตัดของรอยเชื่อม (กรณี III) [1), 2)]

ขนาดของรอยบกพร่อง	ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้	เงื่อนไข
ความยาวของ รอยบกพร่อง (L)	$\leq$ 2E/3	L > 3W
ระยะสั้นสุดระหว่างขอบของรอยบกพร่องในทิศทางขนานกับแนวเชื่อม A (C_I)	$\geq$ 3L หรือ $\geq$ 2E (ใช้ค่ามาก)	L $\geq$ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)

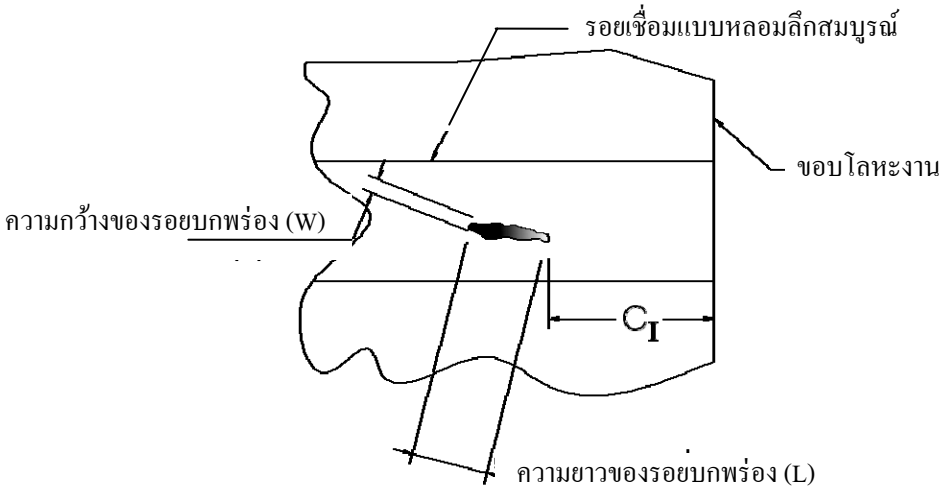
หมายเหตุ

1) *ตารางประกอบการประเมินคุณภาพของรอยเชื่อมตามรูปที่ 16 สำหรับกรณีพิจารณารอยบกพร่องที่จุดตัดของรอยเชื่อม*
2) *รอยบกพร่อง A อาจเป็นแบบรอยบกพร่องแบบกลมหรือแบบขวางก็ได้*
3) *รอยเชื่อม A และรอยเชื่อม B หมายถึงรอยเชื่อมแบบบากร่องหลอมลึกสมบูรณ์ของโครงสร้างท่อ ตามยาว (Longitudinal Tubular CJP Groove Weld) และตามแนวเส้นรอบวง (Tubular Girth CJP Groove Weld) ตามลำดับ*
4) *L และ W หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง A ตามลำดับ*
5) *L' และ W' หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง B ตามลำดับ*
6) *E หมายถึง ขนาดของรอยเชื่อม*

รูปที่ 19 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องกรณีจุดตัดของรอยเชื่อม (กรณี III)
สำหรับรอยบกพร่องแบบยาวในงานโครงสร้างแบบท่อ

(ข้อ 8.4.1 ภาคผนวก 5 รูปที่ 16)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.6



ตาราง ผ5.4 ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้ของรอยบกพร่องกรณีรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงาน (กรณี IV) [1)]

ขนาดของรอยบกพร่อง	ขนาดใหญ่สุดที่ยอมรับได้	เงื่อนไข
ความยาวของ รอยบกพร่อง (L)	≤ 2E/3	L/W > 3
ระยะสั้นสุดระหว่างขอบ ของรอยบกพร่องในทิศทาง ขนานกับแนวเชื่อม (C_I)	≥ 3L หรือ ≥ 2E (ใช้ค่ามาก)	L ≥ 2.5 มม. (3/32 นิ้ว)

หมายเหตุ

1) ตารางประกอบการประเมินคุณภาพของรอยเชื่อมตามรูปที่ 16 สำหรับกรณีพิจารณารอยบกพร่องใกล้ขอบโลหะงาน

2) L และ W หมายถึง ขนาดยาวที่สุดและขนาดแคบที่สุดของรอยบกพร่อง ตามลำดับ

3) E หมายถึง ขนาดของรอยเชื่อม

รูปที่ 20 เกณฑ์การยอมรับรอยบกพร่องกรณีรอยเชื่อมใกล้ขอบโลหะงาน (กรณี IV)

สำหรับรอยบกพร่องแบบยาวในงานโครงสร้างแบบท่อ

(ข้อ 8.4.1 ภาคผนวก 5 รูปที่ 16)

ที่มา: AWS D1.1/D1.1M: 2006 Figure 6.6

คณะกรรมการกำกับดูแลการปฏิบัติงานของที่ปรึกษา

เรื่อง มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

1.	นายเอกวิทย์	ถิระพร	รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง	ประธานกรรมการ
2.	นายศิริชัย	กิจจารึก	ผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ	กรรมการ
3.	นายมนต์ชัย	ศุภมาร์คภักดี	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช (วิศวกรรมโยธา) สวค.	กรรมการ
4.	นายนพ	โรจนวานิช	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช (วิศวกรรมโยธา) สวค.	กรรมการ
5.	นายวิเชียร	ธนสุกาญจน์	วิศวกรโยธา 8 สวค.	กรรมการ
6.	นายวิสุทธิ์	เรืองสุขวรรณา	วิศวกรวิชาชีพ 8 วช (วิศวกรรมโยธา) สวค.	กรรมการ
7.	นายเสถียร	เจริญเหรียญ	วิศวกรวิชาชีพ 8 วช (วิศวกรรมโยธา) สนอ.	กรรมการ
8.	นายสุธี	ปิ่นไพสิฐ	วิศวกรไฟฟ้า 8 วช สวค.	กรรมการ
9.	นางขนิษฐา	ส่งสกุลชัย	วิศวกรโยธา 8 วช สวค.	กรรมการ
10.	นายไพฑูรย์	นนทศุข	นักวิชาการพัสดุ 8 ว กค.	กรรมการ
11.	นางอภิญญา	จ่าวัง	วิศวกรวิชาชีพ 8 วช (วิศวกรรมโยธา) สวค.	กรรมการ
12.	นายครรชิต	ชิตสุริยวนิช	วิศวกรเครื่องกล 7 วช สวค.	กรรมการ
13.	นายกนก	สุจริตสัญชัย	วิศวกรวิชาชีพ 8 วช (วิศวกรรมโยธา) สวค.	กรรมการและเลขานุการ

คณะที่ปรึกษา เรื่อง มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณ

ด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย

บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด

หัวหน้าคณะ:

ผศ. นิพันธ์ ศิริศักดิ์	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คณะทำงาน:

รศ. สมนึก วัฒนศรียะกุล	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ. มนูญ เลิศวิจิตรพันธุ์	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ. ปริยสุทธิ์ วัฒนธรรม	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นายสมศักดิ์ ปามีก	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นายศุภชัย ทรงศักดิ์นาคิน	สถาบันการเชื่อมแห่งประเทศไทย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
นายจุลเศรษฐ์ กฤษณะภักดี	วิศวกรประจำบริษัทฯ

กรมโยธาธิการและผังเมือง

สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ

ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน

เขตพญาไท กรุงเทพ 10400

โทร. 0 - 2299 - 4813 โทรสาร 0 - 2299 - 4797