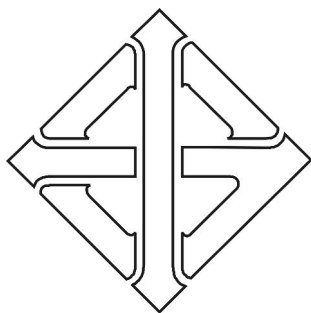




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2178 - 2555

ISO 10113 : 2006

วัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน –

การหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก

METALLIC MATERIALS – SHEET AND STRIP –

DETERMINATION OF PLASTIC STRAIN RATIO

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 77.040.10

ISBN 978-616-231-414-8

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน –
การหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก

มอก. 2178 - 2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 168 ง
วันที่ 5 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2555

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 90
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กแผ่น

ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ประสงค์ ศรีเจริญชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นาวาเอกอภิรมย์ เงินบำรุง

กรมอุทการเรือ

นาวาตรีกมล ศิริไธ

นายธนศ เมฆฉาย

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

นายสมศักดิ์ จุลเสนา

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

นางสาวพฐ ทองจุล

นายธีรยุทธ เลิศศิริรังสรรค์

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

นายสุภาพ จิตรายนนท์

สมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย

นายนเรศ กรุณพันธ์

บริษัท เหล็กแผ่นรีดเย็นไทย จำกัด (มหาชน)

นายมานะ รัตนเชิดเกียรติ

นายสุรศักดิ์ จตุรภัทรไพบูลย์

บริษัท สยามสตีลกรุ๊ปอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (มหาชน)

นายอนุวัฒน์ หวังวิชชากร

บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

นายกิตติคม พุฒสมบัติ

นางสาวกนิษฐา ประโยชน์

นายสุวัชชัย ชัยอำเนยสุข

บริษัท สยามยูไนเต็ดสตีล (1995) จำกัด

นายศักดิ์ชัย จงศิริเลิศ

นายปวเรศ ปริดาวิภาต

บริษัท แอล พี เอ็น เพลทมิล จำกัด (มหาชน)

นายเกียรติ สาเงิน

นายสุรพงษ์ ธนะพงศ์พิทยา

บริษัท จี เจ สตีล จำกัด (มหาชน)

นายวุฒินันท์ ผลภายี

บริษัท บลูสโคปสตีล (ประเทศไทย) จำกัด

นายเดชาคม บุญมา

นายสมเจตน์ นิมานะ

สมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

นายภูวดล ก้อนทอง

นางวรรณ นันทมนตรี

บริษัท สหวิริยาเพลทมิล จำกัด (มหาชน)

นายชัยณรงค์ ทากุณเรือ

กรรมการและเลขานุการ

นายชัยภัค ภัทรจินดา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน – การหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การตรวจวัดอัตราการเสียรูปแบบพลาสติก เนื่องจากความเครียดของโลหะแผ่นบางและแผ่นแถบ มาตรฐานเลขที่ มอก.2178-2547 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 122 ตอนที่ 93 ง วันที่ 3 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2548 ปัจจุบันเพื่อให้เกิดความชัดเจนและอำนวยความสะดวกแก่ผู้นำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไปใช้และอ้างอิงในวงกว้าง จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ ISO 10113:2006 Metallic materials – Sheet and strip – Determination of plastic strain ratio มาใช้โดยวิธีแปลในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical) โดยใช้ ISO ฉบับภาษาอังกฤษเป็นหลัก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4444 (พ.ศ. 2555)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน – การหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การตรวจวัดอัตราการเสียรูปแบบพลาสติก เนื่องจากความเครียดของโลหะแผ่นบางและแผ่นแถบ มาตรฐานเลขที่ มอก.2178-2547

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3366 (พ.ศ. 2548) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การตรวจวัดอัตราการเสียรูปแบบพลาสติก เนื่องจากความเครียดของโลหะแผ่นบางและแผ่นแถบ มาตรฐานเลขที่ มอก.2178-2547 ลงวันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน – การหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก มาตรฐานเลขที่ มอก.2178-2555 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 120 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2555

(หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วัสดุโลหะ – แผ่นและแผ่นม้วน –

การหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก

1 ขอบข่าย

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดวิธีหาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกของผลิตภัณฑ์ทรงแบน ทั้งโลหะแผ่นและแผ่นม้วน

2 เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงตามรายชื่อข้างท้ายนี้เป็นเอกสารที่จำเป็นต่อการนำมามาตรฐานฉบับนี้ไปใช้งาน โดยเอกสารที่ระบุสถานะของการแก้ไขไว้ให้ใช้เฉพาะฉบับที่ระบุไว้ ส่วนเอกสารที่มีได้ระบุสถานะของการแก้ไข ให้ใช้ฉบับที่แก้ไขล่าสุด รวมถึงส่วนแก้ไขเพิ่มเติมใด ๆ

ISO 6892-1, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 9513, *Metallic materials – Calibration of extensometers used in uniaxial testing*

3 บทนิยาม

ความหมายของคำที่กำหนดสำหรับมาตรฐานฉบับนี้ มีดังนี้

3.1 อัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก (plastic strain ratio)

r

อัตราส่วนของความเครียดแท่งแนวกว้างช่วงพลาสติกกับความเครียดแท่งแนวนาช่วงพลาสติก ในขั้นตอนทดสอบที่ได้รับความเค้นดึงแกนเดียว

$$r = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_a} \quad (1)$$

เมื่อ

ε_a คือ ความเครียดแท่งแนวนาช่วงพลาสติก

ε_b คือ ความเครียดแท่งแนวกว้างช่วงพลาสติก

หมายเหตุ 1 นิพจน์ข้างต้นซึ่งใช้จุดข้อมูลเดียว จะใช้ได้เฉพาะในบริเวณที่ความเครียดช่วงพลาสติกเป็นแบบเอกพันธ์ (homogeneous)

หมายเหตุ 2 เนื่องจากการวัดความเปลี่ยนแปลงของความยาวกระทำได้ง่ายกว่าของความหนา ดังนั้นความสัมพันธ์ต่อไปนี้ ซึ่งหาได้จากกฎความคงตัวของปริมาตร จึงสามารถนำมาใช้เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก r ได้จนถึงการยืดช่วงพลาสติกที่แรงสูงสุด A_g

สำหรับวัสดุที่มีการเปลี่ยนเฟสระหว่างการเปลี่ยนรูปช่วงพลาสติก จะไม่สามารถสมมติได้ว่าปริมาตรของภาคตัดขวางที่สนใจมีค่าคงที่ได้ ในกรณีเช่นนี้ ผู้เกี่ยวข้องควรกำหนดและตกลงกันถึงวิธีการที่ใช้

$$r = \frac{\ln\left(\frac{b}{b_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_0 b_0}{L b}\right)} \quad (2)$$

หมายเหตุ 3 เนื่องจากค่า r ขึ้นอยู่กับทิศทางของขึ้นทดสอบเทียบกับทิศทางการรีดและระดับความเครียด ดังนั้น สัญลักษณ์ r อาจแสดงค่ามุมของแนวขึ้นทดสอบและระดับความเครียดไว้ ตัวอย่างเช่น $r_{45/20}$ (ดูตารางที่ 1)

3.2 อัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weighted average plastic strain ratio) $\bar{r}$

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่า $r_{x/y}$ จากขึ้นทดสอบที่มีทิศทางต่างกัน หาค่าได้จากสมการ

$$\bar{r} = \frac{(r_{0/20} + r_{90/20} + 2r_{45/20})}{4} \quad (3)$$

หมายเหตุ 1 หากทำการหาค่า $\bar{r}$ ควรทำการทดสอบทั้งหมดที่ความเครียดหรือช่วงความเครียดเดียวกัน

หมายเหตุ 2 สำหรับวัสดุบางชนิด อาจเลือกใช้ทิศทางของขึ้นทดสอบแนวอื่น ในกรณีเช่นนี้ควรใช้สมการอื่นที่มีใช้สมการที่ (3)

3.3 ระดับชั้นแอนไอโซโทรปีเชิงระนาบ (degree of planar anisotropy) Δr

หาค่าได้จากสมการ

$$\Delta r = \frac{(r_{0/20} + r_{90/20} - 2r_{45/20})}{2} \quad (4)$$

หมายเหตุ 1 หากทำการหาค่า Δr ควรทำการทดสอบทั้งหมดที่ความเครียดหรือช่วงความเครียดเดียวกัน

หมายเหตุ 2 สำหรับวัสดุบางชนิด อาจเลือกใช้ทิศทางของขึ้นทดสอบแนวอื่น ในกรณีเช่นนี้ควรใช้สมการอื่นที่มีใช้สมการที่ (4)

4 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a_o	ความหนาเดิมของชิ้นทดสอบ	mm
b_o	ความกว้างพิกัดเดิมของชิ้นทดสอบ	mm
L_o	ความยาวพิกัดเดิม	mm
L_e	ความยาวพิกัดของเครื่องวัดการยืด	mm
ΔL	ความยืด/การยืดขณะหนึ่งของฐานการวัด	mm
Δb	การยืดของความกว้างขณะหนึ่ง	mm
L	ความยาวพิกัดหลังจากให้ความเครียดจนมีความยืด/การยืดช่วงพลาสติกกระบู	mm
a	ความหนาหลังจากให้ความเครียดจนมีความยืด/การยืดช่วงพลาสติกกระบู	mm
b	ความกว้างพิกัดของชิ้นทดสอบหลังจากให้ความเครียดจนมีความยืด/การยืดกระบู	mm
e_p	ความเครียดวิศวกรรมช่วงพลาสติกกระบู ที่ใช้หาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก (วิธีจุดข้อมูลเดียว)	%
$e_{p\alpha} - e_{p\beta}$	ช่วงความเครียดวิศวกรรมช่วงพลาสติกกระบู ที่ใช้หาค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก (ตามวิธีการถดถอยเชิงเส้น $e_{p\alpha}$ = ขีดจำกัดล่างของความเครียดช่วงพลาสติกเป็นร้อยละ $e_{p\beta}$ = ขีดจำกัดบนของความเครียดช่วงพลาสติกเป็นร้อยละ)	%
r	อัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก	—
$r_{x/y}$	อัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกในทิศทาง x (เป็นองศา) เทียบกับทิศทางการรีด ณ ความเครียดช่วงพลาสติก e_p หรือช่วงความเครียดช่วงพลาสติก $e_{p\alpha} - e_{p\beta}$ เท่ากับ y %	—
$\bar{r}$	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่า $r_{x/y}$ ต่าง ๆ ^ก	—
Δr	ระดับชั้นแอนไอโซทรอปีเชิงระนาบ	—
ε_a	ความเครียดแท่งแนวหนาช่วงพลาสติก	—
ε_b	ความเครียดแท่งแนวกว้างช่วงพลาสติก	—
ε_l	ความเครียดแท่งแนวยาวช่วงพลาสติก	—
F	แรง	N
S_o	พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมของความยาวส่วนขนาน	mm ²
S	พื้นที่ภาคตัดขวางแท้	mm ²
ν	อัตราส่วนของปัวซอง	—
m_E	ความชันของเส้นโค้งของความเค้นกับการยืดเป็นร้อยละ ณ ช่วงยืดหยุ่น คูณด้วย 100 %	MPa
m_r	ความชันของเส้นตรงที่สอดคล้องกับเส้นโค้งของความเครียดแท่งแนวกว้างช่วงพลาสติกกับความเครียดแท่งแนวยาวช่วงพลาสติก	—

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A_g	การยืดช่วงพลาสติกที่แรงสูงสุดเป็นร้อยละ	%
α, β, x, y	ตัวแปรที่ใช้เป็นดัชนีล่าง (subscript)	
หมายเหตุ 1	ในเอกสารข้อมูลอื่น อาจพบการใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่าง สำหรับการเปรียบเทียบสัญลักษณ์ของประเทศต่าง ๆ ดูภาคผนวก ก	
หมายเหตุ 2	$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N mm}^{-2}$	
^ก ในบางประเทศ ใช้สัญลักษณ์ r_m แทน $\bar{r}$		

5 หลักการ

นำชิ้นทดสอบมาทดสอบแรงดึงจนถึงระดับความเครียดช่วงพลาสติกเริ่ม และคำนวณหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก r จากการวัดความเปลี่ยนแปลงของความยาวและความกว้าง ทิศทางของชิ้นทดสอบเทียบกับทิศทางการรีดและระดับความเครียดช่วงพลาสติกเริ่มสำหรับการหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง และถือเป็นกฎว่า ระดับความเครียดต้องมีค่าต่ำกว่าการยืดช่วงพลาสติกที่แรงสูงสุด

6 เครื่องมือทดสอบ

เครื่องทดสอบแรงดึงที่ใช้ในการทดสอบ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ ISO 6892

สำหรับวิธีหาค่าด้วยมือ อุปกรณ์สำหรับการวัดความเปลี่ยนแปลงของความยาวพิกัดและความกว้างพิกัด ต้องสามารถทำการวัดอยู่ภายใน $\pm 0.01 \text{ mm}$ และ $\pm 0.005 \text{ mm}$ ตามลำดับ

สำหรับวิธีหาค่าโดยอัตโนมัติ (ดูข้อ 8) ให้ใช้เครื่องวัดการยืดตาม ISO 9513 ชั้น 1 หรือชั้นที่แม่นยำกว่า

หมายเหตุ เมื่อใช้ความยาวพิกัดที่ยาวมากและความยืดที่สูงมาก ความผิดพลาดสัมพัทธ์สูงสุดของเครื่องวัดการยืด ชั้น 1 อาจมีค่าสูงกว่า $\pm 0.01 \text{ mm}$

วิธีการจับยึดชิ้นทดสอบ ให้เป็นไปตาม ISO 6892

7 ชิ้นทดสอบ

7.1 การเก็บตัวอย่างชิ้นทดสอบ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง หรือ หากมิได้กำหนดไว้ ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง

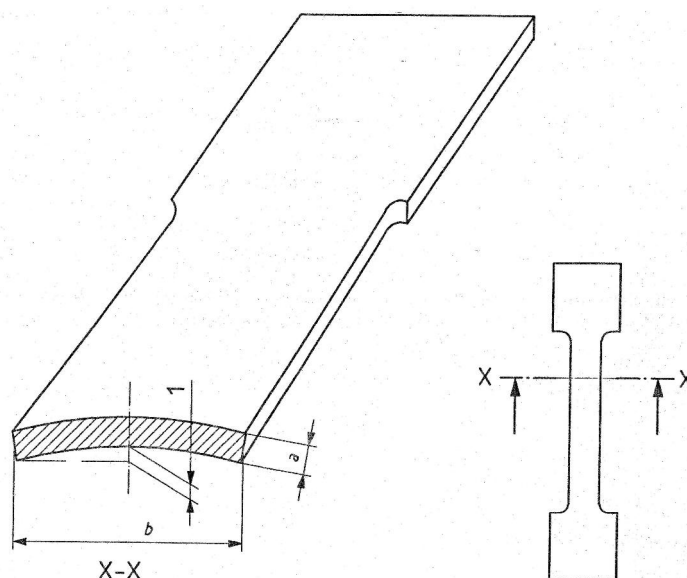
ประเภทของชิ้นทดสอบและการเตรียมชิ้นทดสอบ รวมถึงเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในการตัดแต่ง เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรูปร่างและการทำเครื่องหมายความยาวพิกัดเดิม ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของ ISO 6892 แต่ภายในความยาวพิกัด ขอบทั้งสองข้างต้องขนานกันเพียงพอที่จะทำให้การวัดความกว้างสองครั้งมีความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 0.1 ของค่าเฉลี่ยของการวัดความกว้างทั้งหมด

7.2 หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ความหนาของชิ้นทดสอบต้องเท่ากับความหนาเดิมของแผ่นโลหะ

7.3 ผิวชั้นทดสอบต้องไม่มีความเสียหาย เช่น รอยขีดข่วน

8 วิธีการทดสอบ

- 8.1 กรณีทั่วไป ให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบ ระหว่าง 10 °C ถึง 35 °C กรณีมีข้อกำหนดให้ทดสอบภายใต้สภาวะควบคุม ให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- 8.2 หากทำการวัดด้วยมือ ให้วัดความกว้างเดิมของชิ้นทดสอบอย่างน้อย 3 จุด แต่ละจุดกระจายห่างเท่า ๆ กัน ตลอดความยาวพิกัด โดยรวมการวัดที่ปลายแต่ละด้านของความยาวพิกัด และให้ใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดความกว้างเหล่านี้ในการคำนวณอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก
- 8.3 หากทำการวัดโดยอัตโนมัติ ให้ทำการวัดการยืดและความเปลี่ยนแปลงของความกว้าง อย่างน้อย 1 จุด ด้วยเครื่องวัดการยืดตามที่ระบุไว้ในข้อ 6
- 8.4 ในช่วงพลาสติก อัตราความเครียดของความยาวส่วนขนานต้องไม่เกิน 0.008 s^{-1}
- 8.5 ยึดชิ้นทดสอบเข้ากับชุดหัวจับของเครื่องทดสอบ รักษาอัตราการทดสอบให้อยู่ในขีดจำกัดที่ระบุไว้ในข้อ 8.4 แล้วทำให้เปลี่ยนรูปตามที่ต้องการ เพื่ออย่างหนึ่งอย่างใดต่อไปนี้
- ก) เพื่อให้ถึงระดับความเครียดช่วงพลาสติกที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง (การหาค่าด้วยมือ)
 - ข) เพื่อหาค่าความกว้าง ณ ระดับความเครียดช่วงพลาสติกที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง (การหาค่าโดยอัตโนมัติ)
- 8.6 กรณีของการหาค่าด้วยมือ หลังจากเอาแรงออก ทำการวัดความยาวพิกัด L และความกว้างพิกัด b ในลักษณะและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเดียวกันกับการวัดความยาวพิกัดเดิมและความกว้างพิกัดเดิม
- 8.7 กรณีของการหาค่าโดยอัตโนมัติ การวัดค่าความยาวและความกว้าง ณ ระดับความเครียดช่วงพลาสติกกระบุต้องใช้เครื่องวัดการยืดตามที่ระบุไว้ในข้อ 6
- 8.8 หากชิ้นทดสอบมีความโก่งตามขวาง (transverse bow) (รูปที่ 1) ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อผลการทดสอบ ให้ถือว่า การทดสอบนั้นไม่สมบูรณ์และให้ทำการทดสอบใหม่
- 8.9 หากความเครียดช่วงพลาสติกไม่เป็นเนื้อเดียวกัน จะไม่สามารถหาค่า r ด้วยมือได้ แต่ด้วยข้อมูลการวัดอย่างต่อเนื่องของความเปลี่ยนแปลงความกว้างกับการยืดและการใช้วิธีเชิงสถิติ ตามที่ระบุไว้ในข้อ 9.2 อาจเป็นไปได้ที่จะหาค่า r ที่ทำซ้ำได้ (reproducible)
- 8.10 กรณีของวัสดุที่มีการเคลือบผิว ตัวอย่างเช่น เคลือบสังกะสีหรือเคลือบสารอินทรีย์ ค่า r ที่ได้อาจมีค่าแตกต่างจากค่าของวัสดุพื้น (base material) ที่ไม่ได้เคลือบ



สัญลักษณ์

- 1 ความโค้งตามขวาง

รูปที่ 1 แผนภาพแสดงความโค้งตามขวางในภาคตัดขวางของขึ้นทดสอบ
(ข้อ 8.8)

9 นิพจน์ของผล

- 9.1 สำหรับการหาค่าด้วยมือ คำนวณหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติก อัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักสำหรับทิศทางขึ้นทดสอบต่าง ๆ และระดับชั้นแอนไอโซทรอปีเชิงระนาบ โดยใช้สมการ (2) (3) และ (4) เมื่อใช้สมการอื่นนอกเหนือจากสมการ (3) และ (4) ให้แสดงสมการที่ใช้ขึ้นไว้ในรายงานการทดสอบ

- 9.2 สำหรับวัสดุที่มีพฤติกรรมของการเปลี่ยนรูปแบบเอกพันธ์ สามารถใช้วิธีจุดข้อมูลเดียวได้ และเพื่อให้ได้ความสามารถทำซ้ำที่ดีขึ้น ควรใช้ช่วงที่กำหนดไว้

สำหรับวัสดุที่มีพฤติกรรมของการเปลี่ยนรูปแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ให้ใช้วิธีต่อไปนี้ เพื่อให้ได้ผลที่ทำซ้ำได้

ให้คำนวณหาความเครียดแท่งยาวช่วงพลาสติก โดยใช้สมการ (5)

$$\varepsilon_l = \ln \left[(L_o + \Delta L) / L_o - F / (S_o \times m_E) \right] \quad (5)$$

ให้คำนวณหาความเครียดแท่งกว้างช่วงพลาสติก โดยใช้สมการ (6)

$$\varepsilon_b = \ln \left[\left(b_o - \Delta b + \frac{b_o \times \nu \times F}{S_o \times m_E} \right) / b_o \right] \quad (6)$$

เมื่อ ν คือ อัตราส่วนของปัวซอง ตัวอย่างเช่น 0.30 สำหรับเหล็กกล้า 0.33 สำหรับอะลูมิเนียม

ให้คำนวณหาความเครียดช่วงพลาสติก (ณ ขณะที่กำหนดระหว่างการทดสอบ) โดยใช้สมการ (7)

$$e_p = [\Delta L/L_0 - F/(S_0 \times m_e)] \times 100 \% \quad (7)$$

สำหรับคำอธิบาย รูปที่ 2

หากใช้วิธีหาค่าโดยอัตโนมัติ ในสมการ (5) และ (7) ควรแทนที่ L_0 ด้วย L_e

จากมุมมองทางฟิสิกส์โดยแท้ ควรแทนที่พื้นที่ตัดขวางเดิม S_0 ในสมการ (5) (6) และ (7) ด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางแท้ S ตามสมการ (8) เพื่อคำนวณหาความเครียดแท้แนวยาวช่วงพลาสติก ϵ_1 ความเครียดแท้แนวขวางช่วงพลาสติก ϵ_2 และความเครียดช่วงพลาสติก e_p แต่ในทางปฏิบัติได้พิสูจน์แล้วว่า ผลที่ได้จากการใช้ S_0 หรือ S ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสามารถใช้พื้นที่ตัดขวางเดิม S_0 ในสมการ (5) (6) และ (7) ได้

$$S = S_0 \times L_0 / (L_0 + \Delta L) \quad (8)$$

การถดถอยเชิงเส้นของสมการ (6) กับสมการ (5) ต้องเหมาะสมกับช่วงที่เลือกผ่านจุดกำเนิด ความชัน m_r ของการถดถอยเชิงเส้นนี้ มีค่าเท่ากับ $[-r/(1+r)]$ ซึ่งค่า r ต้องคำนวณโดยใช้สมการ (9)

$$r = -m_r / (1 + m_r) \quad (9)$$

9.3 ให้รายงานค่าอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกที่คำนวณได้ โดยพิเศษให้ได้ 0.05 ที่ใกล้ที่สุด

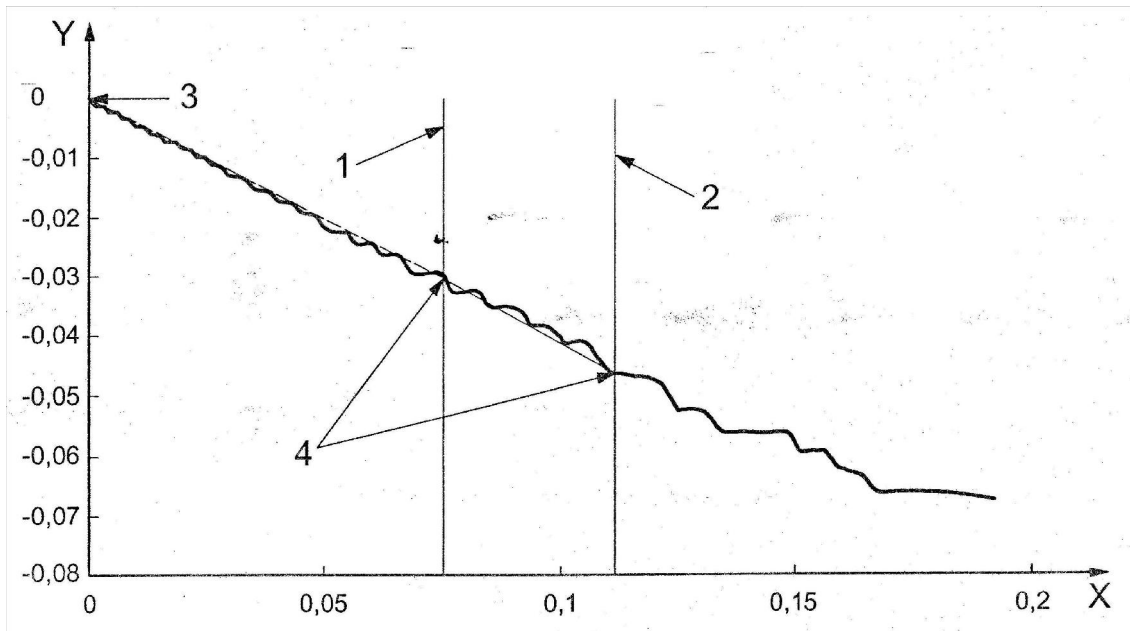
9.4 หากผลจากขั้นตอนทดสอบเดียวกันที่หาค่าโดยอัตโนมัติกับที่หาค่าด้วยมือมีความแตกต่างกัน ให้ประเมินหาจุดกำเนิดของความแตกต่างนี้

หมายเหตุ การเปลี่ยนรูปแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันสามารถเป็นสาเหตุของความแตกต่างของผลการหาค่า r ด้วยมือและโดยอัตโนมัติ

10 รายงานการทดสอบ

รายงานการทดสอบต้องแสดงข้อมูลต่อไปนี้

- 1) การอ้างอิงถึงมาตรฐานฉบับนี้
- 2) การชี้บ่งของวัสดุที่นำมาทดสอบ
- 3) วิธีที่ใช้ (ด้วยมือหรือโดยอัตโนมัติ)
- 4) แบบของขั้นตอนทดสอบ
- 5) ทิศทางของขั้นตอนทดสอบเทียบกับทิศทางการรีด
- 6) ความเครียดช่วงพลาสติก/ช่วงความเครียดช่วงพลาสติก ณ จุดที่ทำการวัด ตัวอย่างเช่น
 - $r_{45/8-12}$ (การถดถอยเชิงเส้นระหว่างความเครียดช่วงพลาสติก 8 % และ 12 %)
 - $r_{45/10}$ (วิธีจุดข้อมูลเดียวที่ความเครียดช่วงพลาสติก 10 %)
- 7) ผลการทดสอบ
- 8) สมการที่ใช้ในการคำนวณ r , $\bar{r}$ และ Δr หากแตกต่างจากสมการ (3) และ (4)



สัญลักษณ์

X ความเครียดแท้นวยาวช่วงพลาสติก ε_l

Y ความเครียดแท้นวกว้างช่วงพลาสติก ε_b

- 1 ชีตจำกัดล่าง ตัวอย่างเช่น ความเครียดวิศวกรรมช่วงพลาสติก 8 % (เทียบเท่ากับความเครียดแท้นวช่วงพลาสติก 0.077)
- 2 ชีตจำกัดบน ตัวอย่างเช่น ความเครียดวิศวกรรมช่วงพลาสติก 12 % (เทียบเท่ากับความเครียดแท้นวช่วงพลาสติก 0.113)
- 3 จุดกำเนิด
- 4 การถดถอยเชิงเส้นระหว่างชีตจำกัดล่างและชีตจำกัดบน ผ่านจุดกำเนิด

$$\varepsilon_b = m_r \times \varepsilon_l$$

$$m_r = -0.39833$$

$$r_{8-12} = 0.662$$

หมายเหตุ โปรดสังเกต - ชีตจำกัดบนและชีตจำกัดล่างแสดงค่าเป็นความเครียดวิศวกรรมช่วงพลาสติก ในขณะที่แกน X แสดงค่าเป็นความเครียดแท้นวยาวช่วงพลาสติก

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดแท้นวยาวช่วงพลาสติกกับความเครียดแท้นวกว้างช่วงพลาสติก
(ข้อ 9.2)

ภาคผนวก ก

(ให้ไว้เป็นข้อมูล)

การเปรียบเทียบสัญลักษณ์ที่ใช้ในการหาอัตราส่วนความเครียดช่วงพลาสติกของประเทศต่าง ๆ

ภาษาอังกฤษ	ภาษาฝรั่งเศส	ภาษาเยอรมัน	สัญลักษณ์ เยอรมัน	สัญลักษณ์ อังกฤษ-อเมริกัน	หน่วย
Engineering strain	Allongement	Dehnung	ε	E	%
Engineering stress	Contrainte conventionnelle	Spannung or Nennspannung	σ	S	MPa
True strain (logarithmic strain)	Déformation vraie	Wahre Dehnung or Umformgrad	φ	ε	–
True stress	Contrainte vraie	Wahre Spannung	k_f	σ หรือ R	MPa
Plastic strain ratio (r -value)	Coefficient d'anisotropie plastique, r	Senkrechte Anisotropie (r -Wert)	r	r	–

บรรณานุกรม

- [1] Stahl – Eisen – Prüfblatt 1126; 1984-11, *Ermittlung der senkrechten Anisotropie (r -Wert) von Feinblech im Zugversuch*, 1 Ausgabe, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf
- [2] AEGERTER, J. *Optimierung der Bestimmung des Verfestigungsexponenten und der senkrechten Anisotropie (n - und r -Wert) beim rechnergesteuerten Zugversuch*, Internal Memorandum, VAW Aluminium AG, 1993-06
- [3] AEGERTER, J. KELLER, S. and WIESER, D. *Prüfvorschrift zur Durchführung und Auswertung des Zugversuches für Al-Werkstoffe (Test Procedure for the Accomplishment and Evaluation of the Tensile Test for Aluminium Alloys)*, Conference transcript of the conference “Werkstoffprüfung 2003”, Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf (2003), pp. 139-150, ISBN 3-514-00703-9