10

มอร. 112 – 0003 – 0966

การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ

มอร.112 – 0003 – 0966
การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

แก้ไขครั้งที่ ๒ เมื่อ ก.ย.๖๖

แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....

แก้ไขครั้งที่ ..... เมื่อ .....

ประกาศกรมอู่ทหารเรือ
เรื่อง กำหนดมาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ
พ.ศ.๒๕๖๖

อาศัยอำนาจความในข้อ ๗.๓ และข้อ ๑๒ แห่งระเบียบกรมอู่ทหารเรือว่าด้วยมาตรฐานงานช่าง พ.ศ. ๒๕๕๑ เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงกำหนดมาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ หมายเลข มอร. ๑๑๒-๐๐๐๓-๐๙๖๖ การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี ไว้ดังรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ กันยายน พ.ศ.๒๕๖๖

พลเรือตรี
(กริช ขันธอุบล)
เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

รายการแก้ไข

หมายเลขหน้า การแก้ไขครั้งที่

บันทึกการแก้ไข

วัน เดือน ปี	รายการแก้ไข

มอร.112 – 0003 – 0966

การตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

1. เอกสารอ้างอิงและคำแนะนำทางช่างที่อ้างถึง

ข้อกำหนดต่าง ๆ ในมาตรฐานฉบับนี้ อ้างอิงมาจากมาตรฐานในปัจจุบัน ซึ่งอาจมีการแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอในอนาคต ดังนั้น ผู้ที่ใช้มาตรฐานฉบับนี้ควรตรวจสอบมาตรฐานอ้างอิงที่มีความทันสมัยในขณะนั้นประกอบการพิจารณาประกอบด้วย

1.1 American Bureau of Shipping Guide for nondestructive inspection of hull welds 2002.

1.2 ASTM E94 – 04 Standard Guide for Radiographic Examination

1.3 ISO 17636-1:2013 Non – destructive testing of welds – Radiographic testing Part 1 X – and gamma – ray techniques with film.

1.4 ISO 6520-1:2007 Welding and allied processes — Classification of geometric imperfections in metallic materials — Part 1: Fusion welding

1.5 NAVSHIP 0900 – 003 – 900, Radiographic standard for Production and Repair Welds.

1.6 คำแนะนำทางช่างกรมอู่ทหารเรือ ค.0002 – 29 การตรวจหารอยร้าวในโลหะโดยวิธีฉายรังสีเอ็กซ์

1.7 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี : มยผ. 1565 – 51 กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2551.

1.8 คู่มือผู้รับการฝึก สาขาช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 3 โมดูลการฝึกที่ 8 การตรวจสอบและคุณภาพของงานเชื่อม, กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน.

2. การแจกจ่าย

ดูหน้าการแจกจ่ายท้ายเล่ม

3. ความมุ่งหมาย

เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจุดที่ควรจะตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือต่อใหม่ โดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing) และเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับหรือให้มีการซ่อมทำจากผลการตรวจสอบรอยเชื่อมประสานตัวเรือโดยการประเมินผลการพิมพ์ที่ได้จาการถ่ายภาพด้วยรังสีรอยเชื่อมประสานนั้น

4. ขอบเขต

การตรวจสอบในมาตรฐานฉบับนี้หมายถึง การตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี มาตรฐานฉบับนี้จะบอกถึงวิธีการเลือกและกำหนดจำนวนจุดในการตรวจสอบด้วยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี รอยเชื่อมประสานตัวเรือทั้งที่สร้างจากเหล็กและโลหะอื่น ๆ รวมทั้งเกณฑ์การยอมรับสำหรับข้อบกพร่องที่พบภายหลังการตรวจสอบด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี ตลอดจนแนะนำวิธีการแก้ไข ซ่อมทำรอยเชื่อมประสานที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ได้ระบุไว้

5. การเตรียมการก่อนการตรวจ

5.1 การเตรียมพื้นผิวและขั้นตอนที่ตรวจ

5.1.1 โดยทั่วไปนั้นการเตรียมพื้นผิวสำหรับการตรวจนั้นไม่ได้มีความจำเป็นมากนัก แต่การที่พื้นผิวไม่สมบูรณ์นั้นจะทำให้ยากต่อการตรวจสอบด้วยวิธีการเอกซเรย์ ดังนั้นพื้นผิวที่จะเอกซเรย์ควรเป็นพื้นผิวที่เรียบและสะอาด ปราศจากสารเคลือบลวดเชื่อม (Coating) ต้องไม่มีรอยเชื่อมที่ไม่สม่ำเสมอทั้งด้านนอกและด้านใน

โดยวิธีการกำจัดรอยเชื่อมที่ไม่สม่ำเสมอนั้นต้องกำจัดด้วยวิธีการที่เหมาะสม จนกระทั่งถึงระดับที่ไม่สามารถสร้างความสับสนต่อภาพปรากฏของรอยเชื่อมประสาน

5.1.2 ขั้นตอนการตรวจด้วยวิธีเอกซเรย์นั้น ควรตรวจในขั้นตอนสุดท้ายของงาน เช่น หลังจากการเจียรพื้นผิวรอยเชื่อม (grinding) หรือหลังจากการอบรักษาด้วยความร้อน (Heat Treatment)

5.2 การระบุเครื่องหมาย

5.2.1 เครื่องหมายทุกเครื่องหมายควรถูกระบุให้ชัดเจนในทุกส่วนของส่วนที่ถูกเอกซเรย์ เครื่องหมายเหล่านี้ควรปรากฏในผลแผ่นฉายรังสีในบริเวณนอกส่วนแนวเชื่อม เพื่อป้องกันการระบุเครื่องหมายบดบังผลการเอกซเรย์แนวเชื่อมที่ไม่ชัดเจน

5.2.2 การระบุเครื่องหมายควรระบุให้ชัดเจนและแม่นยำในพื้นที่เอกซเรย์ เช่น จุดศูนย์ (Zero Point), ทิศทาง (Direction), การระบุตำแหน่งของแผ่นที่เอกซเรย์ (Identification) และ ผลการวัดต่างๆ

5.3 การทำการซ้อนแผ่นฟิล์ม (Overlap of Films)

5.3.1 หากในบริเวณใดที่ใช้แผ่นฟิล์มมากกว่า 2 แผ่น ให้ทำการเอกซเรย์ซ้อนในบริเวณที่เป็นรอยต่อของแผ่นฟิล์มด้วย เพื่อให้การเอกซเรย์นั้นครอบคลุมทุกๆ พื้นที่ผิวงาน

5.3.2 การทำการซ้อนแผ่นฟิล์มนี้ ควรใช้ตัวทำตำหนิตรงรอยต่อของฟิล์มแบบความเข้มสูงบนผิวของงาน เพื่อเป็นการยืนยันตำแหน่งทับซ้อนที่แม่นยำ

5.4 ประเภทและตำแหน่งของตัวแสดงคุณภาพฉาย (Image Quality Indicator : IQI) หรือ พินิเตรมิเตอร์ (Penetrameter) คุณภาพของผลการเอกซเรย์นั้นควรถูกรับรองด้วยตัวบ่งชี้คุณภาพของฟิล์ม ตามมาตรฐาน ISO 19232 - 1 หรือ มาตรฐาน ISO 19232 – 2 โดยจะเป็นชนิดรู (Hole Type) หรือชนิดเส้นลวด (Wire Type) ก็ได้

5.5 การประเมินคุณภาพของภาพบนแผ่นฟิล์ม

คุณภาพของฟิล์มนั้น ควรเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 5580 และคุณสมบัติเป็นไปตาม ASTM E94

5.6 การประเมินคุณภาพของผู้ตรวจ

ผู้ตรวจนั้นต้องมีคุณสมบัติผ่านการประเมินด้านการตรวจรอยเชื่อมประสานตัวเรือด้วยรังสี ตามมาตรฐาน ISO 17636 ประกอบกับ มาตรฐาน ISO 9712 หรือเทียบเท่า

6. <u>การตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic inspection)</u>

6.1 วิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

6.1.1 เทคนิคและการบันทึกผลในการตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ให้ดูจากคำแนะนำทางช่างที่ ค.0002 – 29 ตามเอกสารอ้างอิง 1.5

6.1.2 สภาพผิดด้านในและนอกของรอยเชื่อมประสานตัวเรือก่อนการถ่ายภาพด้วยรังสีตลอดจนรูปร่างรอยเชื่อมจะต้องไม่ผิดปกติ เช่น มีรอยเว้าหรือมีสิ่งปกปรกที่ผิด จนอาจไปทำให้การตีความภาพถ่ายด้วยรังสีผิดไปจากความเป็นจริง

6.1.3 ระดับคุณภาพของฟิล์มภาพถ่ายด้วยรังสีหรือความไวของการตรวจสอบ (Sensitivity Level) ดูจากภาพพินิเตรมิเตอร์ (Penetrameter) ที่ปรากฏบนฟิล์ม จะต้องมีระดับความไวไม่น้อยกว่า 2% - 2t และมีความดำ (Density) ของฟิล์มอยู่ในช่วง 2 ถึง 4 (รายละเอียดดูในเอกสารอ้างอิง 1.5)

6.1.4 จำนวนจุดอย่างน้อยที่สุดที่จะทำการตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีสำหรับตัวเรือ การตรวจส่วนใหญ่ควรจะกระทำอยู่ในบริเวณกึ่งกลางลำเป็นช่วงยาว 0.6L จำนวนจุดตรวจคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$N = L(B+D)/46.5$ สำหรับระบบเมตริก (เมตร)

N = L(B+D)/500 สำหรับระบบอังกฤษ (ฟุต)

เมื่อ

N = จำนวนจุดอย่างน้อยที่สุดที่จะทำการตรวจสอบโดยวิธีฉายรังสี

L = ความยาวระหว่างเส้นตั้งฉากของเรือ (Length between Perpendicular) หน่วยเป็นเมตรหรือฟุต

B = ความกว้างสุดของขอบเรือ (Greatest Molded) เป็น เมตรหรือฟุต

D = ความลึกขอบเรือ (Molded Depth) วัดที่ระยะกึ่งกลางลำ (L/2) หน่วยเป็นเมตรหรือฟุต

6.2 ตำแหน่งของการตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี

6.2.1 ตำแหน่งวิกฤต ได้แก่ จุดในรอยเชื่อมประสานตัวเรือที่จะตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีในบริเวณกึ่งกลางลำเป็นระยะ 0.6L เมื่อ L เป็นความยาวของเรือซึ่งควรจะเป็นตำแหน่งที่จุดตัดระหว่างรอยเชื่อมต่อขนาดแนวตั้ง (Butt) และในแนวนอน (Seam) ระหว่างแผ่นเชียร์ (Sheer Strakes) และแผ่นกระดูกงู (Keel Plates) รอยเชื่อมประสานต่อชนของดาดฟ้าใหญ่ รอยเชื่อมประสานโดยรอบช่องเปิดต่าง ๆ บนดาดฟ้าใหญ่รวมทั้งรอยเชื่อมเก๋งเรือ (Superstructure) ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างกระทันหัน

6.2.2 ตำแหน่งอื่น ๆ ได้แก่จุดที่จะทำการตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีนอกระยะ 0.6L บริเวณกึ่งกลางลำ ให้เลือกโดยการสุ่มโดยใช้แนวทางการเลือกเช่นเดียวกับใน 6.2.1

6.3 ชั้นของเกณฑ์การยอมรับ (Acceptance Standard)

6.3.1 ชั้น A

สำหรับรอยเชื่อมประสานชนิดละลายซึมลึกโดยสมบูรณ์ของตัวเรือที่มีขนาดความยาวตั้งแต่ 150 เมตร (500 ฟุต) ขึ้นไป ในตำแหน่งที่กล่าวใน 6.2.1 รวมถึงรอยเชื่อมประสานของตัวเรือที่มีขนาดความยาวน้อยกว่า 150 เมตร (500 ฟุต) ที่มีตัวเรือทำด้วยโลหะพิเศษหรือออกแบบเป็นพิเศษที่สมควรควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวด ให้ตัดไว้ในชั้น A

6.3.2 ชั้น B

สำหรับรอยเชื่อประสานชนิดละลายซึมลึกโดยสมบูรณ์ของตัวเรือที่มีขนาดความยาวน้อยกว่า 150 เมตร (500 ฟุต) และรอยเชื่อมประสานในตำแหน่งอื่น ๆ ที่กล่าวใน 6.2.2 ไม่ว่าจะเป็นของเรือขนาดความยาวใด รวมทั้งรอยเชื่อมประสานของเรือทีไม่เห็นสมควรจะจัดไว้ในชั้น A เป็นพิเศษ ให้จัดไว้ในชั้น B

6.4 รอยบกพร่อง

6.4.1 รอยแตก (Crack) รอยเชื่อมประสานใดที่ภาพถ่ายรังสีปรากฏมีรอยแตกอยู่ไม่ว่าขนาดเท่าใดถือว่ายอมรับไม่ได้

6.4.2 การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ หรือการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Fusion or Incomplete Penetration) การขาดการหลอมละลายไม่ว่าจะเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งในรอยเชื่อมประสานหรือในระหว่างรอยเชื่อมประสานกับชิ้นงาน

ทั้งชั้น A และชั้น B ถ้าภาพถ่ายรังสีปรากฏรองรอยของการหลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์ มีความยาวเกินกว่าที่แสดงในกราฟรูป ข-1 ไม่ว่าจะเป็นความยาวเดี่ยวหรือความยาวรวมของหลายรอย ถือว่ายอมรับไม่ได้

6.4.3 สิ่งสกปรกฝังใน (Slag) อโลหะแข็งที่ฝังอยู่ภายในรอยเชื่อมประสานหรืออยู่ระหว่างแนวรอยเชื่อมประสานกับชิ้นงาน เรียกว่าเป็นสิ่งสกปรกฝังใน เกณฑ์พิจารณายอมรับสำหรับความยาวรวมของสิ่งสกปรกฝังในให้รวมความยาวของการหลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์เข้าไปด้วย

โดยที่การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ การละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์และสิ่งสกปรกฝังในที่มีความยาวน้อยกว่า 3 มม. อาจถือว่าเป็นสิ่งสกปรกฝังในหรือรูพรุนก็ได้ แล้วแต่ว่าเมื่อคิดผลรวมแล้วอะไรร้ายแรงน้อยกว่าก็ให้ถือว่าเป็นอันนั้น

ชั้น A รอยเชื่อมประสานที่ภาพถ่ายด้วยรังสี มีสิ่งสกปรกฝังในยาวเกินกว่าที่แสดงในกราฟรูป ข-2 ไม่ว่าจะเป็นความยาวเดี่ยวหรือความยาวรวม ถือว่ายอมรับไม่ได้

ชั้น B รอยเชื่อมประสานที่ภาพถ่ายด้วยรังสี ปรากฏสิ่งสกปรกฝังในยาวเกินกว่าที่แสดงในกราฟรูป ข-3 ไม่ว่าจะเป็นความยาวเดี่ยวหรือความยาวรวม ถือว่ายอมรับไม่ได้

รูพรุน (Porosity) รูแก๊สหรือโลหะทังสเตนฝังในที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจถือว่าเป็นรูพรุนด้วย

6.4.3.1 ชั้น A และ B รอยเชื่อมประสานที่ภาพถ่ายรังสีปรากฏรูพรุนซึ่งมีจำนวนเกินกว่าที่แสดงในรูป ค-1 ถึงรูป ค-5 ในช่วงระยะความยาวรอยเชื่อม 150 มม. (6 นิ้ว) สำหรับความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 12.5 มม. (0.5 นิ้ว) จนถึง 61 มม. (2 นิ้ว) ถือว่ายอมรับไม่ได้

สำหรับรอยเชื่อมบนชิ้นงาน ความหนาระดับอื่น ๆ และที่มีการกระจายแตกต่างไปมากจากที่แสดงในรูปจะต้องบันทึกจำนวนและขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจริงไว้เพื่อใช้คำนวณเป็นพื้นที่รูพรุนรวมขึ้นมา พื้นที่รวมของรูพรุนต้องไม่เกิน 2.3t มม.^{2} (0.09t นิ้ว^2) ในระยะความยาวรอยเชื่อม 150 มม. (6 นิ้ว) เมื่อ t เป็นความหนาของวัตถุ เป็น มม. หรือ นิ้ว

6.4.3.2 รูพรุนเดี่ยว คือรูพรุนที่อยู่โดดเดียว ขนาดใหญ่ที่สุดจะต้องไม่โตกว่า 0.25t หรือ 4.8 มม. (0.1875 นิ้ว) ค่าใดค่าหนึ่งที่น้อยกว่าเมื่อ t เป็นความหนาของวัตถุ เมื่อมีรูพรุนแบบนี้เพียงจุดเดียวในระยะรอยเชื่อม 150 มม. (6 นิ้ว) และพื้นที่รวมของรูพรุนแบบนี้จะต้องเป็นไปตาม 6.4.3.1

6.4.3.3 รูพรุนขนาดเล็กคือ รูพรุนที่มีขนาดเล็กว่า 0.39 มม. (0.015 นิ้ว) ไม่ถือว่าเป็นรอยบกพร่อง

6.4.4 รอยบกพร่องหลายชนิดปนกัน ภาพถ่ายรังสีที่ปรากฏว่าทีรูพรุนและสิ่งสกปรกฝังใน (รวมทั้งการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์ และการขาดการหลอดละลายที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้) ปนกันอยู่ จะใช้หลักเกณฑ์ต่อไปนี้ในการตัดสิน

6.4.4.1 ถ้ารอยบกพร่องส่วนใหญ่เป็นสิ่งสกปรกฝังในที่มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ผ่าน จะยอมให้มีรูพรุนอยู่ได้อีกเพียงครึ่งเดียวของเกณฑ์ผ่านของรูพรุนเดิม

6.4.4.2 ถ้ารอยบกพร่องส่วนใหญ่เป็นรูพรุนจะยอมให้มีปริมาณสิ่งสกปรกฝังในอยู่ร่วมได้เพียงครึ่งเดียวของเกณฑ์ผ่านของสิ่งสกปรกฝังในเดิม

6.4.4.3 ไม่ว่าในกรณีใด จำนวนเปอร์เซ็นต์ของสิ่งสกปรกฝังในที่ยอมให้ผ่านได้รวมกับเปอร์เซ็นต์รูพรุนที่ยอมให้ผ่านร่วมกันต้องไม่เกิน 150 เปอร์เซ็นต์

6.5 การปฏิบัติต่อรอยเชื่อมที่ไม่ผ่านเกณฑ์

6.5.1 ขอบเขตของรอยบกพร่อง

6.5.1.1 รอยบกพร่องชุมนุมที่จุดใดจุดหนึ่ง เมื่อมีรอยบกพร่องเดี่ยวที่ยอมรับไม่ได้ หรือรอยบกพร่องกลุ่มที่ยอมรับไม่ได้ไปชุมนุมกันอยู่ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ให้ถือว่าเฉพาะรอยบกพร่องที่เห็นเท่านั้นที่จำเป็นต้องซ่อมทำ และไม่ต้องตรวจสอบโดยการถ่ายภาพด้วยรังสีบริเวณถัดไปจากภาพถ่ายด้วยรังสีเดิมอีก

6.5.1.2 รอยบกพร่องปรากฏที่ปลายภาพถ่ายด้วยรังสี เมื่อมีรอยบกพร่องเดี่ยวหรือรอยบกพร่องกลุ่มที่ยอมรับไม่ได้ปรากฏที่ตำแหน่งปลายฟิล์มภาพถ่ายด้วยรงสี และขอบเขตของรอยบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้เหล่านั้นไม่สามารถเห็นจากฟิล์มภาพถ่ายรังสีเดิมได้ทั้งหมด ให้ถ่ายภาพรังสีเพิ่มเติมบริเวณข้างเคียง เพื่อให้ทราบขอบเขตของรอยบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้โดยแน่นอน หรืออาจใช้วิธีการตรวจดูในระหว่าง

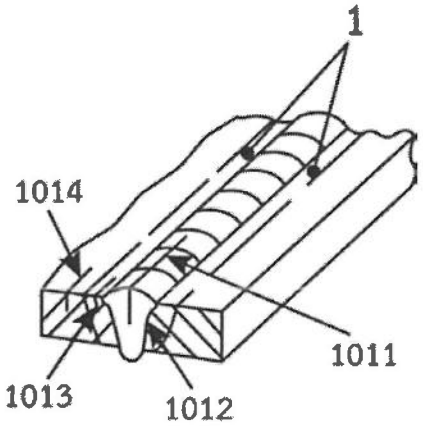
การเซาะร่อง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่พบเดิม เพื่อดูขอบเขตของรอยบกพร่องว่าไปสิ้นสุดตรงไหนจะใช้วิธีใดก็ได้ แล้วแต่การตกลงกันระหว่างเจ้าของงานและผู้ตรวจสอบ

6.5.1.3 การตรวจสอบเพิ่มเติม ถ้าปรากฏสิ่งชี้บอกว่าในรอยเชื่อมมีรอยบกพร่องที่ยอมรับไม่ได้ปรากฏขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้คาดหมายว่าจะมีรอยบกพร่องอยู่ในบริเวณถัดไปอีก ให้ทำการถ่ายภาพรังสีเพิ่มเติมในบริเวณถัดไปจนกว่าจะเป็นที่พอใจของผู้ตรวจสอบ

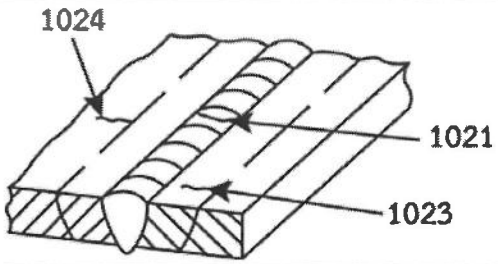
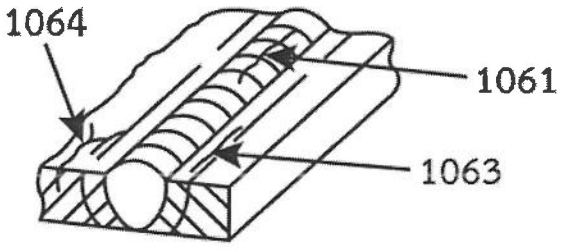
6.5.2 การซ่อมทำรอยเชื่อมประสาน รอยเชื่อมที่ปรากฏบนภาพถ่ายด้วยรังสีว่ามีรอยบกพร่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์จะต้องถูกเซาะเอารอยบกพร่องที่ตำแหน่งนั้นออกจนถึงเนื้อโลหะที่สมบูรณ์ แล้วจึงเชื่อมเติมเนื้อลงไปใหม่ เสร็จแล้วจะต้องมีการตรวจสอบโดยวีถ่ายภาพด้วยรังสีรอยเชื่อมประสาน ณ จุดที่ซ่อมทำแล้วนั้นอีกครั้งเพื่อยืนยันความเรียบร้อยในการซ่อมทำหากมีการซ่อมทำซ้ำที่จุดเดิมมากว่า 2 ครั้งขึ้นไป ควรจะปรึกษาวิศวกรโลหะการ ถึงผลดีผลเสียที่จะทำการซ่อมทำครั้งต่อ ๆ ไปอีก

ผนวก ก การจำแนกประเภทของรอยบกพร่อง

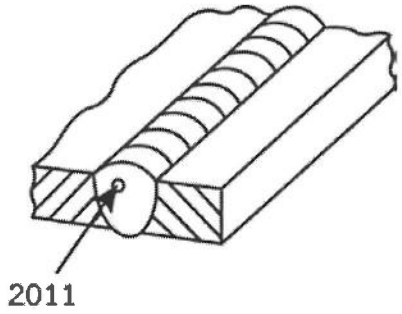
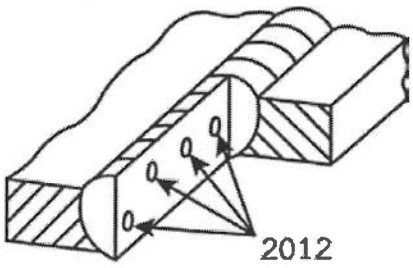
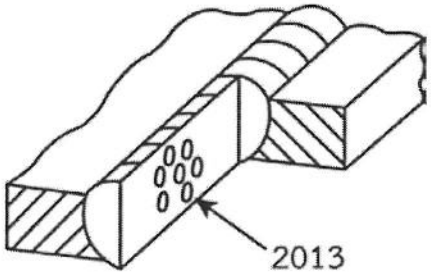
รูป ก-1 รอยบกพร่อง ประเภทรอยร้าว (Crack)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
	กลุ่มที่ 1 **รอยร้าว** (Crack)
100	**รอยร้าว** (Crack) ความไม่สมบูรณ์ที่เกิดจากการร้าวในช่วงสถานะของแข็ง จากผลกระทบของการเย็นตัวหรือความเค้น
1001	**รอยร้าวระดับจุลภาค** (Microcrack) หรือรอยร้าวที่เห็นได้เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์
101 1011 1012 1013 1014	**รอยร้าวตามแนวยาว** (Longitudinal Crack) รอยร้าวที่ขนานไปกับแกนของแนวเชื่อม จำแนกได้ตามบริเวณต่อไปนี้ - ในเนื้อโลหะเชื่อม - ที่เขตรอยเชื่อม - ในบริเวณกระทบร้อน - ในเนื้อโลหะชิ้นงาน
	 1 บริเวณกระทบร้อน

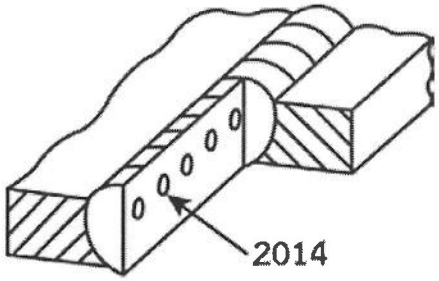
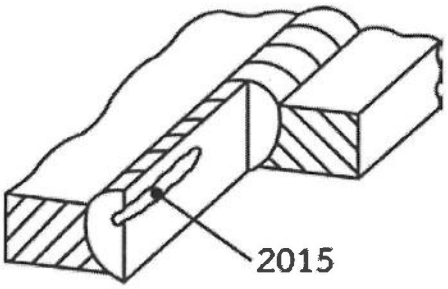
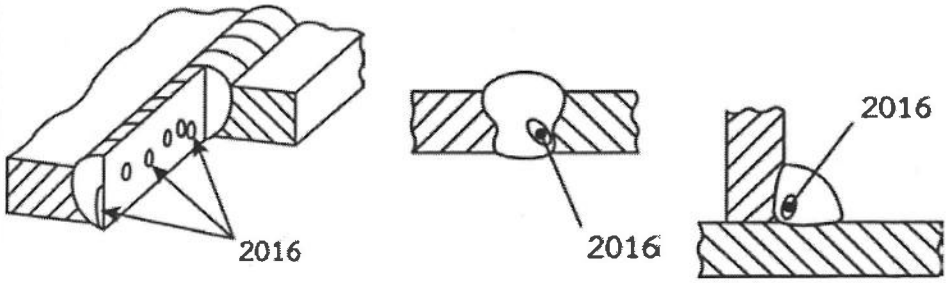
รูป ก-2 รอยบกพร่อง ประเภทรอยร้าว (Crack)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
	รอยร้าวตามแนวขวาง (Transverse Crack)
102	รอยร้าวที่ขวางกับแกนของแนวเชื่อม
	จำแนกได้ตามบริเวณต่อไปนี้
1021	- ในเนื้อโลหะเชื่อม
1023	- ในบริเวณกระทบร้อน
1024	- ในเนื้อโลหะชิ้นงาน
	
106	**รอยร้าวแขนง** (Branching Crack)
	กลุ่มรอยร้าวที่เชื่อมต่อกัน ที่เกิดจากรอยร้าวและแยกได้จากกลุ่มรอยร้าวที่ไม่ต่อเนื่อง (105) และรอยร้าวแผ่ (103)
	จำแนกได้ตามบริเวณต่อไปนี้
1061	- ในเนื้อโลหะเชื่อม
1063	- ในบริเวณกระทบร้อน
1064	- ในเนื้อโลหะชิ้นงาน
	

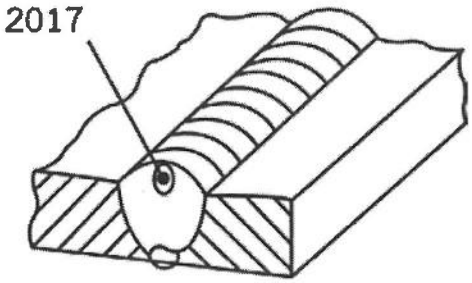
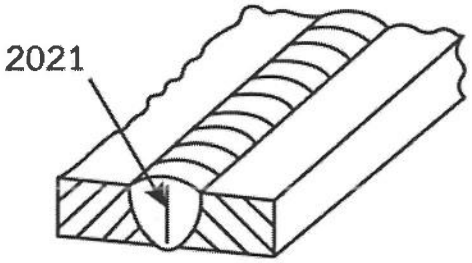
รูป ก-3 รอยบกพร่อง ประเภทรูพรุน (Porosity)

	กลุ่มที่ 2 **โพรง (Cavity)**
200	โพรง
201	**โพรงแก๊ส** (Gas Cavity) โพรงที่เกิดจากแก๊สที่ถูกกัก
2011	**ฟองแก๊ส** (Gas Pore) โพรงแก๊สในรูปแบบทรงกลมเป็นหลัก
	
2012	**รูพรุนกระจายอย่างสม่ำเสมอ** (Uniformly Distributed Porosity) จำนวนของฟองแก๊สที่กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งเนื้อโลหะเชื่อม ไม่ควรสับสนกับรูพรุนเชิงเส้น (2014) และรูพรุน (2013)
	
2013	**รูพรุนกลุ่ม** (Clustered (Localized) Porosity) กลุ่มของฟองแก๊สที่มีการกระจายทางเรขาคณิตแบบสุ่ม
	

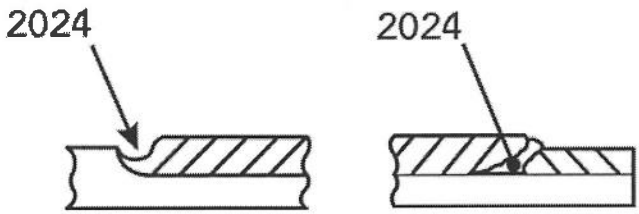
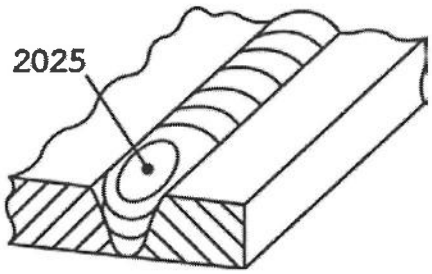
รูป ก-4 รอยบกพร่อง ประเภทรูพรุน (Porosity)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
2014	**รูพรุนเชิงเส้น** (Linear Porosity) แถวของฟองแก๊สที่อยู่ขนานกับแนวของแนวเชื่อม
	
2015	**โพรงแนวยาว** (Elongated Cavity) โพรงขนาดใหญ่ที่ไม่ใช่ทรงกลมมิติหลัก จะขนานไปตามแกนของรอยเชื่อม
	
2016	**โพรงหนอน** (Worm-hole) โพรงรูปท่อในเนื้อโลหะสาเหตุจากการปล่อยแก๊ส รูปร่างและตำแหน่งของโพรงหนอนกำหนดโดยรูปแบบการแข็งตัวและแหล่งที่มาของแก๊ส โดยทั่วไปจัดเป็นกลุ่มแบบรวมและมีลักษณะการกระจายตัวแบบก้างปลา บางโพรงหนอนสามารถทะลุถึงผิวรอยเชื่อม
	

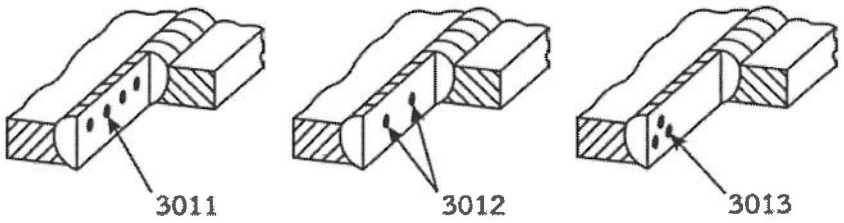
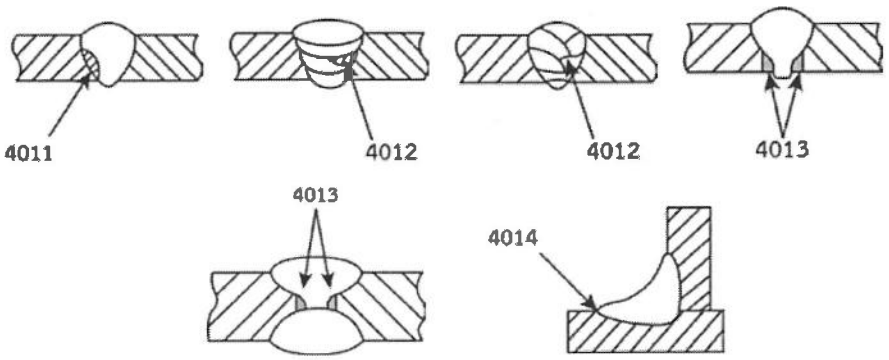
รูป ก-5 รอยบกพร่อง ประเภทรูพรุน (Porosity)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
2017	**ฟองที่พื้นผิว** (Surface Pore) ฟองแก๊สที่ทะลุถึงพื้นผิวของรอยเชื่อม
	
2018	**รูพรุนที่พื้นผิว** (Surface Porosity) รูพรุนที่ปรากฏที่พื้นผิวของรอยเชื่อม โพรงแก๊สหนึ่งโพรงหรือหลายโพรง ทะลุถึงพื้นผิวของรอยเชื่อม
202	**โพรงหด** (Shrinkage Cavity) โพรงที่หดระหว่างโลหะแข็งตัว
2021	**การหดตัวระหว่างการแข็งตัวแบบเดนไดรต์** (Interdendritic Shrinkage) โพรงหดตัวตามแนวยาวที่สามารถมีแก๊สกักไว้ระหว่างการแข็งตัวแบบเดนไดรต์ในช่วงเย็นตัว ความไม่สมบูรณ์ดังกล่าวถูกพบโดยทั่วไป ในแนวตั้งฉากกับผิวหน้าแนวเชื่อม
	

รูป ก-6 รอยบกพร่อง ประเภทรูพรุน (Porosity)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
2024	**รอยบุ๋ม** (Crater Pipe) โพรงหดตัวในจุดหยุดการเชื่อมและไม่ได้กำจัดออกก่อนหรือระหว่างการต่อแนวเชื่อม
	
2025	**รอยบุ๋มที่ปลาย** (End Crater Pipe) รอยบุ๋มเปิดที่มีรูทำให้พื้นที่หน้าตัดของรอยเชื่อมลดลง
	
203	**การหดตัวระหว่างจุลภาค** (Micro-shrinkage) โพรงหดที่มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์เท่านั้น
2031	**การหดตัวระดับจุลภาคระหว่างการแข็งตัวแบบเดนไดรต์** (Interdendritic Micro Shrinkage) การหดตัวระดับจุลภาคแนวยาวที่ก่อตัวระหว่างเดนไดรต์ในช่วงเวลาการเย็นตัวตามขอบเกรน
2032	**การหดตัวระดับจุลภาคแบบผ่านเกรน** (Transgranular Micro Shrinkage) โพรงหดตัวระดับจุลภาคตามแนวยาวข้ามเกรน ช่วงเวลาแข็งตัว

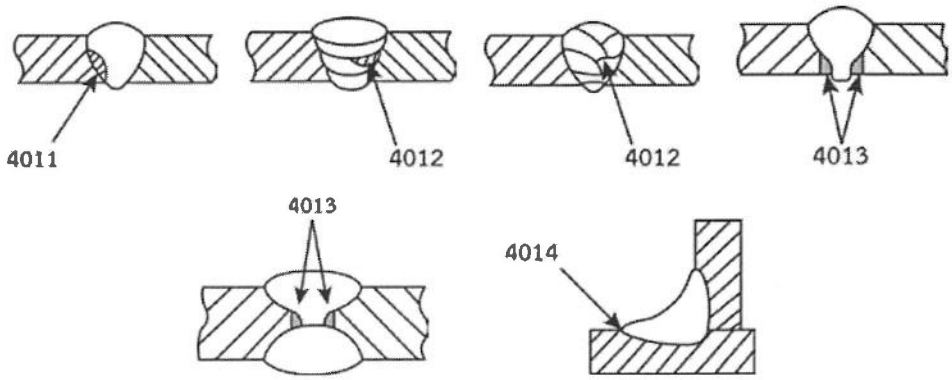
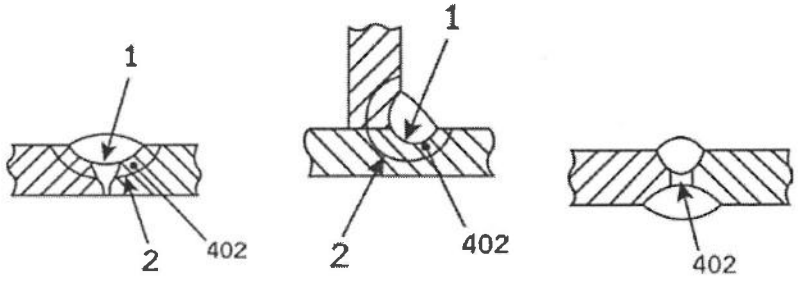
รูป ก-7 รอยบกพร่อง ประเภทสิ่งสกปรกฝังใน (Slag)

กลุ่มที่ 3 **สารแข็งฝังใน** (Solid Inclusion)	
300	**สารแข็งฝังใน** (Solid Inclusion) สารแข็งแปลกปลอมที่ติดอยู่ในเนื้อโลหะเชื่อม
301	**สแลกฝังใน** (Slag Inclusion) สารแข็งฝังใน ในรูปของสแลก
	สแลกฝังในที่เป็นได้คือ
3011	เชิงเส้น
3012	แยกเป็นเอกเทศ
3013	กลุ่ม
	
	
302	**ฟลักซ์ฝังใน** (Flux Inclusion) สารแข็งฝังใน ในรูปของฟลักซ์
	ฟลักซ์ฝังในที่เป็นไปได้คือ
3021	เชิงเส้น
3022	แยกเป็นเอกเทศ
3023	กลุ่ม
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 3012 และ 3013

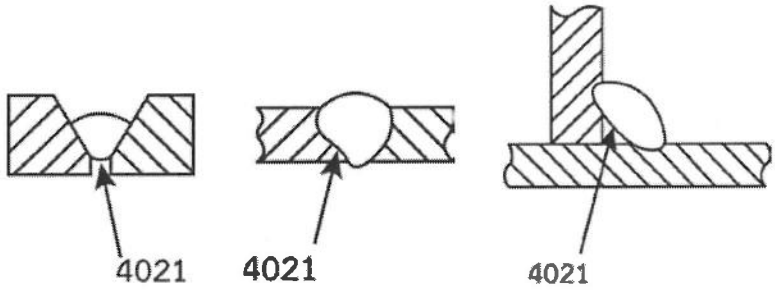
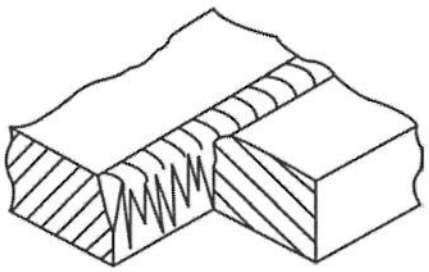
รูป ก-8 รอยบกพร่อง ประเภทสิ่งสกปรกฝังใน (Slag)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
303	**ออกไซด์ฝังใน** (Oxide Inclusion) สารแข็งฝังใน ในรูปของโลหะออกไซด์
	ออกไซด์ฝังในที่เป็นไปได้ คือ
3031	เชิงเส้น
3032	แยกเป็นเอกเทศ
3033	กลุ่ม
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 หลายเลขอ้างอิง 3012 และ 3013
304	**โลหะฝังใน** (Metallic Inclusion) สารแข็งฝังใน ในรูปของโลหะแปลกปลอม
	โลหะฝังในที่เป็นได้คือ
3041	ทังสเตน
3042	ทองแดง
3043	โลหะอื่น
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 3012 และ 3013
3034	**รอยย่น** (Puckering) ในบางกรณีโดยเฉพาะในโลหะอะลูมิเนียมผสม ออกไซด์ฟิล์มที่หุ้มอยู่เกิดขึ้นเนื่องจาก การปนเปื้อนจากบรรยากาศ ที่มีสาเหตุจากการป้องกันที่ไม่เพียงพอในบ่อหลอมละลาย
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 3012 และ 3013
304	**โลหะฝังใน** (Metallic Inclusion) สารแข็งฝังใน ในรูปของโลหะแปลกปลอม
	โลหะฝังในที่เป็นได้ คือ
3041	ทังสเตน
3042	ทองแดง
3043	โลหะอื่น
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 3012 และ 3013

รูป ก-9 รอยบกพร่อง ประเภทการหลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์
(Incomplete Fusion or Incomplete Penetration)

หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
3043	โลหะอื่น
	ดูหมายเลขอ้างอิง 3011 3012 และ 3013
กลุ่มที่ 4 **การหลอมละลายหรือการหลอมลึกไม่สมบูรณ์** (Lack of Fusion and Penetration)	
400	**การหลอมละลายหรือการหลอมลึกไม่สมบูรณ์** (Lack of Fusion and Penetration)
401	**การหลอมละลายไม่สมบูรณ์** (Lack of Confusion) การขาดการรวมกันระหว่างโลหะเชื่อมกับวัสดุชิ้นงาน หรือระหว่างชั้นของโลหะเชื่อมที่ต่อเนื่องกัน
4011	- การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ที่ผนังด้านข้าง
4012	- การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ระหว่างแนวเชื่อม
4013	- การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ที่แนวราก
4014	- การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ระดับจุลภาค
	
402	**การหลอมลึกไม่สมบูรณ์** (Incomplete Penetrationor Lack of Penetration) ความแตกต่างระหว่างการหลอมลึกจริงกับการหลอมลึกที่ระบุ
	

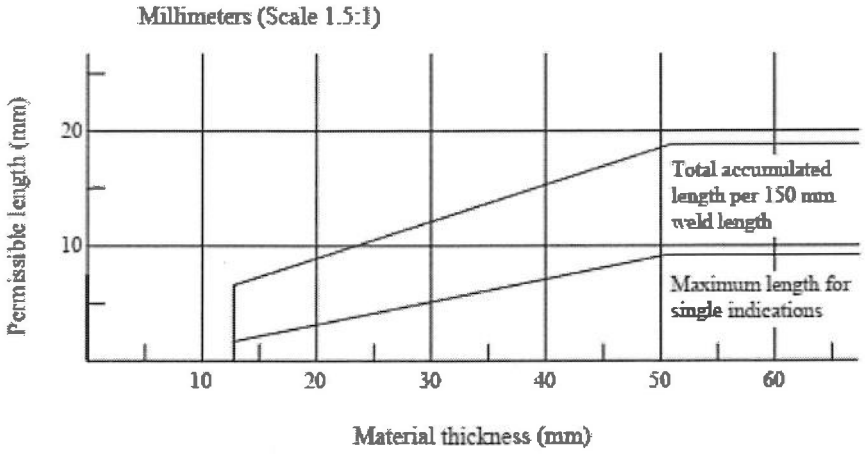
รูป ก-10 รอยบกพร่อง ประเภทการหลอมละลายไม่สมบูรณ์หรือการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์
(Incomplete Fusion or Incomplete Penetration)

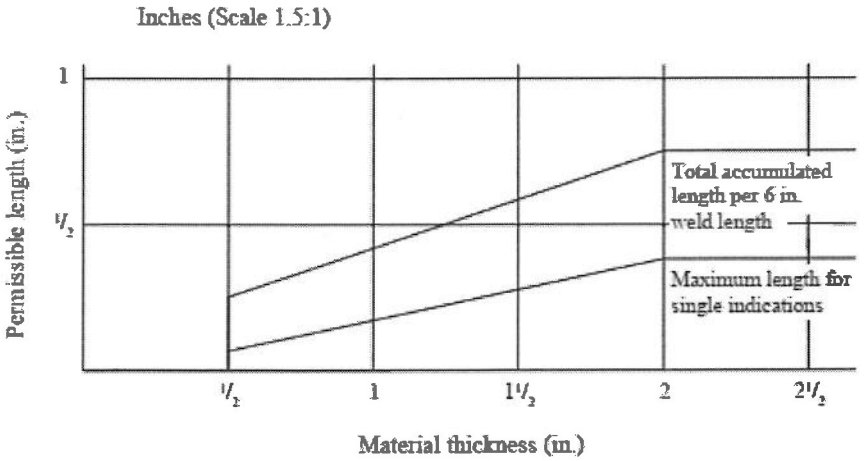
หมายเลขอ้างอิง	คำอธิบาย
	คำอธิบาย 1 การหลอมลึกจริง 2 การหลอมลึกที่ระบุ
4021	**การหลอมลึกที่ไม่สมบูรณ์แนวราก** (Incomplete Root Penetration) พื้นผิวการหลอมหนึ่งพื้นผิวหรือมากกว่า บริเวณแนวรากนั้นไม่หลอมละลาย
	
403	**เดือยแหลม** (Spiking) การหลอมลึกที่ไม่เป็นรูปแบบเดียวกันอย่างยิ่ง เกิดขึ้นในการเชื่อมด้วยลำอิเล็กตรอน และเลเซอร์ที่ปรากฏรูปฟันเลื่อย เดือยแหลมนี้รวมถึง โพรงรอยร้าว และการหดตัวอื่น ๆ
	

ผนวก ข ความยาวที่ยอมรับได้ของรอยบกพร่อง

รูป ข-1 ความยาวที่ยอมรับได้ของการหลอมละลายไม่สมบูรณ์และการหลอมละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์สำหรับชั้น A และชั้น B

FIGURE 1
Class A and Class B Incomplete Fusion and Incomplete Penetration – Acceptable Length

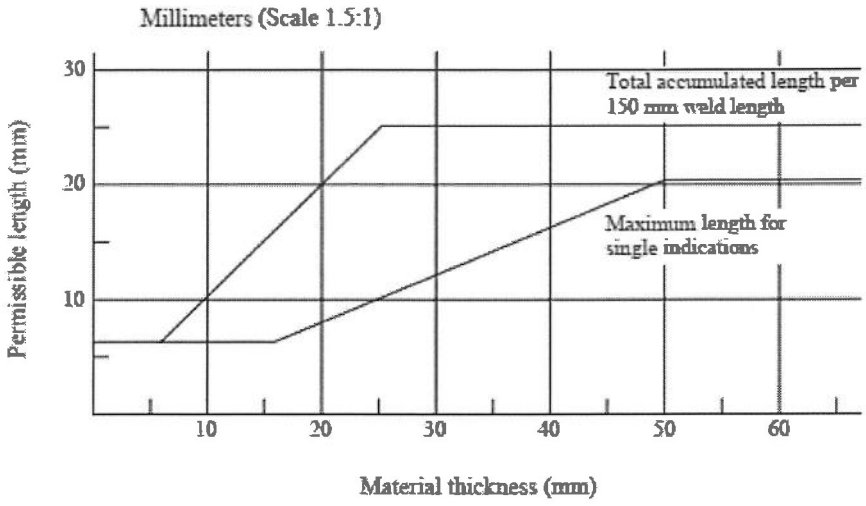


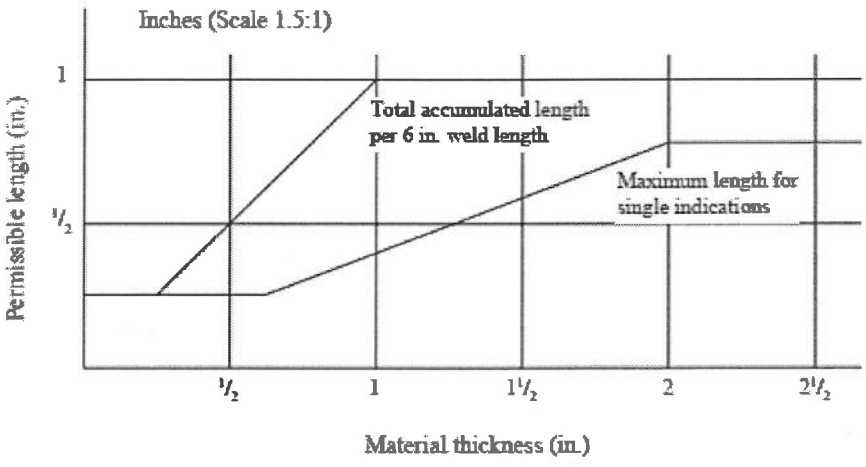


รูป ข-2 ความยาวที่ยอมรับได้ของสิ่งสกปรกฝังในชั้น A
ความยาวรวมของสิ่งสกปรกฝังในต้องนำไปร่วมกับการหลอมละลายไม่สมบูรณ์และการละลายซึมลึกไม่สมบูรณ์
ที่ผ่านการประเมินตามรูป ข-1 แล้ว

FIGURE 2
Class A Slag – Acceptable Length

Total **accumulated slag is to include** incomplete **fusion and** incomplete penetration **when** allowed **by Section 2, Figure 1.**

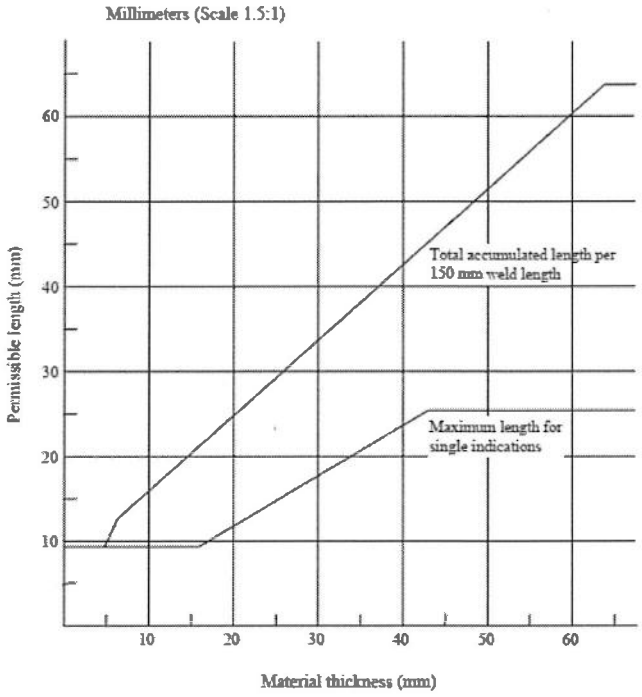


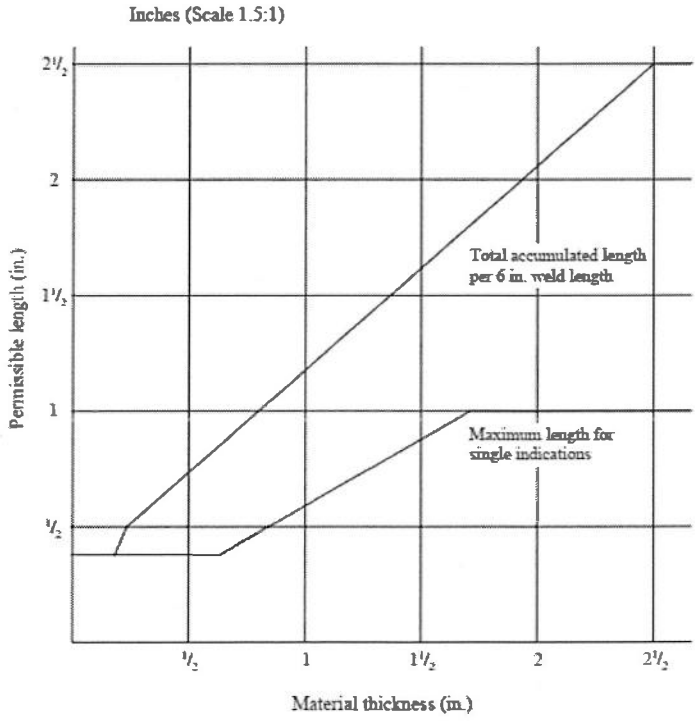


รูป ข-3 ความยาวที่ยอมรับได้ของสิ่งสกปรกฝังในชั้น B
ความยาวรวมของสิ่งสกปรกฝังในต้องนำไปรวมกับการหลอมละลายไม่สมบูรณ์และการละลาย
ซึมลึกไม่สมบูรณ์ที่ผ่านการประเมินตามรูป ข-1แล้ว

FIGURE 3
Class B Slag – Acceptable Length

Total accumulated slag is to include incomplete fusion and incomplete penetration when allowed by Section 2, Figure 1.



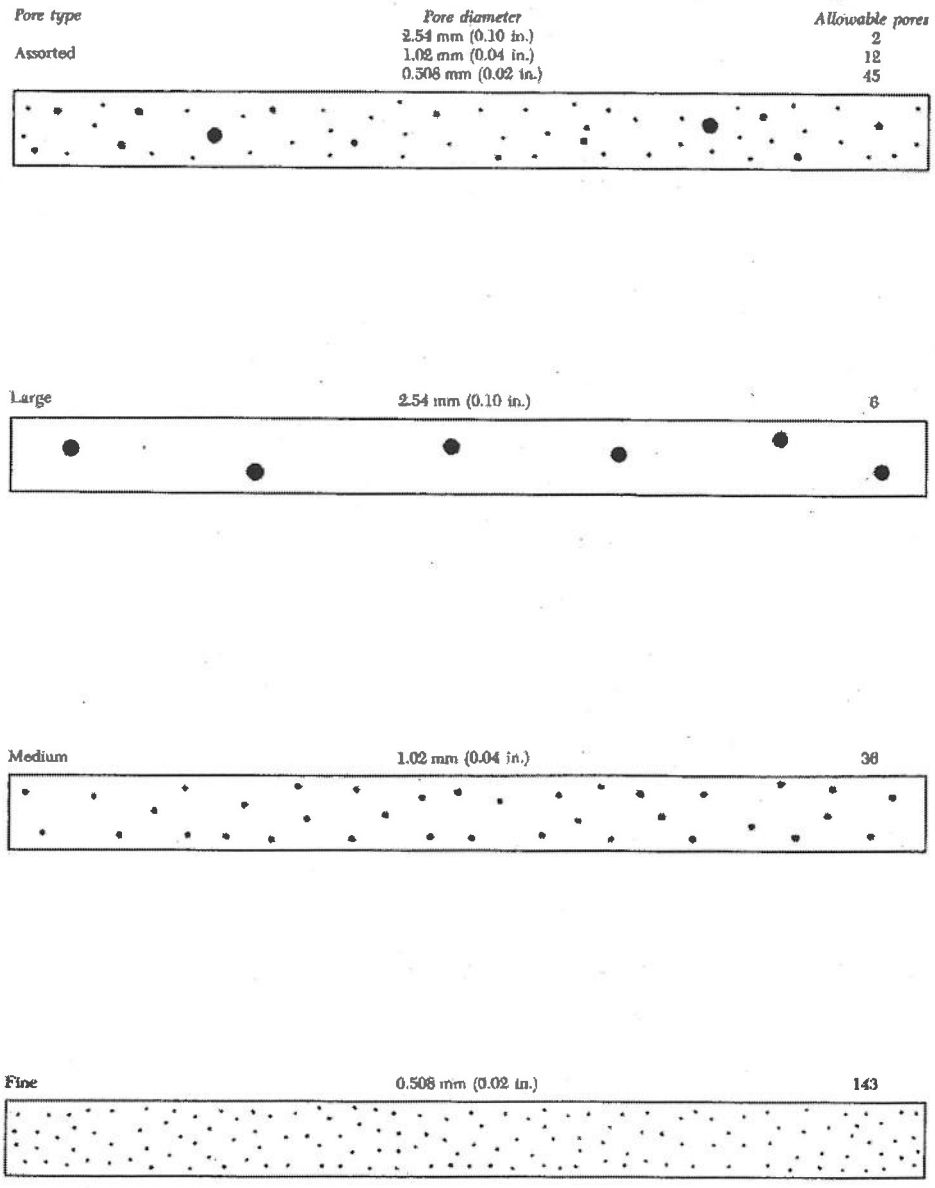


ผนวก ค พื้นที่รูพรุนที่ยอมรับได้

รูป ค-1 ภาพรูพรุนในวัตถุหนา 12.5 มม. (0.5 นิ้ว) สำหรับชั้น A และชั้น B
พื้นที่รูพรุนรวมยอดให้ไม่เกิน 29 ตร.มม.ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.
(0.045 ตร.นิ้วต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

FIGURE 4
Class A and Class B Porosity Chart for 12.5 mm (0.5 in.) Thick Material

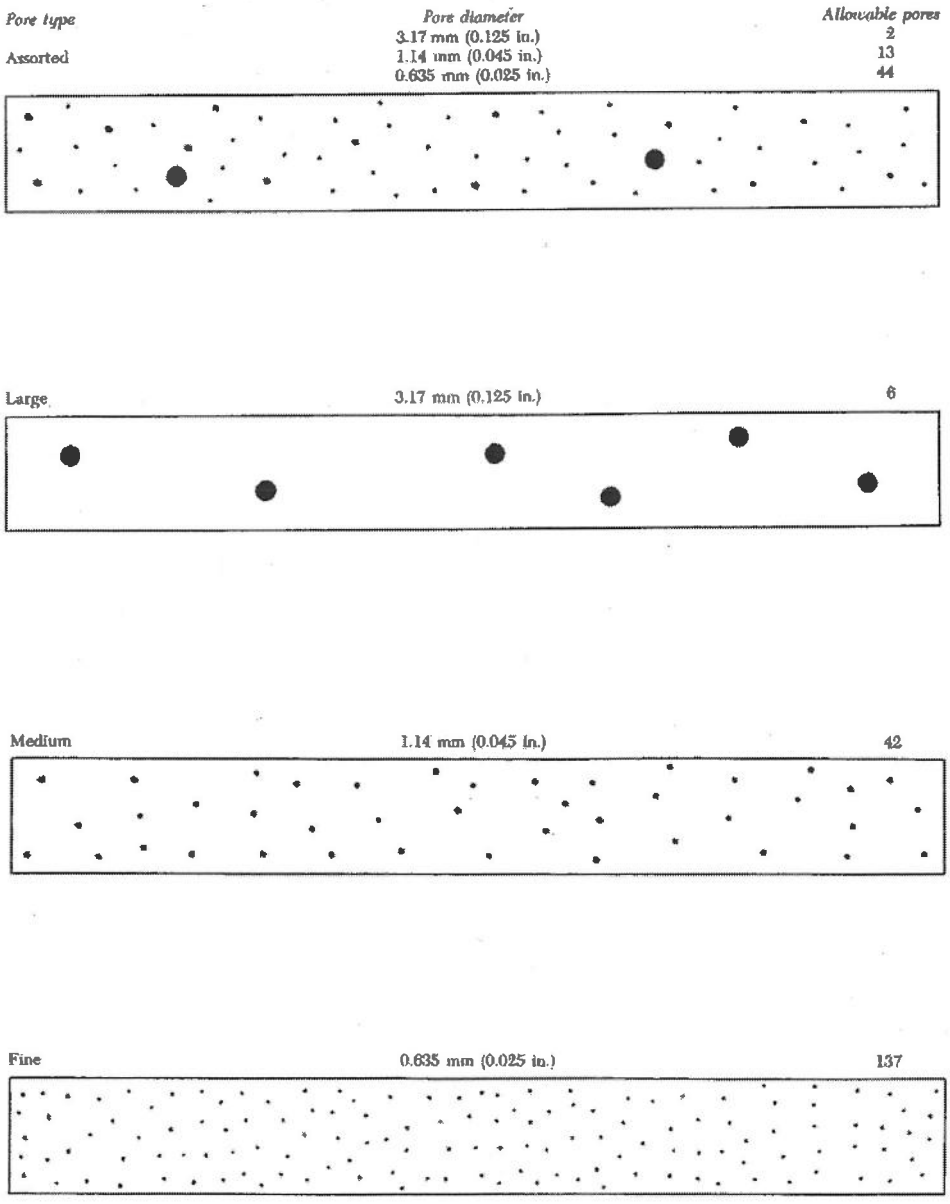
Total porosity area permitted 29 mm² per 150 mm (0.045 in.² per 6 in.) weld length.



รูป ค-2 ภาพรูพรุนในวัตถุหนา 19.05 มม. (0.75 นิ้ว) สำหรับชั้น A และชั้น B
พื้นที่รูพรุนรวมยอดให้ไม่เกิน 43.2 ตร.มม. ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.
(0.007 ตร.นิ้วต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

FIGURE 5
Class A and Class B Porosity Chart for 19.0 mm (0.75 in.) Thick Material

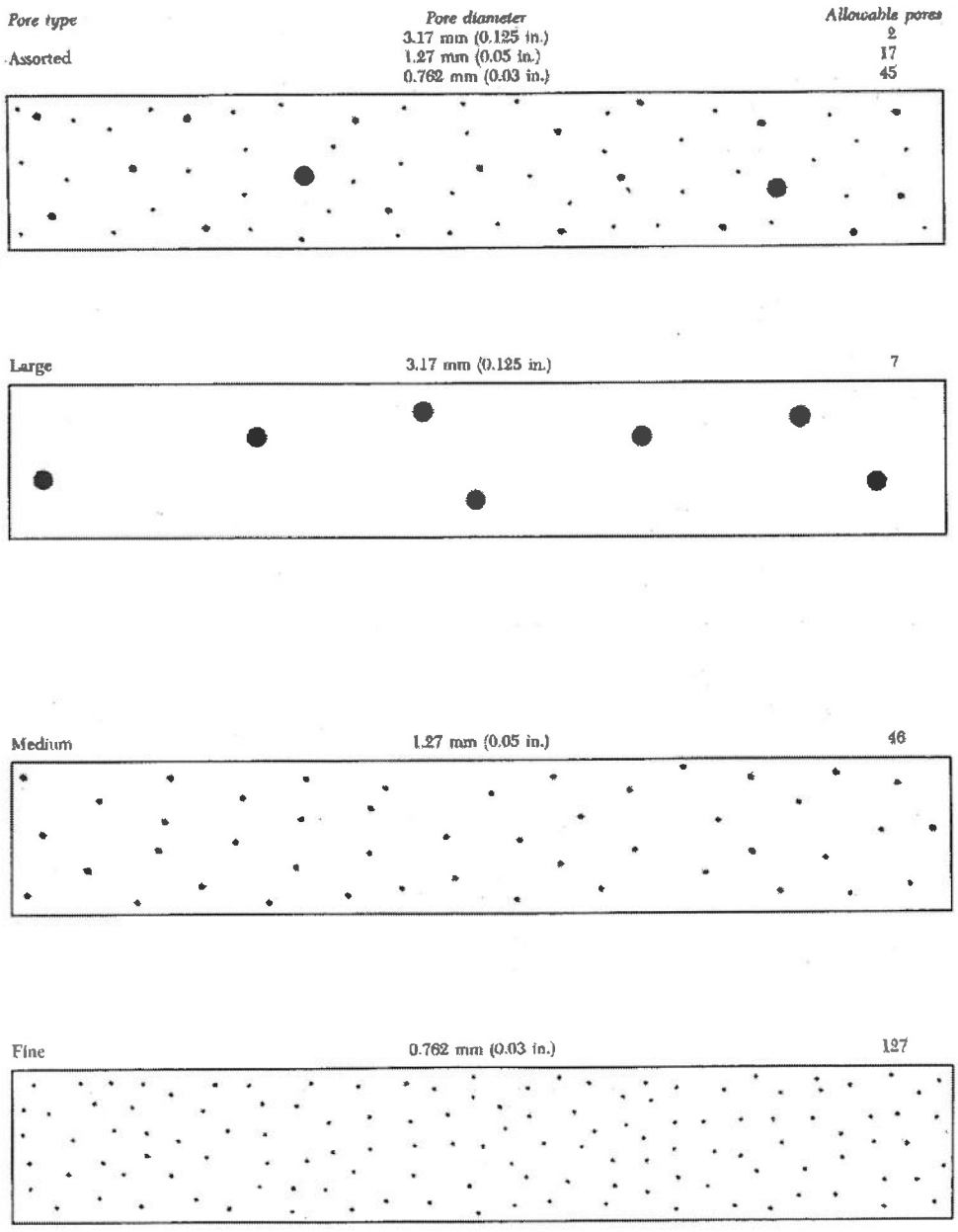
Total porosity area permitted 43.2 mm² per 150 mm (0.067 in.² per 6 in.) weld length.



รูป ค-3 ภาพรูพรุนในวัตถุหนา 25.4 มม. (1.0 นิ้ว) สำหรับชั้น A และชั้น B
พื้นที่รูพรุนรวมยอดให้ไม่เกิน 58.1 ตร.มม.ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.
(0.09 ตร.นิ้วต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

FIGURE 6
Class A and Class B Porosity Chart for 25 mm (1.0 in.) Thick Material

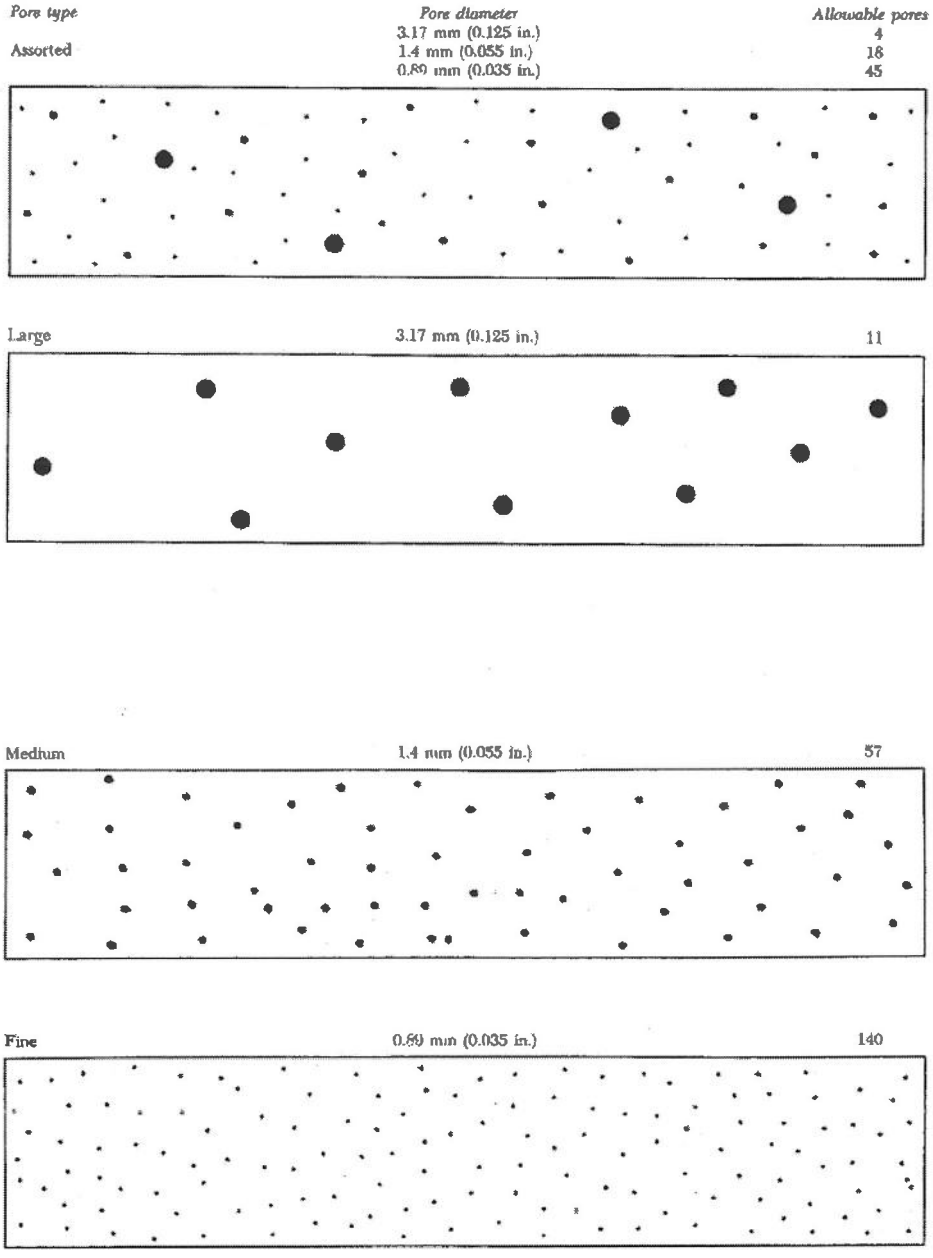
Total porosity area permitted 58.1 mm² per 150 mm (0.09 in.² per 6 in.) weld length.



รูป ค-4 ภาพรูพรุนในวัตถุหนา 38.0 มม. (1.5 นิ้ว) สำหรับชั้น A และชั้น B
พื้นที่รูพรุนรวมยอมให้ไม่เกิน 87.1 ตร.มม. ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.
(0.135 ตร.นิ้วต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

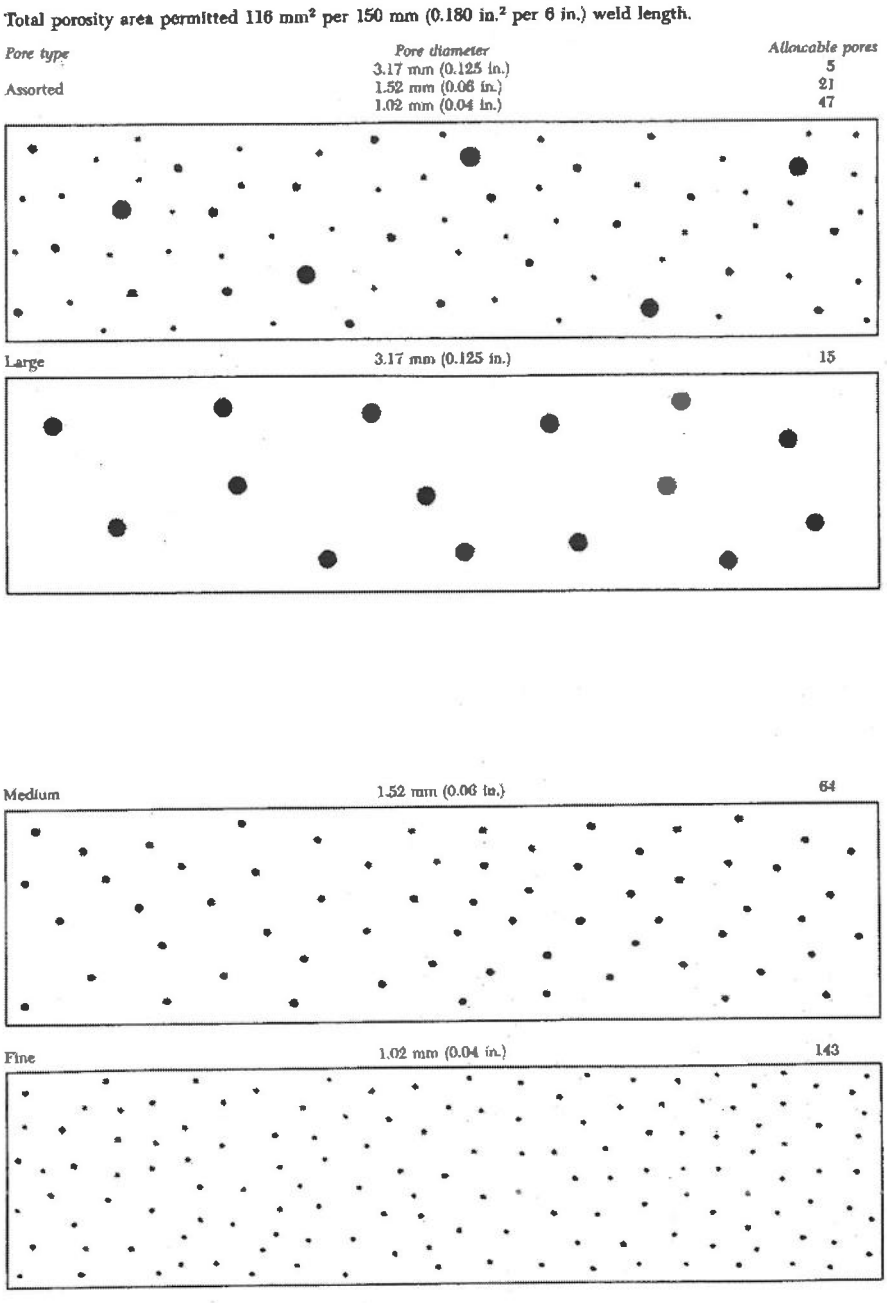
FIGURE 7
Class A and Class B Porosity Chart for 38.0 mm (1.5 in.) Thick Material

Total porosity area permitted 87.1 mm² per 150 mm (0.135 in.² per 6 in.) weld length.



รูป ค-5 ภาพรูพรุนในวัตถุหนา 51.0 มม. (2 นิ้ว) สำหรับชั้น A และชั้น B
พื้นที่รูพรุนรวมยอดให้ไม่เกิน 116 ตร.มม. ต่อความยาวรอยเชื่อม 150 มม.
(0.180 ตร.นิ้ว ต่อความยาวรอยเชื่อม 6 นิ้ว)

FIGURE 8
Class A and Class B Porosity Chart for 50 mm (2.0 in.) Thick Material



การแจกจ่าย

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
กพช.อร.		
จก.กพช.อร.	1	
ผ.วิชาการ กวจพ.กพช.อร.	1	
ห้องสมุด กวจพ.กพช.อร.	5	
กคภ.กพช.อร.	2 (รวมต้นฉบับ)	
กผช.อร.		
กผงร.กผช.อร.	1	
กอร.กผช.อร.	1	
กอจ.กผช.อร.	1	
กอฟ.กผช.อร.	1	
อธบ.อร.		
กผป.อธบ.อร.	1	
กงน.อธบ.อร.	1	
อจปร.อร.		
ห้องสมุด อจปร.อร.	3	
กพ.อจปร.อร.		
คป.อจปร.อร.		
กผป.อจปร.อร.	1	
กพห.อจปร.อร.		
กอบ.อจปร.อร.	1	
กพด.อจปร.อร.	1	
กคภ.อจปร.อร.	1	
กชส.อจปร.อร.		
กรก.อจปร.อร.	1	
กรล.อจปร.อร.	1	
กบต.อจปร.อร.	1	
กบก.อจปร.อร.		

หน่วย	จำนวนเล่ม/ไฟล์เอกสาร	เลขทะเบียน
อรม.อร.		
กจก.อรม.อร.	1	
กพ.อรม.อร.	1	
กบ.อรม.อร.	1	
กผป.อรม.อร.	1	
กคภ.อรม.อร.	1	
กรก.อรม.อร.	1	
กรล.อรม.อร.	1	
กฟฟ.อรม.อร.	1	
กสน.อรม.อร.		
กพด.อรม.อร.		
กรง.ฐท.สส.		
กผกช.กรง.ฐท.สส.	1	
กงน.กรง.ฐท.สส.	1	
ฐท.สข.		
กงน.ฐท.สข.	1	
ฐท.พง.		
กงน.ฐท.พง.	1	