

สทร. CT-6004:2568

มาตรฐานการทดสอบโดยไม่ทำลายบนรอยเชื่อมรางรถไฟ – การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง
(STANDARD FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING OF RAIL WELDS
– ULTRASONIC TESTING)

1.ทั่วไป

การทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟวิธีการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic testing : UT) เป็นวิธีการทดสอบโดยไม่ทำลาย (non-destructive testing: NDT) ที่อาศัยหลักการส่งและรับคลื่นเสียงความถี่สูงในย่านอัลตราโซนิก เพื่อตรวจหารอยความไม่ต่อเนื่องภายในรอยเชื่อมและบริเวณกระทบร้อนของรางรถไฟ เช่น รอยร้าว รูพรุน โพรงแก๊ส สารแข็งฝังใน การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ การหลอมลึกไม่สมบูรณ์ การเย็นตัวไม่ประสาน หรือ โพรงหดตัว ด้วยเหตุนี้การทดสอบโดยไม่ทำลายของรอยเชื่อมรางรถไฟ โดยวิธีการคลื่นเสียงความถี่สูง จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในการประเมินคุณภาพของรอยเชื่อม ด้านความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และ ความมั่นใจในความปลอดภัยของการเดินรถไฟ

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อกำหนดวิธีการทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งครอบคลุมการทดสอบหารอยความไม่ต่อเนื่องภายในรอยเชื่อมและบริเวณกระทบร้อน
- 1.1.2 เพื่อกำหนดเกณฑ์การยอมรับของรอยความไม่ต่อเนื่องที่ตรวจพบในการทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

1.2 ขอบข่าย

- 1.2.1 มาตรฐานฉบับนี้ครอบคลุมการทดสอบโดยไม่ทำลายบนรอยเชื่อมรางรถไฟ โดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงบริเวณรอยเชื่อมต่อรางที่เชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมวาบ (flash butt welding) กระบวนการเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิก (aluminothermic welding) และรอยเชื่อมซ่อมหัวรางที่เชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมอาร์ค (arc welding) หรือรอยเชื่อมซ่อมหัวรางที่เชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิก (aluminothermic welding)
- 1.2.2 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบโดยไม่ทำลาย โดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง บนรอยเชื่อมรางรถไฟที่ผลิตจากวัสดุเกรด R200 R220 R260 R260Mn R320Cr R350HT และ R350LHT โดยมีน้ำหนักต่อความยาวไม่น้อยกว่า 46 kg/m ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน EN 13674-1:2011 หรือรางรถไฟตามมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ตามที่มาตรฐาน มขร. – C – 005 – 2566
- 1.2.3 มาตรฐานฉบับนี้ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพรอยเชื่อมในงานก่อสร้างและซ่อมบำรุงรางรถไฟประเภทต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มขร. – C – 001 – 2564 ซึ่งครอบคลุมทาง

รถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางในเมือง ทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางชานเมือง
ทางรถไฟสำหรับระบบขนส่งทางรางระหว่างเมือง และทางรถไฟสำหรับปฏิบัติการในย่าน

1.2.4 การทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูง ในมาตรฐานฉบับนี้ เป็นเทคนิคพัลส์เอคโค (pulse-echo technique) โดยมีรูปแบบการแสดงผลแบบ A-scan สำหรับเครื่องทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูงทั่วไป (conventional ultrasonic testing)

1.2.5 มาตรฐานฉบับนี้กำหนดเกณฑ์การยอมรับหรือไม่ยอมรับรอยความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อมรางรถไฟ เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินผล นอกเหนือจากเกณฑ์การยอมรับรอยความไม่ต่อเนื่องตามมาตรฐานฉบับนี้ต้องได้รับการอนุมัติจากองค์กร

1.2.6 การทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง สามารถดำเนินการได้ทันทีหลังจากรอยเชื่อมเย็นตัวลงถึงอุณหภูมิที่ระบุให้สามารถทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงได้ เช่น ข้อกำหนดอุณหภูมิของเครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ในกรณีที่ต้องการทดสอบหารอยร้าวขณะเย็น (cold crack) ต้องทดสอบหลังจากการเชื่อมแล้วเสร็จไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง

1.2.7 มาตรฐานฉบับนี้ใช้หน่วยวัดในระบบสากล SI Units (International System Of Units) เป็นหลัก

2. มาตรฐานอ้างอิง

2.1 มขร. – C – 001 มาตรฐานการแบ่งประเภททางรถไฟ (track classification)

2.2 มขร. – C – 005 มาตรฐานองค์ประกอบทางรถไฟ (track components)

2.3 มอก.3517 เล่ม 1 การทดสอบโดยไม่ทำลาย – ลักษณะเฉพาะและการทวนสอบอุปกรณ์ทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง - ส่วนที่ 1 : ตัวเครื่อง

2.4 ASNT SNT-TC-1A Personnel qualification and certification in nondestructive testing

2.5 ISO 22232-1 Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic test equipment — Part 1: Instruments

2.6 ISO 9712 Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personal

2.7 ASTM E164-19 Standard practice for contact ultrasonic testing of weldments

2.8 AS 2207 Non-destructive testing - Ultrasonic testing of fusion welded joints in carbon and low alloy steel

2.9 EN 13674-1 Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above

มาตรฐานอ้างอิงในมาตรฐานฉบับนี้ให้ใช้ฉบับล่าสุด แต่ทั้งนี้ต้องไม่ขัดแย้งกับมาตรฐานฉบับนี้

3. นิยาม

“การขยายสัญญาณ” (gain) หมายถึง การขยายสัญญาณที่สะท้อนกลับจากตัวสะท้อน เพื่อแสดงผลความสูงของสัญญาณบนหน้าจอเครื่องทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูง โดยแสดงค่าการขยายสัญญาณในหน่วยเดซิเบล (dB)

“การสแกน” (scanning) หมายถึง การเคลื่อนหัวตรวจจับคลื่นเสียงความถี่สูง บนผิวชิ้นงาน เพื่อให้คลื่นเสียงสามารถทดสอบได้ครอบคลุมพื้นที่ทดสอบภายในชิ้นงาน

“การเชื่อมวาบ” (flash butt welding) หมายถึง การเชื่อมชนความต้านทานซึ่งชิ้นงานเคลื่อนเข้ากันอย่างช้า ๆ โดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเฉพาะจุดสัมผัสทำให้โลหะเย็น และเมื่ออุณหภูมิเชื่อมสูงถึงจุดที่กำหนด แล้วจะมีแรงดันชิ้นงานเข้าหากัน

“การเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิก” (aluminothermic welding) หมายถึง การเชื่อมหลอม (fusion welding) ซึ่งความร้อนในการเชื่อมได้จากการเกิดปฏิกิริยาของสารผสมเทอร์มิกทำให้โลหะเกิดการหลอมเหลว กลายเป็นโลหะเชื่อมชิ้นงานที่ถูกทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้ว

“การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงแบบทั่วไป” (conventional ultrasonic testing) หมายถึง วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงที่ส่งผ่านหัวตรวจจับแบบผลึกเดี่ยว (single-element probe) หรือหัวตรวจจับแบบผลึกคู่ (dual-element probe) เพื่อวัดการสะท้อนกลับของคลื่นจากรอยความไม่ต่อเนื่องหรือโครงสร้างภายในของวัสดุ โดยแสดงผลทั่วไปเป็นแบบ A-scan

“การแสดงผลแบบเอ-สแกน” (A-scan presentation) หมายถึง รูปแบบการแสดงผลข้อมูลจากการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ในลักษณะของกราฟสองมิติ โดยแกนแนวนอนแสดงเวลาเดินทางของคลื่นเสียงหรือระยะทาง ส่วนแกนแนวตั้งแสดงขนาดของสัญญาณสะท้อน (แอมพลิจูด) ที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณ ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตำแหน่งและขนาดของความไม่ต่อเนื่องภายในวัสดุ

“เกณฑ์การยอมรับ” (acceptance criteria) หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินการยอมรับของรอยความไม่ต่อเนื่องของรอยเชื่อมซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

“ความเป็นเชิงเส้นของการแสดงผลในแนวตั้ง” (vertical display linearity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องแสดงผลในการแสดงค่าความสูงของสัญญาณ (แอมพลิจูด) ตามสัดส่วนที่ถูกต้องและสม่ำเสมอตลอดช่วงการแสดงผลในแนวแกนตั้ง โดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงที่ตรวจวัดได้ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง ความเป็นเชิงเส้นนี้มีความสำคัญต่อความแม่นยำในการวิเคราะห์ขนาดของบกพร่องหรือสัญญาณสะท้อนภายในวัสดุ

“ความเป็นเชิงเส้นของการขยายสัญญาณ” (gain linearity) หมายถึง ความสามารถของระบบขยายสัญญาณของเครื่องทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงในการเพิ่มหรือลดระดับสัญญาณอย่างสม่ำเสมอและเป็นสัดส่วนตามค่าการปรับเพิ่มหรือลดการขยายสัญญาณที่ตั้งไว้ ตามที่กำหนด

“ความไวสแกน” (scanning sensitivity) หมายถึง การขยายสัญญาณที่ใช้ขณะสแกนทดสอบชิ้นงานให้สามารถเห็นรอยบ่งชี้ได้ชัดเจนขึ้น โดยเป็นการเพิ่มค่าการขยายสัญญาณ อย่างน้อย 6 dB จากความไวอ้างอิง

“ความไวอ้างอิง” (reference sensitivity) หมายถึง การขยายสัญญาณ มีหน่วยเป็นเดซิเบล (dB) ที่กำหนดจากการสอบเทียบด้วย รูเจาะด้านข้าง (Side Drilled Hole) รูแรกบนรางสอบเทียบความไว เพื่อใช้เป็นค่าการขยายสัญญาณตั้งต้นในการสร้างเส้น 100% ของ DAC โดยเส้น 100% DAC นี้ เรียกว่า ระดับอ้างอิง (reference level)

“จุดส่งคลื่น” (index point) หมายถึง ตำแหน่งบนหัวตรวจจับที่เป็นจุดอ้างอิงของการส่งหรือรับคลื่นเสียงความถี่สูง

“ฐานราง” (rail foot) หมายถึง ส่วนล่างของรางที่รองรับและถ่ายน้ำหนักลงบนหมอนรองราง

“เดซิเบล” (decibel : dB) หมายถึง หน่วยของระดับการขยาย หรือการลดทอนของสัญญาณคลื่นเสียงความถี่สูง โดยเป็น ค่าลอการิทึมของอัตราส่วนระหว่างระดับความสูงของสัญญาณ หรือความเข้มของพลังงานคลื่นเสียงสองค่า

“ด้านฟิลด์” (field side) หมายถึง ด้านนอกของราง ซึ่งเป็นด้านที่อยู่ตรงข้ามกับด้านเกจ

“ด้านเกจ” (gauge side) หมายถึง ด้านในของราง ซึ่งเป็นด้านที่หันเข้าหากันของรางทั้งสองโดยพิจารณาที่ระยะห่างของเกจราง

“ดีเลย์ไลน์” (delay line) หมายถึง องค์ประกอบที่ประกอบอยู่ระหว่างตัวแปลงพลังงานกับผิวของชิ้นงาน ทำหน้าที่สร้างทางหน่วงเวลา (delay path) ระหว่างตัวแปลงพลังงานกับจุดที่คลื่นเสียงความถี่สูงเข้าสู่ชิ้นงาน

“เทคนิคพัลส์เอคโค” (pulse-echo technique) หมายถึง เทคนิคการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง โดยหัวตรวจจับส่งคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าไปในวัสดุและรับสัญญาณสะท้อนกลับจากขอบเขตหรือความไม่ต่อเนื่องภายในวัสดุ ด้วยหัวตรวจจับชุดเดียวกัน โดยอาศัยเวลาการเดินทางของคลื่นสะท้อนเพื่อประเมินตำแหน่งและลักษณะของความไม่ต่อเนื่อง

“บริเวณกระทบร้อน” (heat-affected zone: HAZ) หมายถึง บริเวณโลหะชิ้นงานที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนจากการเชื่อม การเชื่อมประสาน การบัดกรี หรือการตัดด้วยความร้อน ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลหรือโครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนแปลง

“ใบรายงานการทดสอบ” (testing report) หมายถึง ใบแสดงรายละเอียดของการทดสอบพร้อมด้วยผลการทดสอบ

“ใบสั่งเทคนิคการทำงาน” (written procedure) หมายถึง เอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดวิธีการทดสอบ ที่ใช้กับรางรถไฟหรือรอยเชื่อมรางรถไฟโดยเฉพาะ โดยต้องระบุขั้นตอน วิธีการ เงื่อนไข และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องอย่างครบถ้วนตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐานฉบับนี้

“ผู้ทดสอบ” (examiner หรือ inspector) หมายถึง ผู้ทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

“รอยความไม่ต่อเนื่อง” (discontinuity) หมายถึง รอยแยกในเนื้อวัสดุ

“รอยเชื่อม” (weld) หมายถึง รอยที่เกิดจากการเชื่อมโลหะ

“รอยบกพร่อง” (defect) หมายถึง รอยความไม่ต่อเนื่องรอยหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งที่เกินเกณฑ์การยอมรับที่กำหนด

“รอยบกพร่องแบบแผ่น” (planar defects) หมายถึง รอยบกพร่องที่มีลักษณะแบนราบหรือมีความยาวมากกว่าความหนาอย่างชัดเจน โดยมักเกิดขึ้นตามแนวต่อระหว่างชั้นของแนวเชื่อมหรือระหว่างแนวเชื่อมกับเนื้อโลหะชิ้นงาน ได้แก่ รอยร้าว (crack) การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ (lack of fusion หรือ incomplete fusion) และ การหลอมลึกไม่สมบูรณ์ (lack of penetration หรือ incomplete fusion)

“รอยบกพร่องแบบมีปริมาตร” (volumetric defects) หมายถึง รอยบกพร่องภายในเนื้อโลหะที่มีลักษณะเป็นปริมาตรหรือแผ่กระจายอยู่ในลักษณะสามมิติ ได้แก่ รูพรุน โพรงแก๊ส สารแข็งฝังใน และ โพรงหดตัว รูพรุน (porosity) โพรงแก๊ส (gas cavity) สารแข็งฝังใน (solid inclusion) การเย็นตัวไม่ประสาน (shrinkage) และ โพรงหดตัว (cold shut)

“รอยบ่งชี้” (indication) หมายถึง สิ่งที่แสดงออกให้เห็นจากการทดสอบโดยไม่ทำลายซึ่งอาจเกิดจากรอยบกพร่องหรือไม่ก็ได้ สำหรับการทดสอบโดยวิธีนี้จะหมายถึง รูปคลื่น (Peak หรือ Echo) ที่สะท้อนกลับ

“รอยร้าวขณะเย็น” (cold crack) หมายถึง รอยร้าวที่เกิดหลังการเชื่อม ขณะโลหะเย็นลงใกล้อุณหภูมิห้อง โดยมีสาเหตุจากไฮโดรเจนตกค้าง ความเค้นตกค้าง และโครงสร้างเปราะ

“ร้อยละความสูงเต็มหน้าจอ” (percent of full screen height : % FSH) หมายถึง การระบุระดับความสูงของสัญญาณคลื่นเสียงความถี่สูง โดยแสดงเป็นร้อยละของความสูงเต็มหน้าจอเครื่องทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูง เช่น 80% FSH หรือ 20% FSH

“ระดับประเมิน” (evaluation level) หมายถึง ระดับความสูงของสัญญาณที่กำหนดไว้เป็นร้อยละของระดับความไวอ้างอิงของการสร้างเส้น DAC ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินแอมพลิจูดของสัญญาณสะท้อนจากความไม่ต่อเนื่องที่ตรวจพบ เพื่อพิจารณาว่าสัญญาณดังกล่าวต้องนำมาวิเคราะห์หรือไม่ ตามเกณฑ์การยอมรับที่กำหนด โดยระดับประเมินในมาตรฐานนี้กำหนดเป็นเส้นระดับร้อยละ 50 ของระดับความไวอ้างอิง หรือ เส้น 50% DAC

“ระยะทางเดินของเสียง” (sound path) หมายถึง ระยะทางจากจุดสัมผัสระหว่างหัวตรวจจับและผิวราง ถึงตัวสะท้อนคลื่นโดยวัดในแนวเส้นกึ่งกลางของคลื่นเสียง

“ระยะทดสอบ” (test range) หมายถึง ระยะส่งผ่านคลื่นเสียงความถี่สูง ที่กำหนดขึ้นในการทดสอบ

“ราง” (rail) หมายถึง รางเหล็กที่รับน้ำหนักและถ่ายทอดภาระจากล้อรถไฟไปยังหมอนรองรางรถไฟ และเป็นตัวประกอบกรวางของรถไฟ

“รางสอบเทียบความไว” (sensitivity calibration rail) หมายถึง รางที่ใช้สอบเทียบความไวของระบบทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง และใช้สร้างเส้น DAC เพื่อชดเชยการลดทอนของสัญญาณตามระยะทางด้วยการปรับค่าขยายสัญญาณ

“รูเจาะด้านข้าง” (side drilled hole : SDH) หมายถึง รูทรงกระบอกที่เจาะจากด้านข้างของราง สอบเทียบความไว โดยมีแนวรูขนานกับผิวหน้า โดยทั่วไปใช้เป็นแหล่งสะท้อนสัญญาณมาตรฐานในการ สอบเทียบหรือทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

“โลหะชิ้นงาน” (parent metal) หมายถึง รางรถไฟที่นำมาเชื่อมประสาน หรือรางรถไฟผ่านการ เชื่อมประสานแล้ว

“สัญญาณสะท้อนจากผิวด้านหลัง (back wall echo : BWE)” หมายถึง รอยบ่งชี้ที่ปรากฏบนจอแสดงผลจากสัญญาณสะท้อนของคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาจากผิวด้านตรงข้ามกับด้านที่ส่งคลื่นเข้าสู่ชิ้นงานทดสอบ

“สารนำคลื่น” (couplant) หมายถึง วัสดุที่ใช้วางระหว่างหัวตรวจและพื้นผิวของชิ้นงาน เพื่อช่วยให้คลื่นเสียงความถี่สูงสามารถส่งผ่านจากหัวตรวจจับเข้าสู่ชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากอากาศระหว่างผิวสัมผัส

“สแลก” (slag) หมายถึง ฟลักซ์ที่เย็นตัวลงและแข็งตัวเคลือบผิวรอยเชื่อมภายหลังการเชื่อมและต้องกำจัดออกก่อนการทดสอบรอยเชื่อม

“เส้นกราฟชดเชยการลดทอนของระดับสัญญาณคลื่นเสียงเนื่องจากระยะทาง” (distance amplitude correction: DAC) หมายถึง เส้นกราฟที่สร้างขึ้นจากการบันทึกค่าความสูงของแอมพลิจูดของสัญญาณสะท้อนที่ได้จากตัวสะท้อนมาตรฐาน ซึ่งอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ตามระยะทางของการแพร่คลื่น เพื่อใช้เปรียบเทียบและประเมินขนาดของรอยบ่งชี้หรือรอยบกพร่องที่ตรวจพบในชิ้นงาน

“เส้นกราฟชดเชยการลดทอนของระดับสัญญาณคลื่นเสียงเนื่องจากระยะทางแบบแบ่ง” (split DAC) หมายถึง เส้นกราฟระดับสัญญาณเชิงระยะทางที่แบ่งออกเป็นช่วงระยะทางย่อย โดยนำมาใช้เมื่อการสร้างเส้นกราฟ DAC แบบต่อเนื่องไม่สามารถสร้างได้ครอบคลุมระยะทดสอบได้เนื่องจากวัสดุที่ค่าการลดทอนทางเสียงสูง หรือมีรูปร่างที่ซับซ้อน

“หน่วยงานทดสอบ” (agency) หมายถึง หน่วยงานซึ่งคู่สัญญาเป็นผู้แต่งตั้งให้ทำหน้าที่ทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

“หัวตรวจจับ” (probe หรือ search unit) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งและรับคลื่นเสียงความถี่สูงในกระบวนการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ประกอบด้วยตัวแปลงพลังงาน (Transducer) ซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง และ/หรือ แปลงคลื่นเสียงกลับเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ทดสอบหารอยบกพร่องที่รอยเชื่อมรางรถไฟ

“หัวราง” (rail head) หมายถึง ส่วนของรางด้านบนที่รองรับรางรถไฟ

“องค์กร” (railway authority) หมายถึง หน่วยงานที่กำกับดูแลด้านการขนส่งทางราง หรือเจ้าของโครงการ หรือผู้ว่าจ้าง ซึ่งเป็นเจ้าของโครงสร้างพื้นฐาน

“เอวราง” (rail web) หมายถึง ส่วนของรางที่อยู่ระหว่างหัวรางและฐานราง

“แอมพลิจูด” (amplitude) หมายถึง ความสูงของสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนจอภาพแบบ A-scan โดยวัดจากฐานถึงจุดสูงสุดของสัญญาณ (peak) ของสัญญาณที่ปรับขยาย

4. เงื่อนไขการทดสอบ

ก่อนการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง หน่วยงานทดสอบต้องได้รับการอนุมัติใบสั่งเทคนิคการทำงาน (written procedure) จากองค์กร ซึ่งต้องจัดทำและลงนามรับรองโดยบุคลากรด้านการทดสอบโดยไม่ทำลายโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ระดับ 3 ตามมาตรฐานที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 5 โดยใบสั่งเทคนิคการทำงานต้องระบุหัวข้อหลักอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- 4.1 ชื่อใบสั่งเทคนิคการทำงาน เลขที่เอกสาร วันที่จัดทำ ชื่อผู้จัดทำ ชื่อผู้อนุมัติและชื่อองค์กรที่รับผิดชอบ
- 4.2 ชนิดวัสดุ กระบวนการเชื่อม การเตรียมรอยเชื่อม และขนาดรอยเชื่อม
- 4.3 ขอบเขต และปริมาณ ของรอยเชื่อม และ บริเวณกระแทกร้อน ที่ทดสอบ
- 4.4 คุณสมบัติผู้ทดสอบ
- 4.5 รายการและรายละเอียดเครื่องทดสอบ หัวตรวจจับ และอุปกรณ์ที่ใช้
- 4.6 วิธีกำหนดความไวอ้างอิง (reference sensitivity) และแท่งมาตรฐาน หรือแท่งอ้างอิง
- 4.7 วิธีการประเมินผลรอยบ่งชี้ ระดับอ้างอิง และ ระดับประเมิน
- 4.8 การเตรียมผิว รอยเชื่อม และ รางโลหะชิ้นงานบริเวณที่สแกนหัวตรวจจับ
- 4.9 ขั้นตอนการทดสอบ และการสแกน
- 4.10 เกณฑ์การยอมรับ
- 4.11 รูปแบบและรายละเอียดการรายงานผลการทดสอบ
- 4.12 วิธีการดำเนินการเมื่อผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ หรือตรวจพบรอยความไม่ต่อเนื่องในรางโลหะชิ้นงาน

5. คุณสมบัติของผู้ทดสอบ

การทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟ โดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงและประเมินผลการยอมรับ ต้องดำเนินการโดยบุคลากรที่มีคุณสมบัติและความสามารถที่เหมาะสม มาตรฐานฉบับนี้กำหนดให้บุคลากรที่ทดสอบต้องได้รับการรับรองตามมาตรฐานอย่างน้อยหนึ่งมาตรฐาน ดังนี้ (1) มาตรฐาน ISO 9712 (2) มาตรฐาน ASNT SNT-TC-1A หรือมาตรฐานอื่นที่มีระดับเทียบเท่า ซึ่งได้รับการยอมรับจากองค์กรหรือเป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของสัญญา

6. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 6.1 เครื่องทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงแบบทั่วไป ที่ใช้ในการทดสอบต้องใช้เทคนิคแบบพัลส์เอคโค พร้อมทั้งแสดงผลบนจอภาพแบบ A-scan ในย่านความถี่ 1 ถึง 5 MHz โดยต้องผ่านการทวนสอบ (verification) ความเป็นเชิงเส้นของการแสดงผลในแนวตั้ง (vertical display linearity)

และความเป็นเชิงเส้นของการขยายสัญญาณ (gain linearity) ตามข้อกำหนดของ มอก.3517 เล่ม 1 หรือ ISO 22232-1 หรือ มาตรฐานที่เทียบเท่า ทุกปี หรือ เมื่อเครื่องทดสอบมีการซ่อมแซม

6.2 หัวตรวจจับ (probe) สำหรับเครื่องทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงแบบทั่วไป

ต้องมีคุณสมบัติของหัวตรวจจับที่ใช้การทดสอบรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงเป็นดังนี้

6.2.1 หัวตรวจจับแบบตรง (normal probe) เป็นแบบคลื่นตามยาว (longitudinal wave) หัวตรวจจับเป็นชนิดผลึกเดี่ยว (single crystal) หรือ ชนิดผลึกคู่ (twin crystals) หัวตรวจจับต้องมีรูปร่างกลม ความถี่ของหัวตรวจจับอยู่ในช่วง 2 ถึง 5 MHz

6.2.2 หัวตรวจจับแบบมุม (angle probe) เป็นแบบคลื่นตามขวาง (transverse wave) ประกอบด้วยหัวส่งคลื่นเสียงและลิ้มที่เป็นมุม ซึ่งประกอบเป็นสองส่วนแยกออกจากกัน หรือ ประกอบเป็นชุดเดียวกัน และต้องมีคุณสมบัติดังนี้

6.2.2.1 ความถี่ของหัวตรวจจับอยู่ในช่วง 2 ถึง 5 MHz

6.2.2.2 ผลึกของหัวตรวจจับต้องมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเป็นชนิดผลึกเดี่ยว

6.2.2.3 หัวตรวจจับต้องสร้างลำคลื่นเสียงภายในรางที่ทดสอบ ให้มีมุมส่งคลื่น (probe angle) 45° และ 70° โดยต้องตรวจสอบมุมส่งคลื่นของหัวตรวจจับ ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 2^\circ$ ของค่ามุมคลื่นที่ระบุไว้บนหัวตรวจจับ

6.2.2.4 ต้องกำหนดตำแหน่งจุดส่งคลื่น (index point) ของหัวตรวจจับ โดยระยะของหัวตรวจจับวัดจากด้านหน้าของหัวตรวจจับถึงเส้นขีดแสดงจุดส่งคลื่นต้องไม่เกิน 25.4 mm

6.2.2.5 หัวตรวจจับทุกหัวต้องมีเครื่องหมายแสดงความถี่ของหัวตรวจจับ มุมส่งคลื่น และขนาดของผลึก

6.2.3 หัวตรวจจับคลื่นเสียงความถี่สูงที่แนะนำให้ใช้ในการทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟ และรอยเชื่อมข้อมหัวรางรถไฟ แสดงรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 1

6.3 กรณีใช้หัวตรวจจับแบบอื่น หรือ เทคนิคการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูงแบบทั่วไป เทคนิคอื่น

เพื่อยืนยันผลการทดสอบหรือเพิ่มความมั่นใจในการประเมินรอยความไม่ต่อเนื่อง ที่นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 6.2.1 และ 6.2.2 ต้องระบุไว้ในใบสั่งเทคนิคการทำงานที่ผ่านการรับรองโดยบุคลากรด้านการทดสอบโดยไม่ทำลายวิธีการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ระดับ 3 และ อนุมัติโดยองค์กร เช่น การใช้หัวตรวจจับสำหรับการทดสอบเทคนิคแท่นเดิม (tandem) หรือ เทคนิค pitch-catch หรือ หัวตรวจจับที่มีความถี่ หรือมุมส่งคลื่น เป็นต้น

ตารางที่ 1 หัวตรวจจับแนะนำในการทดสอบคลื่นความถี่สูงแบบทั่วไป ^(ก)

ชื่อหัวตรวจจับ	ขนาดผลึก ^(ข)	ชนิดของผลึก	ความถี่	มุมส่งคลื่น
หัวตรวจจับแบบตรง-ผลึกคู่ (twin crystal normal probe)	7 x 18 mm	ผลึกคู่ (twin crystal)	2 MHz	0°
หัวตรวจจับแบบตรง ^(ค) (normal probe)	เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ถึง 15 mm	ผลึกเดี่ยว (single crystal)	4 ถึง 5 MHz	0°
หัวตรวจจับแบบมุม 45° (angle probe 45°)	14 x 14 mm ถึง 20 x 22 mm	ผลึกเดี่ยว (single crystal)	2 ถึง 2.5 MHz	45°
หัวตรวจจับแบบมุม 70°-ชนิด 1 (angle probe 70° type1)	14 x 14 mm ถึง 20 x 22 mm	ผลึกเดี่ยว (single crystal)	2 ถึง 2.5 MHz	70°
หัวตรวจจับแบบมุม 70°-ชนิด 2 (angle probe 70° type2)	8 x 9 mm ถึง 10 x 10 mm	ผลึกเดี่ยว (single crystal)	2 ถึง 5 MHz	70°

หมายเหตุ ^(ก) สามารถใช้หัวตรวจจับชนิดอื่น และเทคนิคการส่งคลื่นแบบอื่นที่นอกเหนือจากที่ระบุในตารางหัวตรวจจับแนะนำ โดยต้องระบุในใบสั่งเทคนิคการทำงานที่ผ่านการรับรองโดยบุคลากร UT ระดับ 3 และอนุมัติโดยองค์กร

^(ข) สามารถใช้หัวตรวจจับที่ขนาดผลึกมีพื้นที่ใกล้เคียงกับที่กำหนดในตารางได้

^(ค) สามารถพิจารณาใช้หัวตรวจจับที่มีติเลย์ไลน์ได้

6.4 สารนำคลื่น (couplant)

6.4.1 สารนำคลื่นต้องมีคุณสมบัติการเปียกบนวัสดุ (wet ability) ที่ดี มีความเข้ากันได้กับรางที่ทำ การทดสอบ และ ความเป็นเนื้อเดียว (homogeneous)

6.4.2 สารนำคลื่นต้องไม่มีผลทำให้เกิดอันตรายกับผู้ทดสอบ และไม่ทำให้โลหะชิ้นงานเกิดความเสียหาย

6.4.3 ต้องใช้สารนำคลื่นชนิดเดียวกันทั้ง ในระหว่างการทดสอบ การปรับตั้งเครื่อง และการสอบเทียบความไวอ้างอิงของเครื่องมือทดสอบ สารนำคลื่นควรมีการถ่ายโอนพลังงานเสียง (acoustic impedance) ที่เข้ากันได้กับแท่งอ้างอิง (reference block)

6.4.4 สารนำคลื่นสำหรับการทดสอบรอยเชื่อมของรางรถไฟอาจใช้เป็น น้ำ น้ำมัน จารบี กลีเซอริน หรือ เจลสำหรับการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

7. การปรับตั้ง และทวนสอบเครื่องทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

7.1 การปรับตั้งก่อนการทดสอบ

ให้ผู้ทดสอบปรับตั้ง และกำหนดระดับความไวของเครื่องทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ก่อนเริ่ม การทดสอบ

7.2 การปรับตั้งซ้ำ

ให้ปรับตั้งซ้ำเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผู้ทดสอบ หรือทดสอบต่อเนื่องเกิน 4 ชั่วโมง หรือเมื่อมีข้อสงสัยระหว่างการทดสอบ หรือเมื่อวงจรไฟฟ้าได้รับการรบกวนเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

7.2.1 การเปลี่ยนหัวตรวจจับ

7.2.2 การเปลี่ยนแบตเตอรี่

7.2.3 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า

7.2.4 การเปลี่ยนสายเคเบิล

7.3 การทวนสอบผลการปรับตั้งซ้ำ

เมื่อมีการปรับตั้งซ้ำ ตามเงื่อนไขในข้อ 7.1 ต้องตรวจสอบผลการปรับตั้งเครื่องและการสอบเทียบความไวซ้ำ โดยผลการตรวจสอบต้องเบี่ยงเบนไม่เกิน ± 2 dB สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณสะท้อน และไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 10 สำหรับค่าระยะเวลาเดินทางหรือระยะการสะท้อน หากผลการตรวจสอบ เกินกว่าค่าที่กำหนด ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นตั้งแต่การปรับตั้งเครื่องครั้งก่อนหน้านั้นให้ถือว่าไม่ถูกต้อง และต้องทำการปรับตั้งใหม่และทดสอบซ้ำ

7.4 การปรับตั้งระยะทางตามแนวการกวาดส่งคลื่น และหัวตรวจจับ

ใช้แท่งสอบเทียบมาตรฐาน IIW-Type 1 หรือแท่ง V1 หรือแท่งมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า โดยอ้างอิงวิธีการปรับตั้งตาม ASTM E 164 และให้ใช้สารนำคลื่นชนิดเดียวกันกับการทดสอบ

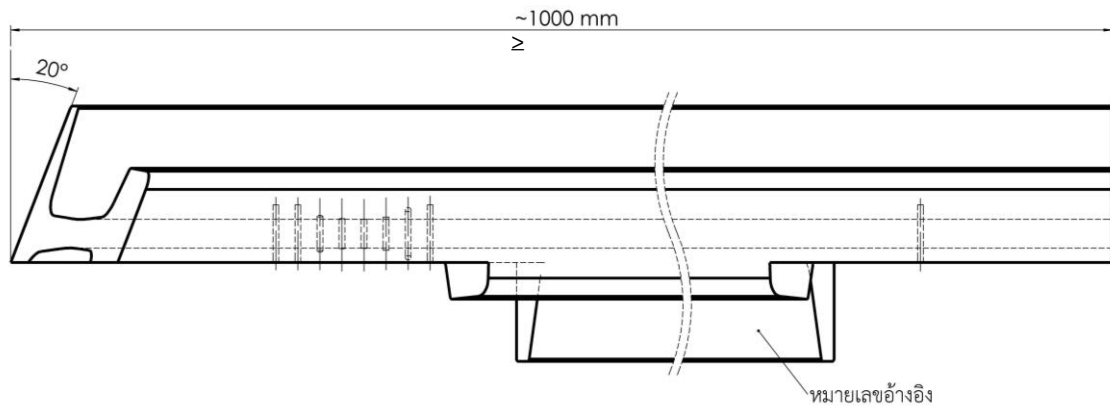
7.4.1 ให้ปรับตั้งระยะทางทางเดินของเสียง (sound path calibration) โดยต้องสอบเทียบให้ครอบคลุมระยะทดสอบ (test range) ที่กำหนด

7.4.2 กรณีหัวตรวจจับแบบมุม ให้ตรวจสอบและบันทึกจุดส่งคลื่น (index point) และให้ตรวจสอบมุมส่งคลื่น (probe angle) ต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 2^\circ$ ของค่ามุมส่งคลื่นที่ระบุไว้บนหัวตรวจจับ

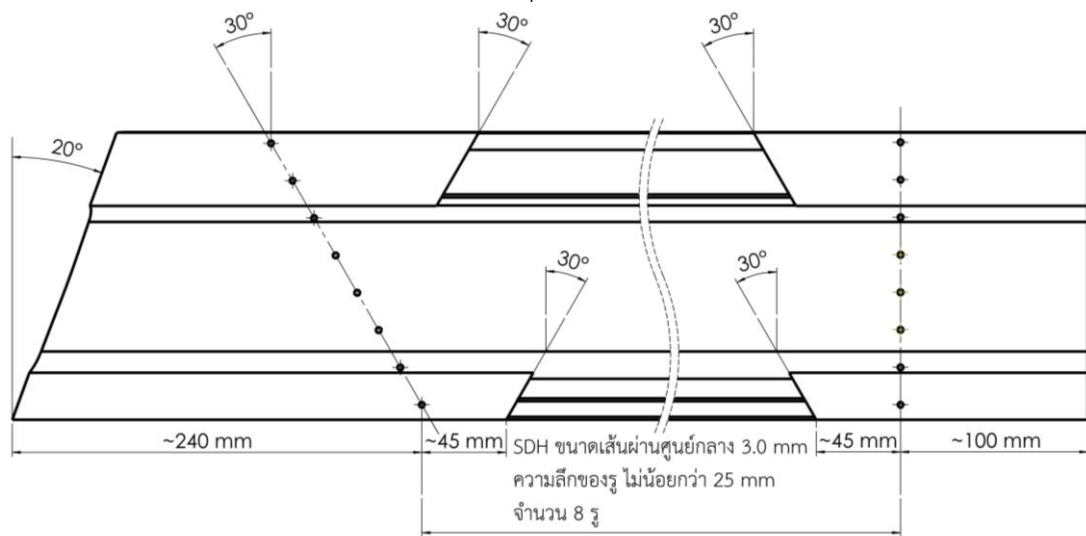
7.5 การกำหนดความไว และระดับความไว (sensitivity and sensitivity levels)

การพิจารณาขอบข่ายจากการทดสอบรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ต้องกำหนดความไวอ้างอิงระดับอ้างอิง และระดับประเมินของการทดสอบคลื่นเสียงความถี่สูงแบบทั่วไป โดยการสร้างเส้นกราฟชดเชยการลดทอนของระดับสัญญาณคลื่นเสียงเนื่องจากระยะทาง (เส้น DAC) บนชิ้นรางสอบเทียบความไวก่อนทดสอบรางรถไฟ

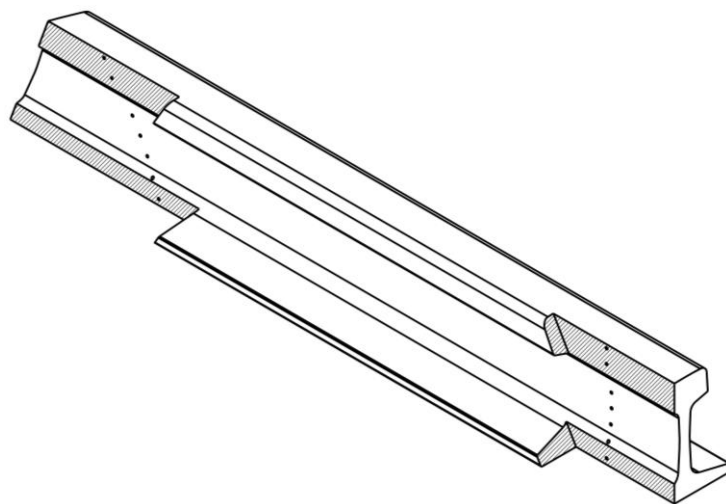
- 7.5.1 รางสอบเทียบความไว ต้องทำจากรางรถไฟที่กำหนดไว้ในขอบข่ายมาตรฐานนี้ และต้องไม่มีความไม่ต่อเนื่อง
- 7.5.2 การทดสอบหัวรางและเอวราง โดยการสแกนหัวตรวจจับบนหัวราง
- 7.5.2.1 สร้างเส้น DAC ของหัวตรวจจับแบบตรง หัวตรวจจับแบบมุม 45° และหัวตรวจจับแบบมุม 70° โดยใช้ชิ้นรางสอบเทียบความไว (sensitivity calibration rail segment) ดังรูปที่ 1
- 7.5.2.2 ชิ้นรางสอบเทียบความไวต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 1,000 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะข้าง SDH 3.0 ± 0.8 mm และรูเจาะลึกไม่น้อยกว่า 25 mm
- 7.5.2.3 กำหนดให้ความไวอ้างอิง (reference sensitivity) เป็นค่าการขยายสัญญาณที่ได้จากการปรับค่าการขยายจนทำให้ความสูงของสัญญาณสะท้อนจากรู SDH รูแรก ที่ลึกจากผิวบนหัวรางอยู่ที่ระดับประมาณ 80% FSH เป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้นสร้างเส้น DAC
- 7.5.2.4 สร้างเส้น DAC จากรู SDH ระยะอื่น ๆ จนครอบคลุมระยะที่จะทดสอบ ของแต่ละหัวตรวจจับ โดยเส้น DAC เส้นแรกนี้ เรียกว่าเส้น 100% DAC โดยให้กำหนดเป็น ระดับอ้างอิง (reference level) ซึ่งตำแหน่งสุดท้ายของการสร้างเส้น DAC ต้องมีความสูงสัญญาณสะท้อน ไม่ต่ำกว่า 20% FSH



(ก) มุมมองด้านบน



(ข) มุมมองด้านข้าง



(ค) มุมมอง 3 มิติ

หมายเหตุ ค่ามุมและขนาดที่แสดงในรูป เป็นค่าประมาณ

รูปที่ 1 ชั้นรางสอบเทียบความไวสำหรับการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

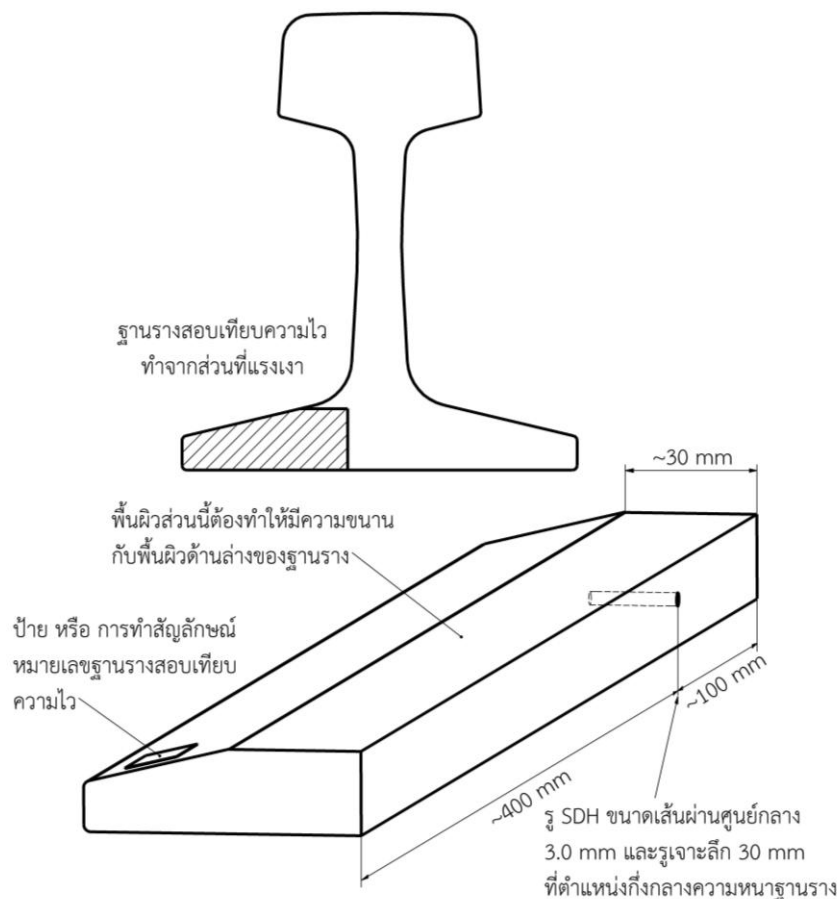
(ข้อ 7.5.2.1)

7.5.3 การทดสอบฐานรางโดยสแกนหัวตรวจจับบนฐานราง

7.5.3.1 ให้สร้างเส้น DAC สำหรับการทดสอบฐานราง (rail foot) ด้วยหัวตรวจจับมุม 70° และ 45° โดยใช้สัญญาณสะท้อนจากรู SDH ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ± 0.8 mm ของฐานรางสอบเทียบความไว (sensitivity calibration rail foot) ดังรูป 2

7.5.3.2 ให้กำหนดความไวอ้างอิง (reference sensitivity) เป็นค่าการขยายสัญญาณที่ได้จากการปรับ ค่าการขยาย จนทำให้ความสูงของสัญญาณสะท้อนจากรู SDH ที่ระยะ ใกล้ที่สุด อยู่ในระดับประมาณ 80% FSH ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้นของการสร้างเส้น DAC

7.5.3.3 ให้สร้างเส้น DAC จากรู SDH ระยะอื่นๆ จนครอบคลุมระยะที่จะทดสอบแล้วของแต่ละหัวตรวจจับ โดยเส้น DAC เส้นแรกนี้ เรียกว่าเส้น 100% DAC โดยให้กำหนดเป็น ระดับความไวอ้างอิง (reference level) ซึ่งตำแหน่งสุดท้ายของการสร้างเส้น DAC ต้องมีความสูงสัญญาณสะท้อน ไม่ต่ำกว่า 20% FSH



หมายเหตุ ค่ามุมและขนาดที่แสดงในรูป เป็นค่าประมาณ

รูปที่ 2 ฐานรางสอบเทียบความไวอ้างอิงสำหรับการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง
(ข้อ 7.5.3.1)

- 7.5.4 ให้สร้างเส้นระดับ ร้อยละ 50 ของเส้น DAC หรือเรียกว่า เส้น 50% DAC กำหนดเป็นระดับประเมิน (evaluation level) โดยสัญญาณรบกวนบ่งชี้ที่สูงเกินระดับการประเมินนี้ ต้องบันทึกระดับความสูงของสัญญาณ ขนาดรอยบ่งชี้ ระยะการสะท้อนของคลื่น และระบุชนิดของรอยความไม่ต่อเนื่อง เพื่อประเมินรอยความไม่ต่อเนื่องตามเกณฑ์การยอมรับ
- 7.5.5 ความไวการสแกน (scanning sensitivity) เป็นความไวที่เพิ่มการขยายสัญญาณ (gain) ขึ้นอย่างน้อย 6 dB จากความไวอ้างอิง
- 7.5.6 ในการสร้าง DAC กรณีที่พบว่าสัญญาณสะท้อนจากรู SDH มีความสูงสัญญาณต่ำกว่าระดับ 20% FSH และยังไม่ครอบคลุมระยะทดสอบ ให้แบ่งช่วงระยะทางออกเป็นตอน ๆ และสร้างเส้นกราฟชดเชยการลดทอนของระดับสัญญาณคลื่นเสียงเนื่องจากระยะทางแบบแบ่ง (split DAC) แยกแต่ละช่วง โดยรอยบ่งชี้ที่ตรวจพบจะต้องเปรียบเทียบกับเส้น DAC ของช่วงระยะทางที่รอยบ่งชี้ขึ้นปรากฏเท่านั้น ทั้งนี้ต้องมีการบันทึกและรายงานการใช้ Split DAC และ ความไวอ้างอิงของแต่ละ Split DAC ไว้อย่างชัดเจน
- 7.6 อุณหภูมิผิวรางขณะทดสอบ ต้องแตกต่างกับอุณหภูมิขณะปรับตั้งเครื่อง ไม่เกิน $\pm 10^{\circ}\text{C}$
8. รายละเอียดการทดสอบรอยเชื่อมรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง
- 8.1 การเตรียมผิวรางรถไฟ
- 8.1.1 ก่อนการทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง ต้องทำความสะอาดและเตรียมผิวรางให้ครอบคลุมพื้นผิวรางที่หัวตรวจจับสแกนทดสอบ ได้แก่ รอยเชื่อมและบริเวณใกล้เคียงโดยรอบ
- 8.1.2 พื้นผิวรางที่หัวตรวจจับสแกนทดสอบต้องแห้งสนิทและปราศจากสิ่งสกปรกที่อาจส่งผลต่อการส่งคลื่นเสียงเข้าสู่บริเวณที่ต้องการทดสอบ เช่น สีเคลือบ สนิม สเกลเหล็ก สแลก เม็ดโลหะเชื่อม คราบสกปรก สารหล่อลื่น เป็นต้น
- 8.1.3 รอยร่องลึก และความไม่เรียบผิวของผิวรางที่หัวตรวจจับสแกนทดสอบ ที่อาจส่งผลต่อการส่งคลื่นเสียงเข้าสู่ชิ้นงานต้องเจียให้เรียบ ในกรณีที่มีการเจียละเอียดเพิ่มเติมแล้วพื้นผิวยังคงมีความไม่เรียบเพียงพอ และส่งผลต่อการลดทอนของการส่งผ่านคลื่นเสียง อาจพิจารณาใช้สารนำคลื่นที่มีความหนืดมากขึ้น และ สภาพพื้นผิวใด ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการทดสอบต้องระบุไว้ในรายงานผลการทดสอบ
- 8.2 การสแกนตรวจสอบรางรถไฟโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง
- 8.2.1 การสแกนหัวตรวจจับ
- 8.2.1.1 ต้องสแกนหัวตรวจจับในแนวขนานกับความยาวของราง หรือทำมุมฉากกับรอยเชื่อม โดยมีระยะห่างระหว่างแนวการสแกนหัวตรวจจับไม่เกินความกว้างของขนาดหัวตรวจจับ ระหว่างการสแกนหัวตรวจจับ

8.2.1.2 ควรหมุนสายหัวตรวจจับอย่างน้อย $\pm 10^\circ$ เพื่อช่วยให้การตรวจจับความไม่ต่อเนื่อง ที่มีการวางตัวไม่ตั้งฉากกับลำคลื่นที่ใช้ทดสอบ

8.2.1.3 เมื่อทดสอบส่วนฐานรางการหมุนหรือสายหัวตรวจจับควรเป็นไปอย่างช้า ๆ และละเอียด เพื่อชดเชยความลาดเอียงของฐานราง ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการทดสอบจากพื้นผิวที่กำหนดได้ เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึง โดยต้องระบุถึงข้อจำกัดนั้นในใบรายงานผลการทดสอบ

8.2.2 ตำแหน่งการสแกนหัวตรวจจับ ส่วนของรางที่สแกน และรอยความไม่ต่อเนื่องที่สแกน

8.2.2.1 ตำแหน่งการสแกนบนรางบริเวณรอยเชื่อมต้องครอบคลุมพื้นที่ที่สำคัญ คือ หัวราง เหวราง และฐานราง โดยต้องยืนยันได้ว่าพื้นที่ที่สแกนหัวตรวจจับ สามารถทดสอบได้ครอบคลุมและเหมาะสมกับการทดสอบหาความไม่ต่อเนื่องที่อาจเกิดขึ้นได้ในรอยเชื่อมรางรถไฟ และบริเวณกระทบบร้อนที่ต้องทดสอบ โดยต้องสแกนจากทั้งสองทิศทางข้างรอยเชื่อม

8.2.2.2 พื้นผิวของรางโลหะชิ้นงานที่ต้องใช้สแกนทดสอบรอยเชื่อมทั้งหมด ต้องตรวจสอบรอยความไม่ต่อเนื่องแยกชั้นภายใน (lamination) และรอยความไม่ต่อเนื่องอื่น ๆ โดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูงโดยใช้หัวตรวจจับแบบตรงซึ่งมีคุณสมบัติตามข้อ 6.2.7 และปรับตั้งตามข้อ 7.3 และ 7.4 ในกรณีที่ตรวจพบการสูญเสียทั้งหมดของสัญญาณสะท้อนจากผิวด้านหลัง (total loss of back wall echo) หรือ ความสูงของสัญญาณสะท้อนจากผิวด้านหลังลดลงต่ำกว่าเส้น 50% DAC หรือ มีรอยบ่งชี้ที่มีความสูงสัญญาณมากกว่าหรือเท่ากับ ความสูงของสัญญาณสะท้อนจากผิวด้านหลัง และอยู่ในตำแหน่งที่มีผลกระทบต่อการทดสอบรอยเชื่อม ต้องบันทึก ขนาด ตำแหน่ง และความลึกจากผิวที่ตรวจพบ และปฏิบัติตามใบสั่งเทคนิคการทดสอบ หรือ รายงานให้องค์กรพิจารณา

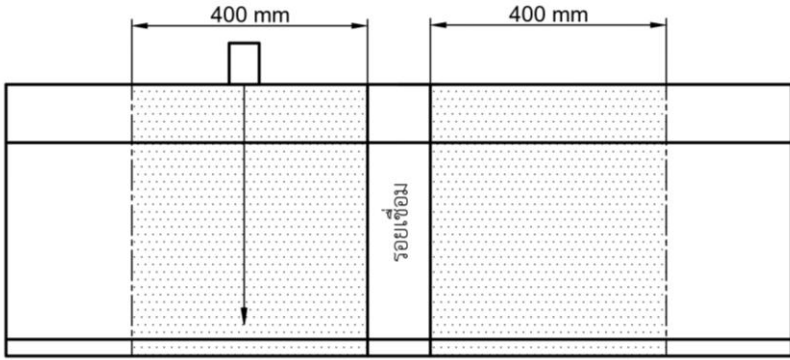
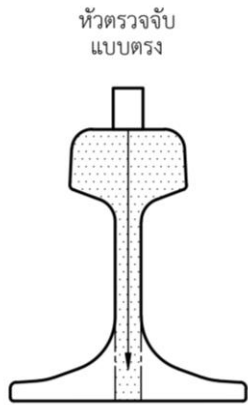
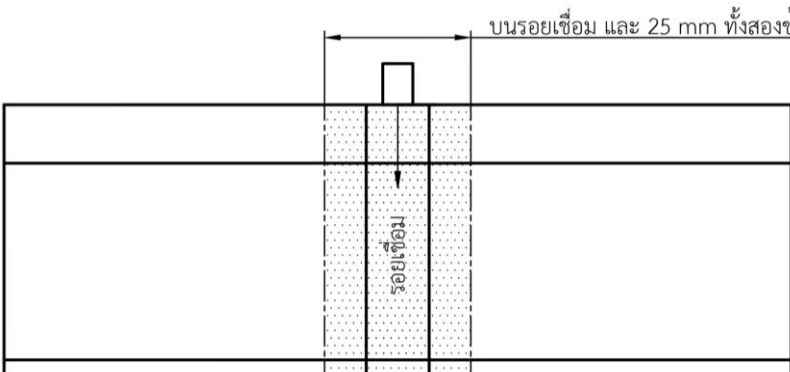
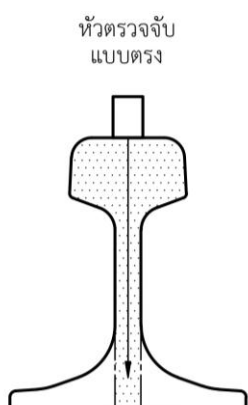
8.2.2.3 วิธีการสแกนแนะนำเพื่อให้ครอบคลุมการทดสอบทุกส่วนของรางรถไฟ แสดงรายละเอียดการสแกนในตารางที่ 2 ประกอบด้วยการสแกน ทั้งสิ้น 14 สแกน โดยแต่ละชนิดของรอยเชื่อมให้ปฏิบัติตามวิธีสแกนแนะนำตามหมายเลขสแกนดังนี้

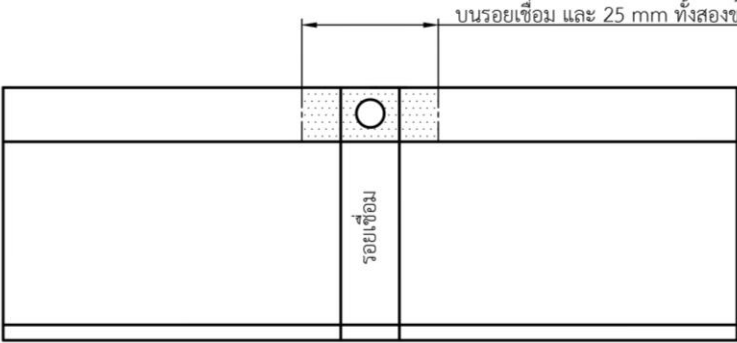
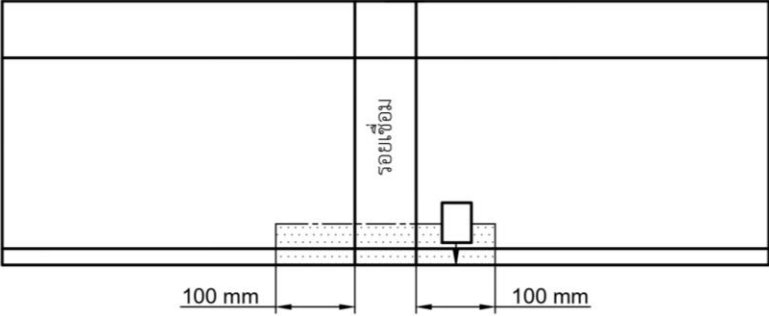
ก) รอยเชื่อมวาบ ให้ปฏิบัติทั้ง 14 หมายเลขสแกน

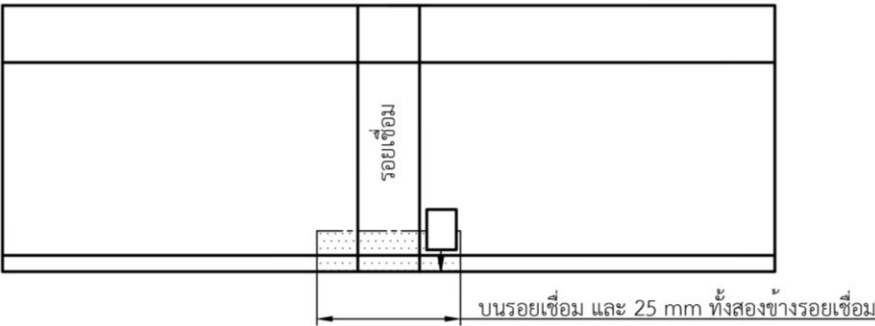
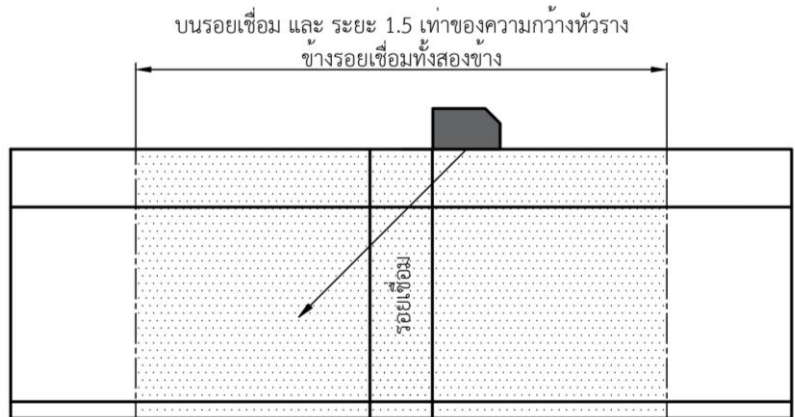
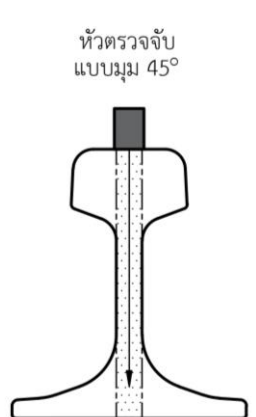
ข) รอยเชื่อมอลูมิเนียมเทอร์มิกสำหรับประกอบรางใหม่ ให้ปฏิบัติเฉพาะหมายเลขสแกน 1 2 4 6 12 และ 13

ค) รอยเชื่อมซ่อมหัวราง ให้ปฏิบัติเฉพาะหมายเลขสแกน 1 2 3 7 8 11 และ 12

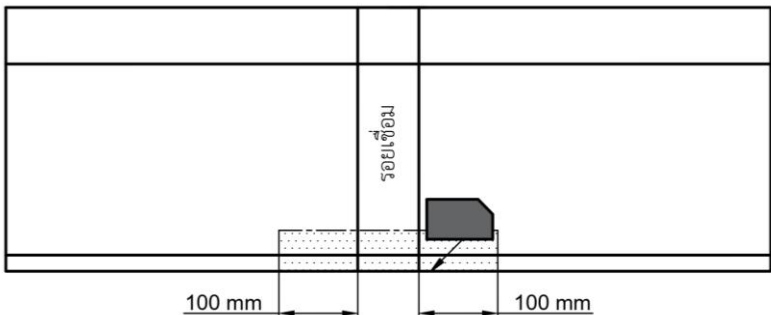
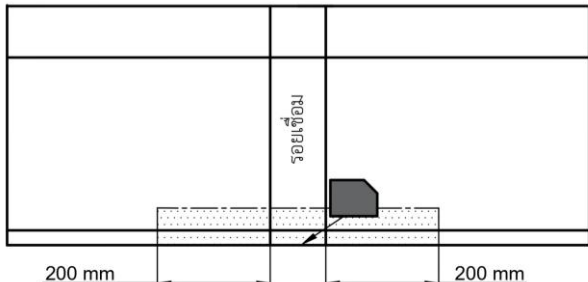
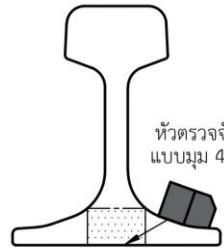
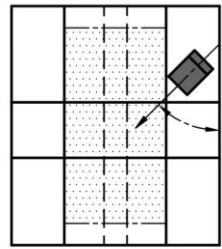
ตารางที่ 2 รายละเอียดการสแกนแนะนำและคำอธิบายของรอยความไม่ต่อเนื่อง
(ข้อ 8.2.2.3)

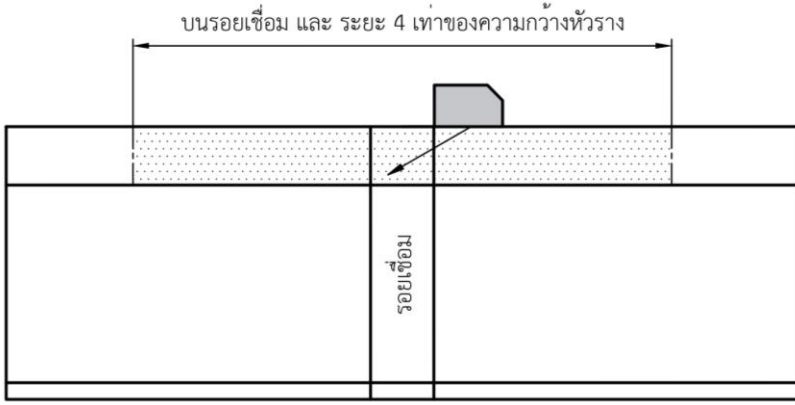
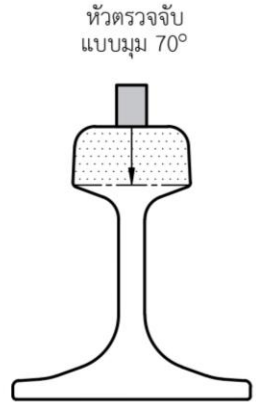
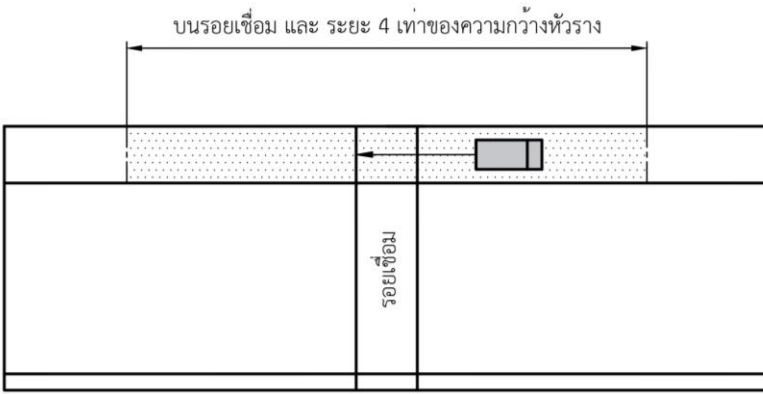
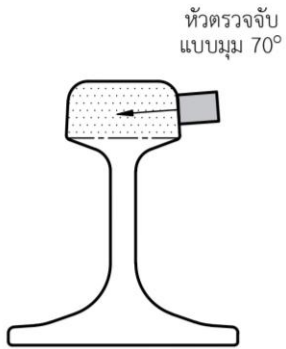
หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
1	หัวตรวจจับแบบ ตรง-ผลึกคู่ 2MHz หรือ หัวตรวจจับแบบ ตรง 4MHz	≥ 400 mm	สแกนบนรางโลหะขึ้นงาน ข้างรอย เชื่อมถึงระยะห่างจากรอยเชื่อม 400 mm ข้างรอยเชื่อมทั้งสองข้าง	ทั้งหัวราง และ เอว รางของรางโลหะ ขึ้นงาน	ตรวจหาความไม่ต่อเนื่องที่จะขวาง คลื่นการทดสอบรอยเชื่อมด้วยหัว ตรวจจับแบบมุม
 					
2	หัวตรวจจับแบบ ตรง-ผลึกคู่ 2MHz หรือ หัวตรวจจับแบบ ตรง 4MHz	≥ 400 mm	สแกนแนวกลางหัวราง บนรอยเชื่อม และ HAZ เป็นระยะ 25 mm ข้าง รอยเชื่อมทั้งสองข้าง	ทั้งหัวราง และ เอว รางที่รอยเชื่อม และ HAZ	ตรวจหาความไม่ต่อเนื่องในรอย เชื่อม ตรวจหาการลดลงของสัญญาณ BWE ซึ่งอาจเกิดจากรอยหดรัดตัวใน รอยเชื่อม
 					

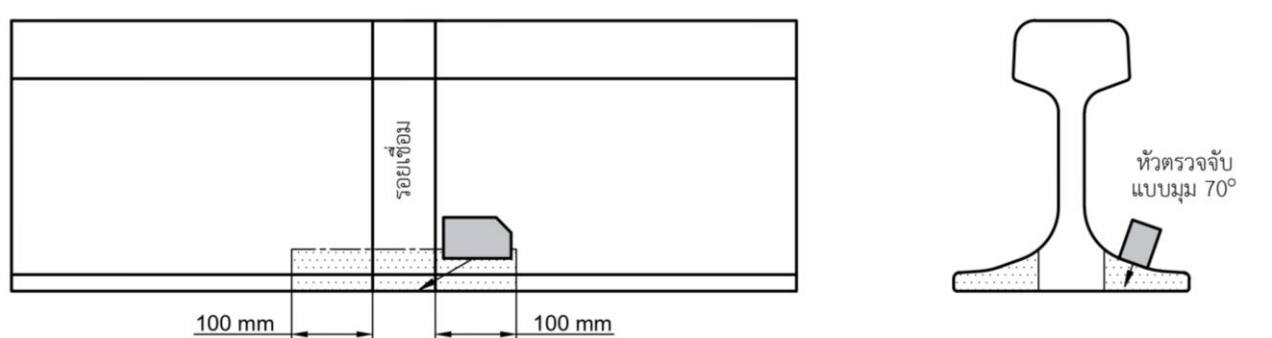
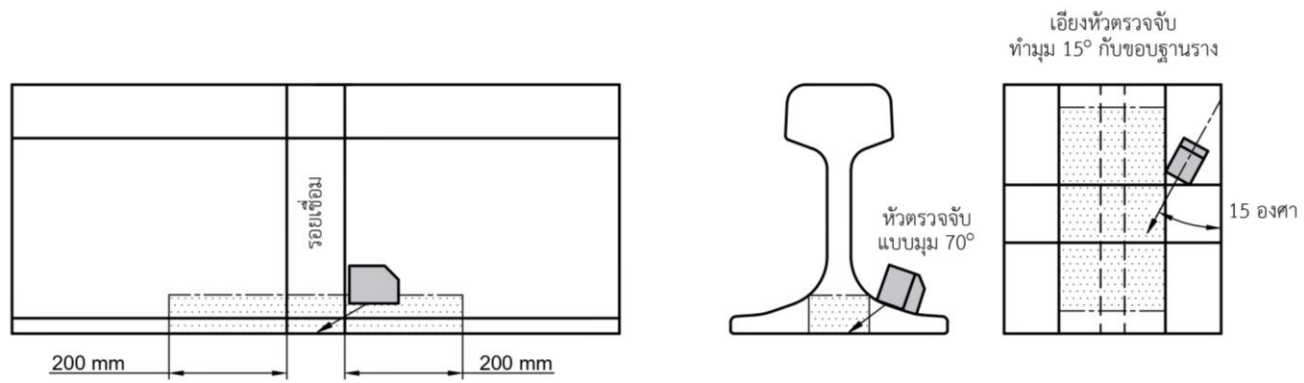
หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
3	หัวตรวจจับแบบ ตรง-ผลึกคู่ 2MHz หรือ หัวตรวจจับแบบ ตรง 4MHz	≥ 200 mm	สแกนข้างหัวรางด้านเกจ และ ฟิลด์ บนรอยเชื่อม และ HAZ เป็นระยะ 25 mm ข้างรอยเชื่อมทั้งสองข้าง	ทั้งหัวราง ที่รอยเชื่อม และ HAZ	ตรวจสอบสัญญาณสะท้อนจาก ความไม่ต่อเนื่องในรอยเชื่อม ตรวจสอบการลดลงของสัญญาณ BWE ซึ่งอาจเกิดจากรอยหดรัดตัวใน รอยเชื่อม
 					
4	หัวตรวจจับแบบ ตรง-ผลึกคู่ 2MHz หรือ หัวตรวจจับแบบ ตรง 4MHz	≥ 200 mm	สแกนฐานรางด้านเกจ และ ฟิลด์ บนรางโลหะขึ้นงานราง เป็นระยะ 100 mm ข้างรอยเชื่อมทั้งสองข้าง	ทั้งฐานราง	ตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องที่จะขวาง คลื่นการทดสอบรอยเชื่อมด้วยหัว ตรวจจับแบบมุม
 					

หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
5	หัวตรวจจับแบบ ตรง-ผลึกคู่ 2MHz หรือ หัวตรวจจับแบบ ตรง 4MHz	≥ 200 mm	สแกนฐานรางด้านเกจ และ ฟิลด์ บน รอยเชื่อม และ HAZ เป็นระยะ 25 mm ข้างรอยเชื่อมทั้งสองข้าง	ทั้งฐานราง ที่รอยเชื่อม และ HAZ	ตรวจหาสัญญาณสะท้อนจาก ความไม่ต่อเนื่องในรอยเชื่อม ตรวจหาการลดลงของสัญญาณ BWE ซึ่งอาจเกิดจากรอยหดรัดตัวใน รอยเชื่อม
 					
6	หัวตรวจจับแบบ มุม 45°	400 mm	สแกนบนหัวรางจากทั้งสองด้านของ รอยเชื่อม สแกนเข้าหารอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ระยะห่างเท่ากับ 1.5 เท่าของความกว้างหัวรางจากรอย เชื่อม แล้วทำการสแกนเข้ามาและ ผ่านรอยเชื่อม ให้สแกนกลางหัวราง เท่านั้น	เอวราง และ ส่วนกลางของฐานราง และ หัวราง	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ รูพรุน สารแข็งฝังใน ใน เอวราง หัวราง และฐานราง
 					

หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
7	หัวตรวจจับแบบ มุม 45°	≥ 150 mm	สแกนจากทั้งสองด้านของรอยเชื่อม สแกนเข้าหารอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ ระยะห่างจากรอยเชื่อมเท่ากับ 1.5 เท่าของความกว้างหัวราง แล้วทำ การสแกนเข้ามาและผ่านรอยเชื่อม ให้ครอบคลุมความกว้างของหัวราง	หัวรางและใต้ส่วนโค้ง หัวราง	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ รุพุน สารแข็งฝังใน ใน หัวราง และใต้ส่วนโค้งหัวราง
8	หัวตรวจจับแบบ มุม 45°	≥ 300 mm	สแกนข้างหัวราง ด้านเกจ และฟิลด์ จากทั้งสองด้านของรอยเชื่อม สแกน เข้าหารอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ ระยะห่างเท่ากับ 2 เท่าของความ กว้างหัวรางจากรอยเชื่อม แล้วทำ การสแกนเข้ามาและผ่านรอยเชื่อม ให้ครอบคลุมปริมาตรทั้งหมดของหัว ราง	หัวราง	ตรวจหารูพุน และ สารแข็งฝังใน ในหัวราง และ รอยบกพร่องแบบ แผ่นที่มีวางตัวในแนวตั้งและขวาง รอยเชื่อม

หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
9	หัวตรวจจับแบบ มุม 45°	150 mm	สแกนบนฐานราง ด้านแกง และ ฟิลด์ จากทั้งสองด้านของรอยเชื่อม สแกน เข้าหารอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ระยะ 100 mm จากรอยเชื่อม แล้วทำการ สแกนเข้ามาจนถึงขอบของรอยเชื่อม โดยให้ครอบคลุมความกว้างทั้งหมด ของฐานราง	ตลอดความหนาของ ฐานราง ที่ HAZ และ ส่วนต่อของเอวราง และฐานราง	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ในรอยเชื่อมที่ฐานราง
 					
10	หัวตรวจจับแบบ มุม 45°	200 mm	สแกนบนฐานราง ด้านแกง และ ฟิลด์ จากทั้งสองด้านของรอยเชื่อม สแกน เข้าหารอยเชื่อม โดยรักษาตำแหน่ง หัวตรวจไว้ที่ขอบด้านนอกและเอียง หัวตรวจจับเข้าด้านใน 45° เริ่มการ สแกนหัวตรวจที่ระยะ 200 mm จากรอยเชื่อม แล้วทำการสแกนเข้า มาจนถึงขอบของรอยเชื่อม	ส่วนโค้งต่อของเอว รางและฐานราง ด้าน ตรงข้าม	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ในรอยเชื่อมส่วนบนของ ฐานราง
  เอียงหัวตรวจจับ ทำมุม 45° กับขอบฐานราง  45 องศา					

หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
11	หัวตรวจจับแบบ มุม 70° ชนิด 1	250 mm	สแกนบนหัวรางจากทั้งสองด้านของ รอยเชื่อม สแกนหัวตรวจจับเข้าหา รอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ระยะห่าง เท่ากับ 4 เท่าของความกว้างหัวราง จากรอยเชื่อม แล้วทำการสแกนเข้าไป และผ่านรอยเชื่อม ให้ครอบคลุม ปริมาตรทั้งหมดของหัวราง	ตลอดความสูงของหัว ราง ที่รอยเชื่อม และ HAZ	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ รูพรุน สารแข็งฝังใน ในหัวราง
 					
12	หัวตรวจจับแบบ มุม 70° ชนิด 1	250 mm	สแกนข้างหัวราง ด้านเกจ และ ฟิลด์ จากทั้งสองด้านของรอยเชื่อม สแกน เข้าหารอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ ระยะห่างเท่ากับ 4 เท่าของความ กว้างหัวราง จากรอยเชื่อม แล้วทำ การสแกนเข้าไปและผ่านรอยเชื่อม ให้ครอบคลุมปริมาตรทั้งหมดของหัว รางโดยการส่ายหัวตรวจจับช่วย	หัวราง และส่วนโค้ง ใต้หัวราง	ตรวจหารูพรุน และ สารแข็งฝังใน ในหัวราง และ รอยบกพร่องแบบ แผ่นที่มีวางตัวในแนวตั้งและขวาง รอยเชื่อม
 					

หมายเลข สแกน	หัวตรวจจับ	ระยะทดสอบ (test range)	บริเวณสแกนหัวตรวจจับ	ส่วนของรางที่ ทดสอบ	วัตถุประสงค์การสแกน
13	หัวตรวจจับแบบ มุม 70° ชนิด 2	200 mm	สแกนบนฐานรางจากทั้งสองด้านของ รอยเชื่อม สแกนหัวตรวจจับเข้าหา รอยเชื่อม โดยเริ่มต้นที่ระยะห่างจาก รอยเชื่อม 200 mm แล้วทำการ สแกนเข้าไปถึงขอบของรอยเชื่อม สแกนให้ครอบคลุมความกว้างของ ฐานราง	ตลอดความหนาของ ฐานราง ที่รอยเชื่อม และ HAZ	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ รูพรุน สารแข็งฝังใน ในรอยเชื่อมส่วนล่างของฐานราง
					
14	หัวตรวจจับแบบ มุม 70° ชนิด 2	200 mm	สแกนบนฐานรางจากทั้งสองด้านของ รอยเชื่อม สแกนหัวตรวจจับเข้าหา รอยเชื่อม โดยรักษาค่าตำแหน่งหัว ตรวจไว้ที่ขอบด้านนอกและเอียงหัว ตรวจจับเข้าด้านใน 25° เริ่มการ สแกนหัวตรวจที่ระยะ 200 mm จากรอยเชื่อม แล้วทำการสแกนเข้า มาจนถึงขอบของรอยเชื่อม	ส่วนโค้งต่อของเอว รางและฐานราง ด้าน ตรงข้าม	ตรวจหาการหลอมละลายไม่ สมบูรณ์ ในแนวเชื่อมส่วนโค้งของ ฐานด้านตรงข้าม ตรวจหารูพรุน และ สารแข็งฝังใน ในรอยเชื่อมส่วนกลางของฐานราง
					

8.3 ให้สแกนหัวตรวจจับหาความไม่ต่อเนื่องโดยใช้ความไวสแกน เมื่อปรากฏสัญญาณรอยบ่งชี้ที่สะท้อนกลับจากรอยความไม่ต่อเนื่องบนจอแสดงภาพ ต้องสแกนหัวตรวจจับสแกนให้ได้ขนาดความสูงของสัญญาณรอยบ่งชี้สูงสุดบนจอแสดงภาพ และปรับการขยายสัญญาณเป็น ความไวอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบความสูงของสัญญาณรอยบ่งชี้ กับ ระดับประเมิน ของเส้น DAC โดยเกณฑ์ประเมินดังนี้

8.3.1 สัญญาณรอยบ่งชี้สูงสุด ที่มีความสูงเท่ากับหรือเกินกว่า ระดับประเมิน (เส้น 50% DAC) ต้องบันทึก ระดับความสูงและระยะทางเดินของเสียงของรอยบ่งชี้ ตำแหน่ง ขนาด และ ชนิดของรอยความไม่ต่อเนื่อง ซึ่งชนิดของความไม่ต่อเนื่องอาจเป็น รอยร้าว รูพรุน โพรง แก๊ส สารแข็งฝังใน การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ การหลอมลึกลึกไม่สมบูรณ์ การเย็นตัวไม่ประสาน หรือ โพรงหดตัว เป็นต้น เพื่อใช้ประเมินการยอมรับรางรถไฟ ตามข้อ 8.6

8.3.2 สัญญาณรอยบ่งชี้สูงสุด ที่มีความสูงต่ำกว่าระดับประเมิน (เส้น 50% DAC) ไม่ต้องทำการบันทึก ทั้งนี้การบันทึก และการพิจารณาเพิ่มเติม ให้เป็นไปตาม ใบสั่งเทคนิคการทำงาน

8.4 การกำหนดตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการระบุตำแหน่งรอยความไม่ต่อเนื่องที่ตรวจพบ โดยให้เป็นไปตาม ใบสั่งเทคนิคการทำงาน

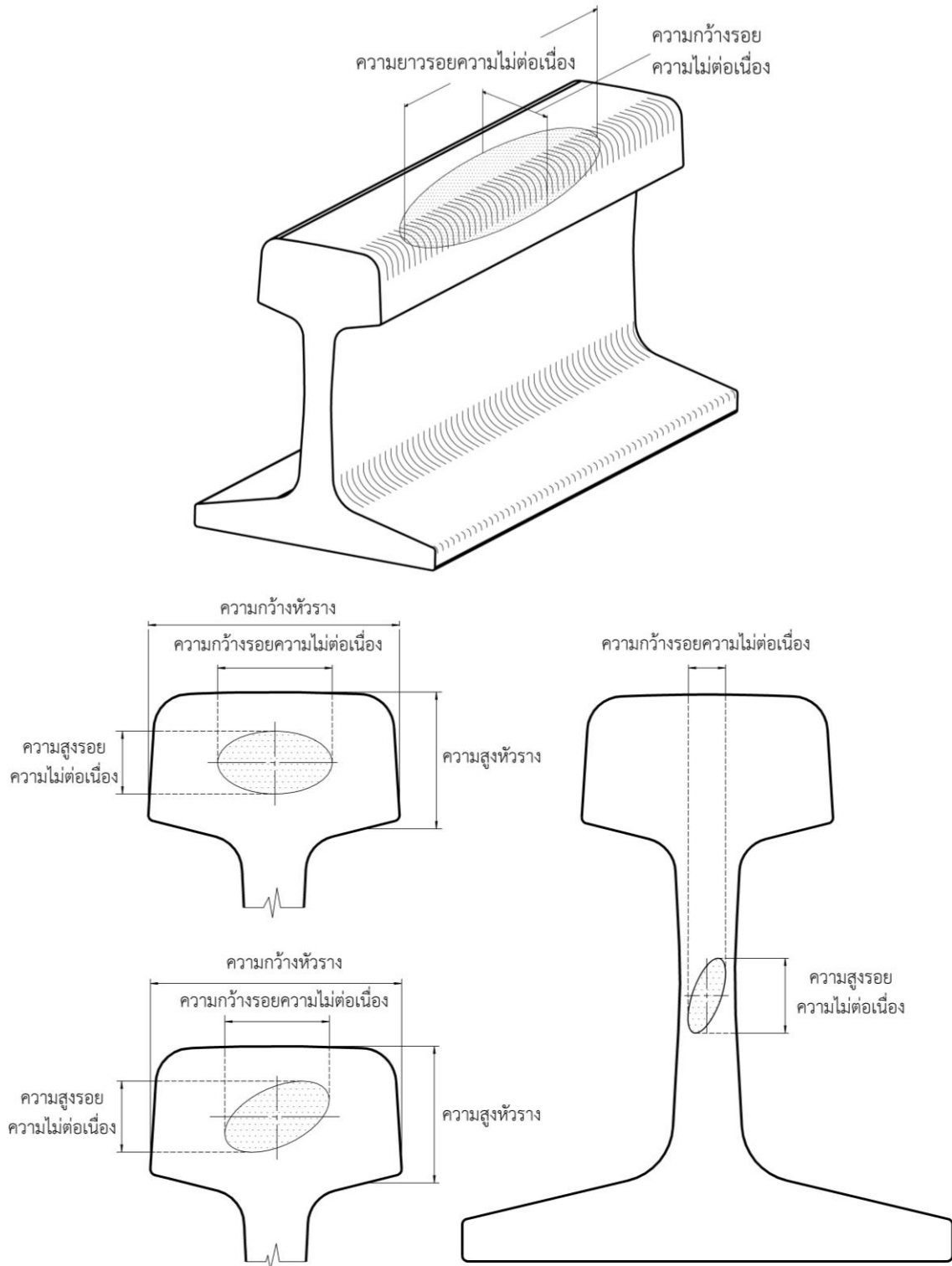
8.5 การประเมินขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity sizing and evaluation)

8.5.1 ขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีระดับความสูงของสัญญาณรอยบ่งชี้สูงสุดเกินระดับประเมิน ต้องบันทึกและรายงานขนาดต่าง ๆ ของรอยความไม่ต่อเนื่องทั้งหมด โดยนิยามขนาดต่าง ๆ ของรอยความไม่ต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 3 และมีนิยามของขนาดด้านต่าง ๆ ดังนี้

(ก) ความสูง (height) – ความสูง หรือ ขนาดความยาวในแนวตั้งที่มากที่สุดของรอยความไม่ต่อเนื่อง

(ข) ความกว้าง (width) – ขนาดความยาวในแนวระนาบที่มากที่สุดของรอยความไม่ต่อเนื่อง โดยเป็นแนวระนาบที่ขวางทิศทางความยาวของรางรถไฟ

(ค) ความยาว (length) – ขนาดความยาวระนาบที่มากที่สุดของรอยความไม่ต่อเนื่อง ในแนวตามความยาวของรางรถไฟ



รูปที่ 3 การระบุขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องด้านความสูง ความกว้าง และความยาว
(ข้อ 8.5.1)

- 8.5.2 การวัดขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่อง ในด้านความสูง ความกว้าง และความยาว ใช้เทคนิคการวัดขนาดด้วยวิธีการลดลง 6 dB หรือตามที่ AS 2207 หรือ ใบสั่งเทคนิคการทำงาน
- 8.5.3 กรณีใช้หัวตรวจจับแบบมุม (angle probes) วัดความสูงของรอยความไม่ต่อเนื่อง ต้องทำการเลือกตำแหน่งการวางหัวตรวจจับ และการสแกนหัวตรวจจับ ให้วัดขนาดได้อย่างละเอียด เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถแยกแยะรอยความไม่ต่อเนื่องและวัดขนาดความสูงได้อย่างถูกต้อง
- 8.5.4 ต้องบันทึกตำแหน่ง และวัดขนาดรอยความไม่ต่อเนื่อง และแสดงในใบรายงานผลการทดสอบ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการอธิบายลักษณะของรอยความไม่ต่อเนื่อง
- 8.6 การประเมินรอยความไม่ต่อเนื่อง ให้ประเมินโดยใช้เกณฑ์การยอมรับในหัวข้อ 10
- 8.7 การระบุตำแหน่งรอยบกพร่องบนราง ให้ทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งของรอยบกพร่อง ที่ไม่ยอมรับ ตลอดแนวรอยบกพร่อง บนรอยเชื่อม และให้ระบุความลึกของรอยบกพร่องบนโลหะขึ้นงานราง บริเวณใกล้เคียง
9. การรายงานผลการทดสอบ
 - 9.1 ชื่อโครงการ และวันที่ทดสอบ
 - 9.2 รายชื่อและคุณสมบัติของผู้ทดสอบ
 - 9.3 ชื่อหน่วยงานทดสอบ
 - 9.4 เอกสารอ้างอิงที่ใช้ทดสอบ เช่น มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือ ใบสั่งเทคนิคการทำงาน
 - 9.5 อัตลักษณ์ของรอยเชื่อมที่ทดสอบ เช่น หมายเลขรอยเชื่อม หรือ ตำแหน่งราง
 - 9.6 ชนิด และขนาดของรางที่ทดสอบ
 - 9.7 ประเภทของรอยเชื่อม เช่น เชื่อมต่อราง หรือเชื่อมซ่อมหัวราง
 - 9.8 กระบวนการเชื่อม
 - 9.9 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ พร้อมหมายเลขประจำเครื่องมือและวันสอบเทียบล่าสุด
 - 9.10 ตัวแปรของการทดสอบทั้งหมดที่จำเป็นต่อวิธีการทดสอบ เพื่อให้สามารถทำซ้ำการทดสอบได้
 - 9.11 พื้นที่ที่ทำการทดสอบและวิธีการกำหนดขนาดรอยบกพร่อง
 - 9.12 หมายเลขประจำเครื่องมือและรหัสระบุเฉพาะของอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด
 - 9.13 ผลการทดสอบเมื่อตรวจพบรอยบกพร่อง
 - 9.14 ข้อมูลอื่นๆ ที่กำหนดให้ใช้ในการประเมินผลการทดสอบ (ถ้ามี)
 - 9.15 รายละเอียดของการซ่อมแซมที่ดำเนินการ (ถ้ามี)
 - 9.16 รายละเอียดการทดสอบซ้ำ (ถ้ามี)
 - 9.17 ผลการประเมินโดยสรุปตามเกณฑ์การยอมรับที่ใช้ (ผ่าน/ไม่ผ่าน) พร้อมคำแนะนำ (ถ้ามี)

10. การประเมินการยอมรับของรอยเชื่อมรางรถไฟ

ให้ประเมินรอยความไม่ต่อเนื่องทั้งหมดที่มีความสูงสัญญาณเท่ากับหรือเกินกว่า ระดับประเมิน โดยใช้เกณฑ์การยอมรับ (acceptance criteria) แบ่งตามประเภทรอยเชื่อม ดังนี้

- 10.1 รอยเชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมวาบ (flash butt welds) ให้ใช้ ตารางที่ 3
- 10.2 รอยเชื่อมโดยกระบวนการอลูมิเนียมเทอร์มิก (aluminothermic welds) ให้ใช้ ตารางที่ 4
- 10.3 รอยเชื่อมซ่อมหัวรางโดยกระบวนการเชื่อมอลูมิเนียมเทอร์มิกและรอยเชื่อมซ่อมหัวรางโดยกระบวนการเชื่อมอาร์ก (aluminothermic and arc rail head repair welds) ให้ใช้ ตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องมากที่สุดที่ยอมรับได้ในรอยเชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมวาบ
(ข้อ 10.1.1)

ตำแหน่ง	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวดิ่ง (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวระดับ (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องทั้งแนวดิ่ง และแนวระดับ (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องที่ฐานราง (mm)
หัวราง (head)	5 (ความสูง)	5 (ความกว้าง)	-	-
เอวราง (web)	-	5 (ความกว้าง)	5 (ความสูง หรือ ความกว้าง)	-
ฐานราง (foot)	-	0 (ความกว้าง)	-	0 (ความสูง หรือ ความกว้าง)

หมายเหตุ ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่อง “0” หมายถึง รอยความไม่ต่อเนื่องที่ตรวจพบไม่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับทันทีโดยไม่ต้องพิจารณาขนาด
ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่อง “-” หมายถึง ไม่พิจารณา

ตารางที่ 4 ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องมากที่สุดที่ยอมรับได้ ในรอยเชื่อมโดยกระบวนการเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิก
(ข้อ 10.1.2)

ตำแหน่ง	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวตั้ง (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวระดับ (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องทั้งแนวตั้ง และแนวระดับ (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องที่ฐานราง (mm)
หัวราง (head)	5 (ความสูง)	15 (ความกว้าง หรือ ความยาว)	-	-
เอวราง (web)	-	5 (ความกว้าง)	5 (ความสูง หรือ ความกว้าง)	-
ฐานราง (foot)	-	0 (ความกว้าง หรือ ความยาว)	-	0 (ความสูง หรือ ความกว้าง)

หมายเหตุ ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่อง “0” หมายถึง รอยความไม่ต่อเนื่องที่ตรวจพบไม่เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับทันทีโดยไม่ต้องพิจารณาขนาด
ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่อง “-” หมายถึง ไม่พิจารณา

ตารางที่ 5 ขนาดรอยบกพร่องมากที่สุดที่ยอมรับได้ ในรอยเชื่อมซ่อมหัวรางโดยกระบวนการเชื่อมอะลูมิเนียมเทอร์มิก หรือ รอยเชื่อมซ่อมหัวรางโดยกระบวนการเชื่อมอาร์ก
(ข้อ 10.1.3)

ตำแหน่ง	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวตั้ง (mm)	ขนาดรอยความไม่ต่อเนื่องในแนวระดับ (mm)
หัวราง (head)	5 (ความสูง)	1 (ความกว้าง หรือ ความยาว)

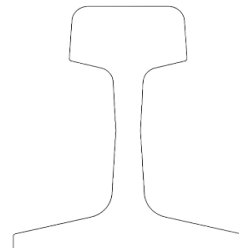
11. เอกสารอ้างอิง

- 11.1 ISO 9712, Non-destructive testing — Qualification and certification of personnel
- 11.2 ISO 11666:2010, Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing of welded joints - Acceptance levels
- 11.3 ISO 23279, Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Characterization of indications in welds
- 11.4 EN 12668 (all parts), Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic examination equipment
- 11.5 EN 16729-5 : 2021, Railway applications - Infrastructure - Non-destructive testing on rails in track - Part 5: Non-destructive testing on welds in track
- 11.6 AS 1085.20 - 2020 Railway track material, Part 20: Welding of steel rail, Appendices F Non-destructive testing, F4 Procedure for ultrasonic testing or rail welds
- 11.7 NDT of Rail (for Internal & Surface Defects) ETE-01-03 and ETN-01-04
- 11.8 มอก.2754-2559 การทดสอบรอยเชื่อมโดยไม่ทำลาย - การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง - เทคนิค ระดับการทดสอบและการประเมิน
- 11.9 มอก.3239-2564 การทดสอบโดยไม่ทำลาย - การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง - ลักษณะเฉพาะและขนาดของความไม่ต่อเนื่อง
- 11.10 มอก.2886-2561 การทดสอบโดยไม่ทำลาย - การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง - หลักการทั่วไป
- 11.11 มอก.3517 เล่ม 2 – 2566 การทดสอบโดยไม่ทำลาย - ลักษณะเฉพาะและการทวนสอบอุปกรณ์ทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง - ส่วนที่ 2 : หัวตรวจจับ
- 11.12 มอก.3517 เล่ม 3 – 2566 การทดสอบโดยไม่ทำลาย - ลักษณะเฉพาะและการทวนสอบอุปกรณ์ทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง - ส่วนที่ 3 : อุปกรณ์โดยรวม
- 11.13 มอก.3308 – 2564 บล็อกสอบเทียบหมายเลข 1 - การทดสอบโดยไม่ทำลาย – การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
- 11.14 มอก.3309 – 2564 บล็อกสอบเทียบหมายเลข 2 - การทดสอบโดยไม่ทำลาย – การทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
- 11.15 ISO 22232-2:2020 Non-destructive testing — Characterization and verification of UT equipment, Part 2: Probe
- 11.16 ISO 22232-3:2020 Non-destructive testing — Characterization and verification of UT equipment, Part 3: Combined equipment

- 11.17 ISO 18563-1:2015 Non-destructive testing — Characterization and verification of ultrasonic phased array equipment, Part 1: Instruments
- 11.18 Bay Area Rapid Transit (BART) Section 34 11 25
- 11.19 ISO 5735-1:2024 Railway infrastructure – Non-destructive testing on rails in track
 - Part 1: Requirements for ultrasonic testing and evaluation principles
- 11.20 BS EN 16729-3 - 2018 - Railway applications - Infrastructure - NDT on rails in track
 - Part 3: Requirements for identifying internal and surface rail defects
- 11.21 ISO 2400: 2012 Non-destructive testing - Ultrasonic testing -
Specification for calibration block No. 1

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างใบรายงานผลการทดสอบโดยไม่ทำลายบนรอยเชื่อมรางรถไฟ – การทดสอบโดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง

โลโก้ หน่วยงานทดสอบ		ใบรายงานผลการทดสอบโดยไม่ทำลายบนรอยเชื่อมรางรถไฟ โดยวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง						ชื่อ-ที่อยู่ หน่วยงานทดสอบ				
ชื่อโครงการ:				เลขที่รายงาน:			วันที่ทดสอบ:					
ชื่อผู้ทดสอบ:				คุณสมบัติผู้ทดสอบ:			หมายเลขใบรับรอง:					
ใบสั่งเทคนิคการทำงาน:				เอกสารอ้างอิง:			เอกสารอื่น:					
หมายเลขรอยเชื่อม:			ตำแหน่งราง:		ชนิดของราง:		ขนาดของราง:					
ประเภทของรอยเชื่อม: ☐ เชื่อมต่อราง ☐ เชื่อมซ่อมหัวราง				กระบวนการเชื่อม: ☐ Flash Butt Welding ☐ Aluminothermic welding ☐ Arc welding								
รายการเครื่องมือและอุปกรณ์:												
เครื่องทดสอบวิธีคลื่นเสียงความถี่สูง		ยี่ห้อ:		รุ่น:		หมายเลขเครื่อง:		วันสอบเทียบ:				
หัวตรวจจับ	ขนาดผลึก (mm)	ชนิดผลึก	ความถี่ (MHz)	มุมส่งคลื่น	จุดส่งคลื่น (mm)	หมายเลขหัวตรวจจับ	ความไวอ้างอิง (dB)					
1) แบบตรง/แบบมุม												
2) แบบตรง/แบบมุม												
3) แบบตรง/แบบมุม												
4) แบบตรง/แบบมุม												
5) แบบตรง/แบบมุม												
สารนำคลื่น:				อื่นๆ:								
การปรับตั้ง:		แท่งมาตรฐานปรับตั้งเครื่อง		ชื่อแท่งมาตรฐาน:		หมายเลข:		ความไวแกน: เพิ่มจากความไวอ้างอิง _____ dB				
		ชิ้นรางสอบเทียบความไว		ขนาดรูเจาะอ้างอิง:		หมายเลข:						
		ฐานรางสอบเทียบความไว		ขนาดรูเจาะอ้างอิง:		หมายเลข:						
ระบุตำแหน่งรอยความไม่ต่อเนื่องบนรางรถไฟ												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; height: 100px;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 60%;"></td> </tr> </table> 												
รอยความไม่ต่อเนื่อง (discontinuity)												
หมายเลข	แอมพลิจูด(%FSH)	ความสูง (mm)	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ตำแหน่งสแกน	ชนิดความไม่ต่อเนื่อง	ยอมรับ	ไม่ยอมรับ				
สรุปผลการประเมิน ☐ ผ่านเกณฑ์ ☐ ไม่ผ่านเกณฑ์ ข้อเสนอแนะ:												
ชื่อ - นามสกุล		ผู้ทดสอบ		ผู้ตรวจสอบ		ผู้รับรอง						
ลายมือชื่อ												
ตำแหน่ง												
วัน/เดือน/ปี												