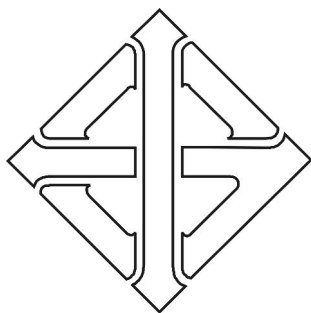




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2582 - 2555

ISO 148-1 : 2009

วัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ปี – เล่ม 1 วิธีทดสอบ

METALLIC MATERIALS – CHARPY PENDULUM IMPACT TEST -
PART 1: TEST METHOD

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 77.040.10

ISBN 978-616-231-416-2

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
วัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ปี –
เล่ม 1 วิธีทดสอบ

มอก. 2582 - 2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 188 ง
วันที่ 14 ธันวาคม 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 ห่วงวณิชชากร

บริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

นายกิตติคม พูลสมบัติ

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 ทากุเดื่อ

กรรมการและเลขานุการ

นายชัยภัค ภัทรจินดา

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบัน มีการทำและใช้เหล็กและเหล็กกล้าต่าง ๆ ภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ต้องทดสอบสมบัติทางกล โดยมีการทดสอบการกระแทกชาร์ปี่รวมอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนและอำนวยความสะดวกแก่ผู้นำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไปใช้และอ้างอิงในวงกว้าง จึงได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ป – เล่ม 1 วิธีทดสอบนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ ISO 148-1:2009 Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 1: Test method มาใช้โดยวิธีแปลในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical) โดยใช้ ISO ฉบับภาษาอังกฤษเป็นหลัก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4466 (พ.ศ. 2555)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ปี – เล่ม 1 วิธีทดสอบ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ปี – เล่ม 1 วิธีทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก.2582-2555 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้ ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 120 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2555

หม่อมราชวงศ์พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วัสดุโลหะ – การทดสอบการกระแทกชาร์ปี

เล่ม 1 วิธีทดสอบ

1 ขอบข่าย

มาตรฐานฉบับนี้ กำหนดวิธีการทดสอบการกระแทกชาร์ปี (รอยบาก V และรอยบาก U) สำหรับการหาค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้ในการทดสอบการกระแทกของโลหะ

มาตรฐานฉบับนี้ มิได้ใช้กับการทดสอบการกระแทกด้วยเครื่องมือ (instrumented impact testing) ซึ่งระบุไว้ใน ISO 14556

2 เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงตามรายชื่อข้างท้ายนี้เป็นเอกสารที่จำเป็นต่อการนำมาตราฉบับนี้ไปใช้งาน โดยเอกสารที่ระบุสถานะของการแก้ไขไว้ ให้ใช้เฉพาะฉบับที่ระบุไว้ ส่วนเอกสารที่มีได้ระบุสถานะของการแก้ไข ให้ใช้ฉบับที่แก้ไขล่าสุด รวมถึงส่วนแก้ไขเพิ่มเติมใด ๆ

ISO 148-2, *Metallic materials – Charpy pendulum impact test – Part 2: Verification of testing machines*

ISO 286-1, *Geometrical product specifications (GPS) – ISO code system for tolerances of linear sizes – Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*

3 บทนิยาม

ความหมายของคำที่กำหนดสำหรับมาตรฐานฉบับนี้ มีดังนี้

3.1 พลังงาน (Energy)

3.1.1 พลังงานศักย์เริ่มต้น (initial potential energy)

พลังงานศักย์ (potential energy)

K_p

ผลต่างระหว่างพลังงานศักย์ของค้อนลูกตุ้มก่อนการปล่อยสำหรับการทดสอบการกระแทกกับพลังงานศักย์ของค้อนลูกตุ้มที่ตำแหน่งของการกระแทก ซึ่งหาค่าจากการทวนสอบโดยตรง

[ISO 148-2:2008 บทนิยาม 3.2.2]

3.1.2 พลังงานที่ถูกดูดกลืน (absorbed energy)

K

พลังงานที่จำเป็นเพื่อให้ชิ้นทดสอบแตกด้วยเครื่องทดสอบการกระแทกลูกตุ้ม หลังหักค่าแก้ไขสำหรับแรงเสียดทาน

หมายเหตุ อักษร V หรือ U ใช้เพื่อชี้บ่งรูปร่างลักษณะรอยบาก ได้แก่ KV หรือ KU ตัวเลข 2 หรือ 8 ใช้เป็นดัชนีล่างเพื่อบอกรัศมีหัวตี ตัวอย่างเช่น KV_2

3.2 ชิ้นทดสอบ (Test piece)

เมื่อชิ้นทดสอบถูกวางในตำแหน่งทดสอบบนแท่นรองรับของเครื่อง คำต่อไปนี้จะใช้ในการอธิบาย (ดูรูปที่ 1)

3.2.1 ความสูง (height)

h

ระยะห่างระหว่างผิวด้านที่มีรอยบากกับผิวด้านตรงข้าม

3.2.2 ความกว้าง (width)

w

มิติที่ตั้งฉากกับความสูง ซึ่งขนานกับรอยบาก

3.2.3 ความยาว (length)

l

มิติที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งทำมุมฉากกับรอยบาก

4 สัญลักษณ์ คำย่อ และความหมาย

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในมาตรฐานฉบับนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 และรูปที่ 2

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	หน่วย	ความหมาย
K_p	J	พลังงานศักย์เริ่มต้น (พลังงานศักย์)
FA	%	ลักษณะการแตกหักแบบเฉือน (Shear-fracture appearance)
h	mm	ความสูงของชิ้นทดสอบ
KU_2	J	พลังงานที่ถูกดูดกลืนสำหรับชิ้นทดสอบรอยบาก U ที่ใช้หัวตี 2 mm
KU_8	J	พลังงานที่ถูกดูดกลืนสำหรับชิ้นทดสอบรอยบาก U ที่ใช้หัวตี 8 mm
KV_2	J	พลังงานที่ถูกดูดกลืนสำหรับชิ้นทดสอบรอยบาก V ที่ใช้หัวตี 2 mm
KV_8	J	พลังงานที่ถูกดูดกลืนสำหรับชิ้นทดสอบรอยบาก V ที่ใช้หัวตี 8 mm
LE	mm	การขยายแนวข้าง
l	mm	ความยาวของชิ้นทดสอบ
T_t	°C	อุณหภูมิทรานซิชัน
w	mm	ความกว้างของชิ้นทดสอบ

5 หลักการ

การทดสอบประกอบด้วยการทำให้ชิ้นทดสอบที่มีรอยบากแตกหักในการกระแทกครั้งเดียวของลูกตุ้มที่แกว่งได้ ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ในข้อ 6 ข้อ 7 และข้อ 8 รอยบากของชิ้นทดสอบต้องมีรูปร่างลักษณะตามที่ระบุไว้และอยู่กึ่งกลางระหว่างแท่นรองรับและอยู่ด้านตรงกันข้ามกับจุดที่จะตี จากนั้นหาค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืนในการทดสอบการกระแทก

เนื่องจากค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้ในการกระแทกของโลหะจำนวนมากจะผันแปรตามอุณหภูมิทดสอบ การทดสอบจึงกระทำที่อุณหภูมิที่ระบุไว้ เมื่อมีใช้การทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบ ต้องทำให้ชิ้นทดสอบร้อนขึ้นหรือเย็นลงจนได้อุณหภูมินั้นภายใต้สภาวะควบคุม

6 ชิ้นทดสอบ

6.1 บททั่วไป

ชิ้นทดสอบมาตรฐานต้องมีความยาว 55 mm และมีภาคตัดขวางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดด้านละ 10 mm ที่กึ่งกลางความยาวของชิ้นทดสอบ ต้องทำรอยบาก V หรือ รอยบาก U ตามที่กำหนดไว้ในข้อ 6.2.1 และ 6.2.2 ตามลำดับ

หากไม่สามารถทำชิ้นทดสอบมาตรฐานจากวัสดุที่ต้องการทดสอบได้ ให้ใช้ชิ้นทดสอบลดขนาดที่มีความกว้าง 7.5 mm 5 mm หรือ 2.5 mm (ดูรูปที่ 2 และตารางที่ 2)

หมายเหตุ สำหรับพลังงานต่ำ การใช้แผ่นจิม (shim) เป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากพลังงานส่วนเกินจะถูกดูดกลืนโดยลูกตุ้ม แต่สำหรับพลังงานสูงอาจไม่สำคัญนัก ทั้งนี้แผ่นจิมสามารถวางไว้บนหรือใต้แท่นรองรับชิ้นทดสอบส่งผลให้กึ่งกลางความสูงของชิ้นทดสอบอยู่ที่ 5 mm เหนือผิวแท่นรองรับสำหรับชิ้นทดสอบที่มีความสูง 10 mm

ชิ้นทดสอบต้องมีความหยาบผิวดีกว่า Ra 5 μm ยกเว้นส่วนปลาย

เมื่อจะทำการทดสอบวัสดุที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน ให้ทำการแต่งผิวชิ้นทดสอบ รวมถึงการทำรอยบาก หลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อนขั้นสุดท้ายแล้ว ยกเว้น กรณีที่สามารถแสดงให้เห็นได้ว่า ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทำการแต่งผิวก่อนผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

6.2 รูปร่างลักษณะรอยบาก

การเตรียมรอยบากต้องกระทำอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันมิให้รัศมีที่ก้นรอยบากมีค่าหนีจากการตัดแต่ง ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืน

ระนาบของแกนสมมาตรของรอยบากต้องตั้งฉากกับแกนแนวยาวของชิ้นทดสอบ (ดูรูปที่ 2)

6.2.1 รอยบาก V

รอยบาก V ต้องมีมุมรวมเท่ากับ 45° ความลึก 2 mm และรัศมีที่ก้นรอยบากเท่ากับ 0.25 mm [ดูรูปที่ 2ก) และตารางที่ 2]

6.2.2 รอยบาก U

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น รอยบาก U ต้องมีความลึก 5 mm และมีรัศมีที่ก้นรอยบากเท่ากับ 1 mm (ดูรูปที่ 2ข) และตารางที่ 2]

6.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขึ้นทดสอบ

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมิติขึ้นทดสอบและรอยบาก ให้ไว้ในรูปที่ 2 และตารางที่ 2

6.4 การเตรียมขึ้นทดสอบ

การเตรียมขึ้นทดสอบต้องกระทำในลักษณะที่ทำให้ขึ้นทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น เนื่องจากการให้ความร้อน หรือ การแปรรูปเย็น

6.5 การทำเครื่องหมายขึ้นทดสอบ

การทำเครื่องหมายอาจทำบนขึ้นทดสอบด้านใด ๆ ก็ได้ ยกเว้นด้านที่สัมผัสกับแท่นรองรับ ทัง หรือหัวตี และทำในตำแหน่งที่หลีกเลี่ยงผลของการเปลี่ยนรูปช่วงพลาสติกและความไม่ต่อเนื่องผิวต่อพลังงานที่ถูกดูดกลืนที่วัดได้ในการทดสอบ (ดู 8.7)

7 เครื่องมือทดสอบ

7.1 บททั่วไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทั้งหมดต้องสามารถสอบย้อนกลับไปถึงมาตรฐานระดับชาติหรือระดับสากล และต้องได้รับการสอบเทียบภายในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม

7.2 การติดตั้งและการทวนสอบ

เครื่องทดสอบต้องได้รับการติดตั้งและทวนสอบตาม ISO 148-2

7.3 หัวตี (Striker)

รูปร่างลักษณะของหัวตีต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ โดยอาจเป็นหัวตี 2 mm หรือ หัวตี 8 mm และเป็นข้อแนะนำให้แสดงขนาดรัศมีหัวตีไว้เป็นดัชนีล่าง เช่น KV_2 หรือ KV_8

ข้อแนะนำเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะของหัวตี ต้องอ้างอิงถึงข้อกำหนดจำเพาะของผลิตภัณฑ์

หมายเหตุ วัสดุบางชนิดสามารถให้ผลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละของความแตกต่าง) ที่ระดับพลังงานต่ำ และผลจากการใช้หัวตี 2 mm สามารถสูงกว่าผลจากการใช้หัวตี 8 mm ได้

8 วิธีทดสอบ

8.1 บททั่วไป

ขึ้นทดสอบต้องวางแนบชิดทั้งของเครื่องทดสอบ โดยระนาบสมมาตรของรอยบากอยู่ภายในระยะ 0.5 mm จากระนาบกึ่งกลางระหว่างทัง หัวตีต้องกระแทกขึ้นทดสอบที่ด้านตรงกันข้ามกับรอยบาก ในระนาบสมมาตรของรอยบาก (ดูรูปที่ 1)

8.2 อุณหภูมิทดสอบ

8.2.1 หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ หากมีการระบุอุณหภูมิ ให้ปรับสถานะขึ้นทดสอบไปที่อุณหภูมินั้นภายใน $\pm 2 ^\circ\text{C}$

8.2.2 สำหรับการปรับสถานะโดยใช้ตัวกลางเหลวทั้งการทำให้ร้อนและการทำให้เย็น ขึ้นทดสอบต้องวางอยู่ในภาชนะ โดยอยู่บนตะแกรงที่สูงกว่าก้นภาชนะอย่างน้อย 25 mm มีช่องเหลวท่วมขึ้นทดสอบอย่างน้อย 25 mm และอยู่ห่างจากผนังภาชนะทุกด้านอย่างน้อย 10 mm ตัวกลางต้องถูกกวนอย่างสม่ำเสมอและปรับให้ได้อุณหภูมิระบุโดยวิธีที่สะดวก ควรจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิของตัวกลางไว้กลางกลุ่มขึ้นทดสอบ ต้องรักษาอุณหภูมิของตัวกลางไว้ที่อุณหภูมิระบุภายใน $\pm 1 ^\circ\text{C}$ อย่างน้อย 5 min

หมายเหตุ เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางเหลวอยู่ใกล้จุดเดือด การเย็นตัวเนื่องจากการระเหยของตัวกลางสามารถทำให้อุณหภูมิขึ้นทดสอบลดลงมากอย่างรวดเร็วในระหว่างช่วงเวลาที่นำออกจากตัวกลางเหลวจนถึงการแตกหัก (ดู ASTM STP 1072 ^[5])

8.2.3 สำหรับการปรับสถานะโดยใช้ตัวกลางแก๊สทั้งการทำให้ร้อนและการทำให้เย็น ขึ้นทดสอบต้องวางอยู่ในห้อง (chamber) โดยอยู่ห่างจากผิวที่ใกล้ที่สุดอย่างน้อย 50 mm ขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องอยู่แยกห่างกันอย่างน้อย 10 mm ตัวกลางต้องถูกหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอและปรับให้ได้อุณหภูมิระบุโดยวิธีที่สะดวก ควรจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิของตัวกลางไว้กลางกลุ่มขึ้นทดสอบ ต้องรักษาอุณหภูมิของตัวกลางแก๊สไว้ที่อุณหภูมิระบุภายใน $\pm 1 ^\circ\text{C}$ อย่างน้อย 30 min

8.3 การเคลื่อนย้ายชิ้นตัวอย่าง

เมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิอื่นซึ่งมิใช่อุณหภูมิโดยรอบ ระยะเวลาตั้งแต่การนำขึ้นทดสอบออกจากตัวกลางทำให้ร้อนหรือทำให้เย็นจนถึงเวลาที่หัวดีกระแทกขึ้นทดสอบต้องไม่เกิน 5 s

การออกแบบและการใช้งานอุปกรณ์เคลื่อนย้ายต้องกระทำในลักษณะที่ทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิขึ้นทดสอบให้อยู่ภายในช่วงอุณหภูมิที่อนุญาต

ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ที่มีการสัมผัสกับชิ้นตัวอย่างระหว่างการเคลื่อนย้ายจากตัวกลางไปเครื่องทดสอบต้องได้รับการปรับสถานะเดียวกับชิ้นตัวอย่าง

ควรใช้ความระมัดระวังเพื่อให้มั่นใจว่า อุปกรณ์ที่ใช้ตั้งศูนย์ขึ้นทดสอบบนทั้งไม่ทำให้ปลายที่แตกหักของขึ้นทดสอบความแข็งแรงสูงพลังงานต่ำกระดอนจากอุปกรณ์นี้ไปโดนลูกตุ้มและเป็นสาเหตุให้ได้พลังงานบ่งชี้สูงที่ผิดพลาด เป็นที่ทราบกันดีว่า ระยะห่างระหว่างปลายของขึ้นทดสอบในตำแหน่งทดสอบกับอุปกรณ์ตั้งศูนย์หรือส่วนประจำที่ของเครื่องทดสอบ ต้องมีระยะห่างกันมากกว่า 13 mm โดยประมาณ มิฉะนั้นในระหว่างกระบวนการแตกหัก ปลายที่แตกหักสามารถกระดอนไปโดนลูกตุ้มได้

หมายเหตุ คิมตั้งศูนย์เองที่มีลักษณะคล้ายกับคิมสำหรับขึ้นทดสอบรอยบาก V ในภาคผนวก ก มักถูกใช้เคลื่อนย้ายขึ้นทดสอบจากตัวกลางปรับสถานะอุณหภูมิสู่ตำแหน่งทดสอบที่เหมาะสม คิมที่มีลักษณะเช่นนี้จะกำจัดปัญหาระยะห่างที่อาจมีได้เนื่องจากการแทรกสอดระหว่างครึ่งของชิ้นตัวอย่างที่แตกหักกับอุปกรณ์ตั้งศูนย์แบบประจำที่

8.4 การเกินกำลังเครื่องทดสอบ

พลังงานที่ถูกดูดกลืน K ไม่ควรเกินกว่า 80 % ของพลังงานศักย์เริ่มต้น K_p หากพลังงานที่ถูกดูดกลืนมีค่าเกินกว่าค่านี้ การรายงานค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืนต้องรายงานว่าเป็นค่าโดยประมาณและต้องบันทึกไว้ในรายงานการทดสอบว่าเป็นค่าพลังงานที่เกินกว่า 80 % ของกำลังเครื่องทดสอบ

หมายเหตุ โดยอุดมคติ ควรดำเนินการทดสอบการกระแทกด้วยความเร็วกระแทกคงที่ แต่ในการทดสอบแบบลูกตุ้ม เมื่อการแตกหักดำเนินไป ความเร็วจะลดลง สำหรับชิ้นตัวอย่างที่พลังงานการกระแทกเข้าใกล้กำลังลูกตุ้ม ระหว่างการแตกหัก ความเร็วของลูกตุ้มจะลดลงจนถึงจุดที่ไม่สามารถหาพลังงานการกระแทกที่แม่นยำได้

8.5 การแตกหักไม่สมบูรณ์

หากชิ้นทดสอบแตกหักไม่สมบูรณ์ในการทดสอบ อารายงานหรือเฉลี่ยค่าพลังงานการกระแทกนั้นร่วมกับผลของชิ้นทดสอบที่แตกหักสมบูรณ์ได้

8.6 การติดขัดของชิ้นทดสอบ

หากชิ้นทดสอบติดขัดในเครื่องทดสอบ ให้ถือว่าไม่นับผลการทดสอบนั้นและให้ตรวจสอบเครื่องทดสอบอย่างละเอียดว่า มีความเสียหายที่อาจส่งผลต่อการสอบเทียบหรือไม่

หมายเหตุ การติดขัดเกิดขึ้นเมื่อชิ้นทดสอบที่แตกหักขัดอยู่ระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่กับชิ้นส่วนที่ไม่เคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบ การติดขัดสามารถทำให้เกิดการดูดซับพลังงานอย่างมีนัยสำคัญ การติดขัดสามารถจำแนกออกจากรอยกระแทกหุติยภูมิได้ เพราะการติดขัดจะเกี่ยวข้องกับรอยคู่หนึ่งที่อยู่ตรงข้ามกันบนชิ้นตัวอย่าง

8.7 การตรวจพินิจหลังการแตกหัก

หากการตรวจพินิจหลังการแตกหักแสดงว่า ส่วนใด ๆ ของการทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนรูปร่างอย่างเห็นได้ชัดเจน ผลการทดสอบอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนของวัสดุได้และต้องบันทึกไว้ในรายงานการทดสอบ

9 รายงานการทดสอบ

9.1 ข้อมูลที่บังคับให้แสดง

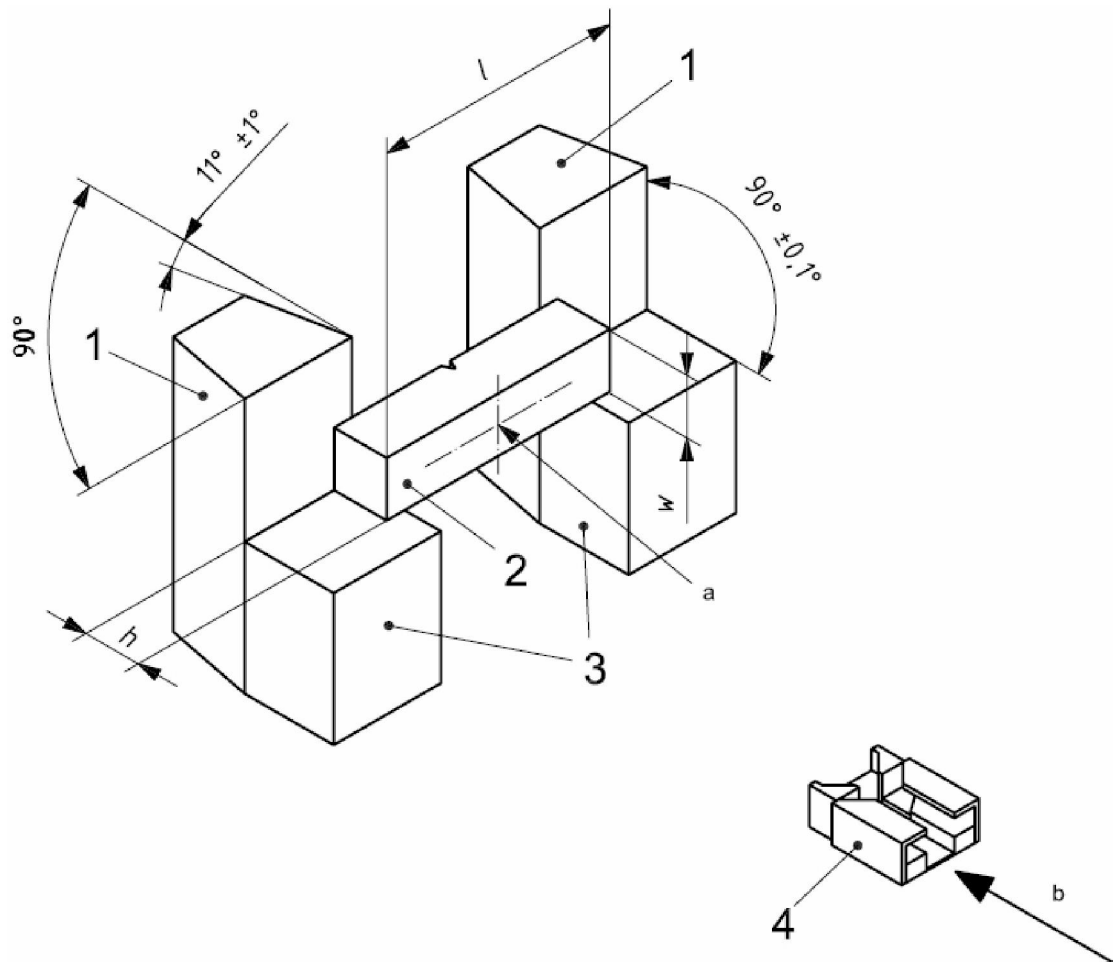
รายงานการทดสอบต้องแสดงข้อมูลต่อไปนี้

- ก) การอ้างอิงถึงมาตรฐานฉบับนี้;
- ข) การชี้บ่งของชิ้นทดสอบ (เช่น ชั้นคุณภาพของเหล็กกล้าและหมายเลขการหลอม);
- ค) ประเภทของรอยบาก;
- ง) ขนาดชิ้นทดสอบ หากมิใช่ขนาดมาตรฐาน;
- จ) อุณหภูมิปรับสภาวะของชิ้นทดสอบ;
- ฉ) พลังงานที่ถูกดูดกลืน KV_2 KV_8 KU_2 หรือ KU_8 ตามความเหมาะสม;
- ช) ความผิดปกติใด ๆ ที่สามารถกระทบการทดสอบ

9.2 ข้อมูลที่เลือกแสดงได้

รายงานการทดสอบอาจเลือกแสดงข้อมูลต่อไปนี้เพิ่มเติมจากในข้อ 9.1

- ก) ทิศทางของชั้นทดสอบ (ดู ISO 3785);
- ข) พลังงานระบุของเครื่องทดสอบ หน่วยเป็นจูล;
- ค) การขยายแนวข้าง (ดูภาคผนวก ข);
- ง) ลักษณะการแตกหัก การฉีกเป็นริ้วละเอียด (ดูภาคผนวก ค);
- จ) เส้นโค้งของอุณหภูมิกับพลังงานที่ถูกดูดกลืน (ดูภาคผนวก ง.1);
- ฉ) อุณหภูมิแทรนซิชั่นและเกณฑ์ที่ใช้ (ดูภาคผนวก ง.2);
- ช) จำนวนชั้นทดสอบที่ไม่แตกหักสมบูรณ์ในการทดสอบ
- ซ) ความไม่แน่นอนของการวัด (ดูภาคผนวก จ)

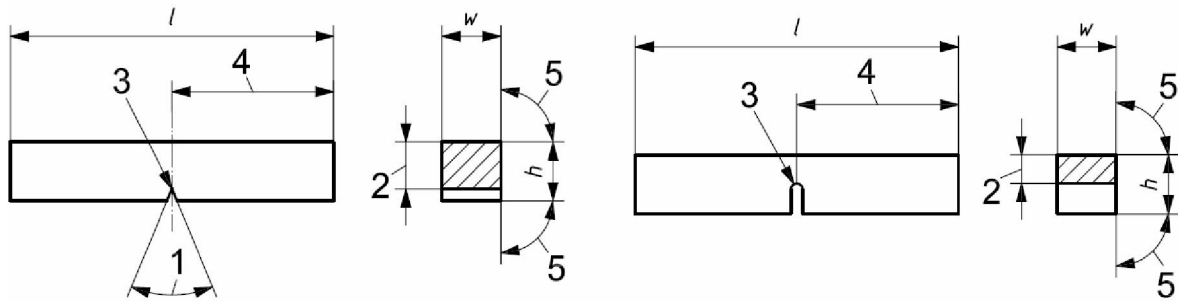


สัญลักษณ์

- 1 ทั้ง
- 2 ชิ้นทดสอบขนาดมาตรฐาน
- 3 แท่นรองรับชิ้นทดสอบ
- 4 เหล็กประกบ (shroud)

- h ความสูงของชิ้นทดสอบ
- l ความยาวของชิ้นทดสอบ
- w ความกว้างของชิ้นทดสอบ
- a ศูนย์กลางการกระแทก
- b ทิศทางการแกว่งของลูกตุ้ม

รูปที่ 1 ศัพท์เฉพาะชิ้นทดสอบที่ใช้เรียกสัณฐานของแท่นรองรับชิ้นทดสอบและทั้ง
ของเครื่องทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้ม



ก) รูปร่างลักษณะรอยบาก V

ข) รูปร่างลักษณะรอยบาก U

หมายเหตุ สัญลักษณ์ l h w และเลข 1 ถึง 5 อ้างอิงตารางที่ 2

รูปที่ 2 ขั้นตอนทดสอบการกระแทกแบบลูกตุ้มชาร์ปี

ตารางที่ 2 ความคลาดเคลื่อนของมิติขั้นตอนทดสอบ

รายการ	สัญลักษณ์ และ หมายเลข	ขั้นตอนรอยบาก V			ขั้นตอนรอยบาก U		
		มิติระบุ	ความคลาดเคลื่อนตัดแต่ง	ชั้น ^ก	มิติระบุ	ความคลาดเคลื่อนตัดแต่ง	ชั้น ^ก
ความยาว	l	55 mm	± 0.60 mm	js15	55 mm	± 0.60 mm	js15
ความสูง ^ข	h	10 mm	± 0.075 mm	js12	10 mm	± 0.11 mm	js13
ความกว้าง ^ข :	w						
- ขั้นตอนมาตรฐาน		10 mm	± 0.11 mm	js13	10 mm	± 0.11 mm	js13
- ขั้นตอนลดขนาด		7.5 mm	± 0.11 mm	js13	—	—	—
- ขั้นตอนลดขนาด		5 mm	± 0.06 mm	js12	—	—	—
- ขั้นตอนลดขนาด		2.5 mm	± 0.05 mm	js12	—	—	—
มุมรอยบาก	1	45°	$\pm 2^\circ$	—	—	—	—
ความสูงใต้รอยบาก (ความสูงของขั้นตอนลบด้วยความลึกรอยบาก)	2	8 mm	± 0.075 mm	js12	5 mm ^ค	± 0.09 mm	js13
รัศมีของโค้งที่ฐานรอยบาก	3	0.25 mm	± 0.025 mm	—	1 mm	± 0.07 mm	js12
ระยะจากระนาบสมมาตรของรอยบากถึงปลายขั้นตอน ^ข	4	27.5 mm	± 0.42 mm ^ง	js15	27.5 mm	± 0.42 mm ^ง	js15
มุมระหว่างระนาบสมมาตรของรอยบากกับแกนแนวยาวของขั้นตอน		90°	$\pm 2^\circ$	—	90°	$\pm 2^\circ$	—
มุมระหว่างผิวหน้าแนวยาวที่ติดกันของขั้นตอน	5	90°	$\pm 2^\circ$	—	90°	$\pm 2^\circ$	—

ก) ชั้นความคลาดเคลื่อนตาม ISO 286-1

ข) ขั้นตอนต้องมีความหยาบผิวดีกว่า Ra 5 μ m ยกเว้นส่วนปลาย

ค) หากระบุเป็นความสูงอื่น (2 mm หรือ 3 mm) ต้องระบุเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่สอดคล้องกันด้วย

ง) สำหรับเครื่องทดสอบที่มีการจัดตำแหน่งขั้นตอนโดยอัตโนมัติ เป็นข้อแนะนำว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนควรเป็น ± 0.165 mm แทนที่ ± 0.42 mm

คิมตั้งศูนย์กลางเอง

Technical drawing of a mechanical assembly, showing multiple views and dimensions. The drawing includes a side view of a long arm, a top view of a circular component, a cross-section of a pin, a detailed view of a joint, and a cross-section of a base. Dimensions are provided in millimeters (mm).

Dimensions:

- Side view of the arm: 1,588 (height), 7,94 (width), 4,76 (width), 9,53 (height), 17,46 (width).
- Top view of the circular component: 9,53 (radius), 39,93 (diameter), 0 (tolerance), -0,051 (tolerance).
- Cross-section of the pin: 9,53 (height).
- Detailed view of the joint: 19,96 (width), 19,96 (width), 7,94 (width), 2 x 1,58 x 45° (angle).
- Cross-section of the base: 45° (angle), 44° (angle), A (width), B (height).

ความกว้างขั้นต่ำ	ความกว้างฐาน A	ความสูง B
10	1.60 – 1.70	1.52 – 1.65
5	0.74 – 0.80	0.69 – 0.81
3	0.45 – 0.51	0.36 – 0.48

รูปที่ ก.1 คีมตุงศูนย์กลางสำหรับขึ้นตัวอย่างชาร์ปีรอยบาก V

ภาคผนวก ข

(ให้ไว้เป็นข้อมูล)

การขยายแนวข้าง

ข.1 บททั่วไป

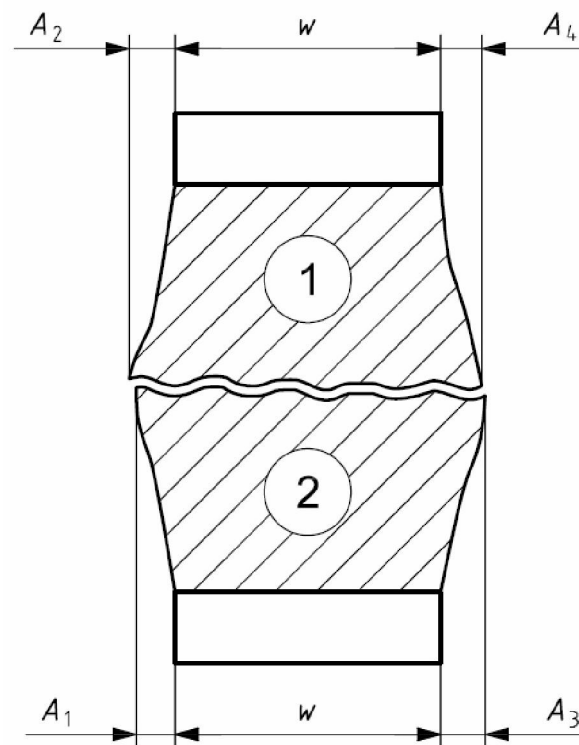
เมื่อวัสดุได้รับความเค้นสามแกน เช่นที่เกิดขึ้น ณ ก้นรอยบากในชิ้นทดสอบชาร์ปี อาการแสดงของความสามารถต้านทานการแตกหักของวัสดุ คือปริมาณการเปลี่ยนรูปที่เกิดขึ้น ณ บริเวณนี้ ซึ่งในกรณีนี้เป็นการหดตัว แต่เนื่องจากความยากในการวัดการเปลี่ยนรูปนี้แม้กระทั่งหลังการแตกหัก จึงมีการวัดการขยายที่เกิดขึ้นในอีกด้านหนึ่งของระนาบรอยแตกและใช้เป็นตัวแทนของการหดตัว

ข.2 วิธีการ

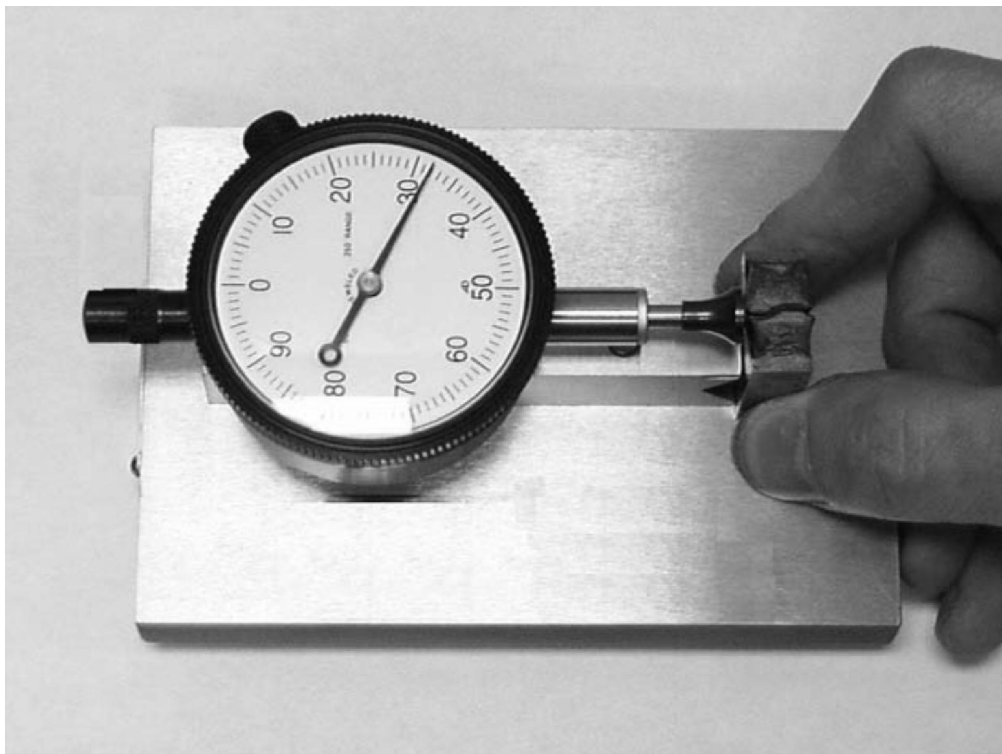
วิธีที่จะใช้ในการวัดการขยายแนวข้าง ควรพิจารณาถึงข้อเท็จจริงที่ว่าระนาบรอยแตกแทบจะไม่เคยแตกออกเป็นสองส่วน ณ จุดที่มีการขยายสูงสุดทั้งสองด้านของชิ้นทดสอบ ชิ้นส่วนครึ่งหนึ่งของชิ้นทดสอบที่แตกหักอาจรวมการขยายสูงสุดไว้ทั้งสองด้าน หรือเพียงด้านเดียว หรือไม่มีเลย ดังนั้นกลวิธีที่ใช้ควรให้ค่าการขยายที่เท่ากับผลบวกของค่าที่สูงกว่าระหว่างสองค่าที่ได้จากแต่ละด้าน โดยการวัดครึ่งทั้งสองทีละครั้ง ปริมาณการขยายแต่ละด้านของแต่ละครั้งต้องได้จากการวัดเปรียบเทียบกับกระนาบที่กำหนดโดยส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปในด้านนั้น ๆ ของชิ้นทดสอบ (ดูรูปที่ ข.1) และอาจใช้เครื่องวัดที่คล้ายคลึงกับที่แสดงในรูปที่ ข.2 และรูปที่ ข.3 เพื่อวัดการขยายนั้น โดยการวัดครึ่งทั้งสองแยกทีละครั้ง อย่างไรก็ตาม ลำดับแรกให้ตรวจสอบด้านทั้งสองที่ตั้งฉากกับรอยบาก เพื่อให้มั่นใจว่า ไม่มีเสี้ยน (burr) เกิดขึ้นบนด้านเหล่านี้ระหว่างการทดสอบการกระแทก หากพบว่ามีเสี้ยนอยู่ ให้กำจัดออก ตัวอย่างเช่น โดยการลบด้วยผ้าทรายสำหรับขัดถู (emery cloth) และทำให้มั่นใจว่า ส่วนยื่นที่จะทำการวัดไม่ถูกขัดออกระหว่างการกำจัดเสี้ยน ลำดับต่อมา วางชิ้นตัวอย่างทั้งสองครึ่งต่อเข้ากัน โดยให้ผิวที่เคยเป็นแต่ละฝั่งของรอยบากเข้าหาซึ่งกันและกัน นำชิ้นตัวอย่างครึ่งแรก (ดูรูปที่ ข.1) กดให้แน่นกับแท่นรองรับอ้างอิง โดยให้ส่วนที่ยื่นชนกับทั้งเครื่องวัด (gauge anvil) บันทึกค่าที่อ่านได้ จากนั้นทำซ้ำขั้นตอนนี้กับชิ้นตัวอย่างครึ่งที่สอง (ดูรูปที่ ข.1) ทำให้มั่นใจว่า ทำการวัดด้านเดียวกัน ค่าที่มากกว่าระหว่างสองค่าที่อ่านได้คือการขยายของชิ้นทดสอบด้านนั้น ทำซ้ำขั้นตอนเพื่อวัดส่วนยื่นบนอีกด้านหนึ่ง จากนั้นบวกค่าที่มากกว่าที่ได้จากแต่ละด้าน ตัวอย่างเช่น หาก $A_1 > A_2$ และ $A_3 = A_4$ แล้ว $LE = A_1 + (A_3 \text{ หรือ } A_4)$ หาก $A_1 > A_2$ และ $A_3 > A_4$ แล้ว $LE = A_1 + A_3$

หากส่วนยื่นส่วนหนึ่งส่วนใดของชิ้นทดสอบได้รับความเสียหายจากการสัมผัสกับทั้ง ผิวยึดของเครื่องทดสอบ ฯลฯ ห้ามมิให้ทำการวัดชิ้นทดสอบนั้นและให้บ่งชี้สภาวะนั้นลงในรายงานการทดสอบด้วย

ทำการวัดชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น

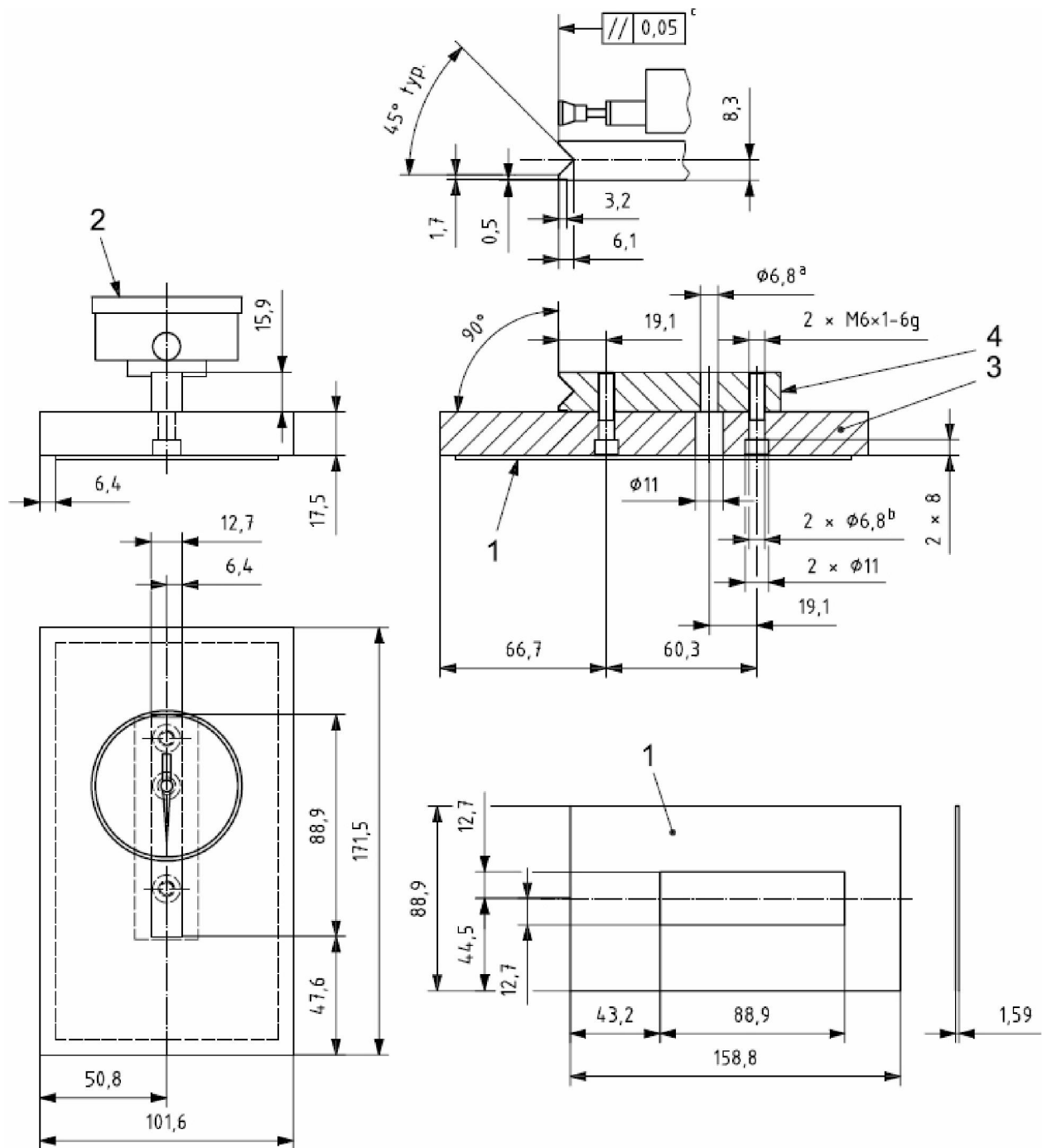


รูปที่ ข.1 ครึ่งทั้งสองของชิ้นตัวอย่างการกระแทกชาร์ปีรอยบาก V ที่แตกหัก
แสดงการวัดการขยายแนวข้าง มิติ A_1 , A_2 , A_3 , A_4 และความกว้างเดิม มิติ w



รูปที่ ข.2 เครื่องวัดการขยายแนวข้างสำหรับชิ้นตัวอย่างชาร์ปี

หน่วยเป็น mm



สัญลักษณ์

- 1 แผ่นรองทำจากยาง
- 2 เครื่องวัด พิกัดสูงสุด 10 mm ชิดส่วนแบ่ง 1/100 mm
- 3 แผ่นพื้นทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือเหล็กกล้าชุบโครเมียม
- 4 ฐานยึดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือเหล็กกล้าชุบโครเมียม

- a สำหรับนอตหัวจม $\frac{1}{4}$ -20 UNC ยาว $\frac{7}{8}$ " เพื่อยึดเครื่องวัด
- b สำหรับนอตหัวจม M6 x 1 ยาว 25 mm
- c ตั้งเกยเวลาประกอบ

รูปที่ ข.3 การประกอบและรายละเอียดสำหรับเครื่องวัดการขยายแนวข้าง

ภาคผนวก ค

(ให้ไว้เป็นข้อมูล)

ลักษณะการแตกหัก

ค.1 บททั่วไป

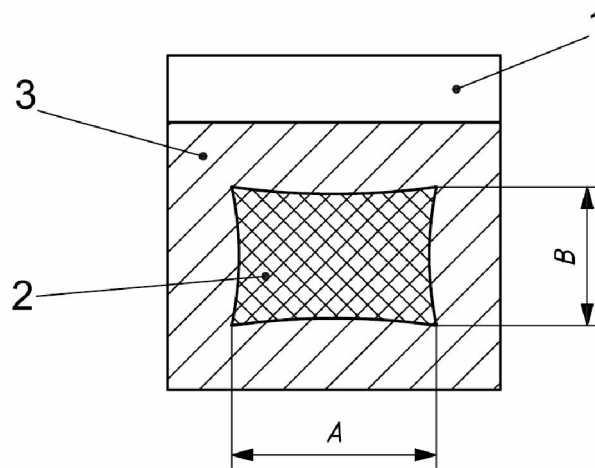
ผิวรอยแตกของชิ้นทดสอบชาร์ปีมักถูกประเมินด้วยการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละที่เกิดขึ้น ยิ่งการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละมีค่ามากขึ้นเท่าไร ความแกร่งรอยบาก (notch toughness) ของวัสดุยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ผิวรอยแตกของชิ้นตัวอย่างชาร์ปีส่วนใหญ่จะแสดงส่วนผสมของรอยแตกเฉือนและรอยแตกร้าวล่อน (เปราะ) เนื่องจากการประเมินมีลักษณะเป็นจิตวิสัย (subjective) อย่างยิ่ง จึงเป็นข้อแนะนำว่า ในข้อกำหนดจำเพาะไม่ควรใช้การประเมินนี้

หมายเหตุ คำว่า “ลักษณะการแตกหักแบบเส้นใย (fibrous-fracture)” มักถูกใช้เป็นไวยาจน์ (synonym) สำหรับคำว่า “ลักษณะการแตกหักแบบเฉือน (shear-fracture)” ส่วนคำว่า “ลักษณะการแตกร้าวล่อน (cleavage-fracture)” และ “สภาพเป็นผลึก (crystallinity)” มักถูกใช้อธิบายสิ่งตรงข้ามของการแตกหักแบบเฉือน นั่นคือเมื่อการแตกหักแบบเฉือนเท่ากับ 0 % แล้วการแตกร้าวล่อนจะเท่ากับ 100 %

ค.2 วิธีการ

โดยทั่วไป การหาค่าการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่งจากวิธีต่อไปนี้

- ก) วัดความยาวและความกว้างของส่วนแตกร้าวล่อน (ส่วน “เรียบขาว”) ของผิวรอยแตก ดังแสดงไว้ในรูปที่ ค. 1 และหาค่าการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละจากตารางที่ ค.1;
- ข) เปรียบเทียบลักษณะรอยแตกของชิ้นทดสอบกับแผนภาพลักษณะรอยแตกหัก เช่นที่แสดงไว้ในรูปที่ ค.2;
- ค) ขยายผิวรอยแตกและเปรียบเทียบกับแผนภาพทาบ (overlay chart) ที่เทียบมาตรฐานมาแล้ว หรือวัดการแตกร้าวล่อนเป็นร้อยละด้วยมาตรพื้นที่ (planimeter) แล้วคำนวณหาการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละ (100 % – การแตกร้าวล่อนเป็นร้อยละ);
- ง) ถ่ายรูปผิวรอยแตกด้วยกำลังขยายที่เหมาะสมและวัดการแตกร้าวล่อนเป็นร้อยละด้วยมาตรพื้นที่ แล้วคำนวณหาการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละ (100 % – การแตกร้าวล่อนเป็นร้อยละ);
- จ) วัดการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละโดยกลวิธีวิเคราะห์รูป (image analysis techniques)



สัญลักษณ์

- 1 รอยบาก
2 พื้นที่แตกร้าวล่อน (เปราะ)
3 พื้นที่เนียน (ด้าน)

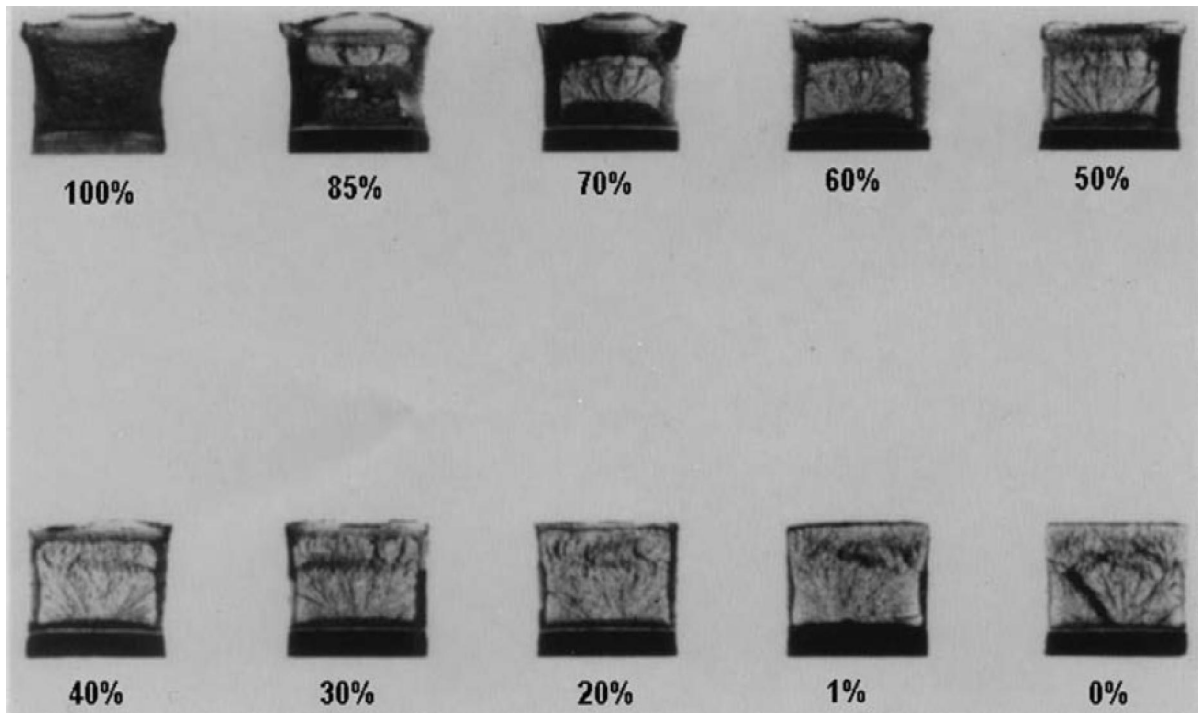
หมายเหตุ 1 วัดมิติเฉลี่ยของ A และ B ให้ได้ค่า 0.5 mm ที่ใกล้ที่สุด

หมายเหตุ 2 หาค่าการแตกหักแบบเนียนเป็นร้อยละโดยใช้ตารางที่ ค.1

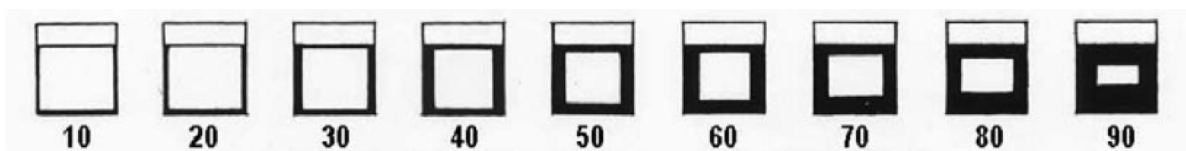
รูปที่ ค.1 การหาค่าการแตกหักแบบเนียนเป็นร้อยละ

ตารางที่ ค.1 รอยเนียนเป็นร้อยละสำหรับการวัดเป็นมิลลิเมตร

B mm	A mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
	การเนียนเป็นร้อยละ																		
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
เมื่อ A หรือ B เป็นศูนย์ ให้รายงานว่าเป็นรอยเนียน 100 %																			



ก) แผนภาพลักษณะรอยแตกหักและเปรียบเทียบการแตกหักแบบเฉือนเป็นร้อยละ



ข) คำแนะนำสำหรับการประมาณลักษณะรอยแตกหัก

รูปที่ ค.2 ลักษณะรอยแตกหัก

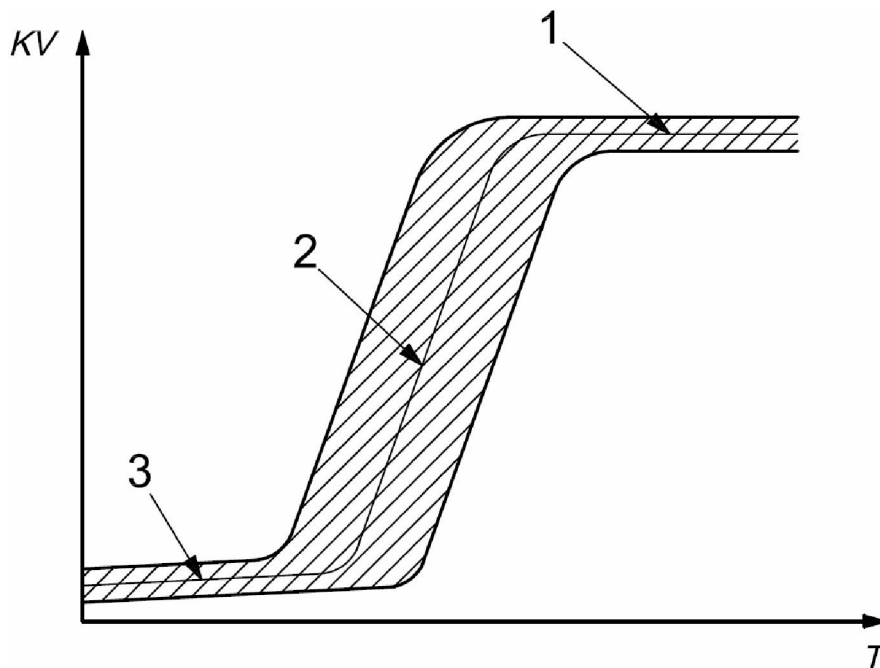
ภาคผนวก ง

(ให้ไว้เป็นข้อมูล)

พลังงานที่ถูกดูดกลืนกับอุณหภูมิ และอุณหภูมิแปรผัน

ง.1 เส้นโค้งของอุณหภูมิกับพลังงานที่ถูกดูดกลืน

เส้นโค้งของอุณหภูมิกับพลังงานที่ถูกดูดกลืน (KV/T curve) แสดงพลังงานที่ถูกดูดกลืนเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ ทดสอบสำหรับรูปร่างที่กำหนดของชิ้นตัวอย่าง (ดูรูปที่ ง.1) โดยทั่วไป ได้จากการวาดเส้นโค้งต่อผ่านแต่ละค่ารูปร่างของเส้นโค้งและการกระจายของค่าทดสอบขึ้นอยู่กับวัสดุ รูปร่างชิ้นตัวอย่าง และความเร็วในการกระแทก กรณีของเส้นโค้งที่มีเขตแทรกนชิชั้น ทำให้เกิดการแบ่งแยกระหว่างเขตไหล่บน (upper-shelf zone) เขตแทรกนชิชั้น และเขตไหลล่าง (lower-shelf zone)



สัญลักษณ์

T อุณหภูมิ
 KV พลังงานที่ถูกดูดกลืน

- 1 เขตไหล่บน (upper-shelf zone)
- 2 เขตแทรกนชิชั้น
- 3 เขตไหลล่าง (lower-shelf zone)

รูปที่ ง.1 เส้นโค้งของอุณหภูมิกับพลังงานที่ถูกดูดกลืนแสดงในลักษณะแผนภาพอย่างง่าย

ง.2 อุณหภูมิแทรนซิชั่น

อุณหภูมิแทรนซิชั่น T_f แสดงลักษณะตำแหน่งการพุ่งขึ้นขึ้นของเส้นโค้งของอุณหภูมิกับพลังงานที่ถูกดูดกลืน แต่เนื่องจากการพุ่งขึ้นขึ้นมักครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่กว้างมาก จึงไม่มีคำนิยามที่แน่นอนของอุณหภูมิแทรนซิชั่น เกณฑ์ต่อไปนี้ (ยังมีเกณฑ์อื่นอีกมาก) มีประโยชน์มากสำหรับการหาค่าอุณหภูมิแทรนซิชั่น

อุณหภูมิแทรนซิชั่น T_f คือ อุณหภูมิที่

- ก) พลังงานที่ถูกดูดกลืนมีค่าเท่ากับค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น $KV_8 = 27 \text{ J}$
- ข) พลังงานที่ถูกดูดกลืนคิดเป็นร้อยละของค่าไหล่บน (upper-shelf) มีค่าเท่ากับค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น 50 %
- ค) การแตกหักแบบเหนียวเป็นร้อยละมีค่าเท่ากับค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ร้อยละ 50 และ
- ง) การขยายแนวข้างมีค่าเท่ากับค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ตัวอย่างเช่น 0.9 mm

มาตรฐานผลิตภัณฑ์หรือข้อกำหนดจำเพาะหรือข้อตกลง ควรระบุการเลือกวิธีที่ใช้หาค่าอุณหภูมิแทรนซิชั่น

ภาคผนวก จ

(ให้ไว้เป็นข้อมูล)

ความไม่แน่นอนของการวัดของค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืน KV

จ.1 สัญลักษณ์และหน่วย

สัญลักษณ์และหน่วยที่ใช้ในภาคผนวกนี้ แสดงไว้ในตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 สัญลักษณ์และหน่วย

สัญลักษณ์	หน่วย	ความหมาย
B_V	J	ค่าเอนเอียง (bias) ของเครื่องทดสอบการกระแทกลูกตุ้ม ซึ่งหาค่าจากการทวนสอบทางอ้อม
k		ปัจจัยครอบคลุม
KV	J	พลังงานที่ถูกดูดกลืน ซึ่งหาค่าจากตัวอย่างรอยบาก V ตามมาตรฐานฉบับนี้
$\overline{KV}$	J	ค่า KV เฉลี่ยที่รายงานของชุดตัวอย่างจากวัสดุที่นำมาทดสอบ
KV_R	J	ค่า KV รับรองของวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการทวนสอบโดยอ้อม
$\overline{KV}_V$	J	ค่า KV มัชฌิมของขึ้นทดสอบอ้างอิงที่ทดสอบในการทวนสอบโดยอ้อม
n		จำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ
r	J	ความละเอียดสเกลเครื่องมือ
s_x	J	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่ได้จาก n ตัวอย่างทดสอบ
T_x	J	ค่าผิดพลาดของค่า KV ที่วัดได้เนื่องจากผลของอุณหภูมิ
$u(\overline{KV})$	J	ความไม่แน่นอนมาตรฐานของ $\overline{KV}$
$U(\overline{KV})$	J	ความไม่แน่นอนขยายของ $\overline{KV}$ ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 %
u_T	K	ความไม่แน่นอนมาตรฐานของอุณหภูมิทดสอบ
u_V	J	ความไม่แน่นอนมาตรฐานของผลการทวนสอบโดยอ้อม
$u(\bar{x})$	J	ความไม่แน่นอนมาตรฐานของ $\bar{x}$
$\bar{x}$	J	ค่า KV เฉลี่ยที่สังเกตได้จากชุดของวัสดุที่นำมาทดสอบ n ตัวอย่าง
$\nu_{\overline{KV}}$		องศาเสรี (degree of freedom) ที่สอดคล้องกับ $u(\overline{KV})$
ν_V		องศาเสรีที่สอดคล้องกับ u_V
$\nu_{\bar{x}}$		องศาเสรีที่สอดคล้องกับ $u(\bar{x})$

จ.2 การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด

จ.2.1 บททั่วไป

ภาคผนวกนี้ระบุวิธีการที่สมเหตุสมผลสำหรับการหาค่าความไม่แน่นอน $u(KV)$ ที่เกี่ยวข้องกับค่ามัชฌิมของพลังงานที่ถูกดูดกลืน KV ของชุดขึ้นตัวอย่างของวัสดุที่นำมาทดสอบ การพัฒนาวิธีการอื่นเพื่อการประเมิน $u(KV)$ สามารถทำได้และเป็นที่ยอมรับได้ หากวิธีการเหล่านั้นสอดคล้องกับข้อกำหนดของ ISO/IEC Guide 98-3^[5]

วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจาก “การทวนสอบโดยอ้อม” ของเครื่องทดสอบการกระแทกลูกตุ้มชาร์ปี ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นข้อบังคับในการประเมินสมรรถนะของเครื่องมือกับขึ้นทดสอบอ้างอิง (ดู ISO 148-2:2008 ภาคผนวก A)

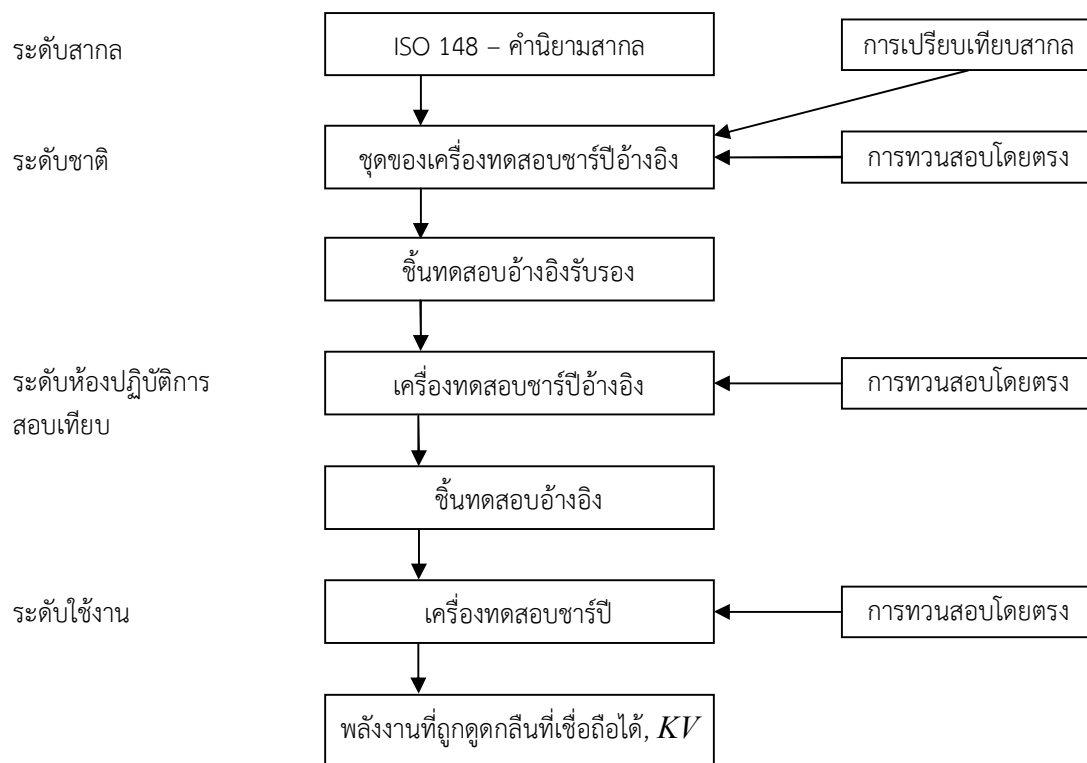
หมายเหตุ 1 ISO 148 ทุกเล่มต้องการให้เครื่องทดสอบการกระแทกลูกตุ้มชาร์ปีสอดคล้องกับข้อกำหนดสำหรับการทวนสอบทั้งโดยตรงและโดยอ้อม การทวนสอบโดยตรงประกอบด้วย การตรวจสอบรูปร่างลักษณะของชิ้นส่วนต่าง ๆ และข้อกำหนดทางกลที่ต้องดำเนินการในการสร้างเครื่องมือ (ดู ISO 148-2)

บทบาทของการทวนสอบโดยตรงและโดยอ้อมในโซ่การสอบย้อนกลับทางมาตริวิทยาของการวัดชาร์ปีแสดงไว้ในรูปที่ จ.1 ลูกโซ่เริ่มจากระดับสากลด้วยคำนิยามของสิ่งที่ถูกวัด (measurand) KV หรือพลังงานที่ถูกดูดกลืนในวิธีมาตรฐาน ซึ่งอธิบายไว้ใน ISO 148 ทุกเล่ม ความสามารถเปรียบเทียบระดับสากลอาศัยการเปรียบเทียบสากลของเครื่องทดสอบชาร์ปีอ้างอิงและการเปรียบเทียบค่ารับรองของขึ้นทดสอบอ้างอิงรับรองที่ผลิตโดยหน่วยงานระดับสากลหรือระดับชาติที่ใช้ชุดเครื่องทดสอบอ้างอิง

ห้องปฏิบัติการสอบเทียบใช้ขึ้นทดสอบอ้างอิงรับรองเพื่อทวนสอบเครื่องทดสอบอ้างอิงของตนและสามารถใช้เครื่องเหล่านั้นเพื่อกำหนดลักษณะเฉพาะตัวและผลิตขึ้นทดสอบอ้างอิง ในระดับผู้ใช้ ห้องปฏิบัติการทดสอบชาร์ปีสามารถทวนสอบเครื่องทดสอบด้วยขึ้นทดสอบอ้างอิง เพื่อให้ได้ค่า KV ที่เชื่อถือได้ที่ต้องการ

หมายเหตุ 2 ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อขึ้นทดสอบอ้างอิงรับรองจากองค์การระดับสากลหรือระดับชาติ โดยผ่านระดับห้องปฏิบัติการสอบเทียบ

หมายเหตุ 3 ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับความแตกต่างระหว่างขึ้นทดสอบอ้างอิงรับรองกับขึ้นทดสอบอ้างอิง ดู ISO 148-3:2008 ภาคผนวก A



รูปที่ จ.1 โครงสร้างของใช้การสอบย้อนกลับทางมาตริยาลำหรับคำนิยามและการถ่ายทอดของสเกลพลังงานที่ถูกดูดกลืนของการทดสอบการกระแทกชาร์ปี

จ.2.2 การปฏิเสธความไม่แน่นอน (uncertainty disclaimer)

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการวัดเป็นประโยชน์สำหรับการชี้บ่งแหล่งหลักของความไม่สม่ำเสมอของผลการวัด

มาตรฐานผลิตภัณฑ์และฐานข้อมูลของสมบัติวัสดุที่อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานฉบับนี้ ได้รับผลโดยธรรมชาติจากความไม่แน่นอนของการวัดอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ความไม่แน่นอนของการวัดไปปรับแต่งเพิ่มเติมผลการวัด ซึ่งทำให้เสี่ยงที่จะปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้อง ด้วยเหตุผลนี้ หากลูกค้ามิได้สั่งไว้ชัดเจนให้เป็นอย่างอื่น ค่าความไม่แน่นอนที่ประมาณได้จากวิธีการนี้เป็นเรื่องที่ให้ไว้เป็นข้อมูลเท่านั้น

หากลูกค้ามิได้สั่งไว้ชัดเจนให้เป็นอย่างอื่น ต้องไม่มีการปรับแต่งสถานะและขีดจำกัดของการทดสอบที่กำหนดไว้ในมาตรฐานฉบับนี้ เพื่อพิจารณาความไม่แน่นอนของการวัด หากลูกค้ามิได้สั่งไว้ชัดเจนให้เป็นอย่างอื่น ต้องไม่นำค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่ประเมินได้มารวมกับผลการวัด เพื่อประเมินความสอดคล้องกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

จ.3 วิธีการทั่วไป

จ.3.1 ปัจจัยที่มีส่วนร่วมกับความไม่แน่นอน

ปัจจัยหลักที่มีส่วนร่วมกับความไม่แน่นอนเกี่ยวข้องกับ;

ก) ค่าเอนเียของเครื่องมือที่ได้จากการทวนสอบโดยอ้อม

ข) ภาวะเอกพันธ์ (homogeneity) ของวัสดุที่นำมาทดสอบและความสามารถวัดซ้ำของเครื่องมือ

ค) อุณหภูมิทดสอบ

ค่ามัธยฐานของพลังงานที่ถูกดูดกลืน $\overline{KV}$ สามารถหาค่าได้จากสมการ (จ.1)

$$\overline{KV} = \bar{x} - B_V - T_x \quad (\text{จ.1})$$

เมื่อ

$\bar{x}$ คือ ค่ามัธยฐานของพลังงานที่ถูกดูดกลืนที่สังเกตจาก n ชิ้นตัวอย่าง

B_V คือ ค่าเอนเอียงของเครื่องมือที่ได้จากการทวนสอบโดยอ้อม

T_x คือ ค่าเอนเอียงจากอุณหภูมิ

จ.3.2 ค่าเอนเอียงของเครื่องมือ

ถือเป็นกฎว่า (ดู ISO/IEC Guide 98-3^[5]) ค่าที่วัดได้ต้องได้รับการแก้ด้วยค่าเอนเอียงที่ทราบค่าแล้ว การทวนสอบโดยอ้อมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กำหนดค่าเอนเอียง การหาค่าเอนเอียงของเครื่องมือที่หาค่าจากการทวนสอบโดยอ้อมได้กำหนดไว้ใน ISO 148-2:2008 ตามสมการ (จ.2)

$$B_V = \overline{KV}_V - KV_R \quad (\text{จ.2})$$

เมื่อ

$\overline{KV}_V$ คือ ค่ามัธยฐานของชิ้นทดสอบอ้างอิงที่ได้จากการทวนสอบโดยอ้อม

KV_R คือ ค่ารับรองของชิ้นทดสอบอ้างอิง

ISO 148-2:2008 ภาคผนวก A ได้เสนอการดำเนินการที่แตกต่างกันกับความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับผลการทวนสอบโดยอ้อม ขึ้นอยู่กับระดับของข้อมูลที่มีเกี่ยวกับค่า B_V :

ก) กรณีที่หาได้ยาก คือ B_V มีความเสถียรและทราบค่า ให้แก้ค่าสังเกต $\bar{x}$ ด้วย B_V เพื่อให้ได้ค่า $\overline{KV}$

ข) กรณีส่วนใหญ่ คือ ไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดเกี่ยวกับความเสถียรของค่า B_V กรณีนี้ ไม่ต้องใช้ค่าเอนเอียงเป็นค่าแก้ แต่พิจารณาส่วนร่วมกับความไม่แน่นอนของผลการทวนสอบโดยอ้อม u_V

ทั้งกรณี ก) และ ข) การคำนวณความไม่แน่นอน u_V ที่เกี่ยวข้องกับผลการทวนสอบโดยอ้อมและค่าเอนเอียงของเครื่องมือเป็นไปตามวิธีการที่อธิบายไว้ใน ISO 148-2:2008 ภาคผนวก A ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการทวนสอบโดยอ้อม คือค่า u_V

หากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่า $\overline{KV}_V$ กับค่า $\overline{KV}$ แล้วควรคูณค่า B_V และค่า u_V ด้วยสัดส่วน $\overline{KV}/\overline{KV}_V$

จ.3.3 ความสามารถวัดซ้ำของเครื่องทดสอบและภาวะเอกพันธ์ของวัสดุ

ความไม่แน่นอนของค่ามัธยฐานของพลังงานที่ถูกดูดกลืน $\bar{x}$ ซึ่งสังเกตจากการทดสอบ n ชิ้นตัวอย่าง หาค่าจากสมการ (จ.3)

$$u(\bar{x}) = \frac{s_x}{\sqrt{n}} \quad (\text{จ.3})$$

เมื่อ s_x คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดที่ได้จาก n ตัวอย่างทดสอบ

s_x มีสาเหตุจากสองปัจจัยได้แก่ ความสามารถวัดซ้ำของเครื่องทดสอบและภาวะเอกพันธ์ของวัสดุระหว่างตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ปัจจัยเหล่านี้ไม่สามารถแยกออกจากกันได้และรวมไว้ในพจน์นี้ จึงเป็นข้อแนะนำให้รายงานความไม่แน่นอนของการวัดรวมด้วยค่า s_x ในฐานะที่เป็นค่าที่ต่ำกว่าที่อาจจะเป็นโดยตั้งใจสำหรับการแปรผันใน KV เนื่องจากภาวะไม่เป็นเนื้อเดียวกันของวัสดุ

ค่า $v_{\bar{x}}$ หรือ เลของศาเสรีของ $u(\bar{x})$ คำนวณได้จาก $n-1$

จ.3.4 ค่าเอนเอียงจากอุณหภูมิ

ผลกระทบของค่าเอนเอียงจากอุณหภูมิ T_x ที่มีต่อพลังงานที่ถูกดูดกลืนขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเป็นอย่างมาก หากทดสอบเหล็กกล้าในย่านอุณหภูมิทรานซิชันเปราะเป็นเหนียวแล้ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดความแตกต่างกันอย่างมากของพลังงานที่ถูกดูดกลืน ในขณะที่จัดพิมพ์มาตรฐานนี้ ไม่มีวิธีการที่ใช้ได้ทั่วไปและเป็นที่ยอมรับในการคำนวณส่วนร่วมกับความไม่แน่นอนของพลังงานที่ถูกดูดกลืนที่สอดคล้องกับความไม่แน่นอนของอุณหภูมิทดสอบที่วัดได้ จึงเป็นข้อเสนอที่ให้เสริมถ้อยแถลงความไม่แน่นอนของการวัดในพจน์ของพลังงานที่ถูกดูดกลืน ด้วยถ้อยแถลงต่างหากของ u_T หรือความไม่แน่นอนของอุณหภูมิทดสอบที่ใช้ในการวัดค่าพลังงานที่ถูกดูดกลืน (ตัวอย่าง ดูภาคผนวก จ.5)

จ.3.5 ความละเอียดเครื่องทดสอบ

โดยส่วนมาก ผลเนื่องจากความละเอียดของเครื่องทดสอบอาจจะได้เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นที่มีส่วนร่วมกับความไม่แน่นอน (ดูภาคผนวก จ.3.1 ถึง จ.3.4) ยกเว้นกรณีที่ความละเอียดของเครื่องทดสอบมีค่ามาก และพลังงานที่วัดได้มีค่าต่ำ ในกรณีเช่นนี้ ส่วนร่วมความไม่แน่นอนเนื่องจากความละเอียดของเครื่องทดสอบ คำนวณจากสมการ (จ.4):

$$u(r) = \frac{r}{\sqrt{3}} \quad (\text{จ.4})$$

เมื่อ r คือ ความละเอียดของเครื่องทดสอบ เลขที่สอดคล้องขององศาเสรี คือ ∞

จ.4 ความไม่แน่นอนรวมและความไม่แน่นอนขยาย

การคำนวณหา $u(KV)$ ต้องรวมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีส่วนร่วมกับความไม่แน่นอน (ดูภาคผนวก จ.3) แต่เนื่องจาก u_T ได้รับการพิจารณาแยกต่างหากออกไป และพจน์ $u(\bar{x})$, u_V และ $u(r)$ ต่างก็เป็นอิสระจากกัน และกัน ดังนั้นความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมจึงหาค่าจากสมการ (จ.5)

$$u(KV) = \sqrt{u^2(\bar{x}) + u_V^2 + u^2(r)} \quad (\text{จ.5})$$

การคำนวณหาความไม่แน่นอนขยายต้องคูณความไม่แน่นอนมาตรฐานรวมด้วยปัจจัยครอบคลุม k ค่าของ k ขึ้นอยู่กับ v_{KV} หรือองศาเสรีของ $u(KV)$ ซึ่งสามารถคำนวณได้ โดยการใช้การประมาณค่าอย่างง่ายของ Welch-Satterthwaite^[5] ซึ่งรวมองศาเสรี v_V และ $v_{\bar{x}}$ และประเมินส่วนร่วมความไม่แน่นอนที่สอดคล้องกับ u_V และ $u(\bar{x})$ เนื่องจากค่าองศาเสรีที่สอดคล้องของ $u(r)$ มีค่าเท่ากับ ∞ ดังนั้นความละเอียดเครื่องมือจึงไม่มีส่วนร่วมด้วย v_{KV} ; ดูสมการ (จ.6)

$$v_{\overline{KV}} = \frac{u^4(\overline{KV})}{\frac{u^4(\bar{x})}{v_{\bar{x}}} + \frac{u_V^4}{v_V}} \quad (\text{จ.6})$$

หมายเหตุ ในการทดสอบชาร์ปี จำนวนตัวอย่างมักจำกัดอยู่ที่ 5 หรือเพียงแค่ 3 นอกจากนั้นภาวะไม่เป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างมักทำให้ค่า $u(\bar{x})$ มีนัยสำคัญ จึงเป็นเหตุผลว่า เลของศาเสรียังผล (effective degrees of freedom) จึงมักจะไม่ใช่พอที่จะใช้ปัจจัยครอบคลุม k เท่ากับ 2

ปัจจัยครอบคลุม k ที่สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่นประมาณร้อยละ 95 หาค่าได้จาก ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) ตาราง t ในฐานะของ $t_{95}(v_{\overline{KV}})$ (สำหรับค่า t ที่เลือกมา ดูตารางที่ จ.5) ความไม่แน่นอนขยายของ $\overline{KV}$ หาค่าได้จากสมการ จ.7

$$U(\overline{KV}) = k \times u(\overline{KV}) = t_{95}(v_{\overline{KV}}) \times u(\overline{KV}) \quad (\text{จ.7})$$

จ.5 ตัวอย่าง

ในตัวอย่างนี้ความไม่แน่นอนของการวัดคำนวณจากค่ามัชฌิม $\bar{x}$ ของชุดตัวอย่างที่ $n = 3$ จากวัสดุที่นำมาทดสอบโดยเฉพาะ ผลในตารางที่ จ.2 ได้จากเครื่องทดสอบลูกตุ้มที่ผ่านการทวนสอบทั้งโดยตรงและโดยอ้อมเรียบร้อยแล้ว ลำดับแรก คำนวณหาค่ามัชฌิมของ KV ที่สังเกตได้หรือ $\bar{x}$ และคำนวณหาค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานของ $\bar{x}$ หรือ $u(\bar{x})$ โดยใช้สมการ (จ.3)

ตารางที่ จ.2 ผลการทดสอบชาร์ปีดบ

หน่วยเป็นจูล

ผลการทดสอบ	
KV ตัวอย่างที่ 1	105.8
KV ตัวอย่างที่ 2	109.3
KV ตัวอย่างที่ 3	112.2
ค่ามัธยฐานของ KV , $\bar{x}$	109.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า KV โดย $n = 3$, s_x	3.2
ความไม่แน่นอนมาตรฐานของค่ามัธยฐานของ KV ที่สังเกตได้, $u(\bar{x})$ คำนวณตามสมการ (จ.3)	1.9

ลำดับที่สอง รวมผลดิบที่ได้กับผลของการทดสอบการทวนสอบโดยอ้อมครั้งล่าสุด ซึ่งมีการใช้ชิ้นทดสอบอ้างอิงที่ระดับพลังงานต่าง ๆ (ตัวอย่างเช่น 20 J, 120 J และ 220 J) วัสดุที่นำมาทดสอบมีระดับพลังงานใกล้เคียงกับระดับ 120 J ที่สุด ($\bar{x} = 109.1$ J) ดังนั้นจะใช้ผลการทวนสอบโดยอ้อมที่ได้จากระดับพลังงานนี้ในการประเมินความไม่แน่นอน ค่าเอนเอียง B_V สอดคล้องกับเกณฑ์การทวนสอบตาม ISO 148-2 เนื่องจากไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดของความเสถียรของ B_V จึงมิได้ใช้ค่าเอนเอียงไปแก้ค่าที่วัดได้ ดังนั้นค่า KV เฉลี่ยที่รายงานหรือ $\overline{KV}$ จึงมีค่าเท่ากับค่ามัธยฐานที่สังเกตได้ $\bar{x}$

เนื่องจากมิได้นำค่าเอนเอียงไปใช้เป็นค่าแก้ ค่าเอนเอียงจึงมีส่วนร่วมกับความไม่แน่นอนของผลการทวนสอบโดยอ้อม u_V ความไม่แน่นอนมาตรฐานที่ได้จากการทวนสอบโดยอ้อมที่ 120 J คือ $u_V = 5.2$ J ด้วยเลขของศาเสรีเท่ากับ 7 (ดู ISO 148-2) ข้อสรุปเหล่านี้และค่าต่าง ๆ สามารถหาได้จากใบรับรองการทวนสอบหรือการสอบเทียบของเครื่องทดสอบลูกตุ้มที่ใช้

ตารางที่ จ.3 แสดงวิธีการคำนวณความไม่แน่นอนของการวัด

ตารางที่ จ.3 แผนการคำนวณความไม่แน่นอนขยายของการวัด $U(\overline{KV})$

ผลการทดสอบดิบ		ผลจากการทวนสอบที่ 120 J	
$u(\bar{x})$	1.9 J	u_V	5.2 J
องศาเสรี $\nu_{\bar{x}}$ สำหรับการทดสอบ $n = 3$ ตัวอย่าง คำนวณจาก $n - 1$	2	องศาเสรีของการทวนสอบ โดยอ้อม ν_V นำมาจากใบรับรอง	7
ความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม $u(\overline{KV})$ จากสมการ (จ.5)		5.5 J	
$\nu_{\overline{KV}}$ องศาเสรียังผลของ $u(\overline{KV})$ จากสมการ (จ.6)		8	
ปัจจัย t ที่สอดคล้องกับ $\nu_{\overline{KV}}$ เท่ากับ 8 และที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, $t_{95}(\nu_{\overline{KV}})$		2.3	
ความไม่แน่นอนขยาย $U(\overline{KV})$		12.6 J	

สามารถใช้ตารางที่ จ.4 เพื่อรายงานผลการทดสอบและความไม่แน่นอนของการวัด

ตารางที่ จ.4 ตารางสรุปของผล $\overline{KV}$ และความไม่แน่นอนขยายของการวัด $U(\overline{KV})$

n	$s_x^{\text{ก}}$ J	$\overline{KV}$ J	$\nu_{\overline{KV}}$	$t_{95}(\nu_{\overline{KV}})$	$U(\overline{KV})^{\text{ข ค}}$ J
3	3.2	109.1	8	2.3	12.6
^ก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้เป็นการประมาณค่าภาวะความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneity) ของวัสดุที่นำมาทดสอบที่ต่ำกว่าที่อาจจะเป็นโดยตั้งใจ (นอกจากนั้น ยังรวมเอาส่วนร่วมจากความสามารถวัดซ้ำของเครื่องมือ ซึ่งไม่สามารถประเมินแยกต่างหากได้) ^ข ความไม่แน่นอนขยายที่คำนวณตามวิธีนี้ สอดคล้องกับระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95 % ^ค ความไม่แน่นอนที่ได้แสดงไว้ว่าจะมีความไม่แน่นอนจากอุณหภูมิทดสอบรวมอยู่ ซึ่งวัดค่าได้เท่ากับ 2 K (ระดับความเชื่อมั่น 95 %) และความไม่แน่นอนที่ได้แสดงไว้มิได้พิจารณาส่วนร่วมซึ่งอาจมาจากลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุที่นำมาทดสอบ					

ตารางที่ จ.5 ค่าของ $t_p(v)$ จากการแจกแจงแบบ t สำหรับองศาเสรี v ซึ่งกำหนดจาก
ช่วง $-t_p(v)$ ถึง $+t_p(v)$ ซึ่งรวมสัดส่วน p ของการแจกแจง^[5]

องศาเสรี v	$t_p(v)$ สำหรับสัดส่วน $p = 95\%$
1	12.71
2	4.30
3	3.18
4	2.78
5	2.57
6	2.45
7	2.36
8	2.31
9	2.26
10	2.23
11	2.20
12	2.18
13	2.16
14	2.14
15	2.13
16	2.12
17	2.11
18	2.10
19	2.09
20	2.09
25	2.06
30	2.04
35	2.03
40	2.02
45	2.01
50	2.01
100	1.98
∞	1.96

บรรณานุกรม

- [1] ISO 3785, *Metallic materials – Designation of test specimen axes in relation to product texture*
- [2] ISO 14556, *Steel – Charpy V-notch pendulum impact test – Instrumented test method*
- [3] ASTM E23, *Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials*
- [4] NANSTAD, R.K., SWAIN, R.L. AND BERGGREN, R.G., Influence of thermal conditioning media on Charpy specimen test temperature. *Charpy Impact Test: Factors and Variables*, ASTM STP 1072, ASTM, 1990, p. 195
- [5] ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM:1995)