มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 3286–2564

ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

QUENCHED AND TEMPERED WIRE FOR PRESTRESSED CONCRETE

ห้ามทำซ้ำเพื่อการหน่ายจ่ายแจก

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ICS 77.140.60 ISBN 978-616-580-524-7

TISI
ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายจ่ายแจก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

มอก. 3286–2564

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2430 6815

ห้ามทำซ้ำเพื่อการค้าหน่ายจ่ายแจก

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 140 ตอนพิเศษ 124 ง
วันที่ 29 พฤษภาคม พุทธศักราช 2566

อนุกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 2/2
ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับคอนกรีตอัดแรง

อนุกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 2/2 ผลิตภัณฑ์เหล็กสำหรับคอนกรีตอัดแรง ได้รับการแต่งตั้งจากกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 2 เหล็กทรงยาวและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง ให้จัดทำร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดสำหรับคอนกรีตอัดแรง ดังรายชื่อต่อไปนี้

ประธานอนุกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์รักติพงษ์ สหมิตรมงคล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อนุกรรมการ

นายวีระชัย ลามอ	กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นายประจวบ ล่องสุวรรณ	สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
นายประเสริฐ หวังสันติตระกูล	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายปั้นเจตน์ ธรรมรักษ์	สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย
นายอภิพงศ์ สาธร	สมาคมอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์คอนกรีตไทย
นายฐากร คชเสน	บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)
นายพิบูลศักดิ์ อรรถบวรพิศาล	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายสุบดินทร์ ณ หนองคาย	สมาคมการค้าเหล็กลวดไทย
นายนิพนธ์ นันท์สุรกิจ	สมาคมผู้ผลิตลวดเหล็กแรงดึงสูง
นายสุชาติ เตชะเทียมจันทร์	
นายอิทธิพล เดี่ยววณิชย์	บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

อนุกรรมการและเลขานุการ

นายชัยภัค ภัทรจินดา	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

TISI ห้ามทำซ้ำเพื่อการค้า

ปัจจุบันมีการใช้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรงอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างต่าง ๆ เช่น ส่วนประกอบของโครงสร้างอาคาร สะพาน เช่น เสาเข็ม แผ่นพื้น คาน ชิ้นส่วนประกอบของงานโครงการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของประชาชน และเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรงขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 6934-3 : 1991	Steel for the prestressing of concrete – Part 3 : Quenched and tempered wire
GB/T 5223.3-2017	Steel bars for the prestressing of concrete
GB/T 21839-2019	Test methods of steel for prestressing concrete
GB/T 24587-2009	Hot-rolled wire rods for prestressing steel bars of concrete
JIS G 0320 : 2009	Standard test methods for heat analysis of steel products
AS/NZS 4672.1-2007	Steel prestressing materials Part 1: General requirements
มอก. 95-2540	ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง
มอก. 2172 เล่ม 1–2556	วัสดุโลหะ–การทดสอบแรงดึง เล่ม 1 การทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายแจก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2558

TISI
ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายจ่ายแจก

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๖๙๙๑ (พ.ศ. ๒๕๖๖)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง มาตรฐานเลขที่ มอก. 3286 - 2564 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๖

สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ห้ามทำซ้ำเพื่อการค้าหรือส่งต่อ

TISI
ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายจ่ายแจก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมถึงลวดชุบแข็งและอบคืนตัวที่ใช้สำหรับคอนกรีตอัดแรง หรืออันอาจใช้กับคอนกรีตอัดแรง

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมถึงลวดซึ่งมีการกำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังต่อไปนี้

2.1 ลวดชุบแข็งและอบคืนตัวสำหรับคอนกรีตอัดแรง ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “ลวด” หมายถึง ลวดเหล็กกล้าที่มีลักษณะภาคตัดกลม ผ่านกระบวนการชุบแข็ง (quenching) และอบคืนตัว (tempering) มีผิวแบบเรียบเกลี้ยง หรือแบบเป็นสันนูน หรือแบบเป็นร่อง เป็นรูปแบบสม่ำเสมอตลอดทั้งความยาว

2.2 บั้ง (transverse rib) หมายถึง สันนูนบนลวด ที่ทำมุมกับแนวแกนของลวด

2.3 ครีบ (longitudinal rib) หมายถึง สันนูนบนลวด ตามแนวยาวของลวด

2.4 ร่องเกลียว (helical groove) หมายถึง ช่องลึกลงไประหว่างผิวปกติของลวด ลักษณะเป็นรูปเกลียว

2.5 บั้งเกลียว (helical rib) หมายถึง สันนูนที่ทำมุมกับแนวแกนของลวด ลักษณะเป็นรูปเกลียว

2.6 รอยย้ำ (indented) หมายถึง หลุมลึกลงไประหว่างผิวปกติของลวด และปรากฏสม่ำเสมอตลอดทั้งความยาว

2.7 มวลต่อเมตร หมายถึง มวลจริงต่อความยาว 1 m ของลวด

2.8 การชุบแข็งและการอบคืนตัว (quenching and tempering) หมายถึง กระบวนการให้ความร้อนจนโครงสร้างจุลภาคของเหล็กเป็นออสเทไนต์ แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นมาร์เทนไซต์ หลังจากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการอบคืนตัว เพื่อทำให้ลวดมีความเหนียว (ductility) มากขึ้น

2.9 ขด (coil) หมายถึง ลวดเส้นหนึ่งที่มีความยาวต่อเนื่องกัน โดยปราศจากรอยต่อและม้วนเป็นขด

2.10 สนิม (rust) หมายถึง สารประกอบไอออนิก เกิดจากปฏิกิริยาของเหล็ก (Fe) กับออกซิเจน (O_2) โดยมีความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดที่ผิวของโลหะ

2.11 สนิมขุม (pitting) หมายถึง สนิมที่กัดกร่อนผิวของโลหะจนลึกเป็นหลุม

2.12 ความผ่อนคลาย (relaxation) หมายถึง ความเสื่อมสูญของแรงดึงตามระยะเวลาของลวดที่มีระยะยืดคงที่ คิดเป็นร้อยละของแรงดึงเริ่มแรกที่ใช้กับลวด

ห้ามทำซ้ำเพื่อการค้า ที่ไม่ใช่ฉบับแจก

2.13 ความล้า (fatigue) หมายถึง ภาวะที่ลวดมีการรับแรงกระทำซ้ำไปซ้ำมาหรือเป็นคาบ (cyclic load) ส่งผลให้เกิดความเสียหายขึ้นในเนื้อเหล็ก

3. แบบ ประเภท และชนิด

3.1 ลวด แบ่งตามลักษณะผิวเป็น 6 แบบ คือ

3.1.1 แบบเกลี้ยง (plain) แสดงด้วยสัญลักษณ์ คือ P

3.1.2. แบบร่องเกลียว (helical groove) แสดงด้วยสัญลักษณ์ HG

3.1.3 แบบบั้งเกลียว (helical rib) แสดงด้วยสัญลักษณ์ HR

3.1.4 แบบบั้งและครีบ (transverse rib and longitudinal rib) แสดงด้วยสัญลักษณ์ TLR

3.1.5 แบบบั้ง (transverse rib) แสดงด้วยสัญลักษณ์ TR

3.1.6 แบบรอยย้ำ (indented) แสดงด้วยสัญลักษณ์ I

3.2 ลวด แบ่งตามระดับความผ่อนคลายเป็น 2 ประเภท คือ

3.2.1 ประเภทความผ่อนคลายธรรมดา (normal relaxation) แสดงด้วยสัญลักษณ์ N

3.2.2 ประเภทความผ่อนคลายต่ำ (low relaxation) แสดงด้วยสัญลักษณ์ L

3.3 ลวด แบ่งตามความยืดรวมที่แรงสูงสุด (A_{gt}) เป็น 2 ชนิด คือ

3.3.1 ชนิด Duct 35

3.3.2 ชนิด Duct 25

4. รูปร่าง และขนาด

4.1 แบบเกลี้ยง

ภาคตัดขวางของลวดมีลักษณะกลม ผิวเรียบ เส้นผ่านศูนย์กลางระบุและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ และมวลต่อเมตรระบุ ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ห้ามใช้ซ้ำเพื่อการจำหน่ายจ่ายแจก

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ และมวลต่อเมตรระบุ ของลวดแบบเกลี้ยง

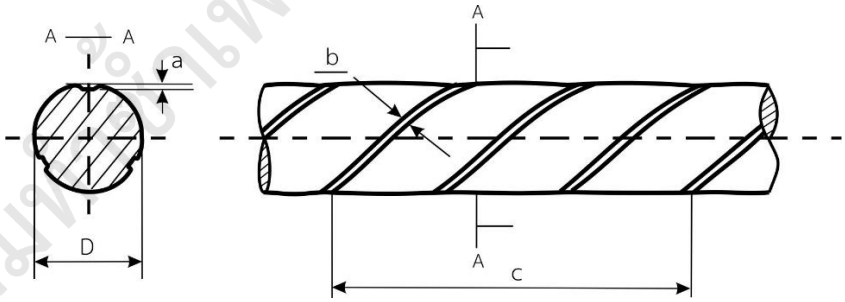
(ข้อ 4.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (D_o) mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตรระบุ[(1)] g/m
6	±0.10	28.3	222
7		38.5	302
8		50.3	395
9	±0.12	63.6	499
10		78.5	616
11		95.0	746
12		113	887
13		133	1 044
14		154	1 209
15		177	1 389
16		201	1 578

หมายเหตุ *[(1)]มวลต่อเมตรระบุ หมายถึง พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) คูณด้วยความหนาแน่นของเหล็ก (ในที่นี้เท่ากับ 7.85 g/cm^3) ใช้เป็นค่าอ้างอิง*

4.2 แบบร่องเกลียว

4.2.1 ภาคตัดขวางและรูปร่าง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1 ก หรือรูปที่ 1 ข

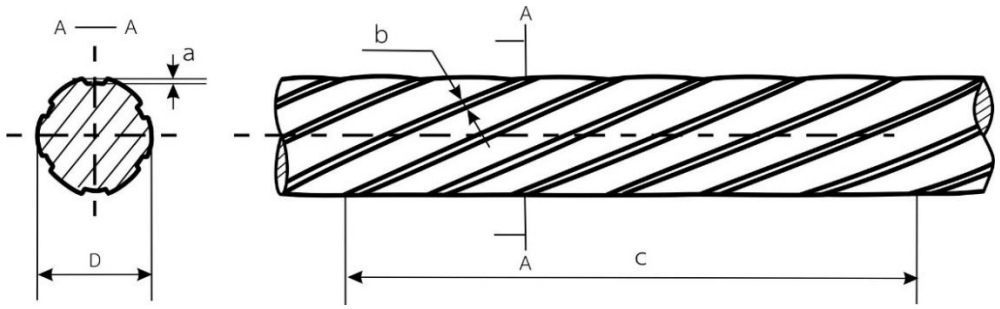


รูปที่ 1 ก รูปร่างลวดแบบร่องเกลียว ที่มี 3 เกลียวต่อ 1 ระยะพิตช์

(เฉพาะลวดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 7.1 mm)

(ข้อ 4.2.1)

ห้ามพิมพ์เพื่อการจำหน่ายโดยเด็ดขาด



รูปที่ 1 ข รูปร่างลวดแบบร่องเกลียว ที่มี 6 เกลียวต่อ 1 ระยะพิตช์

(เฉพาะลวดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 9.0 mm ถึง 14.0 mm)

(ข้อ 4.2.1)

4.2.2 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

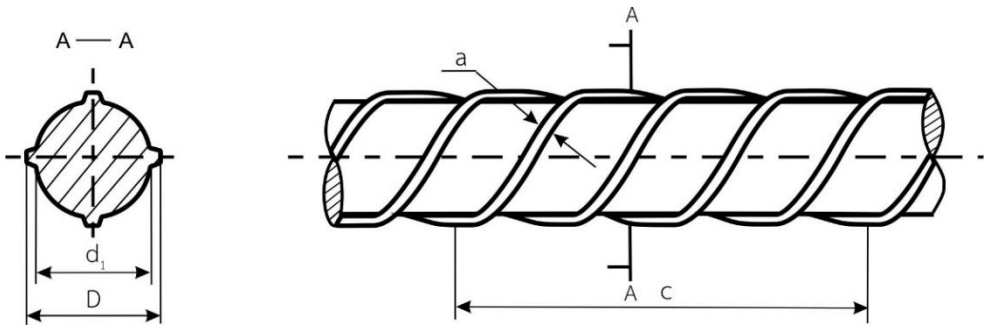
ตารางที่ 2 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของลวดแบบร่องเกลียว

(ข้อ 4.2.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (D_o) mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตร g/m		จำนวนเกลียวต่อ 1 ระยะพิตช์	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D) mm		ความลึกของร่อง (a) mm		ความกว้างของร่อง (b) mm		ระยะพิตช์ (*c*) mm	
		ต่ำสุด	สูงสุด		ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
7.1	40	306	327	3	7.25	±0.15	0.20	±0.10	1.70	±0.10	71	±10
9.0	64	490	522	6	9.25	±0.20	0.30		1.50		90	
10.7	90	689	735	6	11.10		0.30		2.00		107	
12.6	125	957	1 021	6	13.10		0.45	±0.15	2.20		126	
14.0	154	1 179	1 257	6	14.30	±0.25	0.45		2.30		140	

4.3 แบบบั้งเกลียว

4.3.1 ภาคตัดขวางและรูปร่าง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปร่างลวดแบบบั้งเกลียว

(ข้อ 4.3.1)

4.3.2 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของลวดแบบบั้งเกลียว

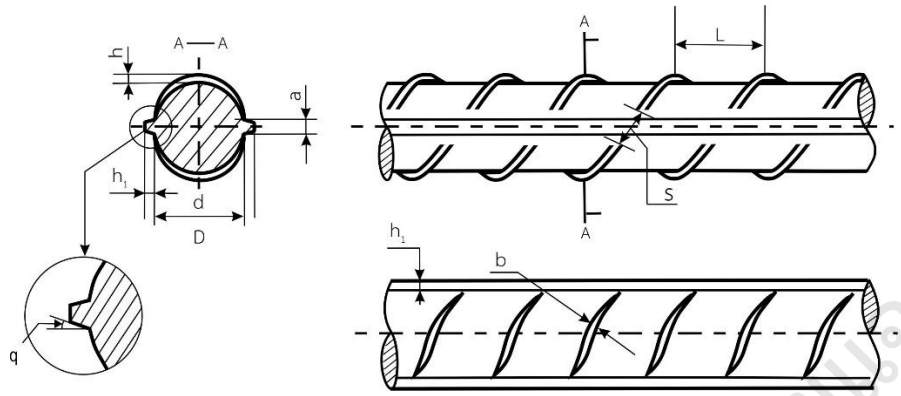
(ข้อ 4.3.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (D_o) mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตร[1] g/m		จำนวนเกลียวต่อ 1 ระยะพิตช์	เส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน (d_1) mm		เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นรอบนอก (D) mm		ความกว้างของบั้ง (a) mm	ระยะพิตช์ (c) mm
		ต่ำสุด	สูงสุด		ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		
6	28.3	217	231	4	5.80	±0.10	6.30	±0.15	2.20 ถึง 2.60	40-ถึง 50
7	38.5	295	314		6.73		7.46		2.60 ถึง 3.00	50 ถึง 60
8	50.3	385	411		7.75		8.45		3.00 ถึง 3.40	60 ถึง 70
9	63.6	487	519		8.75	±0.15	9.45	±0.20	3.40 ถึง 3.80	65 ถึง 75
10	78.5	601	641		9.75		10.45		3.60 ถึง 4.20	70 ถึง 85
11	95.0	727	776		10.75		11.45		4.00 ถึง 4.60	75 ถึง 90
12	113	865	923		11.70		12.50		4.20 ถึง 5.00	85 ถึง 100
13	133	1 018	1 086		12.75		13.45		4.60 ถึง 5.40	95 ถึง 110
14	154	1 179	1 257		13.75		14.40		5.00 ถึง 5.80	100 ถึง 115
16	201	1 538	1 641		15.75	±0.05	16.70	±0.10	3.50 ถึง 4.50	65 ถึง 75
18	254	1 944	2 074		17.68	±0.06	18.68	±0.12	4.00 ถึง 5.00	80 ถึง 90
20	314	2 403	2 563		19.62	±0.08	20.82	±0.16	4.50 ถึง 5.50	90 ถึง 100
22	380	2 908	3 102		21.60	±0.10	23.20	±0.20	5.50 ถึง 6.50	100 ถึง110

TISI
ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ใช้เพื่อการศึกษาและแจก

4.4 แบบบั้งและครีบ

4.4.1 ภาคตัดขวางและรูปร่าง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปร่างลวดแบบบั้งและครีบ

(ข้อ 4.4.1)

4.4.2 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของลวดแบบบั้งและครีบ

(ข้อ 4.4.2)

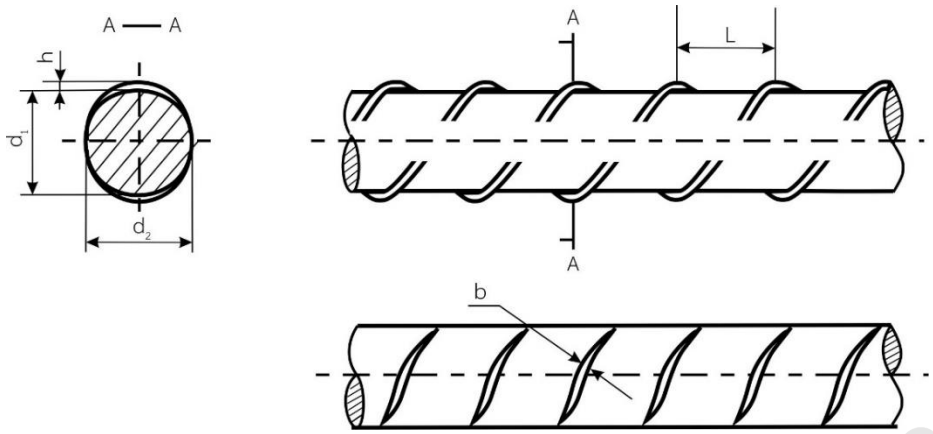
เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (D_o) mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตร g/m		เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) mm		ความสูงของบั้ง[1] (h) mm		ความสูงของครีบ (h_1) mm		ความกว้างของบั้ง (b)[1] mm	ความกว้างของครีบ (a)[1] mm	ระยะระหว่างบั้ง (L) mm		ระยะห่างระหว่างปลายบั้ง สูงสุด (s) mm
		ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน			ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	
6	28.3	217	231	5.8	±0.4	0.5	0.3	0.6	±0.3	0.4	1.0	4.0	±0.5	1.8
8	50.3	385	411	7.7	±0.5	0.7	+0.4 -0.3	0.8	±0.5	0.6	1.2	5.5		2.5
10	78.5	601	641	9.6		1.0	±0.4	1.0	±0.6	1.0	1.5	7.0		3.1
12	113	865	923	11.5		1.2	+0.4 -0.5	1.2	±0.8	1.2	1.5	8.0		3.7
14	154	1 179	1 257	13.4		1.4		1.4		1.2	1.8	9.0		4.3
16	201	1 538	1 641	15.4		1.5		1.5		1.2	1.8	10.0		5.0

หมายเหตุ *(1) [1]ความกว้างของบั้งและความกว้างของครีบ ให้ใช้เป็นค่าอ้างอิง*

(2) มุมลาดเอียงของครีบ (q) มีค่าประมาณ 0 ถึง 30

4.5 แบบบั้ง

4.5.1 ภาคตัดขวางและรูปร่าง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 รูปร่างลวดแบบบั้ง

(ข้อ 4.5.1)

4.5.2 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 มวลต่อเมตร ขนาด และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของลวดแบบบั้ง

(ข้อ 4.5.2)

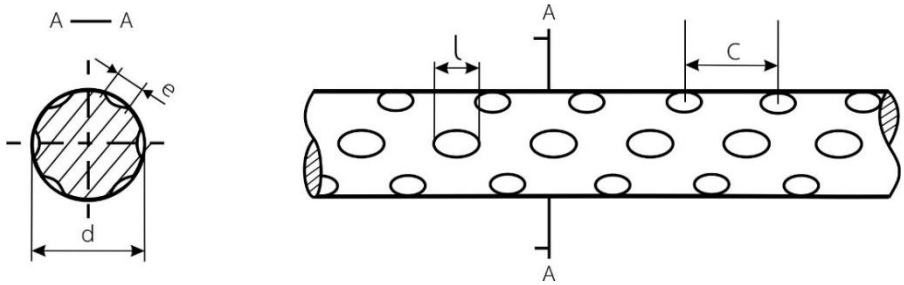
เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (D_o) mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตร g/m		เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (แนวตั้ง) (d_1) mm		เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (แนวนอน) (d_2) mm		ความสูงของบั้ง[1] (h) mm		ความกว้างของบั้ง (b)[1] mm	ระยะระหว่างบั้ง (L) mm	
		ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน		ค่าระบุ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
6	28.3	217	231	5.7	±0.4	6.2	±0.4	0.5	0.3	0.4	4.0	±0.5
8	50.3	385	411	7.5	±0.5	8.3	±0.5	0.7	+0.4 -0.3	0.6	5.5	
10	78.5	601	641	9.4		10.3		1.0	±0.4	1.0	7.0	
12	113	865	923	11.3		12.3		1.2	+0.4 -0.5	1.2	8.0	
14	154	1 179	1 257	13.0		14.3		1.4		1.2	9.0	
16	201	1 538	1 641	15.0		16.3		1.5		1.2	10.0	

หมายเหตุ *[1]ความกว้างของบั้ง ให้ใช้เป็นค่าอ้างอิง*

4.6 แบบรอยย้ำ

4.6.1 ภาคตัดขวางและรูปร่าง ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 5

TIS
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
หมายเหตุ ที่ใช้ในการจำหน่ายเท่านั้น



รูปที่ 5 รูปร่างลวดแบบรอยย้ำ

(ข้อ 4.6.1)

4.6.2 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ และเกณฑ์คลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตร ให้เป็นไปตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อเมตรของลวดแบบรอยย้ำ

(ข้อ 4.6.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm	พื้นที่ภาคตัดระบุ (S_o) mm^2	มวลต่อเมตร g/m	
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
7.1	40	301	327
9.0	64	482	522
10.7	90	679	735
12.6	125	942	1020

การทดสอบมวลต่อเมตร ให้ปฏิบัติตามข้อ 10.1

การทดสอบขนาด ให้ปฏิบัติตามข้อ 10.2

4.7 กรณีเป็นขด เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของขด มีขนาดไม่น้อยกว่า 2 m (ให้ไว้เป็นข้อแนะนำ)

ห้ามนำไปใช้เพื่อการจำหน่ายแลก

5. วัสดุ และการทำ

5.1 ลวดต้องทำจากเหล็กลวด แล้วผ่านกระบวนการชุบแข็งและอบคืนตัว การทำสันนูนหรือร่องบนเนื้อเหล็กต้องทำในระหว่างการรีดร้อนหรือการขึ้นรูปเย็น (cold working) และต้องไม่มีการต่อโดยการเชื่อมกันตลอดทั้งความยาวเส้น

6. ส่วนประกอบทางเคมี

6.1 ส่วนประกอบทางเคมีของลวด ให้เป็นไปตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบทางเคมีของลวด

(ข้อ 6.1)

หน่วยเป็นร้อยละ

Cu	S	P
ไม่เกิน 0.20	ไม่เกิน 0.025	ไม่เกิน 0.025

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม JIS G 0320 โดยเลือกวิธีทดสอบจากวิธีที่ระบุในมาตรฐานดังกล่าวหรือที่เทียบเท่า

7. คุณลักษณะที่ต้องการ

7.1 ลักษณะทั่วไป

ลวดต้องมีผิวเรียบเกลี้ยง (ยกเว้นส่วนที่เป็นร่อง สันนูน) ไม่ปริ ไม่แตกร้าว ไม่มีสนิมขุมหรือตำหนิอื่นซึ่งมีผลเสียต่อการใช้งาน แต่ยอมให้มีสนิมที่ผิวได้ สันนูนและร่องต้องมีขนาดเท่ากันและระยะห่างสม่ำเสมอตลอดทั้งความยาวเส้น และไม่มีการต่อเชื่อมส่วนหนึ่งส่วนใดตลอดทั้งเส้น

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

7.2 ความโก่ง

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.3 แล้ว ความโก่งต้องไม่เกิน 5 mm ต่อความยาวทุก ๆ 1 m

7.3 สมบัติทางกล

7.3.1 ความต้านแรงดึง R_m ความเค้นพิสูจน์สำหรับการยืดช่วงพลาสติก 0.2% $R_{p0.2}$ ความยืดรวมที่แรงสูงสุด A_{gt} และความยืดหลังจากขาด A

ความต้านแรงดึง ความเค้นพิสูจน์สำหรับการยืดช่วงพลาสติก 0.2% ให้เป็นไปตามตารางที่ 8 ความยืดรวมที่แรงสูงสุด และความยืดหลังจากขาด ให้เป็นไปตามตารางที่ 9 การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 2172 เล่ม 1

ตารางที่ 8 สมบัติทางกล

(ข้อ 7.3.1 และข้อ 7.3.4)

แบบ	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm	ความต้านแรงดึง R_m ต่ำสุด MPa	ความเค้นพิสูจน์สำหรับการยืดช่วงพลาสติก 0.2% $R_{p0.2}$ ต่ำสุด MPa	ความผ่อนคลาย		
				ความเค้นเริ่มต้นเป็น % ของความต้านแรงดึงระบุ	เกณฑ์กำหนด	
					ประเภทความผ่อนคลายธรรมดา ไม่เกิน %	ประเภทความผ่อนคลายต่ำ ไม่เกิน %
เกลี้ยง	6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	1 080	930	60 70 80	2.0 4.0 9.0	1. 0 2.0 4.5
		1 230	1 080			
		1 420	1 280			
		1 570	1 420			
ร่องเกลียว	7.1 9.0 10.7 12.6 14.0	1 080	930			
		1 230	1 080			
		1 420	1 280			
		1 570	1 420			
บั้งเกลียว	6 7 8 9 10 11 12 13 14	1 080	930			
		1 230	1 080			
		1 420	1 280			
		1 570	1 420			
	16 18 20 22	1 080	930			
		1 270	1 140			
บั้งและครีบ/บั้ง	6 8 10 12 14 16	1 080	930			
		1 230	1 080			
		1 420	1 280			
		1 570	1 420			
รอยย้ำ	7.1 9.0 10.7 12.6	1 420	1 275			

ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายแจก

ตารางที่ 9 ความยืด

(ข้อ 7.3.1)

ชนิด	ความยืดรวมที่แรงสูงสุด [2] (A_{gt}) ต่ำสุด %	ความยืดหลังจากขาด [1] (A) ต่ำสุด %
Duct 35	3.5	7.0
Duct 25	2.5	5.0

หมายเหตุ *1. [1]อนุโลมให้ใช้ความยืดหลังขาดแทนความยืดรวมที่แรงสูงสุด ในกรณีการทดสอบประจำที่โรงงาน*

2. [2]กรณีการตรวจสอบรับรอง ให้ใช้ความยืดรวมที่แรงสูงสุด ในการตัดสิน

3. กรณีความยืดรวมที่แรงสูงสุด ให้ใช้ความยาวพิกัดเท่ากับ 200 mm กรณีความยืดหลังจากขาด ให้ใช้ความยาวพิกัดเท่ากับ 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

7.3.2 การดัดโค้งแบบดัดกลับ (reverse bending) (เฉพาะลวดแบบเกลี้ยง แบบบั้งเกลียว แบบบั้งและครีบ แบบบั้ง และแบบรอยย้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุไม่เกิน 10 mm)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 แล้ว ชิ้นทดสอบต้องเกิดการหักหรือขาดเมื่อ

7.3.2.1 ดัดโค้งแบบดัดกลับไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง กรณีลวดแบบเกลี้ยงและลวดแบบบั้งเกลียว

7.3.2.2 ดัดโค้งแบบดัดกลับไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง กรณีลวดแบบบั้งและครีบ ลวดแบบบั้ง และลวดแบบรอยย้ำ

7.3.3 การดัดโค้ง (bending) (เฉพาะลวดแบบเกลี้ยง แบบบั้งเกลียว แบบบั้งและครีบ แบบบั้ง และแบบรอยย้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุมากกว่า 10 mm)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.5 แล้ว ชิ้นทดสอบต้องไม่มีรอยแตก ปริตรงส่วนโค้งด้านนอก

7.3.4 ความผ่อนคลาย

ให้เป็นไปตามตารางที่ 8 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.6

7.3.5 ความล้า (เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ทำ)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.7 แล้ว ชิ้นทดสอบต้องไม่เกิดความเสียหายใด ๆ

ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่ลวดทุกขด ต้องมีป้ายที่ไม่ฉีกขาด และไม่หลุดง่ายผูกติดอยู่ และที่ป้าย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย และชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์เป็นภาษาอังกฤษว่า “PC-QT WIRE”

(2) แบบ ประเภท ชนิด

ตัวอย่างเช่น ลวดแบบบั้ง ประเภทผ่อนคลายปกติ ชนิด Duct 35 แสดงสัญลักษณ์เป็น TR N Duct 35

(3) เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ เป็นมิลลิเมตร

(4) ความต้านแรงดึงระบุ

(5) มวล เป็นกิโลกรัม

(6) หมายเลขของการหลอม หรือรหัสรุ่น

(7) ชื่อผู้ทำ หรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

(8) ประเทศที่ทำ

8.2 ที่วัสดุหุ้มห่อลวดทุกขด อย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดตามข้อ 8.1 ให้เห็นได้ง่าย และชัดเจน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

9.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน แนะนำให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

10. การทดสอบ

10.1 มวลต่อเมตร (เฉพาะแบบร่องเกลียว แบบบั้งเกลียว แบบบั้งและครีบ แบบบั้ง และแบบรอยย้ำ)

10.1.1 เครื่องมือ

10.1.1.1 เครื่องชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดอย่างน้อย 0.1 g

10.1.1.2 เครื่องวัดความยาว ที่วัดได้ละเอียดอย่างน้อย 1 mm

10.1.2 วิธีทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบจากชิ้นตัวอย่างให้มีความยาวอย่างน้อย 300 mm วัดความยาวชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ละเอียดถึง 1 mm และชั่งมวลชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นให้ละเอียดถึง 0.1 g แล้วคำนวณมวลต่อเมตรเป็นกรัมต่อเมตร ของแต่ละชิ้นให้ละเอียดถึงทศนิยม 1 ตำแหน่ง

10.1.3 การรายงานผล

รายงานผลมวลต่อเมตรของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น

10.2 ขนาด

10.2.1 เครื่องมือ

เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ส และไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดอย่างน้อย 0.01 mm

10.2.2 วิธีทดสอบ จำแนกตามแต่ละแบบ ดังนี้

10.2.2.1 แบบเกลี้ยง

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่าง จำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้ห่างกันพอสมควร โดยหมุนตัวอย่างไปรอบ ๆ อ่านค่าสูงสุดและต่ำสุด

10.2.2.2 แบบร่องเกลียว

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ความลึกของร่อง ความกว้างของร่อง และระยะพิตช์ของลวดตัวอย่าง (ดังรูปที่ 1ก หรือรูปที่ 1ข)

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ให้วัดจำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้ห่างกันพอสมควร โดยหมุนตัวอย่างไปรอบ ๆ อ่านค่าสูงสุดและต่ำสุด

ความลึกของร่อง และความกว้างของร่อง ให้วัดตรงร่องเกลียวที่ตำแหน่งต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

ระยะพิตช์ ให้วัดช่วงระหว่างกึ่งกลางของร่องที่ต่อเนื่องกัน 3 ร่องหรือ 6 ร่อง (ตามแต่กรณีจำนวนร่องเกลียวต่อ 1 ระยะพิตช์) ในแนวขนานกับแนวแกนของลวด โดยวัดจากช่วงที่ต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

10.2.2.3 แบบบั้งเกลียว

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นรอบนอก ความกว้างของบั้ง และระยะพิตช์ของชิ้นตัวอย่าง (ดังรูปที่ 2)

เส้นผ่านศูนย์กลางของวงใน เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นรอบนอก ให้วัดจำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้ห่างกันพอสมควร โดยหมุนตัวอย่างไปรอบ ๆ อ่านค่าสูงสุดและต่ำสุด

ความกว้างของบั้ง ให้วัดจำนวน 3 บั้ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

ระยะพิตช์ ให้วัดระยะขนานกับแนวแกนของลวดจากสันบั้งหนึ่งไปยังอีกสันบั้งหนึ่งที่ต่อเนื่องและห่างกัน 4 บั้ง (1 ระยะพิตช์) และให้วัดจากช่วงที่ต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

10.2.2.4 แบบบั้งและครีบ

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ความสูงของบั้ง ความสูงของครีบ ระยะระหว่างบั้ง และระยะห่างระหว่างปลายบั้งของชิ้นตัวอย่าง (ดังรูปที่ 3)

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ให้วัดจำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้ห่างกันพอสมควร โดยหมุนตัวอย่างไปรอบ ๆ อ่านค่าสูงสุดและต่ำสุด

ห้ามจำหน่ายเพื่อการค้า

ความสูงของบั้ง ให้วัดจำนวน 3 บั้ง แต่ละบั้งให้วัดที่จุด 3 จุด คือ จุดกึ่งกลางและจุดแบ่งสี่อีก 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยความสูงของบั้ง

ระยะระหว่างบั้ง ให้วัดระยะขนานกับแนวแกนของลวดจากสันบั้งหนึ่งไปยังอีกสันบั้งหนึ่งที่ติดกัน โดยวัดจากช่วงที่ต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

ระยะห่างระหว่างปลายบั้ง ให้วัดจำนวน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

10.2.2.5 แบบบั้ง

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน(แนวตั้ง) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน(แนวนอน) ความสูงของบั้ง และระยะระหว่างบั้งของชิ้นตัวอย่าง (ดังรูปที่ 4)

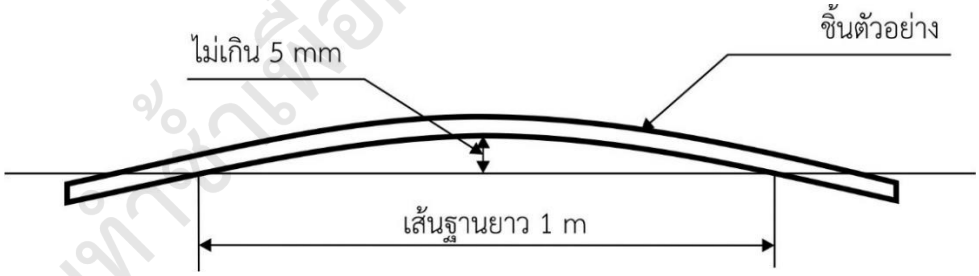
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในทั้งแนวตั้ง และแนวนอน ให้วัดจำนวน 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้ห่างกันพอสมควร แล้วรายงานค่าทุกค่า

ความสูงของบั้ง ให้วัดจำนวน 3 บั้ง แต่ละบั้งให้วัดที่จุด 3 จุด คือ จุดกึ่งกลางและจุดแบ่งสี่อีก 2 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ยความสูงของบั้ง

ระยะระหว่างบั้ง ให้วัดระยะขนานกับแนวแกนของลวดจากสันบั้งหนึ่งไปยังอีกสันบั้งหนึ่งที่ติดกัน โดยวัดจากช่วงที่ต่างกัน 3 ตำแหน่ง แล้วรายงานค่าทุกค่า

10.3 ความโก่ง

วางชิ้นตัวอย่างบนพื้นราบอย่างอิสระ วัดความโก่งของลวดตัวอย่างจากระยะมากที่สุดตั้งฉากกับเส้นฐานซึ่งยาว 1 m ดังรูปที่ 6

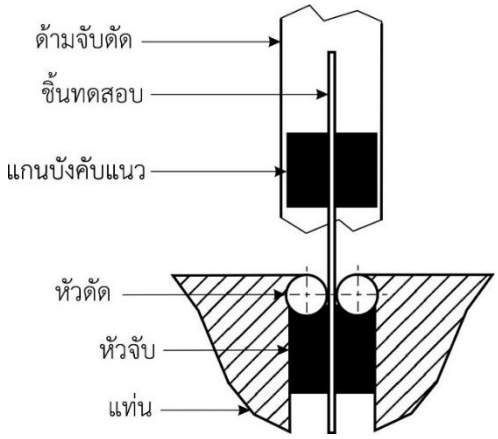


รูปที่ 6 การวัดความโก่ง

(ข้อ 10.3)

10.4 การดัดโค้งแบบดัดกลับ (เฉพาะลวดแบบเกลี้ยง แบบบั้งเกลียว แบบบั้งและครีบ แบบบั้ง และแบบรอยย้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุไม่เกิน 10 mm)

10.4.1 เครื่องทดสอบ ตัวอย่างดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เครื่องทดสอบการดัดโค้งแบบดัดกลับ

(ข้อ 10.4.1)

10.4.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบ จากชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความโก่งแล้ว

10.4.3 วิธีทดสอบ

จับปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบไว้ตามที่แสดงในรูปที่ 6 ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งใช้จับดัดโค้งตามรัศมีการดัดโค้งหัวดัด ตามตารางที่ 10 ให้เป็นมุม 90 แล้วกลับมาที่เดิมเป็นการดัดกลับหนึ่งครั้ง ต่อไปให้ดัดไปในทิศทางตรงกันข้าม แล้วดัดกลับ นับเป็นการดัดกลับอีกหนึ่งครั้ง ทิศทางและวิธีการนับ ดังแสดงในรูปที่ 8 โดยอัตราการดัดโค้งต้องสม่ำเสมอและไม่เกิน 1 ครั้งต่อวินาที

10.4.4 การรายงานผล

รายงานจำนวนรอบการดัดที่ชิ้นทดสอบเกิดการหักหรือขาด

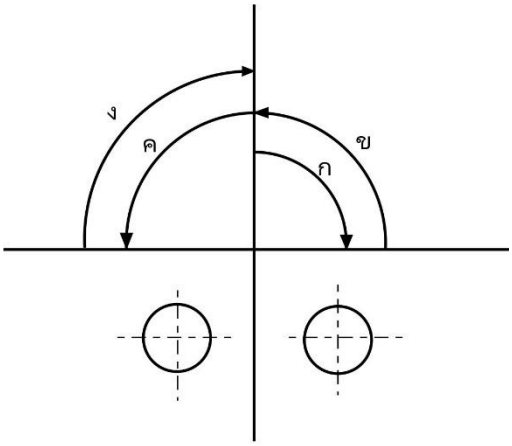
ตารางที่ 10 รัศมีการดัดโค้งแบบดัดกลับ

(ข้อ 10.4.3)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm	รัศมีการดัดโค้ง mm
6	15
7	20
8	20
9	25
10	25

หมายเหตุ *หัวดัดต้องมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรัศมีการดัดโค้งเท่ากับ ± 0.1 mm*

ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายจ่ายแจก



ก ข คือ ดัดครั้งที่ 1

ค ง คือ ดัดครั้งที่ 2

รูปที่ 8 วิธีการนับจำนวนครั้งการดัดโค้งแบบดัดกลับ

(ข้อ 10.4.3)

10.5 การดัดโค้ง (เฉพาะลวดแบบเกลี้ยง แบบบั้งเกลียว แบบบั้งและครีบ แบบบั้ง และแบบรอยย้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุมากกว่า 10 mm)

10.5.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบการดัดโค้ง ที่สามารถควบคุมความเร็วได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันโดยตลอดจนเสร็จสิ้นการทดสอบ

10.5.2 หัวกดรูปตัวยู ที่มีรัศมีของหัวกดเท่ากับ 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวด และบ่าทั้งสองข้างของฐานที่รองรับ ต้องสามารถทำให้ชิ้นทดสอบโค้งเป็นรูปตัวยูได้โดยอิสระ โดยหัวกดและฐานรองรับ ควรทำเป็นร่องโค้งให้พอดีที่จะทำให้ชิ้นทดสอบโค้งงอสัมผัสกับหัวกดโดยรอบและปลายทั้งสองข้างโค้งกลับมาขนานกันเมื่อกดชิ้นทดสอบ

10.5.3 การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

ตัดชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความโก่งแล้ว ให้ได้ชิ้นทดสอบที่มีความยาวเพียงพอที่เมื่อกดด้วยเครื่องทดสอบแล้ว ปลายทั้งสองข้างของรูปตัวยู ต้องโผล่พ้นบ่าของฐานที่รองรับ

10.5.4 วิธีทดสอบ

กดชิ้นทดสอบด้วยหัวกดที่กึ่งกลางชิ้นตัวอย่าง โดยใช้ความเร็วสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันตลอดเวลา จนทำให้ได้มุมดัดโค้งระหว่าง 160 ถึง 180 แล้วตรวจพินิจ

10.5.5 การรายงานผล

ให้รายงานว่าชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นแตกหรือปริตรงส่วนโค้งด้านนอกหรือไม่

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม TISI ห้ามนำไปจำหน่ายหรือแจกจ่าย

10.6 ความผ่อนคลาย

10.6.1 ชิ้นทดสอบก่อนจะนำมาทดสอบ ต้องไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนและการขึ้นรูปเย็นใด ๆ และต้องเก็บรักษาไว้ในห้องทดสอบก่อนการทดสอบไว้อย่างน้อย 24 h โดยห้องทดสอบต้องมีอุณหภูมิเท่ากับ (20 ± 2) C ตลอดเวลาที่เก็บรักษาชิ้นทดสอบ และขณะทำการทดสอบด้วย

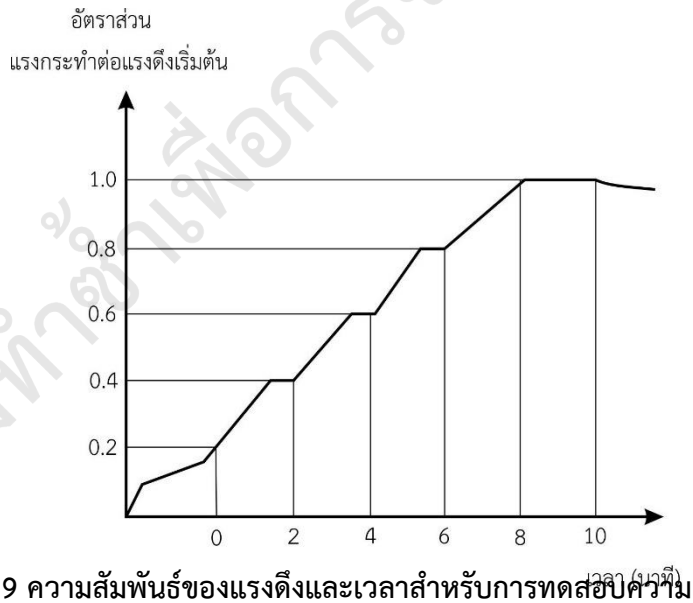
10.6.2 ระยะระหว่างปลายหัวจับชิ้นทดสอบด้วยแรงดึงทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 60 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของชิ้นทดสอบ

10.6.3 วิธีการทดสอบ

ให้แรงดึงชิ้นทดสอบ เริ่มต้นเท่ากับ 20% ของ F_0* แล้วเพิ่มแรงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตรา (200 ± 50) MPa/min (หรือ เพิ่มแรงสลับโดยให้แรงคงที่เป็นช่วง 3 ช่วง) จนได้ขนาดแรงเท่ากับ 80% ของ F_0 ภายในระยะเวลา 6 min หลังจากนั้น เพิ่มแรงไปจนถึงค่า F_0 .ในระยะเวลา 2 min คงขนาดแรงนั้นไว้ต่อไปอีก 2 min แล้วอ่านค่าแรงดึงเริ่มต้น (รายละเอียดความสัมพันธ์ของแรงดึงและเวลา ดังแสดงในรูปที่ 9) และเมื่อครบ 1 000 h อ่านค่าแรงดึงอีกครั้งหนึ่ง

หมายเหตุ **F_0 หมายถึง แรงดึงเริ่มต้น (initial force) ที่กำหนดสำหรับการทดสอบความผ่อนคลาย มีค่าเท่ากับ 60% ของ F_m หรือ 70% ของ F_m หรือ 80% ของ F_m แล้วแต่กรณีตามที่กำหนดในตารางที่ 8*

F_m หมายถึง แรงดึงสูงสุด (maximum force) ที่กระทำต่อชิ้นทดสอบให้เกิดความเค้นถึงค่าความต้านแรงดึงระบุ (nominal tensile strength) ดังในตารางที่ 8



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของแรงดึงและเวลาสำหรับการทดสอบความผ่อนคลาย

(ข้อ 10.6.3)

ห้ามทำซ้ำเพื่อการค้า

คำนวณหาค่าความผ่อนคลายที่ 1 000 h จากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

เมื่อ

R คือ ความผ่อนคลาย เป็นร้อยละ

A คือ แรงดึงเริ่มแรก เป็นกิโลนิวตัน

B คือ แรงดึงที่อ่านได้เมื่อครบ 1 000 h เป็นกิโลนิวตัน

10.6.4 การประมาณค่าความผ่อนคลายจากผลการทดสอบช่วงต้น (เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ทำ)

กรณีที่มีข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ทำ ให้ทดสอบความผ่อนคลายโดยระยะเวลาที่สั้นลง อาจใช้ผลการทดสอบเมื่อครบระยะเวลา 120 h นับตั้งแต่การวัดค่าแรงดึงเริ่มแรก เพื่อคำนวณความผ่อนคลายที่ 1 000 h ได้ โดยระหว่างการทดสอบ ให้อ่านค่าแรงดึงที่เวลา 1 2 4 6 8 10 15 30 45 min และที่ 1 2 4 6 8 10 24 30 48 72 96 120 h ตามลำดับ และสร้างสมการทำนายความผ่อนคลายจากแรงดึงที่บันทึกไว้ ตามวิธีใดวิธีหนึ่งใน 2 วิธี ดังต่อไปนี้

<u>วิธีที่ 1</u>

ใช้แรงดึงทุกค่า ตั้งแต่ค่าแรงดึงเริ่มแรกจนถึงค่าสุดท้าย แล้วนำมาสร้างสมการสหสัมพันธ์ (correlation) ดังนี้

$$R = m \log t + c$$

เมื่อ

R คือ ความผ่อนคลาย เป็นร้อยละ

m คือ ค่าคงที่

t คือ เวลา เป็นชั่วโมง

c คือ ค่าคงที่

(ความผ่อนคลายที่ 1 000 h คำนวณตามวิธีนี้ จะมีค่าเท่ากับ 3m+c)

<u>วิธีที่ 2</u>

ใช้แรงดึงเริ่มต้นที่เวลา 8 h จนถึงค่าสุดท้าย แล้วนำมาสร้างสมการสหสัมพันธ์ ดังนี้

$$\log R = m \log t + c$$

เมื่อ

R คือ ความผ่อนคลาย เป็นร้อยละ

m คือ ค่าคงที่

t คือ เวลา เป็นชั่วโมง

c คือ ค่าคงที่

(ความผ่อนคลายที่ 1 000 h คำนวณตามวิธีนี้ จะมีค่าเท่ากับ 10^{3m+c})

การคำนวณตามวิธีใด ๆ ข้างต้น สมการที่ใช้จะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ไม่น้อยกว่า 0.98 หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการที่ได้จากทั้ง 2 วิธีดังกล่าว มีค่าน้อยกว่า 0.98 จะต้องทำการทดสอบต่อไปจนถึง 1 000 h

10.7 ความล้า (เป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ทำ)

10.7.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นตัวอย่าง ให้ได้ชิ้นทดสอบที่มีความยาวเพียงพอให้ระยะระหว่างจุดจับยึดในการทดสอบ มีค่าไม่น้อยกว่า 140 mm

10.7.2 วิธีทดสอบ

ดึงชิ้นทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) จำนวนรอบทั้งหมดในการดึงชิ้นทดสอบให้เกิดความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดสลับกันเป็นรอบเท่ากับ 2×10^6 รอบ

(2) ความเค้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 70% ของความต้านแรงดึงระบุ

(3) ความเค้นต่ำสุดมีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 200 MPa กรณีชิ้นทดสอบที่มีลักษณะผิวแบบเกลี้ยง

(4) ความเค้นต่ำสุดมีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 180 MPa กรณีชิ้นทดสอบที่มีลักษณะผิวแบบอื่น

(5) ความถี่ของความเค้นในการทดสอบ ต้องไม่เกิน 120 Hz

(6) อุณหภูมิของห้องทดสอบ ต้องอยู่ระหว่าง 10 C ถึง 35 C

10.7.3 การรายงานผล

หลังจากทดสอบครบจำนวนรอบตามที่กำหนดแล้ว รายงานว่าชิ้นทดสอบเกิดความเสียหายหรือไม่อย่างไร

TISI ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า หน่วยงานเอกชน

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 9.1)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ลวด ที่มีแบบ ประเภท ชนิด และเส้นผ่านศูนย์กลางระบุเดียวกัน ที่ทำหรือ ซื้อขายหรือส่งมอบในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบมวลต่อเมตร ขนาด ลักษณะทั่วไป ความโก่ง และเครื่องหมายและฉลาก

ก.2.1.1 ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามขนาดตัวอย่างที่กำหนดในตารางที่ ก.1 โดยให้ตรวจสอบรายการเครื่องหมายและฉลาก และตัดปลายลวดข้างใดข้างหนึ่งเป็นชิ้นตัวอย่างขดละชิ้น ยาวชิ้นละประมาณ 2 m ตามรูปที่ ก.1 เพื่อทดสอบรายการมวลต่อเมตร ขนาด ลักษณะทั่วไป และความโก่ง

ก.2.1.2 จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4.1 (สำหรับแบบเกลี้ยง) ข้อ 4.2 (สำหรับแบบร่องเกลียว) ข้อ 4.3 (สำหรับแบบบั้งเกลียว) ข้อ 4.4 (สำหรับแบบบั้งและครีบ) ข้อ 4.5 (สำหรับแบบบั้ง) ข้อ 4.6 (สำหรับแบบรอยย้ำ) ข้อ 7.1 ข้อ 7.2 และข้อ 8.1 ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ ก.1 จึงจะถือว่าลวดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ ก.1 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบมวลต่อเมตร ขนาด ลักษณะทั่วไป ความโก่ง และเครื่องหมายและฉลาก

(ข้อ ก.2.1.1)

ขนาดรุ่น ขด	ขนาดตัวอย่าง ขด	เลขจำนวนที่ยอมรับ ขด
ไม่เกิน 50	5	0
เกิน 50	8	1

ห้ามพิมพ์ซ้ำเพื่อการค้า สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบส่วนประกอบทางเคมี และสมบัติทางกล

ก.2.2.1 ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ก.2.1 จำนวน 3 ชิ้นตัวอย่าง โดยแต่ละชิ้นตัวอย่าง ตัดเป็นชิ้นทดสอบให้ได้ความยาวเพียงพอเพื่อใช้ทดสอบในรายการส่วนประกอบทางเคมี 1 ชิ้น ความต้านแรงดึง ความเค้นพิสูจน์สำหรับการยืดช่วงพลาสติก 0.2% ความยืดรวมที่แรงสูงสุด และความยืดหลังจากขาด 1 ชิ้น การดัดโค้งแบบดัดกลับ (หรือการดัดโค้ง) 1 ชิ้น และความผ่อนคลาย 1 ชิ้น ตามรูปที่ ก.1

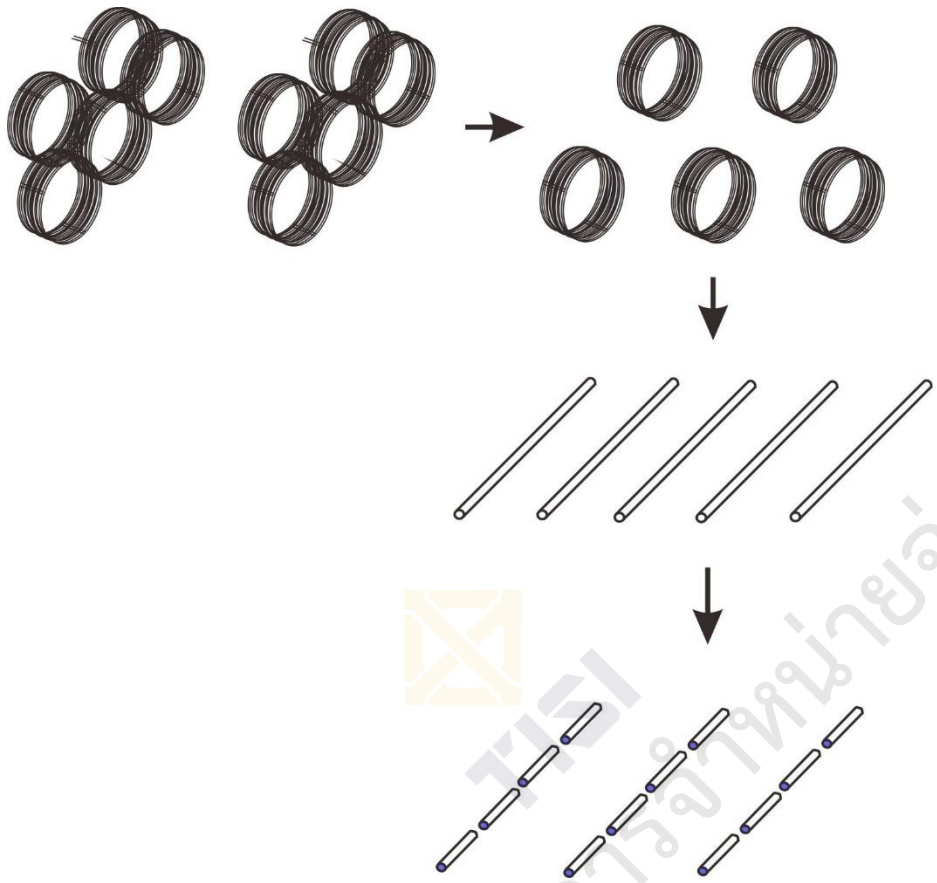
ก.2.2.2 ชิ้นทดสอบทุกชิ้นต้องเป็นไปตามข้อ 7.3.1 ข้อ 7.3.2 (หรือข้อ 7.3.3) และข้อ 7.3.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าลวดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด หากชิ้นทดสอบชิ้นใดไม่เป็นไปตามข้อ 7.3.1 ข้อ 7.3.2 (หรือข้อ 7.3.3) และข้อ 7.3.4 ให้ตัดชิ้นทดสอบใหม่จากตัวอย่างขดเดียวกันจำนวน 2 เท่าของชิ้นทดสอบครั้งแรกเพื่อทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบซ้ำต้องเป็นไปตามข้อ 7.3.1 ข้อ 7.3.2 (หรือข้อ 7.3.3) และข้อ 7.3.4 ทุกชิ้น จึงจะถือว่าลวดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

หมายเหตุ *ระหว่างการทดสอบสมบัติทางกล ถ้าชิ้นทดสอบใดขาดนอกจุดพิกัดและผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ยกเลิกผลการทดสอบนั้น แล้วนำชิ้นทดสอบใหม่จากปลายลวดขดเดียวกันมาทดสอบแทน*

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างลวดต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.2 และข้อ ก.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าลวดรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ห้ามทำซ้ำเพื่อการจำหน่ายหรือแจก



สุ่มตัวอย่างลวดจำนวน 5 ขด

ตัดชิ้นตัวอย่างจากปลายขด ความยาว 2 m ขดละ 1 ชิ้น (ทดสอบรายการมวลต่อเมตร ขนาด ลักษณะทั่วไป ความโก่ง และเครื่องหมายและฉลาก)

สุ่มตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้นตัวอย่าง แต่ละตัวอย่าง ตัดเป็น 4 ชิ้น ทดสอบ (ทดสอบส่วนประกอบทางเคมี 1 ชิ้น สมบัติทางกลอีก 3 ชิ้น)

*(**หมายเหตุ** กรณีชิ้นทดสอบใดไม่ผ่าน ให้ตัดชิ้นตัวอย่างจากลวดขดเดียวกันนั้นเพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 2 เท่า และทดสอบซ้ำ)*

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างวิธีเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบลวด ขนาดรุ่นไม่เกิน 50 ขด

(ข้อ ก.2.1.1 และข้อ ก.2.2.1)

ห้ามทำซ้ำเพื่อการสำหน่ายล่าสุดเด็ก