

มอ.ร. 110 - 0001- 0352



มอ.ร. 110-0001-0352

การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับรอยเชื่อมและโลหะชิ้นงาน
(Visual Inspection of Welds and Base Materials)

มาตรฐานงานช่าง กรมอุทกศาสตร์เรือ



มอ. 110 - 0001- 0352

มอ. 110 – 0001 – 0352

การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงาน
(Visual Inspection of Welds and Base Materials)

แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....
แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....
แก้ไขครั้งที่.....เมื่อ.....

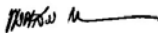


ประกาศกรมอู่ทหารเรือ
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ

.....

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๗.๓ และ ข้อ ๑๒ แห่งระเบียบ กรมอู่ทหารเรือ ว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เข้ากรมพัฒนาการช่างกรมอู่ทหารเรือ ให้ออกประกาศกำหนดมาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ มอธ. ๑๑๐-๐๐๐๑-๐๓๕๒ การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้ประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ เมษายน พ.ศ. ๒๕๕๒

พล.ร.ต.รศ. 

(พงศ์ศร วิทประวัตติ์)

จก.กพช.อร.

รายการแก้ไข

หมายเลขหน้า

การแก้ไขครั้งที่

บันทึกการแก้ไข

วัน เดือน ปี	รายการแก้ไข

การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงาน
(Visual Inspection of Welds and Base Materials)

น.ต. เสวียง เกื้อนบุญ

น.ท.หญิง วนิดา ประจาสาร

การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงาน (Visual Inspection of Welds and Base Materials)

1. เอกสารอ้างอิง

- 1.1 NSTP T9074-AS-GIB-010/271, "Requirements for Nondestructive Testing Methods"
- 1.2 MIL-STD-2035 A, "Nondestructive Testing Acceptance Criteria"
- 1.3 NSTM S9074-AR-GIB-010/278, "Requirements for Fabrication Welding and Inspection, and Casting Inspection and Repair for Machinery, Piping, and Pressure Vessels"
- 1.4 MIL-STD-1689 A, "Fabrication, Welding, and Inspection of Ship's Structure"
- 1.5 NavSea 0900-LP-001-7000, "Fabrication and Inspection of Braze Piping Systems"
- 1.6 MIL-STD-22 D, "Welded Joint Design"

2. ผนวก

- 2.1 Acceptable Fillet Weld Profiles
- 2.2 Acceptance Standards for Piping, Pressure Vessel, Machinery and Casting Repair Welds, MIL-STD-2035 A
- 2.3 Acceptance Standards for Structural Welds, MIL-STD-1689 A
- 2.4 Acceptance Standards for Inspection of Bronze Propellers
- 2.5 Acceptance Standards for Debraze Fittings and Pipe
- 2.6 Visual Inspection Report

3. ความมุ่งหมาย

เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานด้านการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) ของรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงานซึ่งต้องทำการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย โดยอ้างอิงตามเอกสารข้อ 1-6

4. ขอบเขต

กระบวนการในการตรวจสอบนี้จะบอกถึงวิธีการตรวจสอบด้วยสายตาและเกณฑ์การยอมรับซึ่งจะใช้ในการประเมินสภาพพื้นผิวของรอยเชื่อมและโลหะขึ้นงาน การตรวจสอบจะกระทำเพื่อตรวจสอบว่าการเชื่อมนั้นได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดใน Welding Procedure, Drawing และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องหรือไม่ คำแนะนำสำหรับการประเมินดังปรากฏในผนวก 2.1-2.5 ซึ่งจะแนบมากับเอกสารนี้ด้วย

5. เนื้อเรื่อง

5.1 กล่าวโดยทั่วไป

5.1.1 กองควบคุมคุณภาพจะรับผิดชอบในการตรวจสอบด้วยสายตา (VT) เมื่อมีการกำหนดความต้องการในใบสั่งงาน หรือการขอรับการสนับสนุน และต้องรับรองด้วยว่าการตรวจสอบจะกระทำโดยเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการรับรองอย่างถูกต้องเท่านั้น

5.1.1.1 ก่อนทำการตรวจสอบตามกระบวนการนี้ เจ้าหน้าที่จะต้องผ่านการทดสอบสายตาตามข้อกำหนดในเอกสารอ้างอิง 1.1 และได้รับการรับรองให้เป็นเจ้าหน้าที่ VT/Dimensional Inspector ผู้ที่ผ่านการตรวจสอบสายตาโดยใช้แว่นสายตาหรือคอนแทกเลนส์จะต้องใช้แว่นสายตา/คอนแทกเลนส์ตอนที่ปฏิบัติการตรวจสอบด้วย

5.1.2 เมื่อจะต้องตรวจสอบด้วยวิธีอื่นร่วมกับการตรวจสอบด้วยสายตา ผู้ตรวจสอบจะต้องทำการตรวจด้วยสายตาให้เสร็จสิ้นเรียบร้อยก่อนเป็นอย่างแรก โดยให้พิจารณาผลการตรวจสอบด้วยสายตาร่วมกับผลของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (NDT) แบบอื่นๆ

5.1.3 ผู้ตรวจสอบจะต้องทำการตรวจสอบด้วยสายตาเมื่อชิ้นงานนั้นสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และสามารถเข้าถึงได้

5.1.3.1 การทำเครื่องหมาย (Joint ID) จะต้องทำเครื่องหมายตามแบบฟอร์มที่กำหนดไว้ ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น การทำเครื่องหมายจะต้องห่างจากจุดต่อระหว่างแนวเชื่อมกับชิ้นงาน (Toe of Weld) อย่างน้อย 0.5 นิ้ว วิธีทำเครื่องหมายให้ใช้เครื่องแกะสลักตัวอักษรแบบสั่น (Vibro – Etch)

5.1.4 พื้นที่ตรวจสอบ

5.1.4.1 พื้นที่ตรวจสอบสำหรับรอยเชื่อม ถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นก็คือรอยเชื่อมบวกพื้นที่ด้านข้างไปอีก 0.5 นิ้ว นับจากจุดต่อระหว่างแนวเชื่อมกับชิ้นงาน (Toe of Weld) โดยให้ทำการตรวจสอบทั้งสองด้านของรอยเชื่อม

5.1.4.2 พื้นที่ที่ไม่ได้เป็นงานเชื่อม จะตรวจสอบตามความต้องการในใบสั่งงาน หรือการขอรับการสนับสนุน

5.1.5 การเตรียมผิวชิ้นงานเพื่อการตรวจสอบ

การเตรียมผิวชิ้นงานเพื่อการตรวจสอบให้ทำตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการเชื่อม (Welding Procedure) สำหรับการตรวจสอบโดยไม่ทำลายจะทำการตรวจสอบชิ้นงานที่อุณหภูมิห้องถ้าไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ถ้าหากกำหนด ให้ตรวจสอบที่สภาวะสุดท้ายของชิ้นงานนั้น เช่น ที่อุณหภูมิสุดท้ายของการใช้กรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) ผู้ที่ร้องขอให้ทำการตรวจสอบจะต้องเป็นผู้ที่เตรียมผิวชิ้นงานเพื่อการตรวจสอบ และต้องแน่ใจว่าชิ้นงานปราศจากปัจจัยที่ทำให้การตรวจสอบโดยไม่ทำลายไม่ได้ผลหรือทำไม่ได้ ตัวอย่างเช่น รอยอาร์ค (Arc Strike), สะเก็ดเชื่อม (Spatter), รอยเซาะ, สนิม, สเกล, น้ำมัน, จาระบี, สีเคลือบ เป็นต้น

5.1.5.1 การเกลี่ยผิวให้เสมอกัน เช่น การเจียรไน ก็มีความจำเป็นในบางกรณี เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการตรวจสอบโดยไม่ทำลายแต่ต้องจำกัดให้พอเหมาะเท่าที่การตรวจสอบต้องการเท่านั้น

5.1.5.2 ควรหลีกเลี่ยงการใช้แปรงขัดแบบติดมอเตอร์ไฟฟ้าในการทำความสะอาดผิวชิ้นงานก่อนการตรวจสอบด้วยสายตา สำหรับการตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม (PT) ห้ามไม่ให้ใช้แปรงขัดแบบติดมอเตอร์ไฟฟ้า หรือมอเตอร์ลม, การพ่นทราย, การพ่นเม็ดเหล็ก, การพ่นไอน้ำ ในการทำความสะอาดผิวชิ้นงาน

5.1.5.3 การเตรียมผิวรอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงกับรอยเชื่อม

5.1.5.3.1 PT หรือ MT Prod ให้เตรียมผิวออกไป 1.5 นิ้ว จากขอบรอยเชื่อม (Weld Edge)

5.1.5.3.2 VT หรือ MT Yoke ให้เตรียมผิวออกไป 0.5 นิ้ว จากขอบรอยเชื่อม

5.1.5.3.3 RT หรือ UT ให้เตรียมผิวตามที่ต้องการตรวจสอบต้องการเพื่อให้ครอบคลุม

5.1.6 ต้องมีแสงสว่างมากพอที่จะสามารถประเมินผลการตรวจสอบได้

5.1.7 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบประกอบด้วยเครื่องมือวัด เกจ เครื่องช่วยการมองเห็น และมาตรฐานอ้างอิง

5.1.8 ผู้ควบคุมงานจะต้องควบคุม ดูแล เจ้าหน้าที่ให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายตามสมควรเมื่อทำการตรวจสอบ

5.2 ข้อกำหนดสำหรับการตรวจสอบ

5.2.1 ข้อกำหนดสำหรับการตรวจสอบด้วยสายตา

การตรวจสอบด้วยสายตาจะกระทำต่อเมื่อได้มีการกำหนดให้ต้องมีการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection) หรือกระทำเป็นขั้นตอนแรกก่อนการตรวจสอบแบบไม่ทำลายโดยวิธีการอื่น ๆ

5.2.2 ข้อกำหนดพิเศษ

ถ้ามีการเชื่อมแบบพิเศษอื่นๆ ซึ่งอาจจะกำหนดความต้องการที่มากกว่าหรือน้อยกว่าในเอกสารอ้างอิงให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดพิเศษเฉพาะรอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงกับรอยเชื่อมแบบพิเศษเท่านั้น รอยเชื่อมอื่นๆให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดปกติ

5.2.3 การตรวจรับชิ้นงานก่อนการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Receipt of Materials Components for Inspection)

ชิ้นงานที่นำเข้ามาตรวจสอบโดยไม่ทำลายโดยกองควบคุมคุณภาพจะต้องมีการตรวจสอบดูก่อนว่าชิ้นงานนั้นมีความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการขนส่งหรือขนย้ายก่อนหรือไม่ ซึ่งจะต้องกระทำในขณะรับมอบชิ้นงานโดยทันที

5.2.4 กำลังขยาย (Magnification)

การตรวจสอบด้วยสายตาไม่อนุญาตให้ใช้แว่นขยายช่วยในการตรวจสอบ เว้นแต่ถ้ามีการกำหนดให้ใช้แว่นขยาย แว่นขยายที่ใช้จะต้องมีกำลังขยาย 5 เท่า

5.2.4.1 การเปรียบเทียบชิ้นงานจริงกับชิ้นงานมาตรฐาน

Workmanship Standard เป็นชิ้นงานมาตรฐานที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบด้วยสายตา เพื่อเปรียบเทียบชิ้นงานมาตรฐานกับชิ้นงานจริง ซึ่งโดยปกติชิ้นงานมาตรฐานจะถูกสร้างขึ้นให้มีรอยตำหนิมากมาย แต่สามารถยอมรับได้ ดังนั้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับชิ้นงานจริง ถ้าชิ้นงานจริงมีรอยตำหนิมากกว่า ให้ไม่ยอมรับชิ้นงานนั้น

สำหรับการตรวจด้วยสายตา ถ้าต้องใช้ชิ้นงานมาตรฐานเพื่อทำการตรวจสอบและถ้ากำหนดให้ใช้แว่นขยายได้ การประเมินว่ารอยตำหนินั้นยอมรับได้หรือไม่ จะต้องประเมินผลการตรวจสอบทั้งด้วยตาเปล่าและด้วยแว่นขยาย

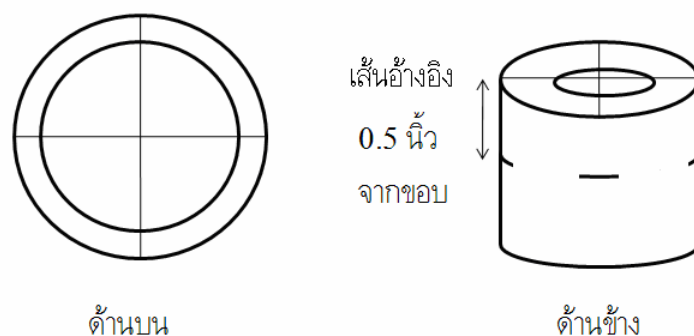
5.2.5 การตรวจสอบภายในท่อ

5.2.5.1 การตรวจสอบด้วยสายตาจะต้องตรวจสอบให้มีพื้นที่มากที่สุดเท่าที่สามารถจะเข้าไปตรวจสอบได้ โดยใช้ไฟแสงสว่างและกระจกเป็นเครื่องมือช่วยตรวจสอบ ในกรณีที่ต้องใช้กระจกช่วยตรวจสอบ แต่ไม่สามารถเข้าไปถึงบริเวณตรวจสอบได้ ผู้ตรวจสอบจะต้องรายงานในรูปแบบฟอร์มการตรวจสอบว่า “ตรวจเฉพาะพื้นที่ที่เข้าถึงได้เท่านั้น” (Only Accessible Areas) ทั้งนี้การตรวจสอบด้วยสายตาไม่อนุญาตให้ใช้ Boroscope หรือ Fiberscope ช่วยในการตรวจสอบภายในท่อทาง

5.2.5.2 การตรวจสอบรอยตำหนิภายในท่อที่ต้องมีการวัดขนาด (Dimensional Inspection) จะตรวจสอบได้เฉพาะเมื่อรอยตำหนินั้นอยู่ไม่ลึกกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อโดยวัดจากปลายท่อถึงรอยตำหนินั้น ถ้ารอยตำหนิอยู่ลึกเกินกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อจะทำการตรวจสอบด้วยรังสี (RT) แต่ถ้าไม่ได้กำหนดให้ตรวจด้วยรังสีจะต้องแจ้งไว้ในแบบฟอร์มการตรวจสอบว่าไม่สามารถวัดขนาดได้ (Not Possible)

5.2.6 การออกแบบรอยต่อเชื่อม (Joint Designs)

การออกแบบการเตรียมรอยต่อเชื่อมดูได้จากเอกสารอ้างอิงข้อ (6) MIL-STD-22 D ในการเชื่อมท่อ แบบ Socket Joint ขนาดของรอยเชื่อมจะเท่ากับ $T \times 1.75$ ซึ่ง T = ความหนาของท่อ ในการเชื่อมท่อแบบ Socket Joint จะต้องกำหนดเส้นอ้างอิง (Reference Line) เพื่อใช้ในการวัดค่า $1.75 T$ และระยะจากส่วนลึกสุดของรอยเชื่อมตรงกันมุมถึงผิวหน้ารอยเชื่อม (Throat Thickness) (รูปแสดงในผนวก 1) เส้นอ้างอิงจะถูกเขียนลงบนข้อต่อของท่อ (Fitting) โดยมีระยะห่างจากปลาย Socket ไปประมาณ 0.5 นิ้ว การเขียนให้เขียนเป็นเส้น 4 เส้นรอบท่อห่างกันประมาณ 90 องศา ถ้าไม่สามารถเขียนเส้นอ้างอิงตามระยะห่าง 0.5 นิ้ว ที่กำหนดได้ เนื่องจากไม่มีพื้นที่พอที่จะเขียนลงบนข้อต่อท่อให้ลดระยะทางลงจาก 0.5 นิ้ว ได้ แต่ต้องบันทึกไว้ในสมุดบันทึกการเชื่อม (Weld History Record) ในกรณีที่ไม่สามารถเขียนเส้นอ้างอิงลงบนข้อต่อได้ให้เขียนลงบนตัวท่อโดยให้มีระยะห่างจากปลายข้อต่อไปทางท่อ 1 นิ้ว



รูปที่ 1. การเขียนเส้นอ้างอิงบน Socket เพื่อทำการเชื่อมท่อกับ Socket

5.3 คุณลักษณะสำคัญที่จะต้องตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection Attributes)

5.3.1 ในการตรวจสอบด้วยสายตา คุณลักษณะสำคัญที่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบโดยอาจจะทำเป็นรายการในการตรวจสอบจะต้องประกอบด้วย

A. การกำหนดเลขหมายเพื่อบ่งบอกชิ้นงาน

- B. ความเสียหายหรือรอยตำหนิจากการเคลื่อนย้ายไม่ถูกต้อง
- C. ความหนาของชิ้นงานน้อยเกินไป (Minimum Wall Thickness Violation)
- D. รอยอาร์ค หรือ รอยเชื่อมกระเด็น (Arc Strikes or Weld Spatter)
- E. ขนาดรอยเชื่อม รอยพอกพูน และความกลมกลืนของขอบแนวเชื่อม (Weld Size, Reinforcement and Weld Edge Blending)
- F. รอยกินขอบ (Undercut)
- G. การเจียรไนตกแต่งที่มากเกินไป (Excessive Grinding)
- H. ความเว้า หรือ ความนูนมากเกินไป (Concavity or Convexity)
- I. การหลอมละลายทะลุหรือการละลายผ่าน (Melt Through or Burn Through)
- J. การเกิดออกไซด์หรือสนิม (Oxidation)
- K. รูพรุน (Porosity)
- L. รอยแตก (Cracks)
- M. ตะกรัน (Slag) หรือสิ่งสกปรก
- N. การผิดศูนย์ ระยะเยื้องแนว (Joint Off Set, Mismatch or Misalignment)
- O. หลุมหลอมละลาย (Crater Pits)

5.4 เกณฑ์การยอมรับของการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection Acceptance / Rejection Standard)

5.4.1 Fillet Weld ดูในผนวก 2.1 ซึ่งแสดงเกณฑ์การยอมรับของ Fillet Weld สำหรับการตรวจสอบ Fillet Size ต้องตรวจสอบโดยใช้เกจตรวจสอบรอยเชื่อม ไม้บรรทัด หรือ Template

5.4.2 งานท่อ, ภาชนะที่มีกำลังดันภายใน ชิ้นส่วนเครื่องจักรและงานหล่อ (Piping, Pressure Vessel, Machinery and Casting Welds) ดูในผนวก 2.2

5.4.3 Structural Welds ดูในผนวก 2.3

5.4.4 การตรวจสอบงานหล่อ (Casting) จะต้องตรวจสอบตามมาตรฐาน Mil Std 2035A หรือ ตามผนวก 2.2 การตรวจสอบด้วยสายตาของงานหล่อจะต้องตรวจสอบขนาดและสภาพของพื้นผิวตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานและต้องกำหนดเลขหมายลงบนชิ้นงานหล่อนั้น

5.4.5 โลหะอัดขึ้นรูป (Wrought Materials) เช่น แผ่นเหล็กต่อเรือ จะต้องถูกตรวจสอบตามมาตรฐาน Mil Std 2035 หรือ ตามผนวก 2.3

5.4.6 ใบจักรบรอนซ์ (Bronze Propellers) ดูในผนวก 2.4

5.4.7 การนำท่อและข้อต่อเก่ากลับมาใช้ใหม่ (Debrazed Fittings and Pipe) ดูในผนวก 2.5

5.4.8 การตรวจสอบรอยบกพร่องของโลหะขึ้นงานที่อยู่นอกเหนือจากบริเวณที่ต้องตรวจสอบ เมื่อพบรอยบกพร่องที่เกิดขึ้นภายนอกพื้นที่ตรวจสอบจะต้องรายงานให้ผู้รับผิดชอบทราบ

5.5 การรายงาน

แบบฟอร์มการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Inspection Report) จะต้องจัดทำแบบฟอร์มรายงานการตรวจสอบด้วยสายตาตามผนวก 6 ถ้าไม่ได้มีการจัดทำเอกสารอื่นที่ใช้รายงานการตรวจสอบ

5.6 การควบคุมคุณภาพ

5.6.1 ผู้รับผิดชอบ

ผอ.กองควบคุมคุณภาพจะต้องรับผิดชอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ตรวจสอบด้วยสายตา

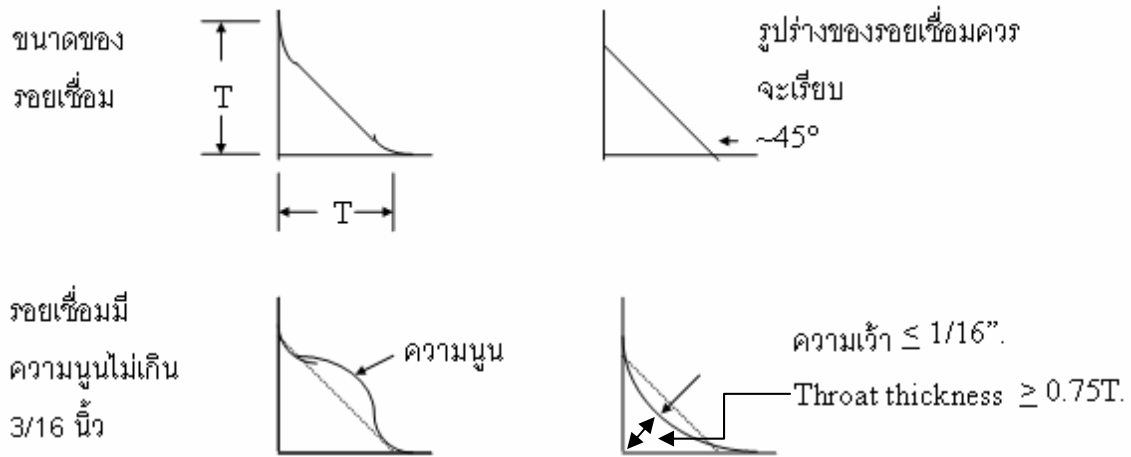
5.6.2 คุณสมบัติและการรับรองเจ้าหน้าที่ผู้ตรวจสอบด้วยสายตา

เจ้าหน้าที่ตรวจสอบด้วยสายตาต้องได้รับการอบรมและต้องสอบทั้งข้อเขียนและปฏิบัติโดยการควบคุมของ NDT Level III เพื่อให้ได้รับประกาศนียบัตร

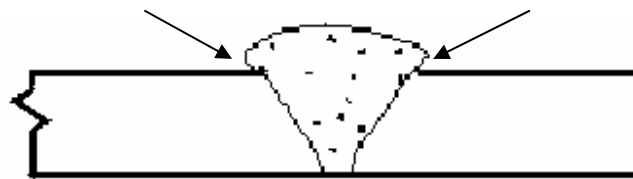
ผนวก 2.1

เกณฑ์การยอมรับของ Fillet Weld

1) โครงสร้างงานเชื่อมตาม MIL-STD-1689 A



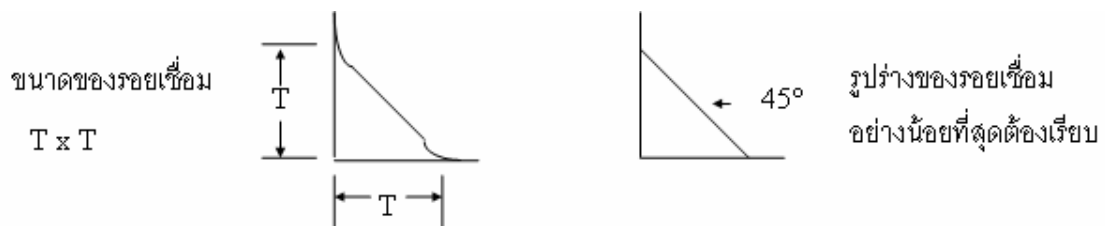
ชิ้นงานที่ผิวไม่ราบเรียบหรือมีมุม (Re-Entrant Angles) น้อยกว่า 90 องศา ควรจะทำการซ่อมทำ



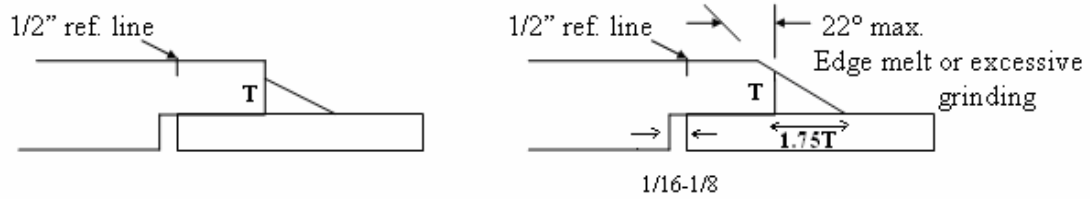
Excessive Reentrance Angle

2) รอยเชื่อมฟิลเลทสำหรับงานท่อ ภาชนะกำลังความดันและเครื่องจักรกลตามมาตรฐาน NSTM 010/278
(PIPING, PRESSURE VESSEL AND MACHINERY FILLET WELDS NSTM 010/278)

ชิ้นงานที่ไม่ใช่ท่อ Fillet Welds



ขนาดของรอยเชื่อม (T) ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ ถ้าขนาดของรอยเชื่อมใหญ่กว่ากำหนดอาจจะสามารถใช้งานได้ถ้าเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานอื่นๆ



ท่อที่เชื่อมแบบ Socket ต้องมีขนาด $T \times 1.75T$ เป็นอย่างต่ำ (รายละเอียดตาม MIL-STD-22D รูป 14 หน้า 49) โดย T คือ ความหนาท่อ การเจียรไนผิวที่บริเวณมุม (Shoulder of The Socket) ต้องไม่มากเกินไปโดยจะต้องทำมุมไม่มากกว่า 22 องศา การเกิดขอบหลอมละลาย (Edge Melt) สามารถยอมรับได้ถ้าขนาดของรอยเชื่อมได้ตามที่ต้องการ

ผนวก 2.2

**มาตรฐานการยอมรับสำหรับงานท่อ, ภาชนะที่มีกำลังดันภายใน
ชิ้นส่วนเครื่องจักร และงานหล่อ(MIL-STD-2035A)**

1. ขอบข่าย

มาตรฐานนี้กล่าวถึงเกณฑ์การยอมรับของรอยเชื่อมสำหรับ งานเชื่อมโครงสร้าง, งานหล่อ, งานซ่อมทำท่อ, ภาชนะที่มีกำลังดันภายในและชิ้นส่วนเครื่องจักร ซึ่งใช้การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ตามที่กำหนดไว้ในแบบหรือข้อกำหนดอื่นๆ เกณฑ์การยอมรับจะถูกแบ่งออกเป็นชั้นต่างๆ ตามลำดับของความไม่สมบูรณ์ของรอยเชื่อมนั้น

2. ชิ้นงานเชื่อม

ชิ้นงานเชื่อมจะถูกตรวจสอบตามระดับดังแสดงใน ตารางที่ 1. สำหรับงานชิ้นส่วนเครื่องจักร ตารางที่ 2 สำหรับท่อ และตารางที่ 3 สำหรับภาชนะที่มีกำลังดันภายใน ชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกตรวจสอบตาม Class ต่างๆ ดังที่ระบุในตารางที่ 4 ของ MIL-STD-2035A การจัดประเภทของงานเชื่อมและการแบ่งชั้นสามารถกระทำได้นี้

ประเภทงานเชื่อม	ความหมาย	Class
M-1	งานเชื่อมของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เคลื่อนไหว เช่น เกียร์โรเตอร์ เฟลา เว้นเฟลาไปจักรและแกนทางเลื้อ	2
M-2	งานเชื่อมของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ไม่เคลื่อนไหว ไม่ได้รับกำลังดัน เช่น ตัวเครื่องยนต์ มอเตอร์ ปั๊ม	3
P-1	งานเชื่อมท่อที่รับกำลังดันเกิน 300 PSI และ/หรือ อุณหภูมิไม่เกิน 650 °F	1
P-2	งานเชื่อมท่อที่รับกำลังดันไม่เกิน 300 PSI และ/หรือ อุณหภูมิไม่เกิน 650 °F	2
PLT	งานเชื่อมท่อที่รับกำลังดันเกิน 50 PSI และอุณหภูมิต่ำกว่า 20 °F ลงไป	1
A-1	งานเชื่อมหม้อน้ำและส่วนประกอบ (เว้นท่อ)	1
A-2	งานเชื่อมภาชนะกำลังดันที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟ (Unfired Pressure Vessel) และกำลังดันภายในภาชนะเกิน 400 PSI และ/หรืออุณหภูมิเกิน 650 °F (ถ้าเป็นของเหลว 300 °F)	1

A-3	งานเชื่อมภาชนะที่มีกำลังดันที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟและกำลังดันภายในภาชนะไม่เกิน 400 PSI และ/หรืออุณหภูมิไม่เกิน 650 °F (เว้นกรณีอื่นที่เข้าข่าย A-4 และ A-LT)	2
A-4	งานเชื่อมภาชนะที่มีกำลังดันที่ไม่เกี่ยวข้องกับไฟและกำลังดันภายในภาชนะไม่เกิน 150 PSI และ/หรืออุณหภูมิไม่เกิน 450 °F รวมทั้งภาชนะที่มีกำลังดันจาก Static Head หรือจากของเหลวที่บรรจุอยู่เอง	2
A-LT	งานเชื่อมภาชนะกำลังดันที่กำลังดันในภาชนะเกิน 50 PSI และอุณหภูมิตั้งแต่ -20 °F ลงไป	1

2.1 ตัวอักษรที่ปั๊มหรือสลักลงบนชิ้นงานโดยโรงงานผู้ผลิตในบริเวณที่ต้องตรวจสอบงานเชื่อม (Inspection Zone) ไม่ต้องนำมาพิจารณา

2.2 การทำเครื่องหมายประจำรอยเชื่อม (Joint Identification Markings) สามารถใช้เครื่องแกะสลักตัวอักษรแบบสั่น (Vibro Etching) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับท่อที่มีความหนา 1/8 นิ้วลงมา ห้ามไม่ให้ใช้เครื่องแกะสลักตัวอักษรแบบสั่น ควรใช้ Chemical Etch แทน ห้ามมิให้ใช้การตอกหมายเลข (Die Stamp) สำหรับงานท่อ การทำเครื่องหมายไม่ให้ทำในเขตตรวจสอบคือ 1/2 นิ้ว จากขอบรอยเชื่อม

2.3 การเจียรผิวของงานเชื่อมสามารถกระทำได้แต่ต้องไม่ทำให้ความหนาของโลหะชิ้นงานลดต่ำลงจนต่ำกว่าความหนาที่ออกแบบไว้

2.4 งานเชื่อมต้องไม่มีร่องแหลมระหว่างแนวเชื่อม (Bead) แต่ละแนว และจะต้องประสานเข้ากับโลหะชิ้นงานได้แนบสนิท โดยไม่มีรอยกินขอบ (Undercut) ตามข้อกำหนดในข้อ 2.21 หรือ มุมระหว่างโลหะชิ้นงานและตะเข็บของรอยเชื่อม (Re-entrant Angle) เกินเกณฑ์ที่กำหนดในข้อ 2.24 ความไม่ปกติของความหนาของรอยเชื่อมที่เกิดจากการเจียรหรือขัด สามารถยอมรับได้ ถ้าไม่ขัดแย้งกับเกณฑ์ข้ออื่นในเอกสารนี้

2.5 งานเชื่อมที่ต้องเชื่อมด้านเดียวแล้วให้ซึมลึกถึงราก (Full Penetration) การเชื่อมที่ใช้ ลวดรองสิ้นเปลือง (Consumable Insert) และการเชื่อมที่ใช้แหวนรอง (Backing Ring) ที่เอ้าออกได้หลังเชื่อม จะต้องมีความสมบูรณ์ตามตารางที่ 4.

2.6 ลวดเชื่อมกันรั่ว (Seal Weld) จะต้องมีความหนาเท่ากับที่กำหนดไว้ในแบบ

2.7 ผิวหน้าของ Butt Weld จะต้องไม่ต่ำกว่าระดับของผิวโลหะชิ้นงาน เว้นแต่บริเวณช่วงต่อระหว่างรอยเชื่อมกับโลหะชิ้นงาน (Weld Toe) ที่ถูกซ่อมโดยการเจียรจะต้องไม่เกินเกณฑ์จนทำให้เกิดรอยกินขอบ (Undercut) ถ้าไม่กำหนดเป็นอย่างอื่น ความหนาสุดท้ายของรอยพอก (Weld Reinforcement) จะเป็นไปตามตาราง ที่ 5.

2.8 ถ้าไม่มีกำหนดไว้ในเอกสารการประกอบ (Fabrication Document) หรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องอื่นใดแล้ว ค่า ระยะเยื้อง (Joint Offset) สูงสุดที่ยอมรับได้จะเป็นไปตามตารางที่ 6

2.9 รอยเชื่อมจะต้องไม่มีรอยแตกร้าว (Crack)

2.10 รอยเชื่อมจะต้องไม่มีการละลายทะลุ (Burn Through)

2.11 รอยเชื่อมจะต้องไม่มีการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion)

2.12 พื้นที่ Melt Through และ Burn Through เมื่อรับการซ่อมทำแล้วสามารถยอมรับได้โดยพื้นที่นั้นต้องไม่มีรอยแตกร้าว (Crack), ที่อับ (Crevice), Oxide มากเกินไป หรือ เม็ดเล็กๆ หรือหยาด (Globules) ค่าความนูนและความเว้าที่รากของรอยเชื่อม (Root Convexity และ Concavity) ต้องไม่เกินเกณฑ์

2.13 หลุมหลอมละลาย (Crater Pit) สามารถยอมรับได้ถ้าหลุมหลอมละลายนั้นไม่มีรอยแตกร้าว ค่าความนูนและความเว้าที่รากของรอยเชื่อม (Root Convexity และ Concavity) ต้องไม่เกินเกณฑ์และความหนาของรอยเชื่อมไม่ต่ำกว่าเกณฑ์

2.14 รอยเชื่อมและพื้นที่ใกล้เคียงจะต้องไม่มี Oxide Scale พร้อมกับรอยยับหรือลักษณะผิวตก ผลึก ผิวลักษณะเป็นฟิล์มเรืองแสงที่ติดแน่นกับชิ้นงานสามารถยอมรับได้

2.15 รูพรุน (Porosity) แต่ละรูต้องมีขนาดไม่เกิน 3/32 นิ้ว โดยวัดจากขนาดของความยาวหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน ถ้ามีหลายรูผลรวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุนต้องไม่มากกว่า 1/8 นิ้ว ในทุกความยาว 2 นิ้ว โดยนับเฉพาะรูพรุนที่มีขนาดมากกว่า 1/32 นิ้ว

2.16 ขอบหลอมละลาย (Edge Melt) ในการเชื่อมท่อสามารถยอมรับได้ การตรวจสอบทำได้โดย Scribe Line ที่กล่าวไว้ในผนวก 4.1

2.17 รอยอาร์ค (Arc Strike) จะต้องเอาออกไปแล้วตรวจสอบซ้ำ บริเวณที่เอารอยอาร์คออกไปแล้ว ถ้าเป็นไปตามข้อกำหนดข้อ 2.17.1-2.17.3 ก็ถือว่ายอมรับได้ โดยความหนาของรอยเชื่อมจะต้องไม่ต่ำกว่าความหนาต่ำสุดของชิ้นงาน และบริเวณที่ได้รับผลจากความร้อน (Heat-Affected Zones) จะต้องถูกเอาออก

2.17.1 Class 1. ต้องไม่มีรอยอาร์คที่รอยเชื่อมหรือบริเวณโลหะชิ้นงาน เมื่อเอารอยอาร์คออกไปแล้วรอยเว้าที่เหลืออยู่ต้องไม่ลึกกว่า 1/64 นิ้ว หรือ 10% ของความหนาของโลหะชิ้นงาน (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์) และแนบสนิทเป็นเนื้อเดียวกับโลหะชิ้นงาน

2.17.2 Class 2. และ 3. เช่นเดียวกับข้อ 2.17.1 เปลี่ยนขนาดความลึกของความเว้าจาก 1/64 นิ้ว เป็น 1/32 นิ้ว

2.17.3 รอยอาร์ค (Arc Strike) ของ High Hardenability Material ได้แก่ S-1 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 0.30 %, S-3, S-3A, S-4, S-5, S-6 และ S-6A (รายละเอียดใน MIL-STD-278) ภายหลังจากที่ชิ้นงานได้ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนแล้วให้ขจัดบริเวณที่ได้รับผลจากความร้อน (Heat Affected Zone) ออกให้หมด โดยใช้กระบวนการกัดขึ้นรอย (Etching) ในการระบุบริเวณที่ได้รับผลจากความร้อน ทั้งนี้การใช้สารเคมีในการกัดขึ้นรอยควรได้รับการฝึกฝนจนชำนาญ

2.18 รอยเซาะ (Gouges) รอยเจียรไน และความขรุขระของผิวของความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities) ที่กล่าวถึงต้องไม่ทำให้ความหนาท่ำกว่าความหนาชิ้นงานและบริเวณด้านล่างของความไม่ต่อเนื่องดังกล่าวต้องกลมมน ความยาวของความไม่ต่อเนื่องจะจำกัดไว้ที่ 12 นิ้ว ยกเว้น งานท่อจะมีความไม่ต่อเนื่องไม่เกิน 12 นิ้ว หรือ 1/4 ของเส้นรอบวงในท่อ (ค่าต่ำเป็นเกณฑ์)

2.18.1 Class 1. ความลึกต้องไม่เกิน 1/64 นิ้ว หรือ 10% ของความหนาของโลหะชิ้นงาน (ค่าต่ำเป็นเกณฑ์)

2.18.2 Class 2. และ 3. ความลึกต้องไม่เกิน $1/32$ นิ้ว ถ้าความหนาแน่นน้อยกว่า $1/2$ นิ้ว และไม่เกิน $1/16$ นิ้ว ถ้าหนาตั้งแต่ $1/2$ นิ้วขึ้นไป

2.19 โลหะกระเด็น (Weld Spatter) ต้องไม่มีเลยสำหรับรอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงของ Class 1.

2.19.1 Class 2. และ 3. ถ้าโลหะกระเด็นสามารถถูออกได้ด้วยแปรงมือขัดให้ขจัดโลหะกระเด็นนั้นออก ส่วนโลหะกระเด็นที่ติดแน่นและขนาด $1/8$ นิ้วลงไปให้ยอมรับได้ ยกเว้นในกรณีพื้นที่ตรวจสอบบางอย่างที่ต้องปราศจากโลหะกระเด็นได้แก่ บริเวณที่ต้องทำการตรวจสอบโดยใช้ PT, UT หรือ RT ผิวด้านในของชิ้นงานปิด เช่น ถัง พื้นที่ผิวเปียกเช่น แผ่นเหล็กตัวเรือใต้แนวน้ำ จะมีโลหะกระเด็นไม่ได้

2.20 ตะกรัน (Slag) ต้องไม่มีเลยสำหรับรอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงของ Class 1.

2.20.1 สำหรับ Class 2. และ 3. ตะกรันที่ติดแน่นไม่สามารถถูออกได้ด้วยแปรงมือขัด (Hand Wire Brush) สามารถยอมรับได้ เว้นแต่บริเวณนั้นจะต้องทำ MT, PT, UT หรือ RT ภายหลังและในกรณีที่ตะกรันขนาดน้อยกว่า $1/8$ นิ้วลงไปสามารถยอมรับได้เนื่องจากจะไม่รบกวนการประเมินผล แต่ถ้าต้องทำ PT ต้องไม่มีตะกรัน หากต้องทำการเชื่อมหลายชั้นชิ้นงานจะต้องไม่มีตะกรันก่อนจะทำการเชื่อมทับในชั้นต่อไป

2.21 รอยกินขอบ (Undercut) ของรอยเชื่อมชั้น P-1 ความลึกวัดจากผิวของชิ้นงานที่ไม่ได้เจียรจะต้องไม่เกิน $1/64$ นิ้ว หรือ 10% ของความหนาต่ำสุด (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์)

2.21.1 สำหรับ Class 2. และ 3. ความลึกวัดจากผิวของชิ้นงานที่ไม่ได้เจียรจะต้องไม่เกิน $1/32$ นิ้ว หรือ 10% ของความหนาต่ำสุด (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์) สำหรับโลหะชิ้นงานหนาตั้งแต่ $1/2$ นิ้วขึ้นไปยอมรับได้ถึง $1/16$ นิ้ว ถ้าความยาวรวมซึ่งนับเฉพาะรอยกินขอบที่ลึกเกินกว่า $1/32$ นิ้ว และไม่เกิน 15% ของความยาวรอยเชื่อมหรือไม่เกิน 12 นิ้วทุกๆ 36 นิ้ว (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์)

2.22 ขอบหลอมละลาย (End Melt) ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยกินขอบบริเวณส่วนปลายของรอยเชื่อมจึงใช้ข้อกำหนดของรอยกินขอบ (Undercut) ในการพิจารณา

2.22.1 สำหรับ Class 1. ความลึกวัดจากผิวของโลหะชิ้นงานต้องไม่เกิน $1/64$ นิ้ว หรือ 10% ของความหนาชิ้นงาน

2.22.2 สำหรับ Class 2. และ 3. ความหนาตั้งแต่ $1/4$ นิ้วลงมาความลึกของขอบหลอมละลายต้องไม่เกิน $1/16$ นิ้ว ถ้าแต่ถ้าลึกมากกว่า $1/16$ นิ้ว แต่ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ $3/32$ นิ้ว อาจจะต้องซ่อมโดยทางกล เช่น การเจียร จนถึง $3/32$ นิ้วได้

2.23 มุมหลอมละลาย (Corner Melt)

2.23.1 Class 1. ความลึกวัดจากผิวของโลหะชิ้นงานจะต้องไม่เกิน $1/64$ นิ้ว หรือ 10% ของความหนา (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์)

2.23.2 Class 2. และ 3. ความลึกวัดจากผิวของโลหะชิ้นงานจะต้องไม่เกิน $1/16$ นิ้ว แต่ถ้าลึกมากกว่า $1/16$ นิ้ว แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $3/32$ นิ้ว อาจจะต้องซ่อมโดยทางกล เช่น การเจียร จนถึง $3/32$ นิ้วได้

2.24 มุมระหว่างโลหะขึ้นงานและตะเข็บของรอยเชื่อม (Re-Entrant Angle) ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 90 องศา

2.25 รอยเชื่อมต้องไม่เคลือบสีก่อนตรวจ ถ้าเคลือบไปแล้วจะต้องเอาออก โดยถ้ามีสีตกค้างเนื่องจากขจัดออกไม่หมด ต้องมีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1/8 นิ้ว ยกเว้นต้องตรวจสอบขึ้นงานโดยวิธี PT ขึ้นงานจะต้องไม่มีสีตกค้าง

ตารางที่ 1

ข้อกำหนดในการตรวจสอบชิ้นส่วนเครื่องจักรชั้น M (Class M Machinery Inspection Requirements)

ชั้นของ ชิ้นส่วน เครื่องจักร	ประเภท	ชนิดของงาน เชื่อม	กระบวนการตรวจสอบที่ต้องทำ					
			VT		MT/PT		RT ^{4/}	
			Root	Final	Root	Final	Final	Extent
M-1	A	Butts	-	X	X _{1/}	X _{2/}	X	100%
		ที่เหลื่อม ทั้งหมด	-	X	X _{1/}	X _{2/}	X _{3/}	-
	B	ทั้งหมด	-	X	X _{1/}	X _{2/}	X _{3/}	-
	C	ทั้งหมด	X	X	X _{1/}	X _{3/}	-	-
M-2	A	ทั้งหมด	-	X	X _{1/}	X _{2/}	X _{3/}	-
	B	ทั้งหมด	-	X	X _{1/}	X _{2/5/}	-	-
	C	ทั้งหมด	X	X	-	X _{3/}	-	-

หมายเหตุ เครื่องหมาย X แสดงว่าต้องทำการตรวจสอบ

1/ สำหรับการเชื่อมด้านเดียวให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Root สำหรับงานเชื่อมสองด้านให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Backgouged, Ground Area ก่อนทำการเชื่อมด้านตรงข้าม หรือใช้ VT ที่กำลังขยาย 5 เท่าแทน MT/PT ก็ได้ หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องในแนวเดียวกัน (Linear Discontinuities) บนชิ้นงานให้ไม่ยอมรับชิ้นงานนั้น การตรวจสอบ Root ไม่จำเป็นต้องกระทำถ้าจะตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมดโดยใช้ 360 องศา (100%) RT หรือ UT

2/ การตรวจสอบชิ้นงานซึ่งมีข้อบกพร่องที่ผิวภายนอกและเป็นผิวเปิดควรจะใช้ MT/PT และควรจะกระทำภายหลังจากชิ้นงานได้ผ่านการปรับแต่งผิวโดยวิธีการทางกลเช่น การเจียร เรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องให้ความร้อนภายหลังการเชื่อมหรือการอบคลายความเค้น ให้ทำการตรวจสอบภายหลังจากการให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว

3/ การตรวจสอบให้กระทำเมื่อระบุไว้ในแบบหรือตามความต้องการของผู้อู่ต่อเรือหรือหน่วยงานที่ร้องขอ

4/ UT อาจจะสามารถใช้แทน RT

5/ งานเชื่อมใน Class M2 ประเภท B สำหรับ Ship Stores Refrigeration Plant และ Structural Components of S-1 Materials ถ้าเป็นการตรวจสอบงานเชื่อมขั้นสุดท้าย (Final) ให้สามารถใช้ VT ใช้แทน MT ได้

ตารางที่ 2

ข้อกำหนดในการตรวจสอบท่อ ชั้น P_{1/2}
(Class P Piping Inspection Requirements)

Piping Class	ชนิดของงานเชื่อม	ขนาดของท่อ (นิ้ว) (NPS)	กระบวนกรตรวจสอบที่ต้องทำ						
			VT ^{18/}		MT/PT ^{17/}		RT		กำลังดัน
			Root	Final	Root	Final ^{5/}	Final ^{3/}	Extent ^{15/}	^{11/}
มีพิษหรือน้ำมันเบนซิน	Butt	ทั้งหมด	-	X	X ^{4/}	X	X	360°	X
P-1 และ P-LT	Butt	>3-1/2	-	X	X ^{4/}	X	X ^{13/}	360°	X
		2-1/2 to 3-1/2	-	X	X ^{4/}	X	X ^{6/ 7/ 13/}	60° Min.	X
		<2-1/2	-	X	X ^{4/}	X	X ^{6/ 7/ 8/ 9/ 13/}	60° Min.	X
	Sockets Fillets ^{14/} & อุปกรณ์ประกอบ	ทั้งหมด	-	X	X ^{4/}	X	-	-	X
P-2	Butt	2-1/2 และ >	-	X ^{16/}	-	X ^{10/}	X ^{10/}	-	X
		<2-1/2	-	X ^{16/}	-	X ^{10/}	-	-	X
	Sockets & edge fillets	ทั้งหมด	-	X ^{16/}	-	X ^{10/}	-	-	X

หมายเหตุ เครื่องหมาย X แสดงว่าต้องทำการตรวจสอบ

1/ ตารางนี้ไม่ได้ใช้สำหรับท่อทางซึ่งเป็นส่วนประกอบในงานหล่อ กังหันก๊าซ หรือ ระบบขับเคลื่อน หรือ ระบบเกียร์ (Auxiliary Gears)

2/ เมื่อมีการเชื่อมท่อใหม่เข้ากับรอยเชื่อมเก่า (Existing หรือ Older Weld) ภายในระบบ ควรทำการตรวจสอบรอยเชื่อมที่ระยะ 6 นิ้วหรือ 50% ของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ค่าน้อยเป็นเกณฑ์) โดยวัดที่รอยต่อของรอยเชื่อมทั้งสองชนิด เกณฑ์การยอมรับของท่อรอยเชื่อมเก่าและบริเวณใกล้เคียงกับแนวเชื่อมเก่าให้ใช้เกณฑ์เดียวกันกับ MIL-STD-2035A สำหรับ Inadvertent Radiography (รายละเอียดตาม MIL-STD-2035 A หน้า 13)

3/ สำหรับการใช้งานในระบบดังต่อไปนี้ MT หรือ PT อาจจะสามารถใช้แทน RT ได้ ถ้าหากเป็นไปตามเงื่อนไขข้อ 4.

a. Piping for gas turbine and diesel engine exhaust system. ท่ออากาศเสียของเครื่องกังหันก๊าซและเครื่องยนต์ดีเซล

b. Incinerator up-takes.

c. Exhaust relief valve which dumps to the bilge or atmosphere.

d. Trim and drain pump suction piping welds.

4/ สำหรับการเชื่อมด้านเดียวให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Root สำหรับการเชื่อมสองด้านให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Backgouged, Ground Area ก่อนทำการเชื่อมด้านตรงข้าม หรือใช้ VT ที่กำลังขยาย 5 เท่าแทน MT/PT ก็ได้ ยกเว้น งานเชื่อม Boiler Tube กับ Drum Joints และ Superheater Tubes กับ Header Joints หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องในแนวเดียวกัน (Linear Discontinuities) บนชิ้นงาน ให้ไม่ยอมรับชิ้นงานนั้น การตรวจสอบ Root ไม่จำเป็นต้องกระทำถ้าจะตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมดโดยใช้ 360 องศา (100%) RT หรือ UT การตรวจสอบ Root ไม่มีความจำเป็นสำหรับงานเชื่อมบางประเภท เช่น Bosses และ Removable Backing ซึ่ง Root Layer สามารถขจัดออกได้

5/ การตรวจสอบชิ้นงานซึ่งมีข้อบกพร่องที่ผิวภายนอกและเป็นผิวเปิดควรจะใช้ MT/PT และควรจะทำภายหลังจากชิ้นงานได้ผ่านการปรับแต่งผิวโดยวิธีการทางกลเช่น การเจียร เรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องให้ความร้อนภายหลังการเชื่อมหรือการอบคลายความเค้น ให้ทำการตรวจสอบภายหลังจากการให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว

6/ RT ของแนวเชื่อมของท่อที่อยู่ในแนวนอนและไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Horizontal Fixed Position) ควรจะเห็นภาพในส่วนที่แสดงแนวเชื่อมในแนวตั้งและแนวเหนือหัว (Vertical or Overhead Position)

7/ อาจใช้ MT/PT ตรวจสอบรอยเชื่อมภายในท่อแทนการใช้ 60 องศา RT ในระยะ 2.5 นิ้ว โดยวัดจากปลายท่อ

8/ การเชื่อม Boiler Generating Tubes และ Economizer Elements, และ External Superheater Tube กับ Header Stub Welds อาจจะสามารถใช้ MT/PT ในการตรวจสอบแทนการใช้ RT ได้.

9/ การใช้ RT มีความจำเป็นสำหรับการตรวจสอบท่อที่ใช้กำลังดันเกิน 575 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่านั้น ถ้าหากท่อกำลังดันน้อยกว่า 575 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ให้สามารถใช้ MT/PT สำหรับการตรวจสอบได้

10/ การตรวจสอบโดยใช้ PT ควรจะกำหนดให้จำเป็นต้องกระทำสำหรับอุ้งต่อเรือหรือหน่วยงานอื่นๆ

11/ (a) เมื่อพิจารณาข้อกำหนดที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบท่อ ถ้าสามารถกระทำได้ การตรวจสอบให้กระทำบนชิ้นงานท่อที่ไม่มีการทาสี

(b) สำหรับชิ้นงานที่เคยผ่านการทดสอบแรงอัดน้ำ (Hydrostatic Test) มาแล้ว เมื่อต้องซ่อมทำให้ยกเว้นการทดสอบแรงอัดน้ำในกรณีนี้ การซ่อมทำนั้นหนาไม่เกิน 3/16 นิ้ว หรือ 20% ของความหนาของโลหะชิ้นงาน (ค่าน้อยกว่าเป็นเกณฑ์) ซ่อมยกเว้นนี้ไม่สามารถใช้กับการซ่อมทำซึ่งต้องให้ความร้อนกับงานเชื่อมภายหลังการซ่อมทำ (Post Weld Heat Treatment)

12/ ท่อชั้น P-LT สำหรับงานก่อสร้างที่ต้องใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ (Cryogenic) ตัวอย่างเช่น โลหะฐานอลูมิเนียม หรือ สเตนเลสเกรด 300 (SS 300) การตรวจสอบให้ปฏิบัติดังนี้

(a) Butt Joints และ รอยเชื่อมที่มีรอยซึมลึกสมบูรณ์ (Full Penetration Welds) – ควรใช้ 60 องศา RT เป็นอย่างต่ำ ในการตรวจสอบเพิ่มเติมจาก VT และ PT

(b) Socket Welded และ รอยเชื่อมที่มีรอยซึมลึกบางส่วน (Partial Penetration Joints) – ควรใช้ VT และ PT ในการตรวจสอบ

13/ RT มีความจำเป็นสำหรับการตรวจสอบท่อในระบบไฮดรอลิกซึ่งออกแบบใช้งานที่มีกำลังดันเกิน 575 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่านั้น

14/ รวมถึง Boiler Tube กับ Drum Joints และ Superheater Tube กับ Header Joints

15/ เมื่อมีการตรวจพบรอยบกพร่องบนแนวเชื่อมในบางบริเวณที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยใช้รังสีเฉพาะบริเวณนั้น (Partial Radiography) ให้ตรวจสอบแนวเชื่อมทั้งหมดโดยใช้รังสีด้วย

16/ รูปแบบการประสานแบบ P-1, P-2, P-12, P-60, P-61, P-62, P-67 และ P-68 ไม่ควรใช้กับวัสดุที่เสี่ยงต่อการเกิดการกัดกร่อนในที่อับ (Crevice Corrosion) ยกเว้นกรณีที่มีพื้นผิวด้านในของชิ้นงานสามารถตรวจสอบได้เพื่อให้มั่นใจได้ว่ารอยเชื่อมนั้นสมบูรณ์

17/ การตรวจสอบโดยใช้ MT สำหรับการเชื่อมใน MIL-140S, MIL-120S และ MIL-12018 ชั้น A-F, A-1, A-LT, P-1, PL-T และ M-1 (ประเภท A และ B). MIL-120S และ MIL-12018 Butt Welds ในชั้น A-F, A-1, A-2, A-LT, P-1, P-LT และ M-1 (ประเภท A และ B) ควรจะปฏิบัติตามข้อกำหนดเพิ่มเติมใน Class I.A.1 Butt Welds ของ MIL-STD-1688 ด้วย สำหรับ MIL-140S Welds ควรจะปฏิบัติตามข้อกำหนดเพิ่มเติมที่อนุมัติโดย NavSea.

18/ งานเชื่อมไทเทเนียมและโลหะฐานไทเทเนียมรวมถึงผิวชั้นในงานเชื่อมและงานเชื่อมซ่อมอื่นๆ ควรจะทำการตรวจสอบสีของชิ้นงานเมื่อเชื่อมเสร็จ (As-Deposited) โดยเจ้าหน้าที่ VT ที่ผ่านการอบรม โดยไม่จำเป็นต้องใช้ Borescope

ตารางที่ 3

ข้อกำหนดในการตรวจสอบภาชนะที่มีกำลังดันภายใน ชั้น A
(CLASS A PRESSURE VESSEL INSPECTION REQUIREMENTS) ^{1/}

กำลังดัน	ชนิดของงานเชื่อม	กระบวนการตรวจสอบที่ต้องทำ						
		VT ^{10/}		MT/PT ^{9/}		RT		กำลังดัน
		Root	Final	Root	Final ^{7/}	Final ^{7/}	Extent ^{8/}	
A-F A-1 A-2	Butt และรอยเชื่อมที่ เชื่อมลึกสมบูรณ์	X	X	X ^{3/}	X ^{4/}	X	100 % of all long. & circ. Welds	X
	Nozzles 2-1/2” & มากกว่า	X	X	X ^{3/}	X ^{4/}	X	360°	X
	Nozzles <2-1/2”, pads & อุปกรณ์ ประกอบ	-	X	X ^{3/}	X ^{4/}	-	-	X
A-3 A-LT	Butt และรอยเชื่อมที่ เชื่อมลึกสมบูรณ์	X	X	X ^{3/}	X ^{4/}	X ^{5/ 6/}	10 % of all long. & circ. Welds	X
	All nozzles, pads, & อุปกรณ์ประกอบ	X	X	X ^{3/}	X ^{4/}	-	-	X
A-4	Butt และรอยเชื่อมที่ เชื่อมลึกสมบูรณ์	X	X	-	-	-	-	X
	All nozzles, pads, & อุปกรณ์ประกอบ	X	X	-	-	-	-	X

หมายเหตุ เครื่องหมาย X แสดงว่าต้องทำการตรวจสอบ

^{1/} เมื่อมีการเชื่อมภาชนะที่มีกำลังดันภายในเข้ากับรอยเชื่อมเก่า (Existing หรือ Older Weld) ควรทำการตรวจสอบรอยเชื่อมเก่าโดยใช้ RT ที่ระยะ 6 นิ้ว โดยวัดออกมาจากทั้งสองด้านของรอยเชื่อมต่อ เกณฑ์การยอมรับของท่อรอยเชื่อมเก่าและบริเวณใกล้เคียงกับรอยเชื่อมเก่าให้ใช้เกณฑ์เดียวกันกับ MIL-STD-2035A สำหรับ Inadvertent Radiography (รายละเอียดตาม MIL-STD-2035A หน้า 13)

^{2/} งานเชื่อมภาชนะที่มีกำลังดันภายในควรจะทำทดสอบโดยการอัดน้ำ (Hydrostatic Pressure) ตามมาตรฐานสำหรับการตรวจสอบภาชนะที่มีกำลังดันภายในแต่ละแบบและควรห้วงเวลาให้นานพอสมควร เมื่อทำการทดสอบเพื่อให้สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมทั้งหมดโดย VT ได้ การตรวจสอบโดยการอัดน้ำนี้ควรจะทำกับชิ้นงานที่ไม่ทาสี

^{3/} สำหรับการเชื่อมด้านเดียวให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Root สำหรับการเชื่อมสองด้านให้ใช้ MT/PT ตรวจสอบบริเวณ Back Chipped, Gouged, Ground, หรือ Machined Root Area ก่อนทำการเชื่อมด้านตรงข้าม หรือใช้ VT ที่กำลังขยาย 5 เท่า แทนการใช้ MT/PT ก็ได้ หากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องแบบเส้น (Linear Discontinuities) บนชิ้นงานให้ไม่ยอมรับชิ้นงานนั้น การตรวจสอบ Root ไม่จำเป็นต้องกระทำถ้า

จะตรวจสอบชิ้นงานทั้งหมดโดยใช้ 360 องศา (100%) RT หรือ UT การตรวจสอบ Root ไม่มีความจำเป็นสำหรับงานเชื่อมบางประเภท เช่น Bosses และ Removable Backing ซึ่ง Root Layer สามารถขจัดออกได้

4/ ควรตรวจสอบผิวชิ้นงานด้านนอก (หากทำได้) และด้านในโดยใช้ MT/PT และควรจะทำภายหลังจากชิ้นงานได้ผ่านการปรับแต่งผิวโดยวิธีการใดๆเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องให้ความร้อนภายหลังการเชื่อมหรือการอบคลายความเค้น (Stress Relief) ให้ทำการตรวจสอบภายหลังจากการให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว

5/ เมื่อมีการเชื่อมทั้งตามยาว (Longitudinal) และตามเส้นรอบวง (Circumferential) รอยต่อของรอยเชื่อมทั้งสองควรจะถูกตรวจสอบโดยรวมเป็นส่วนหนึ่งของ 10% Radiography

6/ RT ไม่มีความจำเป็นสำหรับภาชนะที่มีกำลังดันภายในซึ่งออกแบบให้ใช้งานที่มีกำลังดันเกินไม่เกิน 125 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แม้ว่า Relief Valves จะถูกตั้งค่าการทำงานที่กำลังดันเกจ (Gauge Pressures) มากกว่า 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

7/ สำหรับการตรวจสอบรอยเชื่อมของ HY/HSLA และ STS ให้ตรวจสอบภายในเวลาที่กำหนดดังนี้

RT (Butt Welds เท่านั้น): ภายใน 8 ชม. ภายหลังจากชิ้นงานเชื่อมเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง

MT: ภายใน 24 ชม. ภายหลังจากชิ้นงานเชื่อมเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง

8/ เมื่อมีการตรวจพบรอยบกพร่องที่ไม่สามารถยอมรับได้โดยใช้การส่องตรวจโดยใช้รังสี (Partial Radiography) รอยเชื่อมทั้งหมดต้องได้รับการตรวจสอบด้วยรังสีด้วย

9/ การตรวจสอบโดยใช้ MT สำหรับการเชื่อมใน MIL-140S, MIL-120S และ MIL-12018 ชั้น A-F, A-1, A-LT, P-1, P-LT และ M-1 (ประเภท A และ B). การทำ Final MT ตาม MIL-120S และ MIL-12818 Butt Welds ในชั้น A-F, A-1, A-2, A-LT, P-1, P-LT และ M-1 (ประเภท A และ B) ควรจะปฏิบัติตามข้อกำหนดเพิ่มเติมใน Class I.A.1 Butt Welds ของ MIL-STD-1688 ด้วย สำหรับ MIL-140S Welds ควรจะปฏิบัติตามข้อกำหนดเพิ่มเติมที่อนุมัติโดย NavSea.

10/ งานเชื่อมไทเทเนียมและโลหะฐานไทเทเนียมรวมถึงผิวชั้นในงานเชื่อมและงานเชื่อมซ่อมอื่นๆ ควรจะทำการตรวจสอบสีของชิ้นงานเมื่อเชื่อมเสร็จ (As-Deposited) โดยเจ้าหน้าที่ VT ที่ผ่านการอบรม โดยไม่จำเป็นต้องใช้ Borescope

ตารางที่ 4

ขีดจำกัดความนูนและความเว้าของรากของรอยเชื่อม
(Root Contour Limits) ^{1/}

สภาพ ^{3/}	ขนาดวัสดุ	ค่าสูงสุด (นิ้ว)
นูน (Convexity)	ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้วหรือชิ้นงานรูปร่างอื่นที่หนาน้อยกว่า 5/32 นิ้ว	1/16 ^{2/}
นูน (Convexity)	ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไปหรือชิ้นงานรูปร่างอื่นที่หนาตั้งแต่ 5/32 นิ้วขึ้นไป	3/32 ^{2/}
เว้า (Concavity)	ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้วหรือชิ้นงานรูปร่างอื่นที่หนาน้อยกว่า 5/32 นิ้ว	1/32
เว้า (Concavity)	ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไปหรือชิ้นงานรูปร่างอื่นที่หนาตั้งแต่ 5/32 นิ้วขึ้นไป	1/16

1/ ยกเว้นกรณีเส้นกลางมีการย่นหรือเปลี่ยนแปลง ความนูนของราก (Root) จะต้องสม่ำเสมอและประสานกลมกลืนกับโลหะชิ้นงานได้ดี รอยเชื่อมต้องไม่มีความเว้า ยกเว้นกรณีที่ความเว้าไม่ทำให้ความหนาของรอยเชื่อมต่ำกว่าความหนาของโลหะชิ้นงาน

2/ สำหรับท่อทองแดงผสมนิกเกิล ความนูนของรากที่เกิดจากการใช้ Consumable Insert อาจจะไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดโดย 1. ท่อที่ขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว ความสูงมากที่สุดของรอยนูนจะต้องไม่เกิน 3/32 นิ้วและความยาวรวมของรอยเชื่อมที่สูงไม่เกิน 3/32 นิ้ว ต้องไม่เกิน 1 นิ้ว 2. ท่อขนาดตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป ความสูงของรอยนูนต้องไม่เกิน 1/8 นิ้ว และความยาวของรอยเชื่อมที่สูงไม่เกิน 1/8 นิ้ว ต้องไม่เกิน 25% ของความยาวเส้นรอบวงภายในท่อ

3/ ถ้ามีการเยื้องของรอยเชื่อม (Offset) การวัดความนูนหรือความเว้าของรากจะวัดจากเส้นที่ลากต่อระหว่างจุดที่รอยเชื่อมชนกับโลหะชิ้นงานทั้งสองข้าง

ตารางที่ 5

ความหนาของรอยพอก
(Weld Reinforcement)

Class	ความหนาของโลหะขึ้นงาน (นิ้ว)	ความหนาสูงสุดของรอยพอก (นิ้ว)
1	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1/4	1/16
	มากกว่า 1/4 ถึง 1	3/32
	มากกว่า 1 ถึง 2	1/8
	มากกว่า 2	5/32
2 และ 3	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1/2	3/32
	มากกว่า 1/2	5/32

ตารางที่ 6

ค่าระยะเยื้อง Offset สูงสุดที่ยอมรับได้

ความหนาของโลหะขึ้นงาน (นิ้ว)	ค่าระยะเยื้อง Offset สูงสุด
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1/4	25% ของความหนารอยต่อ (joint)
มากกว่า 1/4 ถึง 3/4	25% ของความหนารอยต่อ (joint) แต่ไม่เกิน 1/8 นิ้ว
มากกว่า 3/4 ถึง 1.5	3/16 นิ้ว
มากกว่า 1.5	12.5% ของความหนารอยต่อ (joint) แต่ไม่เกิน 1/4 นิ้ว

ผนวก 2.3

เกณฑ์มาตรฐานการตรวจสอบงานเชื่อมโครงสร้าง (MIL-STD-1689A)

1. ขอบเขต

มาตรฐานฉบับนี้กล่าวถึงเกณฑ์การยอมรับของรอยบกพร่องของรอยเชื่อมสำหรับงานโครงสร้างซึ่งตรวจสอบโดยการตรวจสอบโดยไม่ทำลายตามที่ได้มีการกำหนดให้มีการตรวจสอบไว้ในแบบหรือเอกสารทางเทคนิคอื่นๆ รอยบกพร่องที่มีขนาดเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้จะต้องได้รับการซ่อมทำตาม MIL-STD-1689A

2. การตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยสายตา

เขตตรวจสอบ (Inspection Zone) จะประกอบด้วย รอยเชื่อมและบริเวณชิ้นงานที่ห่างจากแนวเชื่อมข้างละ 0.5 นิ้ว พื้นที่นอกเหนือจากนี้ให้ตรวจสอบโดยข้อกำหนดตาม Section 14 ของ MIL-STD-1689 A.

2.1 ความสะอาดของชิ้นงาน

รอยเชื่อมจะต้องปราศจากตะกรัน(Slag), ใส และ สะเก็ดเชื่อม(Weld Metal Spatter) ที่มีความยาวหรือเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1/8 นิ้ว

2.2 ความต่อเนื่องของผิวรอยเชื่อม

แนวระหว่างตะเข็บ (Bead) ของรอยเชื่อมจะต้องไม่เป็นร่องลักษณะมุมแหลมซึ่งมีความลึกของร่องเกิน 1/16 นิ้ว รอยเชื่อมจะต้องโค้งมนและประสานเข้ากับโลหะชิ้นงานได้อย่างกลมกลืนโดยไม่เกิดรอยกินขอบ (Undercut) หรือ รอยไม่ละลายทับ (Overlap) เกินเกณฑ์กำหนดที่จะได้กล่าวต่อไป

2.3 ผิวรอยเชื่อม

การเจียรรอยเชื่อมสามารถทำได้แต่ความหนาของรอยเชื่อมจะต้องไม่ต่ำกว่าความหนาต่ำสุดของชิ้นงาน หรือความหนาต่ำสุดที่ออกแบบไว้ (ค่ามากกว่าเป็นเกณฑ์)

2.4 Arc Strike Correction on Heat Treated Materials.

2.4.1 โลหะกระเด็นที่เกิดจากการเชื่อม (Arc Weld Metal Spatter)

โลหะกระเด็นที่เกิดในระหว่างการเชื่อมที่ขนาดเกิน 1/8 นิ้ว ต้องกำจัดออก

2.4.2 Arc Strikes, Nicks, Gouges, and Other Fabrication Scars

รอยตำหนิที่เกิดจาก Arc Strikes, Nicks และจากการกระทำอื่นๆ ต้องมีความลึกไม่เกิน 1/32 นิ้ว สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องทำการซ่อมทำ ถ้าหารอยตำหนิดังกล่าวมีขนาดมากกว่า 1/32 นิ้ว แต่อยู่ในขอบเขตของข้อกำหนดตารางข้างล่างสามารถทำให้เรียบเข้ากับชิ้นงานได้โดยใช้แรงกลหรือการเชื่อมถ้าขนาดของรอยตำหนิไม่อยู่ในขอบเขตของข้อกำหนดในตารางให้ทำการซ่อมทำโดยใช้การเชื่อมเท่านั้น

ความหนาชิ้นงาน	ขนาด Arc Strikes, Nicks, Gouges, and Other Fabrication Scars
น้อยกว่า 0.5 นิ้ว	มากกว่า 1/32 นิ้ว ต้องทำการซ่อมทำ
เท่ากับ 0.5 นิ้ว หรือมากกว่า	มากกว่า 1/16 นิ้ว ต้องทำการซ่อมทำ

2.5 รอยแตกร้าว (Cracks)

รอยแตกร้าวจะต้องถูกกำจัดออก

2.6 รูพรุน (Porosity)

รูพรุนเดี่ยว (Single pore) ต้องมีขนาดไม่เกิน $3/32$ นิ้ว ผลรวมของรูพรุนที่มีขนาดมากกว่า $1/32$ นิ้ว ในระยะ 2 นิ้ว จะต้องไม่เกิน $3/16$ นิ้ว

2.6.1 Fillet Welds บนพื้นผิวที่ทาสีรองพื้น

การเชื่อมแบบ Fillet ลงบนพื้นผิวที่ทาสีรองพื้น รอยเชื่อมจะต้องไม่เกิดรูพรุนกลม (Porosity) หรือ รูพรุนยาว (Wormholes) ดังนี้

a. สำหรับรอยเชื่อมชั้นเดียว (Single Pass) จะต้องไม่ตรวจพบรูพรุนที่มีขนาดตั้งแต่ $1/32$ นิ้ว ขึ้นไปในระยะ 6 นิ้วของรอยเชื่อม

b. รอยเชื่อมทับมากกว่า 1 ครั้ง (Multi-Pass) ให้ใช้การตรวจสอบผิวโดยการกัดเซาะแล้วทำการวิเคราะห์ผิวที่ทำการกัดเซาะ (Gouged Surfaces) โดยปฏิบัติตาม Reference (d) Paragraph 6.4.1.1.2. ของ MIL-STD 2035 A Class 1. ถ้าใช้การตรวจสอบด้วยสายตาสำหรับการตรวจรอยเชื่อมแนวแรกแทนการเซาะให้พิจารณาตามข้อ a.

2.7 รอยกินขอบ ขอบหลอมละลายและมุมหลอมละลาย

รอยกินขอบ (Undercut) ขอบหลอมละลาย (End Melt) และมุมหลอมละลาย (Corner Melt) จะต้องไม่มีขนาดเกินกว่าที่ระบุไว้ในตาราง ที่ 1.

2.8 ขนาดของรอยเชื่อม

2.8.1 Groove Tee และ Fillet Welds

ขนาดของรอยเชื่อมต้องเท่ากับขนาดที่กำหนดไว้ในแบบ ถ้าต้องเพิ่มขนาดรอยเชื่อมเนื่องจากช่องว่างระหว่างชิ้นงานที่จะเชื่อมมีมากให้ปฏิบัติตามดังนี้คือ ถ้าช่องว่างมากกว่า $1/16$ นิ้ว แต่ไม่เกิน $3/16$ นิ้ว ขนาดของรอยเชื่อมที่เพิ่มขึ้นต้องเท่ากับช่องว่างนั้น แต่ถ้าช่องว่างมากกว่า $3/16$ นิ้ว จะต้องได้ความเห็นชอบจากวิศวกรก่อนดำเนินการเชื่อม รอยเชื่อมที่มีขนาดมากกว่าที่กำหนดสามารถยอมรับได้หากมีรูปร่าง (Weld Contour) ตามที่กำหนดในผนวก 2.1

2.8.2 Butt Weld

ผิวของรอยเชื่อมต้องไม่ต่ำกว่าความหนาชิ้นงานยกเว้นบางบริเวณที่มีการปรับแต่งผิวโดยการเจียรซึ่งผิวภายหลังการเจียรก็ต้องไม่ต่ำจนเกิดรอยกินขอบ (Undercut) รอยเชื่อมต้องไม่มีมุมระหว่างขอบของรอยเชื่อมกับโลหะชิ้นงาน (Re-Entrant Angle) ต่ำกว่า 90 องศา เนื่องจากจะทำให้ชิ้นงานนูนเกินไป (Excessive Convexity) สำหรับรอยเชื่อมแผ่นเหล็กของเรือที่ต้องการลดความต้านทานของน้ำ ขนาดของรอยเชื่อมที่เจียรแล้วต้องไม่สูงกว่าผิวชิ้นงาน $1/16$ นิ้ว หากเป็นการเชื่อมเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ความสูงของ Butt Weld ไม่จำเป็นต้องระบุเพียงแต่ให้ผิวของชิ้นงานราบเรียบสม่ำเสมอ การเชื่อมต่อชน (Butt Weld) ของแผ่นเหล็กที่มีความหนาต่างกัน รอยเชื่อมจะต้องค่อยๆลาดลงจากแผ่นหนาไปสู่แผ่นบาง โดยมีความลาดชันโดยประมาณ 4:1

2.9 การเชื่อมส่วนปลายของรอยเชื่อมเพื่อกันน้ำ (Seal Off And Wrap Around Welding)

การเชื่อม Fillet ของส่วนประกอบที่ไม่ต้องการให้น้ำเข้า เช่น ถังน้ำในเรือจะต้องเชื่อมส่วนปลายต่อกันให้ครบรอบเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเข้า ขนาดของรอยเชื่อมต้องให้ได้ตามแบบที่ระบุ แต่ถ้าไม่สามารถเชื่อมได้ตามขนาดที่ระบุเนื่องจากพื้นที่เข้าไม่ถึงให้เชื่อมขนาดมากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยต้องสามารถกันน้ำได้

2.10 การปรับแต่งผิวโดยการเจียร (Contour Grinding)

รอยเชื่อมที่มีผิวไม่ราบเรียบมีแนวเชื่อมตามยาวทับกัน (Weld Bead Overlap) จะต้องถูกซ่อมโดยการเจียร ขอบของรอยเชื่อมที่มีรอยกินขอบเกินกว่าที่กำหนดจะต้องถูกซ่อมโดยการเชื่อม สำหรับรอยเชื่อมแบบ Fillet ไม่ควรทำการเจียรตัวรอยเชื่อมยกเว้นถ้าได้ระบุไว้ในแบบ

2.10.1 Aluminum Butt Welds

ขอบของรอยเชื่อมชิ้นงานอลูมิเนียมแบบ Butt Weld สำหรับงานโครงสร้าง จะต้องเจียรให้ราบเรียบ และห้ามไม่ให้มีรอยกินขอบที่ขอบของรอยเชื่อม

2.11 Nicks, Gouges และ Other Fabrication Scars

รอยตำหนิที่เกิดจากการใช้ค้อนตี การเซาะและอื่นๆ ภายในเขตตรวจสอบสำหรับชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 1/2 นิ้ว ต้องมีขนาดความลึกไม่เกิน 1/32 นิ้ว และความยาวไม่เกินกว่า 12 นิ้ว ถ้าความหนาชิ้นงานมากกว่าหรือเท่ากับ 1/2 นิ้ว รอยตำหนิดังกล่าวต้องไม่ลึกกว่า 1/16 นิ้วและความยาวไม่เกินกว่า 12 นิ้ว

2.12 การแยกชั้น (Laminations)

การเกิดการแยกชั้นในชิ้นงานโดยเฉพาะแผ่นเหล็กสามารถยอมรับได้ถ้า

- 1) ความยาวของการแยกชั้นแบบต่อเนื่อง (Continuous Laminations) ไม่เกิน 8 นิ้ว ต่อความยาวแผ่นเหล็ก 24 นิ้ว
- 2) ความยาวของการแยกชั้นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Lamination) ซึ่งประกอบด้วยการแยกชั้นแบบเดี่ยวหลายอันรวมกันต้องมีความยาวน้อยกว่า 12 นิ้ว ต่อความยาวแผ่นเหล็ก 24 นิ้ว โดยกำหนดให้ความยาวของการแยกชั้นแบบเดี่ยว (Single Continuous Lamination) แต่ละอันไม่เกิน 2 นิ้ว

ถ้ามีการแยกชั้นเกินกว่าที่ยอมรับได้ให้ทำการซ่อมทำโดยการเจียรลงไปด้วยความลึกประมาณ 3/4 นิ้ว หรือ 1/2 ของความหนาแผ่นเหล็ก (ค่าน้อยกว่าเป็นเกณฑ์) แล้วเชื่อมปิด การเชื่อมปิดให้ทำการเชื่อมปิดกับชิ้นงานทุกชั้นที่เกิดการแยกชั้นแล้วสามารถสังเกตเห็นรอยแตกเปิดออกที่ผิวของชิ้นงาน

ตารางที่ 1

Surface Ship Undercut, End Melt and Corner Melt
Primary Hull Structure

สภาพ	ความหนาของ ชิ้นงาน (นิ้ว)	ความลึกมากที่สุด ภายหลังการเชื่อม (นิ้ว)	ความลึก/ความยาวมากที่สุดภายหลัง การเจียร (นิ้ว)	
			ความลึก	ความยาว
Undercut	$T < \frac{1}{2}$	1/32	1/32	ไม่มี
	$T \geq \frac{1}{2}$	1/32	1/32	ไม่มี
	$T \geq \frac{1}{2}$	1/32	1/16	ดูหมายเหตุ 1/
End Melt ^{2/}	$T \leq \frac{1}{4}$	1/16	3/32	เฉพาะที่ปลายของชิ้นงาน
Corner Melt	ทุกความหนา	1/16	1/16	ไม่มี
โครงสร้างส่วนอื่น				
Undercut	$T < \frac{1}{2}$	1/16	1/16	ไม่มี
	$T \geq \frac{1}{2}$	1/16	1/16	ไม่มี
	$T \geq \frac{1}{2}$	1/16	3/32	ดูหมายเหตุ 1/
End Melt ^{2/}	$T \leq \frac{1}{4}$	3/32	1/8	เฉพาะที่ปลายของชิ้นงาน
Corner Melt	ทุกความหนา	3/32	1/8	เฉพาะที่มุมของชิ้นงาน

1/ ความยาวของรอยกินขอบ (Undercut) รวมกันจะต้องไม่เกิน 15% ของความยาวของรอยเชื่อมหรือมากกว่า 12 นิ้ว ต่อความยาวของรอยเชื่อม 36 นิ้ว (ค่าน้อยกว่าเป็นเกณฑ์)

2/ ความหนาของชิ้นงานมากกว่า 1/4 นิ้ว ใช้ข้อกำหนดเหมือนรอยกินขอบ

ผนวก 2.4

มาตรฐานการยอมรับสำหรับการตรวจสอบใบจักรบรอนซ์
(Acceptance Standard for Inspection of Bronze Propellers)

ตำแหน่งของ ความไม่ ต่อเนื่อง	ชนิดของความ ไม่ต่อเนื่อง	ขนาดสูงสุด ของความไม่ ต่อเนื่องที่ สามารถ ยอมรับได้ (นิ้ว) <u>1/32</u>	เกณฑ์การยอมรับสำหรับความไม่ ต่อเนื่อง		เกณฑ์การ ยอมรับของ พื้นที่ที่เกิด ความไม่ ต่อเนื่อง
			พื้นที่ตรวจสอบ 6 x 6 (นิ้ว) <u>6.25</u> จำนวนสูงสุดของ ความไม่ต่อเนื่อง <u>8, 9</u>	ระยะห่างสูงสุด ของ Aligned Discontinuities	
งานหล่อ					
บริเวณโดย รอบใบจักรทั้ง ด้านดูดและ ด้านผลักซึ่งมี ความกว้าง เท่ากับ 10% ของใบจักรโดย วัดที่บริเวณ 0.6 เท่าของ รัศมีแต่ไม่เกิน 6 นิ้ว และ พื้นที่วัดจาก Hub Fillet ถึง 0.4 เท่าของ รัศมีของด้าน ผลักเท่านั้น	Non-linear	1/8	20	D	5% ของพื้นที่ ผิวใบจักร ทั้งหมด โดย ให้มีการ กระจายตัว ของความไม่ ต่อเนื่องได้ สูงสุด 5% ของพื้นที่ผิวใบ จักรแต่ละใบ
	Linear	1/8	6	4D	
พื้นที่ผิวใบจักร ส่วนที่เหลือ	Non-linear	1/8	20	D	
	Linear	1/4	8	4D	
ดุมใบจักร (Hub OD)	Non-linear	1/4	15	D	
	Linear	3/8	6	D	
งานเชื่อม					
พื้นที่ทั้งหมด	Non-linear	1/16	12	4D	5% ของพื้นที่ เชื่อมทั้งหมด
	Linear	0	0	-	

- 1/ ควรใช้การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึมร่วมกับการตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อระบุตำแหน่งของความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities) เกณฑ์การตัดสินในการยอมรับ/ปฏิเสธชิ้นงานให้พิจารณาเฉพาะขนาดของความไม่ต่อเนื่องเท่านั้น
- 2/ ความไม่ต่อเนื่องแบบเส้น (Linear Discontinuity) หมายถึง ความไม่ต่อเนื่องที่มีความยาวมากกว่าหรือเท่ากับ 3 เท่าของความกว้าง
- 3/ เมื่อตรวจพบความไม่ต่อเนื่องแบบเส้นที่มีความยาวมากกว่า $1/16$ นิ้ว และมีความยาวเส้นรอบวง 1 นิ้ว และมีการเรียงตัวตั้งฉากกับขอบของใบจักรให้ไม่ยอมรับชิ้นงานนั้น
- 4/ ระยะห่างสูงสุด(D) คือระยะระหว่างความไม่ต่อเนื่องสองอันที่อยู่ใกล้กันโดยพิจารณาจากด้านหลักของความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่กว่า (Major Dimension of The Larger Discontinuity) ความไม่ต่อเนื่องแบบ Aligned Non-Linear ควรจะประกอบด้วยความไม่ต่อเนื่องตั้งแต่ 4 อันขึ้นไปเรียงตัวกันในแถว ความไม่ต่อเนื่องแบบ Aligned Linear ควรจะประกอบด้วยความไม่ต่อเนื่องตั้งแต่ 2 อันขึ้นไปซึ่งมีด้านหลัก (Major Dimension) เรียงตัวกันเป็นแถว อย่างไรก็ตามเมื่อความยาวรวมของความไม่ต่อเนื่องที่เรียงตัวกันเป็นแถว (Aligned Discontinuities) ถ้าไม่เกินเกณฑ์กำหนดของความไม่ต่อเนื่องแบบเดี่ยว (Single Discontinuity) ให้พิจารณาความไม่ต่อเนื่องที่เรียงตัวกันเป็นแถวนั้นเสมือนความไม่ต่อเนื่องแบบเดี่ยวและสามารถยอมรับได้
- 5/ เมื่อขนาดของความไม่ต่อเนื่องแบบกลุ่ม (Clustered Discontinuities) ไม่เกินขนาดของความไม่ต่อเนื่องปกติ (Discontinuities) ให้พิจารณาความไม่ต่อเนื่องแบบกลุ่มนั้นเสมือนความไม่ต่อเนื่องแบบปกติและสามารถยอมรับได้ เมื่อพิจารณาความไม่ต่อเนื่องแบบกลุ่มหากตรวจพบความไม่ต่อเนื่องที่แยกตัวออกจากกลุ่มตั้งแต่ $1/8$ นิ้วขึ้นไป ให้พิจารณาความไม่ต่อเนื่องนั้นเสมือนแบบปกติไม่ใช่แบบกลุ่ม
- 6/ เมื่อความไม่ต่อเนื่องกระจายตัวอยู่ในบริเวณที่สนใจที่มีขนาดตั้งแต่ $1/16$ นิ้วลงมา ไม่ต้องนำมาพิจารณานับจำนวนความไม่ต่อเนื่องนั้น
- 7/ ความไม่ต่อเนื่องจำนวนมากกว่า 6 อันขึ้นไปซึ่งมีขนาดมากกว่า $1/32$ นิ้ว ภายในพื้นที่ที่พิจารณามุมของใบจักรซึ่งมีขนาด 6×6 นิ้ว พื้นที่ที่พิจารณานี้ควรอยู่ห่างกันอย่างน้อย 18 นิ้ว
- 8/ ผลรวมของความไม่ต่อเนื่องแบบ Non Linear อาจจะอนุญาตให้มีเพิ่มขึ้นได้ ถ้าหากไม่มีการตรวจพบความไม่ต่อเนื่องแบบ Linear
- 9/ ใบจักรที่ผ่านการใช้งานแล้วซึ่งไม่ได้ตรวจสอบตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ เกณฑ์การยอมรับสำหรับความไม่ต่อเนื่องสำหรับบริเวณที่พิจารณาให้เพิ่มขึ้น 15% บนผิวของใบจักรแต่ละใบ และระยะต่ำสุดระหว่าง Aligned Linear Discontinuities ที่อยู่ใกล้กันให้ลดลงเหลือ 2D ทำให้ (a) ความไม่ต่อเนื่องจะไม่เกินเกณฑ์สำหรับข้อกำหนดอื่นๆสำหรับมาตรฐานนี้ (b) ความไม่ต่อเนื่องไม่ได้แสดงผลร้ายแรงอันเนื่องจากการใช้งาน

ผนวก 2.5

มาตรฐานการยอมรับสำหรับการนำท่อและข้อต่อเก่ากลับมาประสานใหม่ (Acceptance Standards for Debrazed Fittings and Pipe)

1. ขอบข่าย

ข้อต่อและท่อซึ่งใช้การประสานแบบ Silver Brazed Pipe Joints อาจจะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หากข้อต่อและท่อมีคุณสมบัติตามที่กำหนดโดยวิศวกรเชื่อม

2. การนำข้อต่อเก่ากลับมาใช้ใหม่

ข้อต่อที่ผ่านการใช้งานแล้วอาจจะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หากมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

a. โลหะที่ใช้ในการประสาน (Old Flux และ Brazing Alloy) ควรจะถูกขจัดออกให้หมดเพื่อให้แนวเชื่อมใหม่แนบติดกับชิ้นงานได้ดี ไม่ควรใช้เครื่องเจียรแบบ Hand Grinding สำหรับการเตรียมผิวด้านในของข้อต่อที่ต้องการจะนำมาใช้ใหม่ ภายหลังจากโลหะที่ใช้ในการประสานถูกกำจัดออกแล้วข้อต่อจะต้องถูกตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึมหรือตรวจสอบด้วยสายตาที่มีกำลังขยาย 5 เท่า โดยตรวจสอบทั้งผิวด้านนอกและด้านในภายหลังจากชิ้นงานได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ประสานแล้ว ควรระวังเป็นพิเศษสำหรับข้อต่อทองแดงผสมนิกเกิล เนื่องจากวัสดุชนิดนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกหักง่ายเมื่อมีการประสานซ้ำ ข้อต่อที่มีรอยแตกแล้วไม่ควรนำกลับมาใช้ใหม่

b. ขนาดของข้อต่อไม่ควรลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

c. เครื่องหมายอ้างอิงที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบโดยใช้อัลตราโซนิกไม่ควรจะถูกขจัดออก

d. กระบวนการในการประกอบข้อต่อโดยใช้ข้อต่อเก่าควรจะเหมือนกันกับการใช้ข้อต่อใหม่ ยกเว้น Brazing Alloy Rings สามารถปรับแต่งมุมได้เล็กน้อยเพื่อให้สอดเข้ากับ Grooves ได้

3. การนำท่อเก่ากลับมาใช้ใหม่

หากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ท่อนำกลับมาใช้ใหม่ไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบ สำหรับท่อทองแดงผสมนิกเกิลหากจะนำกลับมาใช้ใหม่ควรมีการตรวจสอบดังนี้

การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึมหรือการตรวจสอบด้วยสายตาที่มีกำลังขยาย 5 เท่า ที่ความยาว 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือ 2 นิ้ว (ค่าน้อยกว่าเป็นเกณฑ์) บวกกับความลึกของ Socket ท่อที่มีรอยแตกไม่ควรนำกลับมาใช้ใหม่

DATE _____

การแจกจ่าย
มาตรฐานงานช่าง กรมอุตุนิยมวิทยา

หน่วย	จำนวนเล่ม	เลขทะเบียน
กพช.อร.		
จก.กพช.อร.	๑	๑
ศูนย์พัฒนาอาชีพช่าง กศน.กพช.อร.	๑	๒
รร.ชอ.ร.กศน.กพช.อร.	๑	๓
ผ.วิชาการ กวงพ.กพช.อร.	๑	๔
ห้องสมุด กวงพ.กพช.อร.	๑	๕
กคก.กพช.อร.	๑	๖
กผช.อร.		
กผจ.ร.กผช.อร.	๑	๗
กอร.กผช.อร.	๑	๘
กอก.กผช.อร.	๑	๙
กอฟ.กผช.อร.	๑	๑๐
อธบ.อร.		
กผป.อธบ.อร.	๑	๑๑
กณ.อธบ.อร.	๑	๑๒
อจปร.อร.		
ห้องสมุด อจปร.อร.	๑	๑๓
กผป.อจปร.อร.	๑	๑๔
กอบ.อจปร.อร.	๑	๑๕
กคก.อจปร.อร.	๑	๑๖
กษส.อจปร.อร.	๑	๑๗
กรก.อจปร.อร.	๑	๑๘
กรด.อจปร.อร.	๑	๑๙
กบค.อจปร.อร.	๑	๒๐
กฟ.อจปร.อร.	๑	๒๑
กสน.อจปร.อร.	๑	๒๒
อรม.อร.		
ห้องสมุด อรม.อร.	๑	๒๓
กผป.อร.ม.อร.	๑	๒๔
กคก.อร.ม.อร.	๑	๒๕
กรก.อร.ม.อร.	๑	๒๖

กรด.อร.ม.อร.....

- ๒ -

กรณ.อรรม.อร.	๑	๒๘
กฟฟ.อรรม.อร.	๑	๒๘
กสน.อรรม.อร.	๑	๒๘
กรจ.ฐท.สส.		
กผกข.กรจ.ฐท.สส.	๑	๓๐
กจน.กรจ.ฐท.สส.	๑	๓๑
ฐท.สข.		
กจน.ฐท.สข.	๑	๓๒
ฐท.พจ.		
กจน.ฐท.พจ.	๑	๓๓
