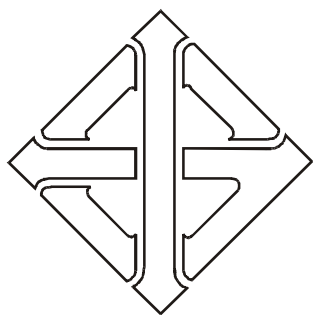




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 244 เล่ม 4 ถึง 7—2525

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป)

เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง

เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง

เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง

STANDARD TEST METHODS OF IRON AND STEEL

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 620.1/669.1/72

ISBN 974-8118-21-5

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

มอก. 244 เล่ม 4 ถึง 7— 2525

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษเล่ม 99 ตอนที่ 107
วันที่ 4 สิงหาคม พุทธศักราช 2525

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 156
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบเหล็กกล้า

ประธานกรรมการ

ดร. มนุ วีรบุรุษ

ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นายมานะ นพพันธ์

ผู้แทนกรุงเทพมหานคร

นายชลอ ศิริเจริญ

ผู้แทนการรถไฟแห่งประเทศไทย

นายกรต กรโกวิท

ผู้แทนกรมชลประทาน

นายนิธย์ เกษชุมพล

นายประสป กระแสสินธุ์

ผู้แทนกรมโยธาธิการ

นายสุนทร อริธชาติ

ผู้แทนกรมทางหลวง

นายศิริชัย ชัยอาญา

ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายสมศักดิ์ วีระวนิชชัย

นายจรัส ธัญชัย

ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

นายณรงค์ สุขพัฒน์ธี

ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ดร. สุธรรม สุริยมงคล

ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

นายสมนึก แจ่มรังษี

ผู้แทนบริษัท จี. เอส. สตีล จำกัด

นายเที่ยง วัฒนาพาหุ

ผู้แทนบริษัท เหล็กสยาม จำกัด

นายสวัสดิ์ คูหรัตน์พิศาล

ผู้แทนบริษัท ไทย-เอเชีย สตีลไฟฟ์ จำกัด

นายคงเดช ฤกษ์สาร

ผู้แทนบริษัท ซาทาสค์-เดรียม (ประเทศไทย) จำกัด

นายทวี ลิ้มพงศ์พันธุ์

กรรมการและเลขานุการ

นายฉวีศรี หอมหวล

ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

นายวรพจน์ ชัยพรหมประสิทธิ์

เนื่องจากปัจจุบันนี้มีการผลิตและใช้เหล็กต่าง ๆ โดยเฉพาะเหล็กกล้าภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และมีการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เหล็กและเหล็กกล้าแล้วหลายเรื่องที่ต้องทดสอบคุณสมบัติทางกล โดยมีการทดสอบการดึงรวมอยู่ด้วย จึงเห็นสมควรกำหนดมาตรฐานการทดสอบการดึงขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้โดยทั่วไป และเพื่อใช้เป็นหลักอ้างอิงให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

มาตรฐานการทดสอบการดึงเหล็กกล้านี้ แยกออกเป็น 4 เล่ม คือ

เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป)

เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง

เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง

เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป) กำหนดการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า (ทั่วไป) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป หรือหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ตาม

BS 18 : Part 2 : 1971 Method for tensile testing of metals Part 2 steel (general)

BS 4759 : 1971 Method for determination of K-values of a tensile testing system

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง กำหนดการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าแผ่นบางซึ่งมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร แต่ไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ตาม

BS 18 : Part 3 : 1971 Method for tensile testing of metals Part 3 steel sheet and strip (less than 3 mm and not less than 0.5 mm thick)

BS 4759 : 1971 Method for determination of K-values of a tensile testing system

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง กำหนดการทดสอบผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กกล้า ตาม

BS 18 : Part 4 : 1971 Method for tensile testing of metals Part 4 steel tubes

BS 4759 : 1971 Method for determination of K-values of a tensile testing system

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง กำหนดการทดสอบผลิตภัณฑ์ลวดเหล็กกล้า ตาม

BS 4545 : 1970 Method for mechanical testing of steel wire

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 598 (พ.ศ. 2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป)

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป) มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 4-2525 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2525

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป)

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด การทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4 มิลลิเมตรขึ้นไป หรือมีความหนาตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยการดึง สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าลักษณะอื่นโดยการดึงที่มีกำหนดในเล่มนี้ จะปรากฏอยู่ในเล่มอื่นซึ่งอยู่ในชุดการทดสอบเหล็กและเหล็กกล้านี้ ได้แก่
- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบาง โดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 5
 - (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 6
 - (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 7

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ความยาวพิกัด (gauge length) หมายถึง ความยาวระหว่างจุดที่กำหนดขึ้น 2 จุด ในส่วนที่เป็นรูปทรงกระบอก หรือรูปทรงเหลี่ยมของชิ้นทดสอบ เพื่อใช้หาความยืดระหว่างการทดสอบ
- 2.1.1 ความยาวพิกัดเดิม (L_0) หมายถึง ความยาวพิกัดก่อนการทดสอบ
 - 2.1.2 ความยาวพิกัดสุดท้าย (L_u) หมายถึง ความยาวพิกัดหลังจากชิ้นทดสอบถูกดึงให้ขาด แล้วนำส่วนที่ขาดมาวางต่อเข้าด้วยกันให้สนิทที่สุดในแนวเส้นตรงเดียวกัน
- 2.2 ความยาวพิกัดสำหรับเครื่องวัดการยืด (extensometer gauge length, L_e) หมายถึง ความยาวระหว่างจุดที่กำหนดขึ้น 2 จุดในส่วนขนานของชิ้นทดสอบ เพื่อใช้สำหรับวัดการยืดโดยเครื่องวัดการยืด ความยาวนี้อาจจะแตกต่างจากความยาวพิกัดเดิม (L_0) และอาจจะมีค่าใดก็ได้ที่มากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) หรือความกว้าง (b) ของชิ้นทดสอบ แต่ต้องน้อยกว่าความยาวของส่วนขนาน (L_c)
- 2.3 ความยืดถาวร (permanent elongation) หมายถึง ค่าที่เปลี่ยนไปของความยาวพิกัดของชิ้นทดสอบเนื่องจากความเค้นที่กำหนด (วัดหลังจากเอาความเค้นที่กระทำบนชิ้นทดสอบออกแล้ว) คิดเป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม สัญลักษณ์ของความยืดอันนี้ควรจะมีดัชนีบอกค่าของความเค้นที่กำหนด

- 2.4 ความยืด (elongation, A) หมายถึง ความยืดถาวรของความยาวพิกัดหลังจากขึ้นทดสอบ คิดเป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม

หมายเหตุ ถ้าความยาวพิกัดไม่ใช่ $5.65 \sqrt{S_0}$ ควรจะระบุความยาวพิกัดไว้ท้ายสัญลักษณ์ของความยืด เช่น A_{10} หมายถึง ความยืดจากความยาวพิกัดเท่ากับ $10 \sqrt{S_0/\pi}$

- 2.5 การลดทอนพื้นที่ (reduction of area, Z) หมายถึง การลดทอนพื้นที่ภาคตัดขวางที่ลดลงมากที่สุดหลังจากขึ้นทดสอบขาด คิดเป็นร้อยละของพื้นที่ภาคตัดขวางเดิม

- 2.6 แรงสูงสุด (maximum load, F_m) หมายถึง แรงสูงสุดที่ขึ้นทดสอบได้รับระหว่างการดึง

- 2.7 ความเค้น (stress) หมายถึง แรงที่กระทำต่อขึ้นทดสอบขณะใด ๆ ระหว่างการทดสอบหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางเดิม

หมายเหตุ ความเค้นในที่นี้คือ ความเค้นระบุ (nominal stress)

- 2.8 ความต้านแรงดึง หรือความเค้นดึงสูงสุด (tensile strength or maximum tensile stress, R_m) หมายถึง แรงสูงสุด (F_m) หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางเดิมของขึ้นทดสอบ

- 2.9 ความเค้นคราก (yield stress) หมายถึง ความเค้นดิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อการทดสอบดำเนินไปถึงจุดที่ขึ้นทดสอบเริ่มจะเปลี่ยนรูปถาวร (plastic deformation) และดำเนินต่อไปด้วยความเค้นซึ่งเกือบคงที่

- 2.9.1 ความเค้นครากบน (upper yield stress, R_{eH}) หมายถึง ค่าความเค้นที่จุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนรูปถาวร (ดูรูปที่ 3) ซึ่งปรากฏในเหล็กกล้าบางชนิด หรือหมายถึง ค่าความเค้นที่ได้จากจุดยอดจุดแรกของการคราก (yield) แม้ว่าคงที่ได้จะเท่ากันหรือต่ำกว่าที่จุดยอดจุดหลัง ๆ ระหว่างการเปลี่ยนรูปถาวร

- 2.9.2 ความเค้นครากล่าง (lower yield stress, R_{eL}) หมายถึง ค่าความเค้นต่ำสุดที่วัดได้ช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรที่จุดครากโดยไม่ับสภาวะปรับตัวเริ่มแรก (initial transient effect) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ (ดูรูปที่ 3 และรูปที่ 4)

หมายเหตุ เหล็กกล้าซึ่งปกติจะมีการคราก หากผ่านงานแปรรูปเย็น (cold working) หรือผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (heat treatment) แล้วปรากฏการณ์การครากอาจหายไป ในกรณีเช่นนี้ต้องระบุความเค้นพิสูจน์ (ดูข้อ 2.10 และข้อ 2.11)

- 2.10 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (proof stress for mom-proportional elongation, R_p) หมายถึง ความเค้นที่ทำให้เกิดความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน เท่ากับที่กำหนดไว้เป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม (รูปที่ 7) เมื่อจะระบุความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน ต้องบอกค่าความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนไว้ด้วย เช่น ร้อยละ 0.2 และเมื่อจะใช้สัญลักษณ์ให้ระบุความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนไว้ท้ายสัญลักษณ์ด้วย เช่น $R_{p0.2}$

- 2.11 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (proof stress for total elongation or proof stress under load, R_t) หมายถึง ความเค้นที่ทำให้เกิดความยืดรวม (total elongation) ซึ่งประกอบด้วยความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนรวมกับความยืดยืดหยุ่น (elastic elongation) เท่ากับที่กำหนดไว้เป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม (ดูรูปที่ 8) เมื่อจะระบุความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม ต้องบอกค่าความยืดรวมไว้ด้วย เช่น ร้อยละ 0.5 และเมื่อจะใช้สัญลักษณ์ให้ระบุความยืดรวมไว้ท้ายสัญลักษณ์ด้วย เช่น $R_{t0.5}$

- 2.12 ความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร (permanent set stress, R_r) หมายถึง ความเค้นที่เมื่อเอาแรงกระทำออกแล้ว ทำให้เกิดความยืดถาวรเท่ากับที่กำหนดไว้ เป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม (ดูรูปที่ 9) ถ้าใช้สัญลักษณ์ให้ระบุค่าความยืดถาวรไว้ท้ายสัญลักษณ์ด้วย เช่น $R_{r0.2}$

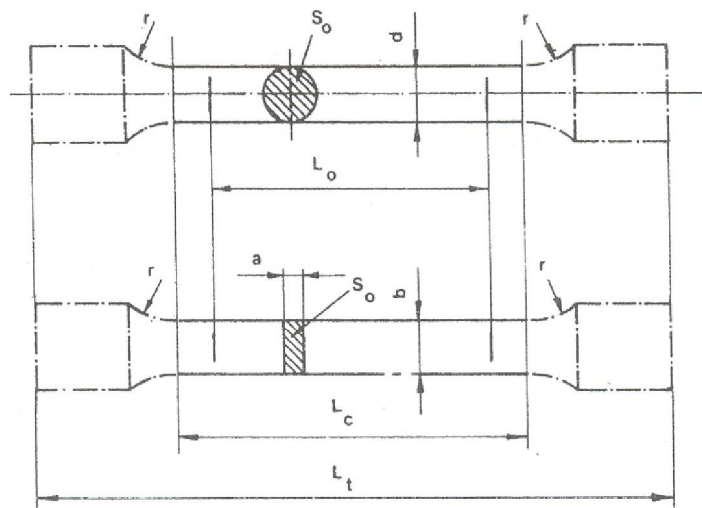
3. สัญลักษณ์และความหมาย

3.1 สัญลักษณ์และความหมายในมาตรฐานนี้ ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 และรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 10

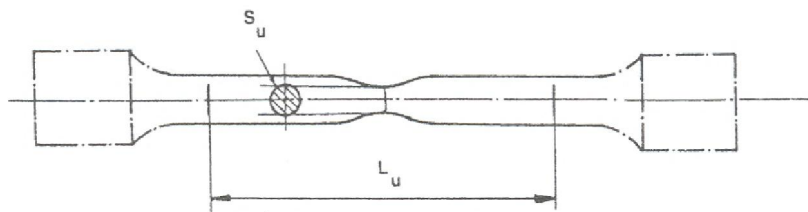
ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และความหมาย
(ข้อ 3.1)

สัญลักษณ์	ความหมาย
d	เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนขนานของชิ้นทดสอบซึ่งมีภาคตัดวงกลม (ดูรูปที่ 1)
a	ความหนาของส่วนขนานของชิ้นทดสอบ ซึ่งมีภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก (ดูรูปที่ 1)
b	ความกว้างของส่วนขนานของชิ้นทดสอบ ซึ่งมีภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก (ดูรูปที่ 1)
L_o^*	ความยาวพิกัดเดิม (ดูรูปที่ 1)
L_c	ความยาวส่วนขนาน (ดูรูปที่ 1)
L_e	ความยาวพิกัดสำหรับเครื่องวัดการยืด
L_t	ความยาวรวม (ดูรูปที่ 1)
L_u	ความยาวพิกัดสุดท้าย (ดูรูปที่ 2)
A	ความยืด = $\left(\frac{L_u - L_o}{L_o} \right) 100$
(เช่น A_{10})	(ความยืดจากความยาวพิกัด $10 \sqrt{4 S_o / \pi}$ มิลลิเมตร)
S_o	พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมภายในความยาวพิกัด (ดูรูปที่ 1)
S_u	พื้นที่ภาคตัดขวางน้อยที่สุดหลังจากขาด (ดูรูปที่ 2)
S_{eH}	ความเค้นครากบน (ดูรูปที่ 3, 4 และ 5)
R_{eL}	ความเค้นครากล่าง (ดูรูปที่ 3, 4 และ 5)
R_p	ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (ดูรูปที่ 7)
(เช่น $R_{p0.2}$)	(ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนเท่ากับร้อยละ 0.2)
R_t	ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (ดูรูปที่ 8)
(เช่น $R_{t0.5}$)	(ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวมเท่ากับร้อยละ 0.5)
R_r	ความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร (ดูรูปที่ 9)
(เช่น $R_{r0.2}$)	ความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร สำหรับความยืดถาวรเท่ากับร้อยละ 0.2)
F_m	แรงสูงสุด
Z	การลดทอดพื้นที่ = $\left(\frac{S_o - S_u}{S_o} \right) 100$
R_m^*	ความต้านแรงดึงหรือความเค้นดึงสูงสุด = $\frac{F_m}{S_o}$ (ดูรูปที่ 10)
r	รัศมีของบ่าชิ้นทดสอบ (ดูรูปที่ 1)

หมายเหตุ * ในกรณีที่มิทำให้เกิดการเข้าใจผิดอาจใช้สัญลักษณ์ L และ R แทน L_o และ R_m ได้ตามลำดับ

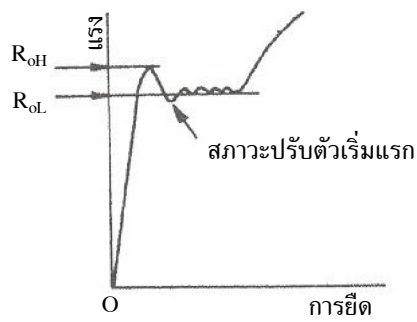


รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นทดสอบภาคตัดวงกลมและสี่เหลี่ยมมุมฉาก
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)

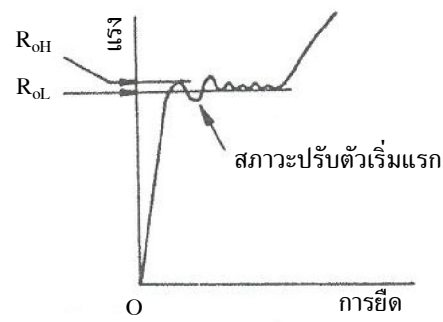


รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นทดสอบภาคตัดวงกลมหลังจากขาด
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)

หมายเหตุ ลักษณะปลายยึดของชิ้นทดสอบดังในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 นั้น แสดงไว้เพื่อเป็นตัวอย่าง และแนวทางเท่านั้น

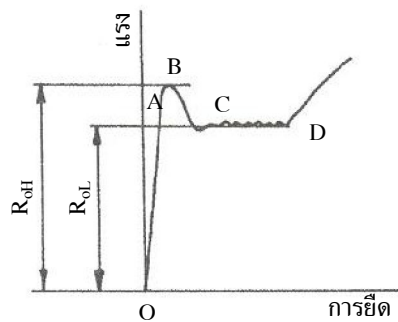


รูปที่ 3

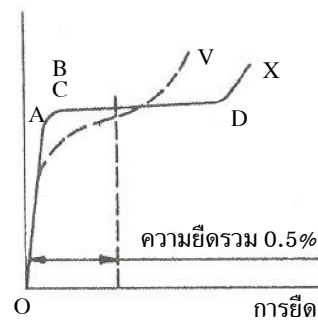


รูปที่ 4

รูปที่ 3 และรูปที่ 4 แผนภาพของแรงกับการยืดแสดงการคราก
(ข้อ 2.9.1 ข้อ 2.9.2 และข้อ 3.1)



รูปที่ 5

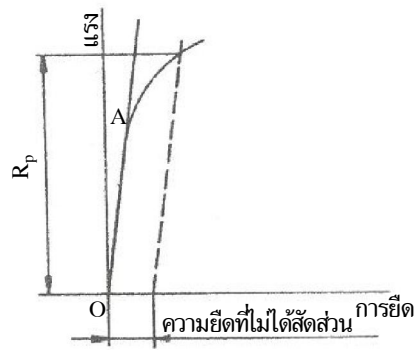


รูปที่ 6

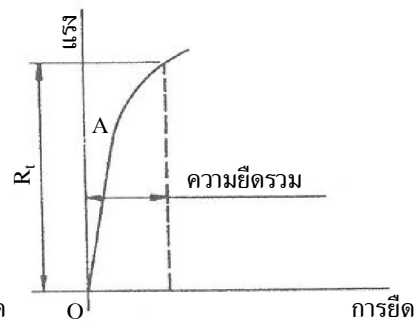
- จุด A คือ ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (elastic limit)
B คือ ความเค้นครากบน
CD คือ ความยืดที่ความเค้นคราก (yield stress elongation)

รูปที่ 5 และรูปที่ 6 แผนภาพของแรงกับการยืด
(ข้อ 3.1)

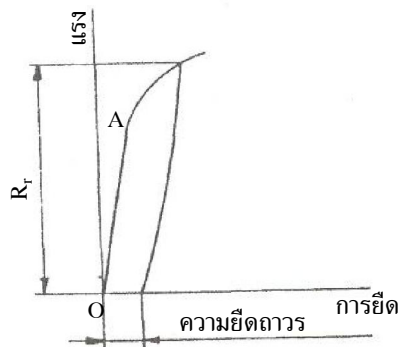
หมายเหตุ ค่าแรงที่จุดต่างๆ ที่แสดงในแผนภาพ คือค่าที่ใช้ในการหาค่าความเค้นต่างๆ และค่าการยืดในแผนภาพ คือ ค่าที่ใช้ในการหาความยืด



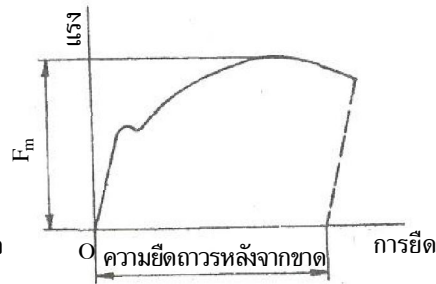
รูปที่ 7



รูปที่ 8



รูปที่ 9



รูปที่ 10

จุด A คือ ขีดจำกัดความยืดหยุ่น

รูปที่ 7 ถึงรูปที่ 10 แผนภาพของแรงกับการยืด

(ข้อ 2.10 ข้อ 2.11 ข้อ 2.12 และข้อ 3.1)

หมายเหตุ ค่าแรงที่จุดต่างๆ ที่แสดงในแผนภาพ คือค่าที่ใช้ในการหาค่าความเค้นต่างๆ และค่าการยืดในแผนภาพ คือ ค่าที่ใช้ในการหาความยืด

4. ขั้นตอนทดสอบ

4.1 ลักษณะขั้นตอนทดสอบ

- 4.1.1 ภาคตัดขวางขั้นตอนทดสอบ อาจจะเป็นวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือในกรณีพิเศษอาจจะเป็นรูปอื่นใดก็ได้ สำหรับขั้นตอนทดสอบที่มีภาคตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนาควรจะไม่เกิน 8 : 1 โดยทั่วไปขั้นตอนทดสอบจะต้องทำขึ้นโดยเครื่องมือกลให้ได้ขนาดที่ต้องการตามตารางที่ 2 และ 3 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เหล็กเส้นหรืออื่นๆ อาจทดสอบโดยไม่ต้องเปลี่ยนรูปก็ได้
- 4.1.2 ขั้นตอนทดสอบซึ่งทำขึ้นโดยเครื่องมือกลต้องมีรัศมีของบาระหว่างปลายยึดและความยาวส่วนขนานที่เหมาะสม รัศมีของบาระหว่างปลายยึดที่มีความสำคัญมากจะต้องเป็นไปตามตารางที่ 2 และ 3 เว้นแต่จะกำหนดเป็นอย่างอื่น ปลายยึดนั้นเป็นรูปอะไรก็ได้ที่เหมาะสมกับการจับยึดของเครื่องทดสอบ

- 4.1.3 ชั้นทดสอบต่างๆ ที่มีรูปทางเรขาคณิตคล้ายกัน และมีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวพิกัด และพื้นที่ภาคตัดขวางตามที่กำหนดไว้ เรียกว่าชั้นทดสอบได้สัดส่วน ตามข้อตกลงสากลให้ใช้ $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ สำหรับชั้นทดสอบภาคตัดวงกลมจะได้ค่า $L_0 \approx 5d$
- 4.1.4 เพื่อเหตุผลทางวิชาการหรือเพื่อการประหยัด อาจใช้ชั้นทดสอบแบบอื่นๆ นอกเหนือจากชั้นทดสอบได้สัดส่วนตามข้อ 4.1.3 ได้
- 4.1.5 ชั้นทดสอบภาคตัดวงกลม ความยาวส่วนขนาน (L_c) ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง $L_0 + \frac{d}{2}$ และ $L_0 + 2d$ ชั้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก (สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส) ความยาวส่วนขนานต้องมีค่าอยู่ระหว่าง $L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ และ $L_0 + 2.5\sqrt{S_0}$
- ในกรณีที่ตกลงกันไม่ได้ ถ้ามีวัสดุพอเพียงชั้นทดสอบภาคตัดวงกลมให้ใช้ความยาวส่วนขนาน $L_c = L_0 + 2d$ และสำหรับชั้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก ให้ใช้ความยาวส่วนขนาน $L_c = L_0 + 2\sqrt{S_0}$
- 4.1.6 ถ้าจะทำชั้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉากพร้อมกันโดยเครื่องมือกลจากชั้นตัวอย่างชุดหนึ่งที่มีความหนาต่างๆ กัน ความยาวส่วนขนานของชั้นทดสอบชุดนี้จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง $L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ และ $L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$ เมื่อ S_0 เป็นภาคตัดใหญ่ที่สุดของชั้นตัวอย่างชุดนี้

ตารางที่ 2 มิติของชั้นทดสอบภาคตัดวงกลมความยาวพิกัด $L_0 = 5.6\sqrt{S_0}$
(ข้อ 4.1)

พื้นที่ภาคตัดขวาง S_0 mm^2	เส้นผ่านศูนย์กลาง d mm	ความยาวพิกัด L_0 (ดูหมายเหตุ 4.) mm	ความยาวส่วนขนาน ต่ำสุด $L_c \approx 5.5d$ mm	รัศมีของบ่า ต่ำสุด r mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ดูหมายเหตุ 3.) $\pm \text{mm}$
12.5	3.99	20	22	4	0.02
25	5.64	28	31	5	0.03
50	7.98	40	44	8	0.04
100	11.28	56	62	10	0.06
150	13.82	69	76	13	0.07
200	15.96	80	88	15	0.08
400	22.56	113	124	23.5	0.13

- หมายเหตุ**
1. ปลายยึดและส่วนขนานของชั้นทดสอบจะต้องมีแกนร่วมกัน โดยเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของการร่วมแกนจะต้องอยู่ภายในกำหนด 0.03 มิลลิเมตร
 2. เส้นผ่านศูนย์กลางตลอดความยาวส่วนขนานจะต้องต่างกันไม่เกิน 0.03 มิลลิเมตร
 3. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลางได้มาจากหลักเกณฑ์ว่าด้วยความละเอียดในการวัดตามข้อ 4.2.5.1
 4. เศษมิลลิเมตรของความยาวพิกัดให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็ม และปรับความยาวส่วนขนานต่ำสุดให้สอดคล้องกัน (ดูข้อ 4.3.1)
 5. ในกรณีพิเศษชั้นทดสอบซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างจากตารางที่ 2 อาจใช้ได้ถ้าความยาวพิกัดเท่ากับ $5.65\sqrt{S_0}$ คือประมาณ 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตารางที่ 3 มิติของชั้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก (ไม่ได้สัดส่วน)
(ข้อ 4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร			
ความกว้าง	ความยาวพิกัด	รัศมีต่ำสุดของบ่าชั้นทดสอบ	ความยาวรวมโดยประมาณ
b	L _o	r	L _t
3	12	6	50
6	24	12	100
12.5	50	25	200
25	100	25	300

- หมายเหตุ
1. นอกจากขนาดที่กล่าวไว้ตามตารางที่ 3 ให้ใช้ชั้นทดสอบที่มีความยาวพิกัดเท่ากับ $5.6 \sqrt{S_o}$
 2. ชั้นทดสอบที่มีความกว้างตั้งแต่ 3 ถึง 25 มิลลิเมตร อาจใช้ความยาวพิกัดเท่ากับ 50 มิลลิเมตร โดยมี ความยาวรวมประมาณ 200 มิลลิเมตร
 3. ชั้นทดสอบที่มีความกว้างไม่เกิน 12.5 มิลลิเมตร ความกว้างของภาคตัดในส่วนขนานแตกต่างกันได้ ไม่เกิน 0.03 มิลลิเมตร ส่วนชั้นทดสอบที่มีความกว้างมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ความกว้างของภาคตัด ในส่วนขนานแตกต่างกันได้ไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร
 4. ชั้นทดสอบที่ตรงและมีความกว้างสม่ำเสมอทั้งหมดให้นำมาทดสอบได้โดยตรงไม่ว่าจะเป็นขนาดใด

4.2 การเตรียมชั้นทดสอบ

4.2.1 ชั้นทดสอบรูปทรงกระบอกจากชิ้นตัวอย่างขนาดต่าง ๆ

ถ้ามิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ ให้กลึง ชั้นทดสอบรูปทรงกระบอกจากตัวอย่างขนาดต่าง ๆ ตามวิธีต่อไปนี้

- 4.2.1.1 ท่อนเหล็กหรือชิ้นตัวอย่าง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือมิติสูงสุดของภาคตัดไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ให้กลึงตามยาว
- 4.2.1.2 ท่อนเหล็กหรือชิ้นตัวอย่าง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือมิติส่วนเล็กสุดของภาคตัดมากกว่า 30 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 75 มิลลิเมตร แกนยาวของชั้นทดสอบจะต้องห่างจากผิวชิ้นตัวอย่างไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร
- 4.2.1.3 ท่อนเหล็กหรือชิ้นตัวอย่าง ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางหรือมิติส่วนเล็กสุดของภาคตัดมากกว่า 75 มิลลิเมตร แกนยาวของชั้นทดสอบจะต้องอยู่ที่จุดกึ่งกลางของรัศมี หรือจะกลึงตามขวางก็ได้ถ้าเป็น ความประสงค์ของผู้ทำผลิตภัณฑ์นั้น

4.2.2 ชั้นทดสอบจากผลิตภัณฑ์เหล็กหน้าราบ (flat products) ทำด้วยเครื่องมือกล

แนวแกนของชั้นทดสอบ ให้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ถ้าทิศทางของแนวแกนมิได้ระบุไว้ ให้ตัดชั้นทดสอบโดยมีแนวแกนตามยาวตั้งได้ฉากกับทิศทางของการรีดเหล็ก ครั้งสุดท้าย ยกเว้นในกรณีที่ความกว้างของชั้นทดสอบ เป็นอุปสรรคต่อการทำดังกล่าวข้างต้นและให้ระบุ ทิศทางของแนวแกนไว้ในรายงานการทดสอบด้วย

4.2.3 การตัดชิ้นทดสอบออกจากชิ้นตัวอย่าง

การตัดชิ้นทดสอบออกจากชิ้นตัวอย่าง ต้องระวังการเสียรูปและให้เกิดความร้อนน้อยที่สุดในส่วนที่จะนำไปทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นทดสอบที่จะนำไปหาความเค้นพิสูจน์ ความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร หรือความเค้นคราก วิธีที่ดีที่สุดคือใช้เลื่อยตัด ถ้าจะตัดชิ้นทดสอบออกโดยการฉีกหรือการตัดด้วยเปลวไฟ ควรเผื่อวัสดุไว้ให้เพียงพอที่จะทำชิ้นทดสอบด้วยเครื่องมือกลภายหลัง

4.2.4 การแต่งขอบชิ้นทดสอบขั้นสุดท้าย

ผิวของชิ้นทดสอบ อาจปล่อยไว้ในลักษณะเดิมตามกรรมวิธีที่ผลิตมา เช่น ริด ดึง อัดรีด หรือหล่อ มิฉะนั้นแล้วจะต้องใช้เครื่องมือขัดแต่ง แต่ต้องระวังไม่ให้ร้อนจนเกินไปหรือเกิดความแข็งโดยทางกล ขอบที่คมต้องลบมุมให้มน และไม่ให้มีรอยเครื่องมือ หรือร่องตามแนวขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จุดสัมผัสระหว่างส่วนโค้งของปากกับความยาวส่วนขนาน

4.2.5 พื้นที่ภาคตัดขวาง

4.2.5.1 ในกรณีชิ้นทดสอบภาคตัดวงกลม ซึ่งมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 2 พื้นที่ภาคตัดขวางอาจจะคำนวณได้จากมิติระบุ ชิ้นทดสอบอื่นๆ ให้คำนวณพื้นที่ภาคตัดขวางจากมิติที่วัดได้ โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ± 0.5 ของแต่ละมิติ

4.2.5.2 ท่อนเหล็กที่ไม่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องมือกล หรือชิ้นตัวอย่างที่มีแนวขนานตรงสม่ำเสมอ พื้นที่ภาคตัดขวางอาจคำนวณได้จากน้ำหนักชิ้นทดสอบหารด้วยผลคูณของความยาวเดิมและความหนาแน่นของวัสดุนั้น โดยให้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นไม่เกินร้อยละ ± 1

4.3 การทำเครื่องหมายความยาวพิกัด

4.3.1 ชิ้นทดสอบได้สัดส่วน ค่าของความยาวพิกัดเดิมซึ่งคำนวณได้จากข้อ 4.1 อาจปัดเป็นพหุคูณของ 5 มิลลิเมตรที่ใกล้เคียงได้ ทั้งนี้ผลต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้กับค่าความยาวพิกัดที่ใช้ต้องต่ำกว่าร้อยละ 10 ของความยาวพิกัดเดิม

4.3.2 ปลายแต่ละข้างของความยาวพิกัด อาจทำเครื่องหมายเป็นจุดเล็ก ๆ หรือเส้นบาง ๆ ก็ได้ หรืออาจใช้หมึกแห้งเร็วทาชิ้นทดสอบและทำเครื่องหมายความยาวพิกัด โดยขีดเป็นเส้นบาง ๆ ถ้าเป็นเหล็กที่ไวต่อการแตกร้าวเมื่อมีรอยบาก ไม่ควรทำเครื่องหมายเป็นรอยลึกในเนื้อเหล็ก

4.3.3 เพื่อความสะดวกในการทดสอบ อาจทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดสอบเป็นเส้นขนานกับแกนยาว ชิ้นทดสอบแบนให้ขีดที่กึ่งกลางความกว้างของชิ้นทดสอบ

4.3.4 ถ้าความยาวส่วนขนานยาวกว่าความยาวพิกัดมาก เช่น ในกรณีที่ชิ้นทดสอบไม่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องมือกล ควรจัดวางความยาวพิกัดเป็นชุดให้เหลื่อมกัน และให้บางอันเลยเข้าไปในปลายยึด

5. การทดสอบ

5.1 ภาวะทดสอบ

นอกจากจะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

5.2 เครื่องทดสอบและเครื่องมืออื่น ๆ

ต้องเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับให้ถูกต้อง ตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

5.3 วิธีทดสอบ

5.3.1 การทดสอบกระทำโดยใช้แรงดึงขึ้นทดสอบ ให้เกิดความเครียดในขึ้นทดสอบ โดยทั่วไปแล้วจะกระทำจนขึ้นทดสอบขาด เพื่อที่จะหาคุณสมบัติทางกลอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

5.3.2 วิธียืดขึ้นทดสอบ

จะต้องยืดขึ้นทดสอบด้วยวิธีเหมาะสม เช่น ใช้ลิ้ม เกลียวยืด บ่ายืด ฯลฯ แล้วแต่วิธีไหนจะสะดวก การยืดขึ้นทดสอบจะต้องพยายามอย่างดีที่สุด ที่จะให้แรงที่กระทำอยู่ในแนวแกนโดยเฉพาะการทดสอบวัสดุเปราะ และเมื่อต้องการหาความเค้นครากหรือความเค้นพิสูจน์

5.3.3 การหาคุณสมบัติต่าง ๆ

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการหา จะปรากฏอยู่ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้น ๆ การหาคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 5.3.4 ถึงข้อ 5.3.11

หมายเหตุ การระบุค่าความเค้นคราก และความเค้นพิสูจน์ต่าง ๆ ควรให้ถูกต้องและชัดเจนตามข้อ 2.9 ข้อ 2.10 และข้อ 2.11 (ดูผนวก ก. ประกอบ)

5.3.4 เทคนิคการทดสอบ

5.3.4.1 ตัวประกอบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนอัตราการเพิ่มความเครียด

ในระหว่างการทดสอบ ค่าของอัตราการเพิ่มความเครียดที่แท้จริงจะเปลี่ยนไปมาเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องนำมาพิจารณาด้วยเพราะอาจมีผลต่อค่าทดสอบที่ทำได้ ถ้าหากมีเครื่องมือที่เหมาะสมอาจจะวัดอัตราการเพิ่มความเครียด ระหว่างการเปลี่ยนรูปถาวรได้โดยตรง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติส่วนมากอัตราการเพิ่มความเครียดนี้อาจจะประเมินได้ด้วยอัตราการเพิ่มแรงดึง โดยพิจารณาถึงตัวประกอบต่อไปนี้

- (1) ค่าการยอมยืดหยุ่นปรากฏ (apparent elastic compliance, K) (ดูข้อ 5.3.4.3) ค่านี้จะต้องหาก่อนการทดสอบ
- (2) พื้นที่ภาคตัดขวางของขึ้นทดสอบ
- (3) ความยาวส่วนขนานของขึ้นทดสอบ

5.3.4.2 การหาคุณลักษณะของระบบการทดสอบ

การยอมยืดยุ่นปรากฏ (K) ของระบบทดสอบโดยการดึง หาได้จากสูตร

$$K = \frac{L_c \left(\frac{V_p}{V_e} - 1 \right)}{ES_0}$$

เมื่อ K คือ การยอมยืดยุ่นปรากฏ เป็นมิลลิเมตรต่อนิวตัน

L_c คือ ความยาวส่วนขนาน เป็นมิลลิเมตร

V_p คือ อัตราการยืดยุ่นในช่วงการครากด้วยแรงดึงคงที่ เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

V_e คือ อัตราการยืดยุ่นในช่วงการยืดยุ่น เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

E คือ โมดูลัสยืดยุ่น เป็นเมกาปาสกาล

S_0 คือ พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมภายในความยาวพิคก เป็นตารางมิลลิเมตร

วิธีทดสอบในการหาการยอมยืดยุ่นปรากฏ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การหาการยอมยืดยุ่นปรากฏ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม BS 4759) ค่าที่หาจากขั้นทดสอบที่ใช้เป็นประจำนี้อาจนำไปใช้ในการทดสอบโดยการดึงอื่นๆ ได้ทั้งหมด ถ้าเครื่องมือทดสอบใช้อุปกรณ์การยัดแบบเดียวกัน และทำการทดสอบภายใต้ภาวะคล้ายคลึงกัน

5.3.4.3 การใช้ค่าการยอมยืดยุ่นปรากฏ (K)

(1) การวัดความเค้นครากบน และความเค้นครากล้าง

ควรใช้อัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที โดยปกติแล้วค่านี้จะได้จากการดึงขั้นทดสอบกลมได้สัดส่วน โดยควบคุมเครื่องทดสอบให้มีอัตราการเพิ่มความเค้นถึง 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที (ประมาณ 3 กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที) อนึ่ง ไม่ควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดยุ่นเกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดต่างๆ เช่น ผลจากแรงเฉื่อย ตารางที่ 4 กำหนดค่าสูงสุดของอัตราการเพิ่มความเค้น สำหรับใช้กับขั้นทดสอบขนาดต่างๆ และที่ค่า K ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในกรณีที่ไม่สามารถจะควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร ไม่ให้เกิน 0.002 5 ต่อวินาทีได้โดยตรง อัตราการเพิ่มความเค้นซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 1 ใน 10 ของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดยุ่น ที่ระบุไว้ในตารางที่ 4 อนุญาตให้ใช้ได้ แต่จะทำให้ได้ค่าของความเค้นครากต่ำลงเล็กน้อย ในกรณีที่หาค่า K ไม่ได้ อาจจะตกลงกันให้ใช้ค่า K เท่ากับ 0.000 3 มิลลิเมตรต่อนิวตันได้

หมายเหตุ เครื่องทดสอบซึ่งมีค่า K ต่ำ สามารถใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดยุ่นสูงสุด (30 เมกาปาสกาลต่อวินาที) กับขั้นทดสอบขนาดภาคตัดต่างๆ กันได้หลายขนาดขึ้น โดยที่ไม่ทำให้ ค่าอัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเกิน 0.002 5 ต่อวินาที

(2) การวัดค่าความเค้นพิสูจน์

ในกรณีที่ไม่มีปรากฏการณ์การคราก ค่า K และขนาดของชั้นทดสอบ จะไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความเครียดขณะที่หาความเค้นพิสูจน์มากนัก ดังนั้นในการหาความเค้นพิสูจน์จึงควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นสูงสุด 30 เมกาปาสกาลต่อวินาทีเพียงค่าเดียว

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะระบุอัตราการเพิ่มความเครียดซึ่งสมนัยกันลงไปให้แน่นอนเพราะว่าจะเป็นการบังคับชนิดของเครื่องวัดการยืดที่จะใช้จนเกินไป

5.3.5 ข้อควรสังเกตเกี่ยวกับแผนภาพของแรงกับการยืด

5.3.5.1 ในการทดสอบ แผนภาพที่ได้ออกมาอาจเป็นแบบใดแบบหนึ่งก็ได้ (เช่นรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9) วัสดุส่วนมากเส้นแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับการยืด ตอนแรกจะเป็นเส้นตรง คือ เส้น OA ในรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 9 (ค่าของความเค้นและความเครียด อาจหาได้จากการอ่านค่าของการยืดกับแรงที่จุดต่างๆ ระหว่างการทดสอบ)

5.3.5.2 ในรูปที่ 5 เมื่อแรงเพิ่มขึ้นเลยจุด A ไปแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการยืด จะไม่เป็นเส้นตรงต่อไปอีก ในบางกรณีแรงอาจจะขึ้นถึงจุดสูงสุดก่อนแล้วลดลงมาที่ระดับหนึ่ง และรักษาระดับนี้ไว้จนเกือบจะถือว่าคงที่ในขณะที่การยืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก (BCD ในรูปที่ 5) ในกรณีอื่น ค่าแรงสูงสุดอาจไม่เกิดขึ้นในจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนรูปถาวร และในกรณีเช่นนี้ค่าของแรงยังคงรักษาระดับซึ่งถือว่าเกือบคงที่ระหว่างการครากในขณะที่การยืดเพิ่มขึ้นอย่างมาก (CD ในรูปที่ 6 เส้นโค้ง X)

5.3.5.3 หลังจากสิ้นสุดการครากแล้ว การยืดต่อไปจะเกิดได้โดยการเพิ่มแรงเท่านั้น

5.3.5.4 วัสดุที่ไม่มีปรากฏการณ์การคราก การยืดหลังจากจุด A (ในรูปที่ 7, 8 และ 9) ไปแล้วจะเพิ่มขึ้นไม่เป็นสัดส่วนกับแรง ในกรณีเช่นนี้ควรวัดความเค้นพิสูจน์หรือความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรตามข้อ 5.3.7 และข้อ 5.3.8

5.3.6 การหาความเค้นคราก

5.3.6.1 ความเค้นครากบน (R_{eH}) และ/หรือ ความเค้นครากล้าง (R_{eL}) อาจจะหาได้โดยอ่านจากเครื่องวัดหรือจากแผนภาพของแรงกับการยืดหรือจากวิธีอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน

หมายเหตุ การบันทึกแผนภาพของแรงกับการยืด อนุญาตให้บันทึกค่าการยืด จากระยะเคลื่อนที่ของชุดหัวจับ

5.3.6.2 ในการหาความเค้นคราก แรงที่กระทำต่อชั้นทดสอบจะต้องมีอัตราการเพิ่มความเครียดตามเกณฑ์ต่อไปนี้

(1) อัตราการเพิ่มความเครียด ของความยาวส่วนขนานของชั้นทดสอบขณะที่เกิดการคราก จะต้องไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที ถ้าควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดอันนี้ไม่ได้โดยตรง ให้กระทำโดยการปรับอัตราการเพิ่มของแรงเพื่อให้ได้อัตราการเพิ่มความเครียดที่ต้องการขณะที่เกิดการคราก แต่ทั้งนี้ต้องให้เสร็จก่อนที่แรงกระทำจะถึงร้อยละ 90 ของแรงที่คาดว่าจะทำให้เกิดการคราก

(2) ค่าสูงสุดของอัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับขนาดชั้นทดสอบ และการยอมยืดหยุ่นปรากฏต่าง ๆ ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4 (ดูหมายเหตุ 4. ของตารางที่ 4)

(3) ไม่ว่ากรณีใด ๆ จะใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นเกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาทีไม่ได้

5.3.6.3 ในกรณีที่ยากแก่การหาความเค้นครากบนและความเค้นครากล่างในข้อ 2.9 (เส้นโค้ง Y ในรูปที่ 6) อาจหาความเค้นพิสูจน์ที่ความยืดรวมร้อยละ 0.5 แทนได้และให้ใช้ค่านี้เป็นค่าความเค้นครากล่าง ถ้าเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นอนุญาตหรือแล้วแต่จะตกลงกัน ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.3.7 การหาความเค้นพิสูจน์

5.3.7.1 การหาความเค้นพิสูจน์ สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (R_p) หรือความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (R_t) อัตราการเพิ่มความเค้นในช่วงยืดหยุ่นต้องไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ตามข้อ 5.3.4.3(2) และให้อยู่ในช่วง 3 ถึง 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที การหาความเค้นพิสูจน์ทั้งสองนี้ ต้องใช้เครื่องวัดการยืด

5.3.7.2 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (R_p) ความเค้นพิสูจน์นี้ หาได้จากแผนภาพของแรงกับการยืดโดยลากเส้นขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรง ของเส้นแสดงความสัมพันธ์ ให้มีระยะห่างกัน เท่ากับค่าความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนที่ต้องการ เช่น ที่ระยะร้อยละ 0.2 จุดที่เส้นที่ขนานนี้ตัดเส้นแสดงความสัมพันธ์ เป็นค่าของแรงที่จะนำไปคำนวณหาความเค้นพิสูจน์ที่ต้องการ (ดูรูปที่ 7)

(1) การหาแผนภาพของแรงกับการยืด จำเป็นที่จะต้องทำให้ละเอียดถูกต้อง เส้นแสดงความสัมพันธ์ อาจหาได้โดยวิธีธรรมดา หรือใช้เครื่องอัตโนมัติ

(2) ค่าความยืดที่ต้องการ เพื่อใช้หาความเค้นพิสูจน์จะต้องระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือแล้วแต่จะตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.3.7.3 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (R_t)

ความเค้นพิสูจน์นี้แสดงไว้ในแผนภาพของแรงกับการยืดในรูปที่ 8 ซึ่งในแผนภาพนี้ใช้ลากเส้นตรง ขนานกับแกนตั้ง มีระยะห่างเท่ากับความยืดรวมที่ต้องการ ค่าแรงที่ได้จากจุดซึ่งเส้นตรงนี้ตัดเส้นแสดงความสัมพันธ์เป็นค่าที่นำไปคำนวณหาความเค้นพิสูจน์ที่ต้องการ หรือค่าแรงนี้อาจจะอ่านได้โดยตรง เมื่อเครื่องวัดการยืดชี้บอกค่าความยืดรวม

(1) ค่าความยืดรวมที่ต้องการ เพื่อใช้หาความเค้นพิสูจน์ จะต้องระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ หรือแล้วแต่จะตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ ความเค้นพิสูจน์ซึ่งหาตามวิธีข้างต้น ควรใช้กับเหล็กกล้าที่มีความเค้นคราก ไม่เกิน 650 เมกาปาสกาล และความเค้นดึงสูงสุดไม่เกิน 1 100 เมกาปาสกาลเท่านั้น

5.3.8 การหาความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร

5.3.8.1 เมื่อกำหนดค่าความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรแล้ว ให้เริ่มดึงขึ้นทดสอบให้เกิดความเค้นเริ่มแรกขึ้นเล็กน้อย ตามที่ระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ แล้วจึงเพิ่มแรงดึง ขึ้นไปจนได้ค่าความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรที่กำหนด และให้คงไว้ที่ค่านี้ 10 ถึง 15 วินาที หลังจากนั้น ให้ลดลงมาจนต่ำกว่าค่าความเค้นเริ่มแรก แล้วจึงเพิ่มกลับขึ้นไปถึงค่าความเค้นเริ่มแรก

5.3.8.2 ในกรณีที่ใช้เครื่องวัดการยืดต้องตรวจสอบว่าการยืดถาวรที่เกิดขึ้นไม่เกินกว่าพิสัยที่เครื่องวัด การยืดกำหนดไว้

5.3.9 การหาความเค้นดึงสูงสุด

5.3.9.1 นอกจากเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ จะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น การหาความเค้นดึงสูงสุด (ดูรูปที่ 10) แรงที่ใช้กระทำต่อชิ้นทดสอบต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- (1) ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่ว่าในขณะใดอัตราการเคลื่อนออกจากกันของหัวจับ ของเครื่องทดสอบ เมื่อคิดเป็นร้อยละของความยาวส่วนขนานต่อหน้าที่ จะต้องไม่เกินสองเท่าของความยืดต่ำสุดที่ระบุแล้วบวกด้วยสิบ
- (2) ถ้าไม่ต้องการหาความเค้นคราก หรือความเค้นพิสูจน์ อาจใช้อัตราการดึงในช่วงการเปลี่ยนรูปยืดหยุ่นสูง เท่าที่ได้อนุญาตไว้ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรได้
- (3) ไม่ว่าในกรณีใด ๆ อัตราการดึงระหว่างการทดสอบจะต้องสม่ำเสมอ การเปลี่ยนอัตราการดึงจากช่วงการเปลี่ยนรูปยืดหยุ่น ไปยังช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรจะต้องค่อย ๆ กระทำโดยไม่ให้มีการสะดุด

5.3.9.2 ความเค้นดึงสูงสุดหาได้ตามนิยามที่ให้ไว้ในข้อ 2.8

5.3.10 การหาความยืด

5.3.10.1 ความยืดให้แสดงเป็นเลขจำนวนเต็ม ซึ่งใกล้เคียงที่สุดและหาได้ตามนิยามในข้อ 2.4

5.3.10.2 การรายงานผลการทดสอบหาความยืดต้องระบุมิติภาคตัดขวางและความยาวพิกัดของชิ้นทดสอบ

หมายเหตุ เพื่อความประหยัดหรือเหตุผลอื่นใดก็ตาม หากสะดวก ที่จะใช้ความยาวพิกัดตายตัวโดยไม่คำนึงถึงขนาด ของพื้นที่ภาคตัดขวาง ความยืดซึ่งเทียบเท่าความยืดจากความยาวพิกัด $5.65 \sqrt{S_0}$ อาจหาได้โดยใช้สูตรหรือแผนภูมิตามแต่จะตกลงกัน ในกรณีที่มีการขัดแย้ง ให้หาความยืดจากความยาวพิกัด $5.65 \sqrt{S_0}$

5.3.10.3 ค่าความยืดหลังจากขาดจะถูกตัดออก ก็ต่อเมื่อชิ้นทดสอบขาดระหว่างจุดพิกัดทั้งสองและตำแหน่งที่ขาดจะต้องมีระยะห่างเพียงพอจากจุดพิกัดที่อยู่ใกล้ในการวัดความยาวระหว่างจุดพิกัดหลังจากขาด จะต้องระมัดระวังให้ส่วนของชิ้นทดสอบต่อกันได้สนิท (ดูข้อ 5.3.10.5) โดยเฉพาะเมื่อวัดชิ้นทดสอบซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางเล็กและชิ้นทดสอบที่มีค่าความยืดต่ำ เพื่อสะดวกในการวัดอาจใช้ที่รองรับ เพื่อช่วยทำให้ชิ้นทดสอบที่ขาดแล้วต่อกันได้สนิท

5.3.10.4 ในกรณีที่ความยืดต่ำสุดที่ระบุ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ควรหาค่าความยืดโดยวิธีการดังต่อไปนี้ ก่อนจะลงมือดึงชิ้นทดสอบให้ทำจุดเครื่องหมาย เป็นจุดขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ใกล้ปลายข้างหนึ่งของความยาวส่วนขนาน ใช้จุดนี้เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนปลายเข็มรัศมีเท่ากับความยาวพิกัดขีดเส้นโค้งบนชิ้นทดสอบหลังจากดึงชิ้นทดสอบขาดแล้ว ให้นำชิ้นทดสอบที่ขาดมาต่อกันในที่ยืด ใช้วงเวียนขีดเส้นโค้งอันที่สองโดยใช้รัศมีและจุดศูนย์กลางอันเดียวกัน ระยะระหว่างส่วนโค้งทั้งสองให้วัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์หรือเครื่องมือที่เหมาะสม ถ้าจะให้เห็นรอยขีดชัดเจนอาจใช้สีทาชิ้นทดสอบเสียก่อน

5.3.10.5 เกณฑ์ตัดสิน

ในการทดสอบเพื่อรับรองค่าของความยืด ให้พิจารณาโดยถือเกณฑ์ดังนี้

- (1) ในกรณีที่ผลการทดสอบ ได้ค่าความยืดไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ ให้ถือว่าวัสดุนั้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด โดยไม่ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ขึ้นทดสอบขาด
- (2) ในกรณีที่ผลการทดสอบ ได้ค่าความยืดน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ และตำแหน่งที่ขาดอยู่ห่างจากจุดพิกัดที่อยู่ใกล้ มากกว่าหนึ่งในสามของความยาวพิกัด ให้ถือว่าวัสดุนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด
- (3) ในกรณีที่ผลการทดสอบ ได้ค่าความยืดน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ และตำแหน่งที่ขาดอยู่ห่างจากจุดพิกัดที่อยู่ใกล้ น้อยกว่าหนึ่งในสามของความยาวพิกัด ให้ยกเลิกผลการทดสอบนี้ เว้นแต่จะตกลงกันเป็นอย่างอื่น

5.3.11 การหาการลดทอนพื้นที่

ถ้าระบุไว้ การลดทอนพื้นที่หาได้ตามนิยามที่ให้ไว้ในข้อ 2.5

ตารางที่ 4 อัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับใช้หาความเค้นคราก
(ข้อ 5.3.4.3 และข้อ 5.3.6.2)

ตารางนี้ใช้ต่อเมื่อไม่สามารถควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วง
การเปลี่ยนแปลงรูปถาวรที่ต้องการ (ไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที) ได้โดยตรง

มิติของชิ้นทดสอบ ภาคตัดวงกลมได้สัดส่วน			อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุด MP a/s												
d	L _c	S _o	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=	K=
mm	mm	mm ²	0.000 02 mm/N	0.000 04 mm/N	0.000 06 mm/N	0.000 08 mm/N	0.000 10 mm/N	0.000 15 mm/N	0.000 20 mm/N	0.000 25 mm/N	0.000 30 mm/N	0.000 35 mm/N	0.000 40 mm/N	0.000 45 mm/N	0.000 50 mm/N
35.68	214	1 000	25.4	13.0	8.8	6.6	5.3	3.5	2.7	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1
25.23	151	500	30	18.2	12.3	9.3	7.4	5.0	3.8	3.0	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5
22.56	135	400		20.3	13.7	10.3	8.3	5.6	4.2	3.4	2.8	2.4	2.1	1.9	1.7
20	120	314.2		22.8	15.4	11.7	9.4	6.3	4.7	3.8	3.2	2.7	2.4	2.1	1.9
15.96	96	200		28.3	19.2	14.6	11.7	7.9	5.9	4.8	4.0	3.4	3.0	2.7	2.4
14	84	153.9		30	21.8	16.5	13.3	8.9	6.7	5.4	4.5	3.9	3.4	3.0	2.7
13.82	83	150			22.1	16.7	13.5	9.1	6.8	5.5	4.6	3.9	3.4	3.1	2.8
11.28	68	100			26.8	20.4	16.5	11.1	8.4	6.7	5.6	4.8	4.2	3.8	3.4
10	60	78.5			30	22.8	18.4	12.4	9.4	7.5	6.3	5.4	4.7	4.2	3.8
7.98	48	50				28.3	22.9	15.5	11.7	9.4	7.9	6.8	5.9	5.3	4.8
7	42	38.5				30	25.9	17.6	13.3	10.7	8.9	7.7	6.7	6.0	5.4
5.64	34	25					30	21.7	16.5	13.3	11.1	9.5	8.4	7.4	6.7
5	30	19.6						24.3	18.4	14.9	12.4	10.7	9.4	8.4	7.5
3.99	24	12.5	30	30	30	30	30	30	30	22.9	18.5	15.5	13.4	11.7	10.5
3	18	7.1								29.8	24.2	20.3	17.5	15.4	13.7

ดูหมายเหตุ 3.

- หมายเหตุ 1. ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นที่กำหนดไว้ทางขวางของตาราง จะให้อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเท่ากับ 0.002 5 ต่อวินาทีระหว่างการคราก ดังนั้นความเค้นครากที่หาได้จะสมนัยกับอัตราการเพิ่มความเครียดนี้
2. บริเวณตัวเลข 30 คือ บริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นได้ไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ในบางกรณีอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรจะต่ำกว่า 0.002 5 ต่อวินาที เล็กน้อย แต่ความผิดพลาดของความเค้นครากอันเนื่องมาจากเหตุนี้ โดยปกติแล้วจะต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเกิน 8 เมกาปาสกาล
3. บริเวณนี้คือ บริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที แต่ในบริเวณนี้ความเค้นครากที่หาได้จะต่ำกว่าความเค้นครากที่อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร (0.002 5 ต่อวินาที) ตามปกติค่าที่ต่ำไปนี้จะอยู่ระหว่าง 8 ถึง 16 เมกาปาสกาล
4. อาจใช้อัตราการเพิ่มความเครียดต่ำได้จนถึง 1 ใน 10 ของค่าที่สูงสุด ที่กำหนดไว้ในตารางซึ่งจะทำให้ค่าความครากที่หาได้ต่ำลงไปเล็กน้อย
5. ในกรณีอื่นๆ ซึ่งไม่ระบุไว้ในตาราง ค่าอัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดอาจจะคำนวณได้จากสูตร
- $$\text{อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่น} = \frac{0.0025 E}{(1 + K. E. S_0/L_c)} \text{ เมกาปาสกาลต่อวินาที}$$

ผนวก ก.

ข้อสังเกตเกี่ยวกับการหาคุณสมบัติต่างๆ

- ก.1 ในการหาคุณสมบัติต่างๆ จากการทดสอบโดยการดึงแต่ละครั้งนั้นค่าทดสอบที่ได้จะขึ้นอยู่กับ
 - ก.1.1 ชนิดของเหล็ก
 - ก.1.2 กรรมวิธีทางกลและทางความร้อนซึ่งได้กระทำกับชิ้นทดสอบ
 - ก.1.3 อัตราการเพิ่มความเครียดขณะที่ทดสอบซึ่งขึ้นอยู่กับ อัตราการเพิ่มแรงดึง รูปร่าง ชิ้นทดสอบและคุณสมบัติของเครื่องทดสอบซึ่งรวมถึงวิธียึดชิ้นทดสอบด้วย
 - ก.2 อัตราการเพิ่มความเครียดระหว่างการทดสอบจะมีผลอย่างเห็นได้ชัดต่อค่าของความเค้นคราก ความเค้นพิสูจน์ และความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรที่ทำได้ แต่จะมีผลน้อยต่อค่าของความเค้นดึงสูงสุด ความยืดและการลดทอนพื้นที่
 - ก.3 การตัดเย้นชิ้นตัวอย่างให้ตรง อาจทำให้ปรากฏการณ์การครากหายไป ในกรณีนี้จะหาได้แต่เพียงความเค้นพิสูจน์เท่านั้น และค่าที่หาได้นี้อาจจะมีความสัมพันธ์น้อยมากกับความเค้นคราก
-



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 599 (พ.ศ. 2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 5-2525 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2525

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบางโดยการดึง

1. ขอบข่าย

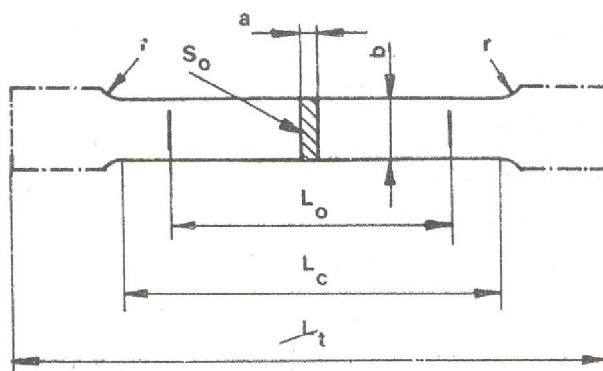
- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด การทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าแผ่นบาง ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร แต่ไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร โดยการดึง สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าลักษณะอื่นโดย การดึงที่มีได้กำหนดในเล่มนี้ จะปรากฏอยู่ในเล่มอื่นซึ่งอยู่ในชุดการทดสอบเหล็กและเหล็กกล้านี้ ได้แก่
- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป) มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 4
 - (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 6
 - (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 7

2. บทนิยาม

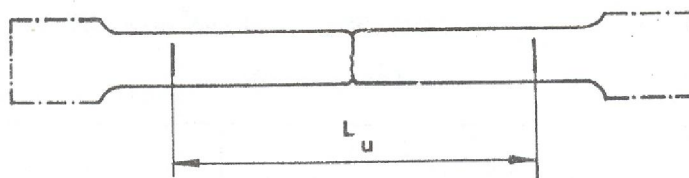
- 2.1 ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้ ให้เป็นไปตาม มอก. 244 เล่ม 4

3. สัญลักษณ์และความหมาย

- 3.1 สัญลักษณ์และความหมายในมาตรฐานนี้ ให้เป็นไปตามข้อ 3. สัญลักษณ์และความหมายของ มอก. 244 เล่ม 4 ยกเว้น รูปที่ 1 และรูปที่ 2 ให้เป็นไปดังนี้



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นทดสอบภาคตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1.1)



รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นทดสอบภาคตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลังจากขาด
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1.1)

หมายเหตุ ลักษณะปลายยึดของชิ้นทดสอบดังในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 นั้น แสดงไว้เพื่อ
เป็นตัวอย่างและแนวทางเท่านั้น

4. ชิ้นทดสอบ

4.1 ลักษณะชิ้นทดสอบ

4.1.1 ชิ้นทดสอบจะต้องมีความหนาตามที่ผลิต มีรูปร่าง ลักษณะตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 รัศมีของ
บ่าที่ปลายของความยาวส่วนขนานจะต้องไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

4.1.1.1 หากเป็นการตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย อาจจะใช้ชิ้นทดสอบซึ่งมีส่วนขนานโดยตลอดแทนได้
ความยาวระหว่างหัวจับควรเท่ากับ $L_0 + 3b$

4.1.2 ขนาดของชิ้นทดสอบที่ใช้ให้มีมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของชิ้นทดสอบ
(ข้อ 4.1.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร			
ความกว้าง b	ความยาวพิกัด L_0	ความยาวส่วนขนาน L_c	ความยาวระหว่าง หัวจับของชิ้นทดสอบ
12.5 ± 1	50 ± 0.5	75 ± 5	87.5 ± 5
20 ± 1	80 ± 0.8	120 ± 10	140 ± 10
20 ± 1	200 ± 2	225 ± 10	260 ± 10

หมายเหตุ ความขนานจะต้องผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 0.2

4.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

- 4.2.1 ทิศทางของแนวแกนชิ้นทดสอบ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ หรือแล้วแต่จะตกลงกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทิศทางของแนวแกนนี้จะต้องแสดงไว้ในรายงานผลการทดสอบด้วย
- 4.2.2 การตัดชิ้นทดสอบจากชิ้นตัวอย่าง ต้องระวังการเสียรูปและให้เกิดความร้อนน้อยที่สุดในส่วนที่จะนำไปทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปทดสอบหาความเค้นพิสูจน์ ความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร หรือความเค้นคราก
- 4.2.3 ผิวของชิ้นทดสอบอาจปล่อยทิ้งไว้ในลักษณะเดิมตามกรรมวิธีที่ผลิตมา เช่น รีด ดึง หรืออัดรีด เป็นต้น ขอบที่คมต้องลบมุมให้มนและต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดรอยเครื่องมือในแนวขวางชิ้นทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จุดสัมผัสระหว่างส่วนขนานกับส่วนโค้งของบ่า
- 4.2.4 พื้นที่ภาคตัดขวาง
ความคลาดเคลื่อนในการหาพื้นที่ภาคตัดขวาง จะต้องไม่เกินร้อยละ ± 2 โดยปกติแล้วความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่จะเกิดจากการวัดความหนาของชิ้นทดสอบ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนในการวัดความกว้างจะต้องไม่เกินร้อยละ ± 0.2

4.3 การทำเครื่องหมายความยาวพิกัด

- 4.3.1 การทำเครื่องหมายความยาวพิกัด ให้มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ± 1
- 4.3.2 ให้ทำเครื่องหมายไว้ โดยใช้เส้นขีดบาง ๆ แต่จะต้องระมัดระวังไม่ให้ชิ้นทดสอบเสียหาย

5. การทดสอบ

5.1 ภาวะทดสอบ

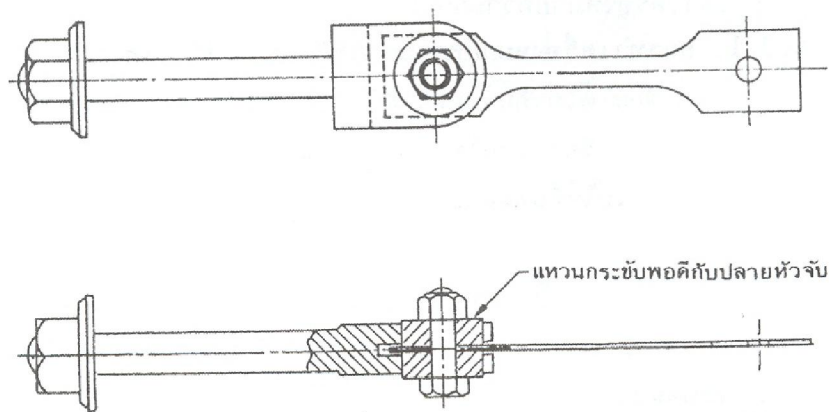
นอกจากจะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

5.2 เครื่องทดสอบและเครื่องมืออื่น ๆ

ต้องเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับให้ถูกต้อง ตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

5.3 วิธีทดสอบ

- 5.3.1 การทดสอบกระทำโดยใช้แรงดึงชิ้นทดสอบ ให้เกิดความเครียดในชิ้นทดสอบ โดยทั่วไปแล้วจะกระทำจนชิ้นทดสอบขาด เพื่อที่จะหาคุณสมบัติทางกลอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง
- 5.3.2 วิธียืดชิ้นทดสอบ
โดยปกติให้ใช้หัวจับแบบลิ้ม สำหรับชิ้นทดสอบที่ค่อนข้างบางควรใช้หัวจับตามรูปที่ 3 นอกจากชิ้นทดสอบจะมีปลายแคบเกินไป ผิวหน้าของส่วนที่จับชิ้นทดสอบอาจจะเป็นลักษณะพื้นละเอียดได้ การยืดชิ้นทดสอบจะต้องพยายามอย่างดีที่สุดที่จะให้แรงที่กระทำอยู่ในแนวแกน



รูปที่ 3 หัวจับชั้นทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบาง
(ข้อ 5.3.2)

5.3.3 การหาคุณสมบัติต่าง ๆ

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการหาจะปรากฏอยู่ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้น ๆ การหาคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 5.3.4 และข้อ 5.3.5

หมายเหตุ การระบุค่าความเค้นคราก และความเค้นพิสูจน์ต่าง ๆ ควรให้ถูกต้อง และชัดเจนตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.9 ข้อ 2.10 และข้อ 2.11 (ดูข้อ 5.3.6 ประกอบ)

5.3.4 เทคนิคการทดสอบ

5.3.4.1 ตัวประกอบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนอัตราการเพิ่มความเครียด

ในระหว่างการทดสอบ ค่าของอัตราการเพิ่มความเครียดที่แท้จริงจะเปลี่ยนไปมากเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะอาจมีผลต่อค่าทดสอบที่ได้ ถ้าหากมีเครื่องมือที่เหมาะสมอาจจะ วัดอัตราการเพิ่มความเครียด ระหว่างการเปลี่ยนรูปถาวรได้โดยตรง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ ส่วนมากอัตราการเพิ่มความเครียดนี้อาจจะประเมินได้ด้วยอัตราการเพิ่มแรงดึง โดยพิจารณาถึง ตัวประกอบต่อไปนี้

- (1) ค่าการยอมยืดหยุ่นปรากฏ (apparent elastic compliance, K) ของเครื่องทดสอบและอุปกรณ์ ยึดชิ้นทดสอบ (ดูข้อ 5.3.4.3) ค่านี้จะต้องหา ก่อนการทดสอบ
- (2) พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ
- (3) ความยาวส่วนขนานของชิ้นทดสอบ

5.3.4.2 การหาคุณลักษณะของระบบการทดสอบ

การยอมยืดย่นปรากฏ (K) ของระบบทดสอบโดยการดึง หาได้จากสูตร

$$K = \frac{L_c \left(\frac{v_p}{v_e} - 1 \right)}{E S_o}$$

เมื่อ K คือ การยอมยืดย่นปรากฏ เป็นมิลลิเมตรต่อนิวตัน

L_c คือ ความยาวส่วนขนาน เป็นมิลลิเมตร

v_p คือ อัตราการยืดย่นในช่วงการคราก ด้วยแรงดึงคงที่ เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

v_e คือ อัตราการยืดย่นในช่วงการยืดย่น เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

E คือ โมดูลัสยืดย่น เป็นเมกาปาสกาล

S_o คือ พื้นที่ภาคตัดขวางเดิม ภายในความยาวพิักัด เป็นตารางมิลลิเมตร

วิธีทดสอบในการหาการยอมยืดย่นปรากฏ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การหาการยอมยืดย่นปรากฏ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม BS 4759) ค่าที่หาจากขั้นตอนทดสอบที่ใช้เป็นประจำนี้อาจนำไปใช้ในการทดสอบโดยการดึงอื่น ๆ ได้ทั้งหมด ถ้าเครื่องมือทดสอบใช้อุปกรณ์การยืดย่นแบบเดียวกันและทำการทดสอบภายใต้ภาวะคล้ายคลึงกัน

5.3.4.3 การใช้ค่าการยอมยืดย่นปรากฏ (K)

(1) การวัดความเค้นครากบน และความเค้นครากล่าง

ควรใช้อัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที โดยปกติแล้ว ค่านี้จะได้จากการดึงชิ้นทดสอบกลมได้สัดส่วน โดยควบคุมเครื่องทดสอบให้มีอัตราการเพิ่มความเค้นถึง 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที (ประมาณ 3 กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที) อนึ่งไม่ควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดย่นเกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดต่าง ๆ เช่น ผลจากแรงเฉื่อย

ตารางที่ 2 กำหนดค่าสูงสุดของอัตราการเพิ่มความเค้น สำหรับใช้กับขั้นตอนทดสอบขนาดต่าง ๆ และที่ค่า K ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในกรณีที่ไม่สามารถจะควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่ให้เป็น 0.002 5 ต่อวินาทีได้โดยตรง อัตราการเพิ่มความเค้นซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 1 ใน 10 ของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดย่นที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 อนุญาตให้ใช้ได้ แต่จะทำให้ได้ค่าของความเค้นครากต่ำลงเล็กน้อย ในกรณีที่หาค่า K ไม่ได้ อาจจะตกลงกันให้ใช้ค่า K เท่ากับ 0.000 3 มิลลิเมตรต่อนิวตันได้

หมายเหตุ เครื่องทดสอบซึ่งมีค่า K ต่ำ สามารถใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดย่นสูงสุด (30 เมกาปาสกาลต่อวินาที) กับขั้นตอนทดสอบขนาดภาคตัดต่าง ๆ กันได้หลายขนาดขึ้น โดยที่ไม่ทำให้ค่าอัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเกิน 0.002 5 ต่อวินาที

(2) การวัดค่าความเค้นพิสูจน์

ในกรณีที่ไม่มีปรากฏการณ์การคราก ค่า K และขนาดของชั้นทดสอบ จะไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความเครียดขณะที่หาความเค้นพิสูจน์มากนัก ดังนั้นในการหาความเค้นพิสูจน์จึงควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นสูงสุด 30 เมกาปาสกาลต่อวินาทีเพียงค่าเดียว

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะระบุอัตราการเพิ่มความเครียดซึ่งสมนัยกันลงไปให้แน่นอน เพราะว่าจะเป็นการบังคับ ชนิดของเครื่องวัดการยืดที่จะใช้จนเกินไป

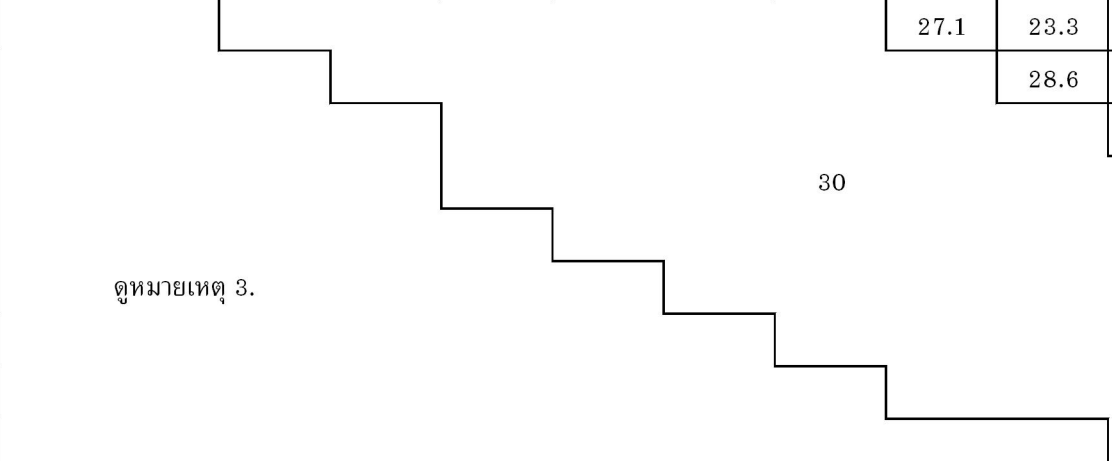
- 5.3.5 ข้อสังเกตเกี่ยวกับแผนภาพของแรงกับการยืด การหาความเค้นคราก การหาความเค้นพิสูจน์ การหาความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร การหาความเค้นดึงสูงสุด และการหาความยืด ให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 5.3.5 ข้อ 5.3.6 ข้อ 5.3.7 ข้อ 5.3.8 ข้อ 5.3.9 และข้อ 5.3.10 ตามลำดับ ทั้งนี้ให้ใช้ตารางที่ 2 ท้ายเล่มนี้ แทนตารางที่ 4 ของ มอก.244 เล่ม 4
- 5.3.6 ข้อสังเกตเกี่ยวกับการหาคุณสมบัติต่างๆ ให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4 หมวด ก.

ตารางที่ 2 ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับใช้หาความเค้นคราก
(ข้อ 5.3.4.3 และข้อ 5.3.5)

ตารางนี้ใช้ต่อเมื่อไม่สามารถควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรที่ต้องการ (ไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที) ได้โดยตรง

มิติของชั้นทดสอบ ภาคตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า			อัตราการเพิ่มความเค้นยึดหยุ่นสูงสุด สำหรับชั้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดที่ 1 ($L_c = 120\text{ mm}$, $b = 20\text{ mm}$) และชนิดที่ 2 ($L_c = 75\text{ mm}$, $b = 12.5\text{ mm}$)													
ความหนา ชั้นทดสอบ a mm	พื้นที่ภาคตัดขวาง S_o mm^2		MPa/s													
	S_o		K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =	K =		
	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N		
3.5	70	43.7	ดูหมายเหตุ 3.				30		27.1	20.6	16.6	13.9	12.0	10.5	9.4	8.4
3.0	60	37.5							23.8	19.2	16.1	14.0	12.2	10.9	9.8	
2.5	50	31.2							28.3	22.9	19.2	16.6	14.6	13.0	11.7	
2.0	40	25.0							28.3	23.8	20.6	18.1	16.1	14.6		
1.5	30	18.7							27.1	23.8	21.3	19.2				
1.25	25	15.6							28.3	25.3	22.9					
1.0	20	12.5							28.3							
0.75	15	9.37							28.3							
0.5	10	6.25							28.3							

ตารางที่ 2 ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับใช้หาความเค้นคราก (ต่อ)

มิติของชิ้นทดสอบ ภาคตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า		อัตราการเพิ่มความเค้นยึดหยุ่นสูงสุด สำหรับชิ้นทดสอบภาคตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชนิดที่ 3 ($L_c = 225 \text{ mm}$, $b = 20 \text{ mm}$)												
ความหนา ชิ้นทดสอบ a mm	พื้นที่ภาคตัดขวาง S_0 mm ²	MPa/s												
		K = 0.000 02 mm/N	K = 0.000 04 mm/N	K = 0.000 06 mm/N	K = 0.000 08 mm/N	K = 0.000 10 mm/N	K = 0.000 15 mm/N	K = 0.000 20 mm/N	K = 0.000 25 mm/N	K = 0.000 30 mm/N	K = 0.000 35 mm/N	K = 0.000 40 mm/N	K = 0.000 45 mm/N	K = 0.000 50 mm/N
3.5	70									27.1	23.3	20.5	18.3	16.6
3.0	60									28.6	23.8	21.3	19.2	
2.5	50										28.3	25.3	22.9	
2.0	40													28.3
1.5	30													
1.25	25													
1.0	20													
0.75	15													
0.5	10													

- หมายเหตุ 1. ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นที่กำหนดไว้ทางขวาของตาราง จะให้อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเท่ากับ 0.002 5 ต่อวินาทีระหว่างการคราก ดังนั้นความเค้นครากที่หาได้จะสมนัยกับอัตราการเพิ่มความเครียดนี้
2. บริเวณตัวเลข 30 คือ บริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ในบางกรณีอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรจะต่ำกว่า 0.002 5 ต่อวินาทีเล็กน้อย แต่ความผิดพลาดของความเค้นครากอันเนื่องจากเหตุนี้โดยปกติแล้วจะต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เกิน 8 เมกาปาสกาล
3. บริเวณนี้คือ บริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดได้ไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที แต่ในบริเวณนี้ความเค้นครากที่หาได้จะต่ำกว่า ความเค้นครากที่อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร (0.002 5 ต่อวินาที) ตามปกติค่าที่ต่ำไปนี้จะอยู่ระหว่าง 8 ถึง 16 เมกาปาสกาล
4. อาจใช้อัตราการเพิ่มความเครียดต่ำได้จนถึง 1 ใน 10 ของค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ในตาราง ซึ่งจะทำให้ค่าความเค้นครากที่หาได้ต่ำลงไปเล็กน้อย
5. ในกรณีอื่นๆ ซึ่งไม่ระบุไว้ในตาราง ค่าอัตราการเพิ่มความเค้นแอาจจะคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่น} = \frac{0.0025 E}{(1 + K.E.S_o/L_c)} \text{ เมกาปาสกาลต่อวินาที}$$



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 600 (พ.ศ. 2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 6-2525 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2525

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้าโดยการดึง

1. ขอบข่าย

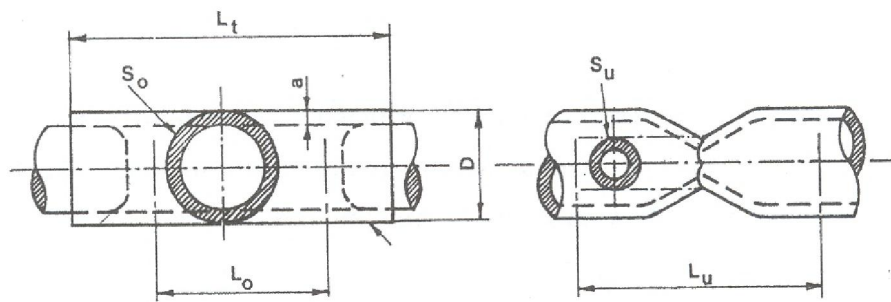
- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด การทดสอบผลิตภัณฑ์ท่อเหล็กกล้าโดยการดึงขึ้นทดสอบตามรูปพรรณเดิม หรือดึงขึ้นทดสอบที่ตัดเป็นชิ้นส่วนตามแนวยาว โดยคงความหนาเดิม ขึ้นทดสอบต้องมีพื้นที่ภาคตัดขวางไม่น้อยกว่า 40 ตารางมิลลิเมตร การทดสอบโดยวิธีตัดชิ้นส่วนตามแนวยาวนี้ ปกติใช้กับท่อเหล็กที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าลักษณะอื่นโดยการดึงที่มีได้กำหนดในเล่มนี้ จะปรากฏอยู่ในเล่มอื่น ซึ่งอยู่ในชุดการทดสอบเหล็กและเหล็กกล้านี้ ได้แก่
- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป) มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 4
 - (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้าแผ่นบาง โดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 5
 - (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้า โดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 7

2. บทนิยาม

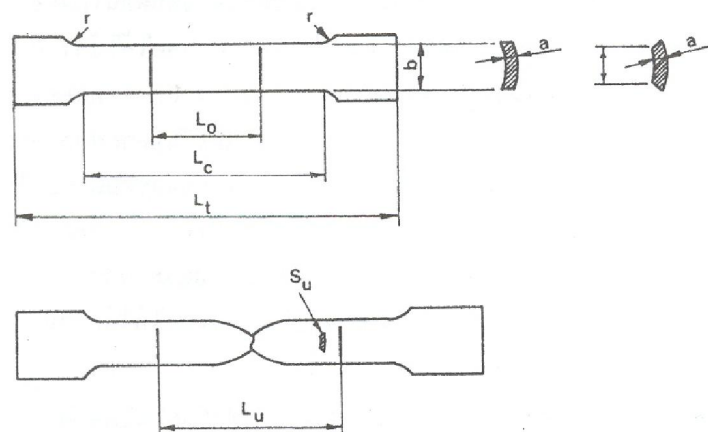
- 2.1 ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4

3. สัญลักษณ์และความหมาย

- 3.1 สัญลักษณ์และความหมายในมาตรฐานนี้ ให้เป็นไปตามข้อ 3. สัญลักษณ์และความหมายของ มอก.244 เล่ม 4 ยกเว้นสัญลักษณ์และรูปดังต่อไปนี้
- a คือ ความหนาของท่อเหล็กกล้า
 - b คือ ความกว้างเฉลี่ยของชิ้นทดสอบตามแนวยาว
 - d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อเหล็กกล้า
 - D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อเหล็กกล้า



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นทดสอบตามรูปพรรณเดิม
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)



รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นทดสอบตัดตามแนวยาว
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)

4. ชิ้นทดสอบ

4.1 ลักษณะชิ้นทดสอบ

4.1.1 จะต้องตัดชิ้นทดสอบจากท่อเหล็กกล้า แล้วดึงตามรูปพรรณเดิมหรือตัดเป็นชิ้นส่วนตามแนวยาว โดยคงความหนาเดิมตามรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ แต่ควรทดสอบโดยใช้ท่อเหล็กกล้ารูปพรรณเดิม

4.1.1.1 รูปร่างของชิ้นทดสอบที่ตัดจากท่อเหล็กกล้า ยอมให้มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ ± 0.33 มิลลิเมตร

4.1.1.2 ระบุลักษณะของชิ้นทดสอบในรายงานผลการทดสอบ

- 4.1.2 การทดสอบชิ้นทดสอบที่มีลักษณะเป็นท่อเหล็กกล้าตามรูปพรรณเดิม ท่อที่นำมาทดสอบอาจจะอุดด้วยจุกที่ปลายทั้งสองข้างระยะระหว่างปลายในจุกอุดกับตำแหน่งพิกัดอันใกล้ต้องอยู่ในระหว่าง $\frac{D}{4}$ และ D หากชิ้นทดสอบยาวพอให้ใช้ค่า D
- 4.1.3 การทดสอบชิ้นทดสอบที่ตัดตามแนวยาว ชิ้นทดสอบต้องมีความยาวส่วนขนานค่าหนึ่ง และส่วนที่เป็นปลายยึดอาจมีความกว้างมากกว่าส่วนขนาน ในกรณีนี้จะต้องมีรัศมีของบ่าในการลดขนาด (ดูรูปที่ 2) จากส่วนที่เป็นปลายยึดมาเป็นส่วนขนาน ความยาวส่วนขนานต้องมีค่าอยู่ระหว่าง $L_0 + \frac{b}{2}$ และ $L_0 + 2b$ ถ้ามีตัวอย่างพอเพียงให้ใช้ความยาวส่วนขนานเป็น $L_c = L_0 \pm 2b$
- 4.1.4 การทดสอบชิ้นทดสอบได้สัดส่วน เพื่อให้ได้ค่าความยืดที่มีหลักเกณฑ์ ชิ้นทดสอบต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวพิกัดกับพื้นที่ภาคตัดขวางที่กำหนดขึ้น ตามข้อตกลงสากลให้ใช้ $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ อาจวัดความยืดตามความยาวพิกัดที่กำหนดขึ้นเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง แล้วแปลงเป็นความยาวพิกัดที่ได้สัดส่วนโดยอาศัยสูตรและตารางการแปลงค่าตามแต่ละตกลงกันในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นๆ (ดู มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 5.3.10.2 ประกอบ)

4.1.5 พื้นที่ภาคตัดขวาง

- 4.1.5.1 การหาพื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ จะต้องมีความถูกต้องถึงร้อยละ 1 นอกจากได้มีการกำหนดเป็นอย่างอื่นในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นๆ
- 4.1.5.2 พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบที่ตัดมาจากท่อเหล็กกล้าตามรูปพรรณเดิมหรือที่มีลักษณะเป็นชิ้นส่วนตามแนวยาวของท่อ อาจคำนวณได้จากชิ้นทดสอบที่ทราบน้ำหนักและความยาว (สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา และเหล็กกล้าโลหะเจือต่ำ ควรใช้น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เท่ากับ 7.85 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรคำนวณด้วย 1.015 สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนิต์ และคูณด้วย 0.985 สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ไรต์)
- 4.1.5.3 กรณีที่ท่อเหล็กกล้ามีภาคตัดสม่ำเสมอทั้งหมด พื้นที่ภาคตัดขวางอาจจะหาได้โดยการวัดและนำไปคำนวณ
- 4.1.5.4 เพื่อให้ได้ความละเอียดถูกต้อง พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบที่ตัดด้านข้างตามแนวรัศมีของท่อ ให้คำนวณจากสูตร

$$S_0 = ab$$

ในกรณีที่ตัดชิ้นทดสอบให้ด้านข้างขนานกัน พื้นที่ภาคตัดขวางให้คำนวณจากสูตร

$$S_0 = ab \left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{b^2}{Dd} \right)$$

(ดูรูปที่ 2 ประกอบ)

4.2 การทำเครื่องหมายความยาวพิกัด

- 4.2.1 ค่าของความยาวพิกัดเดิมของชิ้นทดสอบได้สัดส่วน ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 4.1 อาจปัดเป็นพหุคูณของ 5 มิลลิเมตร ที่ใกล้เคียงได้ แต่ผลต่างระหว่างค่าที่คำนวณได้กับค่าความยาวพิกัดที่ใช้ต้องต่ำกว่าร้อยละ 10 ของความยาวพิกัดเดิม
- 4.2.2 ปลายแต่ละข้างของความยาวพิกัด อาจทำเครื่องหมายเป็นจุดเล็ก ๆ หรือเส้นบาง ๆ ก็ได้ หรืออาจใช้หมึกแห้งเร็วทาชิ้นทดสอบ และทำเครื่องหมายความยาวพิกัดโดยขีดเป็นเส้นบาง ๆ ถ้าเป็นเหล็กที่ไวต่อการแตกร้าวเมื่อมีรอยบาก ไม่ควรทำเครื่องหมายเป็นรอยลึกในเนื้อเหล็ก

- 4.2.3 เพื่อความสะดวกในการทดสอบ อาจทำเครื่องหมายบนผิวชิ้นทดสอบเป็นเส้นขนานกับแกนยาว ชิ้นทดสอบแบนให้ชิดที่กึ่งกลางความกว้างของชิ้นทดสอบ
- 4.2.4 ถ้าความยาวส่วนขนานยาวกว่าความยาวพิสัยมาก เช่นในกรณีที่ชิ้นทดสอบไม่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องมือกล ควรจัดวางความยาวพิสัยเป็นชุดให้เหลื่อมกัน และให้บางอันเลยเข้าไปในปลายยึด

5. การทดสอบ

5.1 ภาวะทดสอบ

นอกจากจะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

5.2 เครื่องทดสอบและเครื่องมืออื่น ๆ

ต้องเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับให้ถูกต้อง ตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

5.3 วิธีทดสอบ

- 5.3.1 การทดสอบกระทำโดยใช้แรงดึงชิ้นทดสอบ ให้เกิดความเครียดในชิ้นทดสอบ โดยทั่วไปแล้วจะกระทำจนชิ้นทดสอบขาด เพื่อที่จะหาคุณสมบัติทางกลอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

5.3.2 วิธียึดชิ้นทดสอบ

จะต้องยึดชิ้นทดสอบด้วยวิธีเหมาะสม เช่น ใช้ลิ่ม เกลียวยึด บำยึด ฯลฯ แล้วแต่วิธีไหนจะสะดวก การยึดชิ้นทดสอบจะต้องพยายามอย่างดีที่สุด ที่จะให้แรงที่กระทำอยู่ในแนวแกนโดยเฉพาะการทดสอบวัสดุเปราะ และเมื่อต้องการหาความเค้นครากหรือความเค้นพิสัย

- 5.3.2.1 กรณีที่ใช้ชิ้นทดสอบตามรูปพรรณเดิม ความยาวของจุกส่วนที่ยื่นเลยหัวยึดเข้าไปในท่อเหล็ก ต้องไม่มากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อเหล็กกล้านั้น และรูปร่างของจุกจะต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อการยึดอิสระของความยาวพิสัย

5.3.3 การหาคุณสมบัติต่าง ๆ

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการหาจะปรากฏอยู่ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ การหาคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 5.3.4 ถึงข้อ 5.3.6

หมายเหตุ การระบุค่าความเค้นคราก และความเค้นพิสัยต่าง ๆ ควรให้ถูกต้องและชัดเจนตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.9 ข้อ 2.10 ข้อ 2.11 และคู่มือ ก. ประกอบ

5.3.4 เทคนิคการทดสอบ

- 5.3.4.1 ตัวประกอบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนอัตราการเพิ่มความเครียด

ในระหว่างการทดสอบ ค่าของอัตราการเพิ่มความเครียดที่แท้จริงจะเปลี่ยนไปมาเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะอาจมีผลต่อค่าทดสอบที่หาได้ ถ้าหากมีเครื่องมือที่เหมาะสมอาจจะวัดอัตราการเพิ่มความเครียด ระหว่างการเปลี่ยนรูปการได้โดยตรง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติส่วนมากอัตราการเพิ่มความเครียดนี้อาจจะประเมินได้ด้วยอัตราการเพิ่มแรงดึง โดยพิจารณาถึงตัวประกอบต่อไปนี้

- (1) ค่าการยอมยืดหยุ่นปรากฏ (apparent elastic compliance, K) (ดูข้อ 5.3.4.3) ค่านี้จะต้องหา ก่อนการทดสอบ
- (2) พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ
- (3) ความยาวส่วนขนานของชิ้นทดสอบ

5.3.4.2 การหาคุณลักษณะของระบบการทดสอบ

การยอมยืดยืดหยุ่นปรากฏ (K) ของระบบทดสอบโดยการดึง หาได้จากสูตร

$$K = \frac{L_c \left(\frac{v_p}{v_c} - 1 \right)}{ES_0}$$

เมื่อ K คือ การยอมยืดยืดหยุ่นปรากฏ เป็นมิลลิเมตรต่อนิวตัน

L_c คือ ความยาวส่วนขนาน เป็นมิลลิเมตร

v_p คือ อัตราการยืดในช่วงการครากด้วยแรงดึงคงที่ เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

v_c คือ อัตราการยืดในช่วงการยืดยืดหยุ่น เป็นมิลลิเมตรต่อวินาที

E คือ โมดูลัสยืดหยุ่น เป็นเมกาปาสกาล

S_0 คือ พื้นที่ภาคตัดขวางเดิมภายในความยาวพิกัด เป็นตารางมิลลิเมตร

วิธีทดสอบในการหาการยอมยืดยืดหยุ่นปรากฏให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การหาการยอมยืดยืดหยุ่นปรากฏ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม BS 4759) ค่าที่หาจากขั้นตอนทดสอบที่ใช้เป็นประจำนี้อาจจะนำไปใช้ในการทดสอบโดยการดึงอื่น ๆ ได้ทั้งหมด ถ้าเครื่องมือทดสอบใช้อุปกรณ์การยึดแบบเดียวกันและทำการทดสอบภายใต้ภาวะคล้ายคลึงกัน

5.3.4.3 การใช้ค่าการยอมยืดยืดหยุ่นปรากฏ (K)

(1) การวัดความเค้นครากบน และความเค้นครากล่าง

ควรใช้อัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที โดยปกติแล้วค่านี้จะได้จากการดึงขึ้นทดสอบให้มีอัตราการเพิ่มความเค้นถึง 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที (ประมาณ 3 กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตรต่อวินาที) อนึ่ง ไม่ควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นเกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดต่าง ๆ เช่น ผลจากแรงเฉื่อย

ตารางที่ 1 กำหนดค่าสูงสุดของอัตราการเพิ่มความเค้น สำหรับใช้กับขั้นตอนทดสอบขนาดต่าง ๆ และที่ค่า K ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในกรณีที่ไม่สามารถจะควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรไม่ให้เกิน 0.002 5 ต่อวินาที ได้โดยตรง อัตราการเพิ่มความเค้นซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 1 ใน 10 ของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 อนุญาตให้ใช้ได้ แต่จะทำให้ได้ค่าของความเค้นครากต่ำลงเล็กน้อย ในกรณีที่หาค่า K ไม่ได้อาจจะตกลงกันให้ใช้ค่า K เท่ากับ 0.00 3 มิลลิเมตรต่อนิวตันได้

หมายเหตุ เครื่องทดสอบซึ่งมีค่า K ต่ำ สามารถใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุด (30 เมกาปาสกาลต่อวินาที) กับขั้นตอนทดสอบขนาดภาคตัดต่าง ๆ กันได้หลายขนาดขึ้น โดยที่ไม่ทำให้ค่าอัตราการเพิ่มความเครียด ในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเกิน 0.002 5 ต่อวินาที

(2) การวัดค่าความเค้นพิสูจน์

ในกรณีที่ไม่มีปรากฏการณ์การคราก ค่า K และขนาดของชั้นทดสอบ จะไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความเครียดขณะที่หาความเค้นพิสูจน์มากนัก ดังนั้นในการหาความเค้นพิสูจน์จึงควรใช้อัตราการเพิ่มความเค้นสูงสุด 30 เมกาปาสกาลต่อวินาทีเพียงค่าเดียว

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะระบุอัตราการเพิ่มความเครียดซึ่งสมนัยกันลงไปให้แน่นอนเพราะว่าจะเป็นการบังคับชนิดของเครื่องวัดการยืดที่จะใช้จนเกินไป

5.3.5 ข้อสังเกตเกี่ยวกับแผนภาพของแรงกับการยืด การหาความเค้นคราก การหาความเค้นพิสูจน์ การหาความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร การหาความเค้นดึงสูงสุด และการหาความยืดให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 5.3.5 ข้อ 5.3.6 ข้อ 5.3.7 ข้อ 5.3.8 ข้อ 5.3.9 และข้อ 5.3.10 ตามลำดับ ทั้งนี้ให้ใช้ตารางที่ 1 ท้ายเล่มนี้ แทนตารางที่ 4 ของ มอก.244 เล่ม 4

5.3.6 การหาการลดทอนพื้นที่

5.3.6.1 กรณีที่ชั้นทดสอบตามรูปพรรณเดิมหรือชั้นทดสอบที่ตัดแนวยาว จากท่อเหล็กกล้าที่มีความหนา น้อยมาก ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะหาการลดทอนพื้นที่ จึงไม่จำเป็นต้องหาก็ได้

5.3.6.2 กรณีที่สามารถหาการลดทอนพื้นที่ได้ ให้หาตามบทนิยามที่ระบุไว้ตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.5

ตารางที่ 1 ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับใช้หาความเค้นคราก
(ข้อ 5.3.4.3 และข้อ 5.3.5)

ตารางนี้ใช้ต่อเมื่อไม่สามารถควบคุมอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรที่ต้องการ (ไม่เกิน 0.002 5 ต่อวินาที) ได้โดยตรง

มิติของ ชั้นทดสอบ		อัตราการเพิ่มความเค้นยึดหยุ่นสูงสุด												
		Mpa/s												
L _c	S _o	K = 0.000 02	K = 0.000 04	K = 0.000 06	K = 0.000 08	K = 0.000 10	K = 0.000 15	K = 0.000 20	K = 0.000 25	K = 0.000 30	K = 0.000 35	K = 0.000 40	K = 0.000 45	K = 0.000 50
mm	mm ²	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N
62.5	250	29.5	15.2	10.2	7.7	6.2	4.1	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.2	1.2
	200		18.8	12.7	9.6	7.7	5.2	3.9	3.1	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6
	150		24.8	16.8	12.7	10.2	6.9	5.2	4.1	3.4	3.0	2.6	2.3	2.1
	100			24.8	18.8	15.2	10.2	7.7	6.2	5.2	4.4	3.9	3.4	3.1
	80				23.3	18.8	12.7	9.6	7.7	6.4	5.5	4.8	4.3	3.9
	60		30			24.8	16.8	12.7	10.2	8.5	7.3	6.4	5.7	5.2
	40	ดูหมายเหตุ 3.					24.8	18.8	15.2	12.7	10.9	9.6	8.5	7.7
75	250		18.1	12.2	9.2	7.4	5.0	3.7	3.0	2.5	2.1	1.9	1.7	1.5
	200		22.4	15.2	11.5	9.2	6.2	4.6	3.7	3.1	2.7	2.3	2.1	1.9
	150		29.5	20.0	15.2	12.2	8.2	6.2	5.0	4.1	3.5	3.1	2.8	2.5
	100			29.5	22.4	18.1	12.2	9.2	7.4	6.2	5.3	4.6	4.1	3.7
	80				27.7	22.4	15.2	11.5	9.2	7.7	6.6	5.8	5.2	4.6
	60		30			29.5	20.0	15.2	12.2	10.2	8.8	7.7	6.9	6.2
	40	ดูหมายเหตุ 3.					29.5	22.4	18.1	15.2	13.1	11.5	10.2	9.2
125	250		29.5	20.0	15.2	12.2	8.2	6.2	5.0	4.1	3.5	3.1	2.8	2.5
	200			24.8	18.8	15.2	10.2	7.7	6.2	5.2	4.4	3.9	3.4	3.1
	150				24.8	20.0	13.5	10.2	8.2	6.9	5.9	5.2	4.6	4.1
	100					29.5	20.0	15.2	12.2	10.2	8.9	7.7	6.9	6.2
	80						24.8	18.8	15.2	12.7	10.9	9.6	8.5	7.7
	60		30					24.8	20.0	16.8	14.5	12.7	11.3	10.2
	40	ดูหมายเหตุ 3.							29.5	24.8	21.4	18.8	16.8	15.2

ตารางที่ 1 ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นเริ่มแรกสำหรับใช้หาความเค้นคราก (ต่อ)

มิติของ ชิ้นทดสอบ		อัตราการเพิ่มความเค้นยึดหยุ่นสูงสุด												
		Mpa/s												
L _c	S _o	K = 0.000 02	K = 0.000 04	K = 0.000 06	K = 0.000 08	K = 0.000 10	K = 0.000 15	K = 0.000 20	K = 0.000 25	K = 0.000 30	K = 0.000 35	K = 0.000 40	K = 0.000 45	K = 0.000 50
mm	mm ²	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N	mm/N
225	800		17.0	11.5	8.6	6.9	4.6	3.5	2.8	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4
	700		19.3	13.1	9.9	7.9	5.3	4.0	3.2	2.7	2.3	2.0	1.8	1.6
	600		22.0	15.2	11.5	9.2	6.2	4.6	3.7	3.1	2.7	2.3	2.1	1.9
	500		26.7	18.1	13.7	11.0	7.4	5.6	4.5	3.7	3.2	2.8	2.5	2.2
	400		30	22.4	17.0	13.7	9.2	6.9	5.6	4.6	4.0	3.5	3.1	2.8
	300			29.5	22.4	18.1	12.2	9.2	7.4	6.2	5.3	4.6	4.1	3.7
	250			26.7	21.6	14.5	11.0	8.8	7.4	6.4	5.6	5.0	4.5	
325	2 000	19.6	10.0	6.7	5.0	4.0	2.7	2.0	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8
	1 500	25.8	13.2	8.9	6.1	5.4	3.6	2.7	2.2	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1
	1 250		15.8	10.6	8.0	6.4	4.3	3.2	2.6	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3
	1 000		19.6	13.2	10.0	8.0	5.4	4.0	3.2	2.7	2.3	2.0	1.8	1.6
	800		24.2	16.4	12.4	10.0	6.7	5.0	4.0	3.7	2.9	2.5	2.2	2.0
	600	30	21.6	16.4	13.2	8.9	6.7	5.4	4.5	3.8	3.4	3.0	2.7	
	400		24.2	19.6	13.2	10.0	8.0	6.7	5.7	5.0	4.5	4.0		
	300		25.6	17.5	13.2	10.6	8.9	7.6	6.7	6.0	5.4			

- หมายเหตุ
1. ค่าของอัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นที่กำหนดไว้ทางขวางของตาราง จะให้อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรเท่ากับ 0.002 5 ต่อวินาทีระหว่างการคราก ดังนั้นความเค้นครากที่ทำได้จะสมนัยกับอัตราการเพิ่มความเครียดนี้
 2. บริเวณตัวเลข 30 คือบริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที ในบางกรณีอัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวรจะต่ำกว่า 0.002 5 ต่อวินาทีเล็กน้อย แต่ความผิดพลาดของความเค้นครากอื่นเนื่องจากเหตุนี้ โดยปกติแล้วจะต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 8 เมกาปาสกาล
 3. บริเวณนี้คือ บริเวณที่ใช้อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่นสูงสุดไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที แต่ในบริเวณนี้ ความเค้นครากที่ทำได้จะต่ำกว่าความเค้นครากที่อัตราการเพิ่มความเครียดในช่วงการเปลี่ยนรูปถาวร (0.002 5 ต่อวินาที) ตามปกติค่าที่ต่ำไปนี้จะอยู่ระหว่าง 8 ถึง 16 เมกาปาสกาล
 4. อาจใช้อัตราการเพิ่มความเครียดต่ำได้จนถึง 1 ใน 10 ของค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ในตาราง ซึ่งจะทำให้ค่าความเค้นครากที่ทำได้ต่ำลงไปเล็กน้อย
 5. ในกรณีอื่นๆ ซึ่งไม่ระบุไว้ในตาราง ค่าอัตราการเพิ่มความเค้นอาจจะคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการเพิ่มความเค้นยืดหยุ่น} = \frac{0.0025 E}{(1 + K.E.S_0/L_c)} \text{ เมกาปาสกาลต่อวินาที}$$



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 601 (พ.ศ. 2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก. 244 เล่ม 7-2525 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2525

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า

เล่ม 7 การทดสอบลวดเหล็กกล้าโดยการดึง

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด การทดสอบผลิตภัณฑ์ลวดเหล็กกล้าโดยการดึง โดยปกติลวดเหล็กกล้านี้ผ่านงานแปรรูปเย็น (cold working) มาแล้ว และมีภาคตัดสม่ำเสมอซึ่งอาจจะเป็นรูปกลม จัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปพรรณอื่น มิติของภาคตัดขวางเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของลวดเหล็กกล้าที่ผลิตออกมา สำหรับลวดเหล็กกล้า สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือรูปพรรณอื่น อัตราส่วนของความกว้างต่อความหนาโดยทั่วไปแล้วต้องน้อยกว่า 4 เส้นผ่านศูนย์กลางหรือมิติแสดงคุณลักษณะ (characteristic dimension) อื่น ของภาคตัดขวาง ตามปกติแล้วต้องไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าลักษณะอื่นโดยการดึงที่มีได้กำหนดในเล่มนี้ จะปรากฏอยู่ในเล่มอื่น ซึ่งอยู่ในชุดการทดสอบเหล็กและเหล็กกล้านี้ ได้แก่

- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 4 การทดสอบเหล็กกล้าโดยการดึง (ทั่วไป) มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 4
- (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 5 การทดสอบเหล็กกล้านแผ่นบาง โดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 5
- (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า เล่ม 6 การทดสอบท่อเหล็กกล้า โดยการดึง มาตรฐานเลขที่ มอก.244 เล่ม 6

2. บทนิยาม

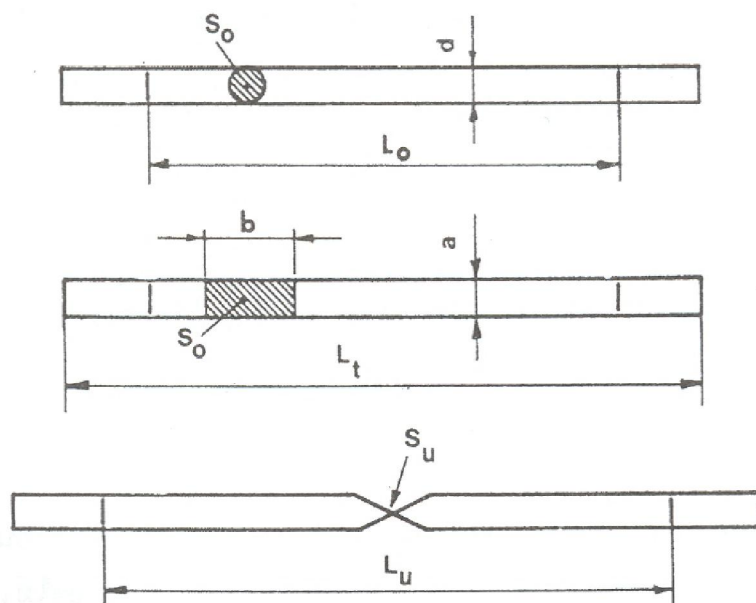
ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4 ยกเว้นข้อ 2.9 ความเค้นคราก ให้เป็นไปดังนี้คือ

- 2.1 ความเค้นคราก (ปรากฏ) (R_c) หมายถึง ค่าของความเค้นที่สมนัยกับแรงที่กระทำที่จุดซึ่งเครื่องทดสอบแสดง การชะงัก หรือลดลงครั้งแรก ค่าของแรงนี้ปกติจะอ่านได้จากเครื่องบันทึกค่าสูงสุดหรือจากเข็มลอย (slave pointer) ระหว่างการคราก

3. สัญลักษณ์และความหมาย

3.1 สัญลักษณ์และความหมายในมาตรฐานนี้ ให้เป็นไปตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 3. สัญลักษณ์และความหมาย ยกเว้นสัญลักษณ์และรูปดังต่อไปนี้

- a คือ ความหนาของลวดเหล็กกล้าแบน
- b คือ ความกว้างของลวดเหล็กกล้าแบน
- d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้ากลมหรือมิติแสดงคุณลักษณะของรูปพรรณอื่น



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นทดสอบลวดเหล็กกล้า
(ข้อ 3.1 และข้อ 4.1)

4. ชิ้นทดสอบ

4.1 ลักษณะชิ้นทดสอบ

- 4.1.1 จะต้องตัดชิ้นทดสอบจากลวดเหล็กกล้า แล้วดึงตามรูปพรรณเดิม
- 4.1.2 ชิ้นทดสอบได้สัดส่วนโดยทั่วไปไม่เหมาะสมกับงานทดสอบลวดเหล็ก ดังนั้นความยาวพิกัดที่ใช้โดยปกติ จะเป็น 100 มิลลิเมตร หรือ 200 มิลลิเมตร แต่ควรใช้ค่าหลัง สำหรับลวดเหล็กกล้าเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป ความยาวพิกัดในทางปฏิบัติต้องไม่ต่ำกว่า $10d$ อนึ่ง ความยาวพิกัด 50 มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตร ก็นำมาใช้ได้ในบางกรณี
- 4.1.3 ระยะระหว่างหัวจับต้องยาวกว่าความยาวพิกัดอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร

4.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

4.2.1 ถ้าจำเป็นต้องแต่งชิ้นทดสอบให้ตรง ต้องตัดด้วยมือถ้าทำได้หรือตัดด้วยค้อนหัวไม้ หรือพลาสติก หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม ต้องใช้ไม้หน้าเรียบ หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมรองรับลวดเหล็กกล้า เพื่อให้เกิดความเสียหายต่อผิวลวดเหล็กกล้าน้อยที่สุด

4.2.2 พื้นที่ภาคตัดขวาง

4.2.2.1 พื้นที่ภาคตัดขวาง จะคำนวณได้จากมิติของชิ้นทดสอบ ความผิดพลาดในการวัดของแต่ละมิติจะต้องไม่เกินร้อยละ ± 0.5 สำหรับลวดเหล็กกล้าซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป และร้อยละ ± 1.0 สำหรับลวดเหล็กกล้าซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรลงมา

4.2.2.2 ในกรณีที่มิติของลวดเหล็กกล้าอยู่ในพิสัยของเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน อาจใช้มิติระบุคำนวณหาพื้นที่ภาคตัดขวางถ้าไม่มีข้อห้ามในมาตรฐานนั้น ๆ

4.2.2.3 สำหรับลวดเหล็กกล้ารูปพรรณอื่น พื้นที่ภาคตัดขวางอาจคำนวณจากชิ้นทดสอบที่ทราบมวล ความยาว และความหนาแน่น

4.3 การทำเครื่องหมายความยาวพิกัด

4.3.1 ในการหาความยืดควรทำเครื่องหมายทุกระยะครึ่งของความยาวพิกัดตลอดความยาวของชิ้นทดสอบ ระหว่างหัวจับ ให้เว้นระยะขีดเครื่องหมายอย่างน้อย 2d จากหัวจับ การทำเครื่องหมายความยาวพิกัดนี้ ยอมให้คลาดเคลื่อน ± 0.5 มิลลิเมตร

4.3.2 ต้องทำชิ้นทดสอบให้ตรงก่อนที่จะทำเครื่องหมาย โดยใช้หมึกหรือสีแห้งเร็วทาชิ้นทดสอบ และทำเครื่องหมายความยาวพิกัดโดยขีดเป็นเส้นบาง ๆ

5. การทดสอบ

5.1 ภาวะทดสอบ

นอกจากจะมีการกำหนดเป็นอย่างอื่นให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

5.2 เครื่องทดสอบและเครื่องมืออื่น ๆ

ต้องเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับให้ถูกต้อง ตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

5.3 วิธีทดสอบ

5.3.1 การทดสอบกระทำโดยใช้แรงดึงชิ้นทดสอบ ให้เกิดความเครียดในชิ้นทดสอบ โดยทั่วไปแล้วจะกระทำจนชิ้นทดสอบขาด เพื่อที่จะหาคุณสมบัติทางกลอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

5.3.2 วิธียืดชิ้นทดสอบ

จะต้องยืดชิ้นทดสอบด้วยวิธีเหมาะสม เช่น ใช้ลิ้มพันต้น ถ้าเป็นลวดเหล็กกล้าขนาดเล็ก อาจใช้คาร์โบรันดัม (carborundum) เคลือบด้วยโลหะอ่อนรองหัวจับด้านที่สัมผัสลวด หากลวดเหล็กกล้าเล็กมากใช้วิธีดังกล่าวไม่ได้ให้ใช้วิธีม้วนปลาย (capstans) หรือวิธีการที่คล้ายคลึงเข้าช่วย เมื่อจะหาความเค้นครากหรือความเค้นพิสูจน์การยืดชิ้นทดสอบจะต้องพยายามอย่างดีที่สุดที่จะให้แรงที่กระทำอยู่ในแนวแกน

5.3.3 การหาคุณสมบัติต่าง ๆ

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการหาจะปรากฏอยู่ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้น ๆ การหาคุณสมบัติเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 5.3.4 ถึงข้อ 5.3.9

หมายเหตุ การระบุค่าความเค้นพิสูจน์ต่าง ๆ ควรให้ถูกต้องและชัดเจนตาม มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.10 และ ข้อ 2.11

5.3.4 การหาความเค้นคราก

สำหรับลวดเหล็กที่มีปรากฏการณ์การคราก การหาความเค้นคราก (R_c) ให้เป็นไปตามข้อ 2.1 อัตราของแรงที่กระทำในช่วงยืดหยุ่นต้องไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที

5.3.5 การหาความเค้นพิสูจน์โดยทั่วไป

การหาความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (R_p) หรือการหาความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (R_t) อัตราการเพิ่มความเค้นต้องไม่เกิน 30 เมกาปาสกาลต่อวินาที อัตราการเพิ่มความเครียดของชิ้นทดสอบ ขณะหาความเค้นพิสูจน์ต้องไม่เกิน 0.01 ต่อวินาที การหาความเค้นพิสูจน์ทั้งสองนี้ต้องใช้เครื่องวัดการยืด ความเครียดหรือความยืดรวมเป็นร้อยละ ที่ใช้หาความเค้นพิสูจน์ต้องระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น ๆ หรือแล้วแต่จะตกลงกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

5.3.5.1 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดที่ไม่ได้สัดส่วน (R_p)

ความเค้นพิสูจน์นี้ หาได้จากแผนภาพของแรงกับการยืดโดยลากเส้นขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรง ของเส้นแสดงความสัมพันธ์ ให้มีระยะห่างเท่ากับค่าความยืดที่ไม่ได้สัดส่วนที่ต้องการ เช่นที่ระยะร้อยละ 0.2 จุดที่เส้นที่ขนานนี้ตัดเส้นแสดงความสัมพันธ์เป็นค่าของแรงที่จะนำไปคำนวณหาความเค้นพิสูจน์ที่ต้องการ

- (1) การหาแผนภาพของแรงกับการยืด จำเป็นที่จะต้องทำให้ละเอียดถูกต้อง เส้นแสดงความสัมพันธ์ อาจหาได้โดยวิธีธรรมดา หรือใช้เครื่องอัตโนมัติ
- (2) เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอ่านค่าความเค้นพิสูจน์ได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำแผนภาพแรงกับการยืด อนุญาตให้ใช้ได้

5.3.5.2 ความเค้นพิสูจน์สำหรับความยืดรวม (R_t)

ความเค้นพิสูจน์นี้ หาได้จากแผนภาพของแรงกับการยืดโดยลากเส้นขนานกับแกนตั้งให้มีระยะห่างเท่ากับความยืดรวมที่ต้องการไปตัดกับเส้นแสดงความสัมพันธ์ที่หาได้จากเครื่องมืออัตโนมัติหรือวิธีธรรมดา อีกวิธีหนึ่งความเค้นพิสูจน์สามารถหาได้โดยตรง จากการอ่านค่าของแรง เมื่อความยืดรวมที่อ่านได้จากเครื่องวัดการยืดเท่ากับความยืดรวมที่กำหนด เมื่อติดเครื่องวัดการยืดจะต้องปรับหน้าปัดของเครื่องวัดการยืดให้อ่านได้เท่ากับค่าความเครียด ซึ่งคำนวณได้จากค่าของแรงเริ่มแรก (initial load) นั้น กับโมดูลัสยืดหยุ่น ซึ่งระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้น ๆ เพื่อชดเชยการยืดยืดหยุ่นอันเกิดจากแรงกระทำบนชิ้นทดสอบในตอนแรก

5.3.6 การหาความเค้นเปลี่ยนรูปถาวร

- 5.3.6.1 เมื่อกำหนดค่าความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรแล้ว ให้เริ่มดึงขึ้นทดสอบให้เกิดความเค้นเริ่มแรกขึ้นเล็กน้อยตามที่ระบุไว้ในเกณฑ์กำหนดว่าด้วยวัสดุ ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นๆ แล้วจึงเพิ่มแรงดึงขึ้นไปจนได้ค่าความเค้นเปลี่ยนรูปถาวรที่กำหนด และให้คงไว้ที่ค่านี้นาน 10 ถึง 15 วินาที หลังจากนั้นให้ลดลงมาจนต่ำกว่าค่าความเค้นเริ่มแรก แล้วจึงเพิ่มกลับขึ้นไปจนถึงค่าความเค้นเริ่มแรก
- 5.3.6.2 ในกรณีที่ใช้เครื่องวัดการยืด ต้องตรวจสอบว่าการยืดถาวรที่เกิดขึ้นไม่เกินกว่าพิสัยที่เครื่องวัดการยืดกำหนดไว้

5.3.7 การหาความเค้นดึงสูงสุด

- 5.3.7.1 ถ้าจะต้องหาความเค้นพิสูจน์ในระหว่างการทดสอบความเค้นดึงสูงสุด อัตราของการเพิ่มความเค้นจะต้องเป็นไปตามข้อ 5.3.5 จนกระทั่งได้ค่าความเค้นพิสูจน์ที่ต้องการแล้ว จึงเพิ่มอัตราการเพิ่มความเค้นให้สูงขึ้นแต่ต้องไม่เกิน 100 เมกาปาสกาลต่อวินาที
- 5.3.7.2 เมื่อต้องการหาแต่ค่าความเค้นดึงสูงสุด เพียงอย่างเดียว อัตราการเพิ่มความเค้นระหว่างการทดสอบต้องไม่เกิน 100 เมกาปาสกาลต่อวินาที
- 5.3.7.3 ถ้าขึ้นทดสอบขาดที่หัวจับ ยอมให้ทดสอบใหม่ได้

5.3.8 การหาความยืด

- 5.3.8.1 ความยืดหาได้ตามนิยามใน มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.4 โดยการวัดความยาวพิสัยสุดท้าย ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ ± 0.5 มิลลิเมตร
- 5.3.8.2 การรายงานผลการทดสอบหาความยืด ต้องระบุความยาวพิสัยของขึ้นทดสอบ
- 5.3.8.3 ค่าความยืดหลังจากขาดจะได้ค่าเต็มที่ ก็ต่อเมื่อขึ้นทดสอบขาดระหว่างจุดพิสัยทั้งสอง และตำแหน่งที่ขาดจะต้องมีระยะห่างเพียงพอจากจุดพิสัยที่อยู่ใกล้ในการวัดความยาวระหว่างจุดพิสัยหลังจากขาด ต้องระมัดระวังให้ส่วนที่ขาดของขึ้นทดสอบต่อกันเข้าสนิท โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อวัดขึ้นทดสอบซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวางเล็กและขึ้นทดสอบที่มีค่าความยืดต่ำ ในการวัดความยาวพิสัยที่เพิ่มขึ้นให้วางขึ้นทดสอบไว้บนบรรทัดเรียบ (straightedge) และอาจจะยึดเส้นลวดให้อยู่กับที่ได้โดยใช้ดินน้ำมันสำหรับลวดที่มีค่าความยืดต่ำการวัดควรใช้เวอร์เนีย

5.3.8.4 เกณฑ์ตัดสิน

- (1) ในกรณีที่ผลการทดสอบได้ค่าความยืดไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ ให้ถือว่าวัสดุนั้นเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด โดยไม่ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ขึ้นทดสอบขาด
- (2) ในกรณีที่ผลการทดสอบได้ค่าความยืดน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ และตำแหน่งที่ขาดอยู่ห่างจากจุดพิสัยที่อยู่ใกล้ มากกว่า 2d ให้ถือว่าวัสดุนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด
- (3) ในกรณีที่ผลการทดสอบได้ค่าความยืดน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ และตำแหน่งที่ขาดอยู่ห่างจากจุดพิสัยที่อยู่ใกล้ น้อยกว่า 2d ให้ยกเลิกผลการทดสอบนี้แล้วทำการทดสอบใหม่

5.3.9 การหาการลดทอนพื้นที่

- 5.3.9.1 หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น การลดทอนพื้นที่จะหาเฉพาะลวดเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปเท่านั้น
- 5.3.9.2 การลดทอนพื้นที่ หาได้ตามนิยามที่ให้ไว้ใน มอก.244 เล่ม 4 ข้อ 2.5