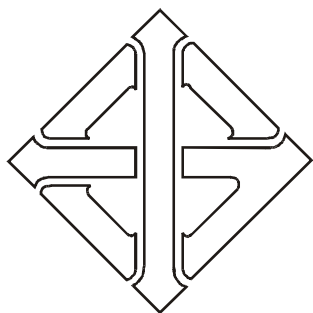




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2221 – 2548

ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียว

ZINC-COATED STEEL WIRES FOR STRANDED CONDUCTORS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.240.20 ; 29.060.10

ISBN 974-9904-72-9

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำดีเกิลียว**

มอก. 2221 – 2548

**สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300**

**ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 122 ตอนที่ 72ง
วันที่ 8 กันยายน พุทธศักราช 2548**

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 78
มาตรฐานเปิดอะลูมิเนียมเปลือกและหุ้มฉนวน

ประธานกรรมการ

รศ.ชำนาญ ห่อเกียรติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรรมการ

นายบุญชัย เตชะอำนาง

นายสิทธิโชค วัชรเสมากุล

นายณัฐ นิลวัชร

นายจรูญ อุทัยนิชวัฒนา

นายสมชาย ไรจน์รุ่งวศินกุล

นายฤทธิชัย ตันจตุรงค์

นายสมพงษ์ บุตรสวรรค์

นายสุขชัย ชีรนรวิชย์

นายสมชาย หอมกลิ่นแก้ว

นายวินัย อริยะสกุลทรัพย์

นายสมพล ตันชัยเอกกุล

นางนิภา สุนทรธนะโสภณ

นายยงยุทธ พิมพ์น้อย

นายวิวรรธน์ ตาพัวพันธ์

นายทัตชัย แก้วการะเวก

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาคากิ จำกัด

บริษัท เฟลปส์ ดอต จี ไทยแลนด์ จำกัด

บริษัท จรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิล จำกัด(มหาชน)

บริษัท สยามคอนติเนนตัลเคเบิล จำกัด

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิล จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายวรพูน เนตินิยม

นายสถาพร รุ่งรัตนอุบล

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการผลิตลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียวเพื่อใช้ทำตัวนำลวดกลมตีเกลียวร่วมศูนย์กลางสำหรับสายไฟฟ้าเหนือดินกันอยู่ทั่วไปเพื่อเป็นการส่งเสริมและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ให้ทัดเทียมกับมาตรฐานสากล จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียวขึ้น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 60888 (1987) Zinc-coated steel wires for stranded conductors มาใช้ในระดับเหมือนกันทุกประการ(identical) ทั้งเนื้อหาและโครงสร้าง และใช้ IEC ฉบับภาษาอังกฤษเป็นหลัก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3337 (พ.ศ. 2548)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียว

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียว มาตรฐานเลขที่ มอก. 2221-2548 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2548

วัฒนา เมืองสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีสำหรับตัวนำตีเกลียว

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมครอบคลุมลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี (zinc-coated steel wire) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.25 มิลลิเมตร ถึง 5.50 มิลลิเมตร ใช้สำหรับการสร้างและ/หรือการเสริมแรงตัวนำตีเกลียว (stranded conductor) สายส่งกำลังเหนือดิน (overhead power transmission cable)

เหล็กกล้า แบ่งตามลักษณะของความต้องการใช้งานของตัวนำตีเกลียวได้เป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ เหล็กกล้าต้านแรงดึงปกติ (regular steel) เหล็กกล้าต้านแรงดึงสูง (high strength steel) และ เหล็กกล้าต้านแรงดึงสูงพิเศษ (extra high strength steel)

การเคลือบสังกะสีแบ่งตามมวลต่ำสุดของสังกะสีเคลือบต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งจำแนกได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับ 1 และ ระดับ 2

2. ค่าต่าง ๆ สำหรับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

ค่าต่าง ๆ ต่อไปนี้ใช้ในการคำนวณสำหรับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้

ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทั้งระดับ 1 และระดับ 2	7.78	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น	11.5×10^{-6}	ต่อองศาเซลเซียส

3. วัสดุ

ลวดเหล็กกล้า ต้องมีสมบัติตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานนี้

สังกะสีที่ใช้ในการเคลือบต้องมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99.85

การเคลือบสังกะสีบนลวดเหล็กกล้าต้องใช้กรรมวิธีจุ่มร้อน (hot dip) หรือ กรรมวิธีทางไฟฟ้า (electrolytic process)

4. ความปราศจากข้อบกพร่อง

ลวดเหล็กกล้าที่ยังไม่เคลือบสังกะสี และลวดเหล็กกล้าที่ผ่านการเคลือบสังกะสีแล้ว ต้องมีผิวเรียบและปราศจากข้อบกพร่องในการใช้งาน

5. เส้นผ่านศูนย์กลางและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีต้องได้จากผลเฉลี่ยของการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ครั้งบนหน้าตัดเดียวกันในแนวตั้งฉากกัน ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีโดยวัดรวมทั้งสังกะสีด้วย ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ให้ใช้กับการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณผิวเรียบสม่ำเสมอของลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

ตารางที่ 1 การบิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลสำหรับการทดสอบการพัน

ลวดเหล็กกล้าต้านแรงดึงปกติ

(ข้อ 5. ข้อ 10.1 ข้อ 10.2 และข้อ 10.3)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ของลวด OD mm	เกณฑ์ความคลาด เคลื่อนสำหรับ เส้นผ่านศูนย์กลาง กลางของลวด mm	ความเค้นขณะยัด ร้อยละ 1 ต่ำสุด MPa	ความเค้นดึง อันติมะ ต่ำสุด Mpa	ความยืด อันติมะ ต่ำสุด %*	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของ แมนเดรล =(X x OD) X	จำนวนรอบ สำหรับทดสอบ การบิด** ต่ำสุด รอบ
		การเคลือบ สังกะสีระดับ 1				
> 1.24 และ ≤ 2.25	±0.03	1 170	1 340	3.0	1	18
> 2.25 และ ≤ 2.75	±0.04	1 140	1 310	3.0	1	16
> 2.75 และ ≤ 3.00	±0.05	1 140	1 310	3.5	1	16
> 3.00 และ ≤ 3.50	±0.05	1 100	1 290	3.5	1	14
> 3.50 และ ≤ 4.25	±0.06	1 100	1 290	4.0	1	12
> 4.25 และ ≤ 4.75	±0.06	1 100	1 290	4.0	1	12
> 4.75 และ ≤ 5.50	±0.07	1 100	1 290	4.0	1	12
		การเคลือบ สังกะสีระดับ 2				
> 1.24 และ ≤ 2.25	±0.05	1 100	1 240	4.0	1	
> 2.25 และ ≤ 2.75	±0.06	1 070	1 210	4.0	1	
> 2.75 และ ≤ 3.00	±0.06	1 070	1 210	4.0	1	
> 3.00 และ ≤ 3.50	±0.07	1 000	1 190	4.0	1	
> 3.50 และ ≤ 4.25	±0.09	1 000	1 190	4.0	1	
> 4.25 และ ≤ 4.75	±0.10	1 000	1 190	4.0	1	
> 4.75 และ ≤ 5.50	±0.11	1 000	1 190	4.0	1	

หมายเหตุ * ค่าความยืดอันติมะต่ำสุดที่ระบุในตารางเป็นค่าสำหรับใช้ความยาวพิกัด 250 มิลลิเมตร ในกรณีที่ใช้ความยาวพิกัด
ค่าอื่น ค่าความยืดอันติมะต่ำสุดสามารถปรับค่าได้โดยใช้ตัวประกอบ 650/(ความยาวพิกัดที่ใช้+400 มิลลิเมตร)

** ความยาวของลวดเหล็กกล้าที่ใช้สำหรับการทดสอบการบิดเท่ากับ 100 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด

ตารางที่ 2 การบิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแมนเดรลสำหรับการทดสอบการพัน
 ลวดเหล็กกล้าต้านแรงดึงสูง
 (ข้อ 5. ข้อ 10.1 ข้อ 10.2 และข้อ 10.3)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ของลวด OD mm	เกณฑ์ความคลาด เคลื่อนสำหรับ เส้นผ่านศูนย์กลาง กลางของลวด mm	ความเค้นขณะยืด ร้อยละ 1 ต่ำสุด MPa	ความเค้นดึง อันทิมะ ต่ำสุด MPa	ความยืด อันทิมะ ต่ำสุด %*	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของ แมนเดรล =(X x OD) X	จำนวนรอบสำหรับ การทดสอบการ บิด** ต่ำสุด รอบ
> 1.24 และ ≤ 2.25 > 2.25 และ ≤ 2.75 > 2.75 และ ≤ 3.00 > 3.00 และ ≤ 3.50 > 3.50 และ ≤ 4.25 > 4.25 และ ≤ 4.75 > 4.75 และ ≤ 5.50 > 1.24 และ ≤ 2.25 > 2.25 และ ≤ 2.75 > 2.75 และ ≤ 3.00 > 3.00 และ ≤ 3.50 > 3.50 และ ≤ 4.25 > 4.25 และ ≤ 4.75 > 4.75 และ ≤ 5.50	±0.03 ±0.04 ±0.05 ±0.05 ±0.06 ±0.06 ±0.07 ±0.05 ±0.06 ±0.06 ±0.07 ±0.09 ±0.10 ±0.11	การเคลือบ สังกะสีระดับ 1		2.5 2.5 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0 2.5 2.5 3.0 3.0 3.0 3.0 3.0	3 3 4 4 4 4 4 3 3 4 4 4 4 4	16 16 16 14 12 12 12 3 3 4 4 4 4 4
		1 310	1 450			
		1 280	1 410			
		1 280	1 410			
		1 240	1 410			
		1 170	1 380			
		1 170	1 380			
		1 170	1 380			
		การเคลือบ สังกะสีระดับ 2				
		1 240	1 380			
		1 210	1 340			
		1 210	1 340			
		1 170	1 340			
		1 100	1 280			
		1 100	1 280			
		1 100	1 280			

หมายเหตุ * ค่าความยืดอันทิมะต่ำสุดที่ระบุในตารางเป็นค่าสำหรับใช้ความยาวพิกัด 250 มิลลิเมตร ในกรณีที่ใช้ความยาวพิกัด
 ค่าอื่น ค่าความยืดอันทิมะต่ำสุดสามารถปรับค่าได้โดยใช้ตัวประกอบ 650/(ความยาวพิกัดที่ใช้+400 มิลลิเมตร)

** ความยาวของลวดเหล็กกล้าที่ใช้สำหรับการทดสอบการบิดเท่ากับ 100 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด

ตารางที่ 3 การบิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลสำหรับการทดสอบการพัน
ลวดเหล็กกล้าต้านแรงดึงสูงพิเศษ
(ข้อ 5, ข้อ 10.1 และข้อ 10.3)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ของลวด OD Mm	เกณฑ์ความคลาด เคลื่อนสำหรับ เส้นผ่านศูนย์กลาง กลางของลวด mm	ความเค้นขณะ ยืดร้อยละ 1 ต่ำสุด MPa	ความเค้นดึง อันติมะ ต่ำสุด MPa	ความยืด อันติมะ ต่ำสุด %*	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของ แมนเดรล =(X x OD) X	จำนวนรอบสำหรับ การทดสอบการ บิด** ต่ำสุด รอบ
		การเคลือบ	สังกะสีระดับ 1			
> 1.24 และ ≤ 2.25	±0.03	1 450	1 620	2.0	4	14
> 2.25 และ ≤ 2.75	±0.04	1 410	1 590	2.0	4	14
> 2.75 และ ≤ 3.00	±0.05	1 410	1 590	2.5	5	<u>12</u>
> 3.00 และ ≤ 3.50	±0.05	1 380	1 550	2.5	5	<u>12</u>
> 3.50 และ ≤ 4.25	±0.06	1 340	1 520	2.5	5	<u>10</u>
> 4.25 และ ≤ 4.75	±0.06	1 340	1 520	2.5	5	<u>10</u>
> 4.75 และ ≤ 5.50	±0.07	1 270	1 500	2.5	5	<u>10</u>

หมายเหตุ * ค่าความยืดอันติมะต่ำสุดที่ระบุในตารางเป็นค่าสำหรับใช้ความยาวพิกัด 250 มิลลิเมตร ในกรณีที่ใช้ความยาวพิกัด
ค่าอื่น ค่าความยืดอันติมะต่ำสุดสามารถปรับค่าได้โดยใช้ตัวประกอบ 650/(ความยาวพิกัดที่ใช้+400 มิลลิเมตร)

** ความยาวของลวดเหล็กกล้าที่ใช้สำหรับการทดสอบการบิดเท่ากับ 100 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด

6. ความยาวและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

หากมิได้ตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่น ความยาวของลวดเหล็กกล้าต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยมีเกณฑ์
ความคลาดเคลื่อนร้อยละ $\pm \frac{4}{0}$

7. รอยต่อ

ยอมให้มีรอยต่อในลวดก่อนหรือหลังกรรมวิธีทางความร้อน(heat treatment) ได้ในเหล็กลวดรีดร้อน(base hot rolled rod) หรือในเส้นลวดก่อนดึงรีดเย็นครั้งสุดท้าย(semi-finished wire) โดยเป็นการต่อด้วยวิธีการเชื่อมชนด้วยไฟฟ้า(electric butt welding) หรือการเชื่อมวาบ(flash welding) ลวดสำเร็จที่ไม่เคลือบสังกะสีที่มีการต่อ ต้องมีความเค้นดึงอันติมะต่ำสุด(minimum ultimate tensile stress)ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของค่าที่ทดสอบได้จากลวดข้างเคียงที่ไม่มีการต่อและไม่ว่ากรณีใดลวดที่มีการต่อนั้นต้องมีความต้านแรงดึงมากกว่าร้อยละ 90 ของความต้านแรงดึงอันติมะ(ultimate tensile strength)(UTS)ที่กำหนดในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ค่าที่กำหนดอื่น ๆ ของลวดเหล่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลง เว้นแต่ลวดสำเร็จที่ได้จากเหล็กลวดที่มีการต่อ ไม่ต้องทดสอบสภาพเหนียว โดยการพันและ/หรือการบิด ขดลวดสำเร็จที่มีรอยต่อต้องมีเครื่องหมายแสดงไว้อย่างชัดเจน

ต้องไม่มีการเชื่อมต่อในลวดสำเร็จที่มีการเคลือบสังกะสีแล้ว

8. การชักตัวอย่าง

8.1 การชักตัวอย่าง ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

8.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มร้อยละ 10 ของจำนวนชุดหรือล็อตที่ส่งมอบ

9. สถานที่ทดสอบ

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ในการทดสอบสมบัติของลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ให้ทดสอบที่สถานที่ของผู้ทำ

10. การทดสอบทางกล

ให้ทดสอบเฉพาะกับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีแล้วเท่านั้น

10.1 การทดสอบความเค้นขณะยืดร้อยละ 1

นำชิ้นทดสอบชิ้นหนึ่งจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างตามข้อ 8. ไปทดสอบ โดยจับยึดด้วยปากกาจับของเครื่องทดสอบการดึง ดึงลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีตามความเค้นเริ่มต้นที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4 แล้วตั้งเครื่องวัดความยืดที่ความยาวพิกัด (gauge length) 250 มิลลิเมตร และปรับเครื่องวัดความยืดเริ่มต้นตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4 (อาจเลือกใช้ความยาวพิกัดที่ 100 หรือ 200 มิลลิเมตร ก็ได้ แต่ต้องปรับเครื่องวัดความยืดเริ่มต้นตามความยาวที่ทดสอบจริงหารด้วยความยาว 250 มิลลิเมตร) เมื่อต้องการวัดค่าความยืดต้องทำเครื่องหมายของความยาวพิกัดบนลวดก่อนการดึง

ตารางที่ 4 ความเค้นเริ่มต้น และการตั้งเครื่องวัดความยืดเริ่มต้น

สำหรับหาค่าความเค้นขณะยืดร้อยละ 1

(ข้อ 10.1)

เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	ความเค้นเริ่มต้น MPa	การตั้งเครื่องวัดความยืดเริ่มต้น (ความยาวพิกัด 250 mm)*
> 1.24 และ ≤ 2.25	100	0.125
> 2.25 และ ≤ 3.00	200	0.250
> 3.00 และ ≤ 4.75	300	0.375
> 4.75 และ ≤ 5.50	400	0.500

* สำหรับความยาวพิกัดอื่นๆ ให้ใช้ค่าการตั้งเครื่องวัดความยืดเริ่มต้นของความยาวพิกัดหารด้วย 250 มิลลิเมตร

แล้วค่อยๆ เพิ่มแรงดึงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งเครื่องวัดความยืดยืดออกร้อยละ 1 ของความยาวพิกัดเริ่มต้น ที่จุดนี้ให้อ่านค่าแรงดึง แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเค้นขณะยืดร้อยละ 1 โดยการหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิมของลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี ค่าความเค้นที่ได้ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบนี้อาจใช้ในการทดสอบการดึงและทดสอบความยืดได้

10.2 การทดสอบการดึง

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 8. ไปทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบการดึงที่เหมาะสมโดยเพิ่มแรงดึง อย่างสม่ำเสมอ ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ของปากจับไม่น้อยกว่า 0.1 เท่าของความยาวพิคัด เป็นมิลลิเมตรต่อ นาที และไม่มากกว่า 0.4 เท่าของความยาวพิคัด เป็นมิลลิเมตรต่อนาที

ความเค้นดึงอันติมะ คำนวณได้จากนำค่าแรงดึงขาด (breaking load) หารด้วยพื้นที่หน้าตัดจริงของลวด ค่าความเค้นดึงอันติมะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบนี้อาจใช้ในการทดสอบความยืดได้ถ้ามีการทำเครื่องหมายความยาวพิคัดที่ต้องการทดสอบไว้บนลวด ตามการทดสอบความเค้นขณะยืดร้อยละ 1

10.3 การทดสอบสภาพเหนียว

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ในการทดสอบสภาพเหนียว ให้เลือกทดสอบอย่างใดอย่างหนึ่งระหว่างการทดสอบความยืดอันติมะ และการทดสอบการบิด และการเลือกการทดสอบวิธีใดวิธีหนึ่งต้องไม่มีอคติ เกี่ยวกับคุณภาพของลวดเหล็กกล้า

10.3.1 การทดสอบความยืด

ความยืดอันติมะที่วัดในสภาวะไร้แรงกระทำภายหลังจากที่ขึ้นทดสอบมีการทำเครื่องหมายแสดงความยาวพิคัดตามวิธีการในหัวข้อการทดสอบความเค้นขณะยืดร้อยละ 1 และดึงด้วยแรงตามวิธีการในหัวข้อการทดสอบการดึงแล้ว จะพิจารณาจากขึ้นทดสอบหนึ่งขึ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่าง หลังจากที่ได้ดึงลวดจนขาดจากกันแล้วให้นำส่วนที่ขาดมาวางต่อเข้าด้วยกันให้สนิทที่สุดในแนวเส้นตรงเดียวกันเพื่อวัดระยะห่างระหว่างเครื่องหมายความยาวพิคัด ความยืดหาได้จากระยะห่างระหว่างเครื่องหมายความยาวพิคัดที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละของความยาวพิคัดก่อนทดสอบ

การทดสอบนี้จะถูกต้อก็ต่อเมื่อขึ้นทดสอบขาดในช่วงระหว่างเครื่องหมายความยาวพิคัด

ค่าความยืดอันติมะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามขนาดและชั้นคุณภาพของลวดเหล็กกล้า

การควบคุมคุณภาพที่ทำเป็นประจำอาจใช้ความยาวพิคัดอื่นได้โดยให้ดูหมายเหตุด้านล่างของ ตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีข้อโต้แย้งผลการทดสอบให้ใช้ความยาวพิคัด 250 มิลลิเมตรในการทดสอบเพื่อตัดสิน

10.3.2 การทดสอบการบิด (ไม่ต้องทดสอบสำหรับการเคลือบสังกะสีระดับ 2)

ตัดขึ้นทดสอบหนึ่งขึ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างมาทดสอบการบิด ใช้ปากกาจับ จับที่ปลายของเส้นลวดทั้งสองข้างโดยที่ปากกาจับตัวหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาอย่างอิสระตามแนวแกนของเส้นลวดได้ในระหว่างการทดสอบ ดึงเส้นลวดให้ตึงเล็กน้อยโดยใช้แรงดึงไม่เกินร้อยละ 2 ของแรงดึงขาดของเส้นลวด ขึ้นทดสอบจะบิดเป็นเกลียวไปตามแนวแกนโดยการหมุนของปากกาจับจนกระทั่งเกิด

รอยแตก จำนวนรอบของการบิดจะขึ้นกับด้วยเครื่องนับรอบหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสม อัตราการหมุนต้องไม่เกิน 60 รอบต่อนาที จำนวนรอบของการบิดบนความยาว 100 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด จะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

10.3.3 การทดสอบการพัน

ตัดชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างมาพันรอบแมนเดรล ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ด้วยอัตราการพันไม่เกิน 15 รอบต่อนาที ให้เป็นเกลียวชิดกัน 8 รอบ เส้นลวดต้องไม่แตกหัก

11. การทดสอบการเคลือบสังกะสี

11.1 การทดสอบหามวลสังกะสีเคลือบ

ในการทดสอบหามวลสังกะสีเคลือบ อาจเลือกทำการทดสอบโดยวิธีวัดปริมาตร (volumetric method) หรือโดยวิธีชั่ง (gravimetric method) โดยที่มวลสังกะสีเคลือบต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ใน ตารางที่ 5

ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีชั่งเป็นวิธีตัดสิน

ตารางที่ 5 มวลสังกะสีเคลือบ

(ข้อ 11.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางของลวด mm	มวลสังกะสีเคลือบ ต่ำสุด g/mm ²	
	ระดับ 1	ระดับ 2
> 1.24 และ ≤ 1.50	185	370
> 1.50 และ ≤ 1.75	200	400
> 1.75 และ ≤ 2.25	215	430
> 2.25 และ ≤ 3.00	230	460
> 3.00 และ ≤ 3.50	245	490
> 3.50 และ ≤ 4.25	260	520
> 4.25 และ ≤ 4.75	275	550
> 4.75 และ ≤ 5.50	290	580

11.2 วิธีวัดปริมาตร

ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

11.3 วิธีชั่ง

ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข.

11.4 การทดสอบการติดแน่นของสังกะสีเคลือบ

นำชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างมาพันรอบแมนเดรล บนแท่นหมุนให้เป็นเกลียวชิดกันอย่างน้อย 8 รอบ ด้วยอัตราเร็วไม่เกิน 15 รอบต่อนาที แมนเดรลมีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด สำหรับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 3.50 มิลลิเมตร และเป็น 5 เท่าสำหรับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3.50 มิลลิเมตร

สังกะสีที่เคลือบผิวต้องจับติดแน่นกับลวดเหล็กกล้าและต้องไม่เป็นสะเก็ดหรือมีรอยแตกที่หลุดออกได้เมื่อถูด้วยมือเปล่า

11.5 การทดสอบความสม่ำเสมอของสังกะสีเคลือบ

นำชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างมาตรวจสอบด้วยตาเปล่า ลวดต้องไม่มีส่วนที่ไม่มีสังกะสีเคลือบ สังกะสีที่เคลือบต้องเรียบและมีความหนาสม่ำเสมอ

ภาคผนวก ก.

การหามวลของสังกะสีเคลือบโดยวิธีวัดปริมาตร

(ข้อ 11.2)

ก.1 หลักการ

ในการหามวลของสังกะสีเคลือบโดยวิธีวัดปริมาตรอาศัยหลักการว่า เมื่อโลหะมีการละลายในกรดทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณ ของโลหะที่ละลาย

สังกะสี 1 กรัม เมื่อนำไปละลายในกรดทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนขึ้นมามีปริมาตร 0.343 ลิตร ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และความดัน 101.3 กิโลพาสคัล

ลวดขนาดใหญ่อาจเกิดปัญหาการเตรียมขึ้นทดสอบและความเสียหายที่อาจเกิดกับบิวเรตต์ การทดสอบด้วยวิธีนี้จึงเหมาะสำหรับลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

ก.2 สารเคมีสารละลาย และวิธีเตรียม

ก.2.1 สารละลายแอนติโมนีทรอคลอไรด์

ละลายแอนติโมนีทรอคลอไรด์ 20 กรัม หรือแอนติโมนีทรอคลอไรด์ (antimony trichloride) 32 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริก 1 000 มิลลิลิตร

ก.2.2 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.16 ถึง 1.18 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ก.2.3 สารละลายที่ใช้ในการลอกสังกะสี (stripping solution)

นำสารละลายในข้อก.2.1 จำนวน 5 มิลลิลิตร ผสมลงในสารละลาย ข้อ ก.2.2 จำนวน 100 มิลลิลิตร อาจใช้สารละลายอื่นตามที่ กำหนดในมาตรฐาน ISO 1460 แทนสารละลายนี้ได้

ก.3 อุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วยบิวเรตต์ขนาด 100 มิลลิลิตร อ่านละเอียดอย่างน้อย 0.5 มิลลิลิตร พร้อมก๊อกปิดเปิดด้านบนและด้านล่าง ส่วนปลายด้านล่างใช้ท่ออย่างต่อเข้ากับภาชนะเก็บสายละลาย

ในกรณีที่เป็ลวดขนาดเล็กคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ควรใช้บิวเรตต์ขนาด 50 มิลลิลิตร อ่านละเอียดอย่างน้อย 0.2 มิลลิลิตร

ก.4 ขึ้นทดสอบ

ขึ้นทดสอบต้องตัดจากลวดเหล็กกล้าที่ตรงและไม่มีส่วนเสียหายโดยมีความยาวคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 ความยาวขึ้นทดสอบขึ้นอยู่กับขนาดของบิวเรตต์ เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดและมวลสังกะสีที่คาดไว้ ความยาวที่เหมาะสมของขึ้นทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ความยาวของชั้นทดสอบ
(ข้อ ก.4)

เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้า เคลือบสังกะสี mm	ความยาวของชั้นทดสอบ mm	
	บิวเรตต์ขนาด 100 ml	บิวเรตต์ขนาด 50 ml
>1.24 และ ≤1.80	100	75
>1.80 และ ≤3.60	75	-
>3.60 และ ≤5.50	50	-

ก.5 วิธีทดสอบ

ใส่สารละลายในข้อ ก.2.3 ลงในภาชนะเก็บสารละลาย ที่ต่ออยู่กับบิวเรตต์ เพื่อให้สารละลายเข้าไปในบิวเรตต์จนเต็ม โดยให้เหลือเพียงส่วนน้อยในภาชนะเก็บสารละลาย

ปรับความสูงของภาชนะเก็บสารละลาย เพื่อให้สารละลายเข้าไปในบิวเรตต์ จนถึงก๊อกปิดเปิดด้านบน แล้วปิดก๊อกปิดเปิดด้านล่าง นำชั้นทดสอบที่ตัดให้ได้ความยาวที่กำหนดหย่อนลงในบิวเรตต์แล้วปิดด้วยก๊อกปิดเปิดด้านบนทันที

สังกะสีที่เคลือบจะละลายออกมาอย่างรวดเร็วและเกิดก๊าซไฮโดรเจน ทดสอบต่อไปจนกระทั่งเหลือฟองก๊าซไฮโดรเจน ฟองเล็ก ๆ เพียงปริมาณเล็กน้อย

ยกภาชนะเก็บสารละลายไปวางข้าง ๆ บิวเรตต์ ให้เปิดก๊อกปิดเปิดด้านล่าง ปรับภาชนะเก็บสารละลายขึ้นลง จนกระทั่งระดับสารละลายในบิวเรตต์และภาชนะเก็บสารละลายเท่ากัน อ่านปริมาตรของก๊าซไฮโดรเจนบนสเกลของบิวเรตต์

เมื่อการทดสอบสิ้นสุดลงให้เปิดก๊อกปิดเปิดด้านบนออก แล้วถ่ายสารละลายออกจากบิวเรตต์ลงสู่ภาชนะเก็บสารละลายซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าก๊อกปิดเปิดด้านล่าง เอาชั้นทดสอบออกจากบิวเรตต์ แล้วจึงปิดก๊อกปิดเปิดด้านล่างอีกครั้ง ซึ่งวิธีการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถทำซ้ำได้สำหรับการทดสอบตัวอย่างต่อไป

เมื่อจำเป็นต้องใช้ชั้นทดสอบที่ยาว การใส่เข้าไปในบิวเรตต์อย่างรวดเร็วอาจทำได้ยาก และเพื่อความสะดวก อาจหย่อนชั้นทดสอบสั้น ๆ 2 ชิ้น พร้อมกัน

นำลวดเหล็กกล้าที่ลอกสังกะสีออกแล้วไปล้าง เช็ดให้แห้ง แล้ววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ให้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร

ก.6 วิธีคำนวณ

คำนวณมวลของสังกะสีเคลือบผิวต่อหน่วยพื้นที่ของลวดเหล็กกล้าจากสูตรดังนี้

$$\text{มวลของสังกะสีเคลือบผิวต่อหน่วยพื้นที่ผิวของลวดเหล็กกล้า} = \frac{V}{dl} \times f$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของก๊าซไฮโดรเจน เป็น มิลลิลิตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดหลังการทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

l คือ ความยาวของชิ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร

ในกรณีที่ d และ l มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และค่า $f = 866$ (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และความดันบรรยากาศ 101.3 กิโลพาสคัล) มวลของสังกะสีมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร

ก.7 ค่าตรวจแก้ของอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

ในกรณีที่การทดสอบมีความดันบรรยากาศไม่อยู่ในช่วง 98.7 กิโลพาสคัล ถึง 104.0 กิโลพาสคัล หรือ อุณหภูมิไม่อยู่ในช่วง 18 องศาเซลเซียส ถึง 22 องศาเซลเซียส ให้ใช้ตัวประกอบค่าตรวจแก้ (correction factor) ตามที่กำหนดในตารางที่ ก.2 คูณตัวประกอบ f

ยกเว้นในกรณีที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศมีค่าตัวประกอบค่าตรวจแก้ อยู่ระหว่างค่า 0.98 ถึง 1.02 ไม่จำเป็นต้องปรับใช้ค่าตัวประกอบค่าตรวจแก้ ตามตารางที่ ก.2

กรณีที่ผลทดสอบที่ได้อยู่ภายใน 5 กรัมต่อตารางเมตร ของค่าต่ำสุดที่กำหนดในตารางที่ 5 ให้ตรวจสอบอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เพื่อกรณีที่จำเป็นต้องใช้ค่าตัวประกอบค่าตรวจแก้เพื่อความถูกต้อง

กรณีภูมิอากาศและระดับความสูงมีผลต่อการทดสอบต้องใช้ค่าตัวประกอบค่าตรวจแก้ตามตารางที่ ก.2

ในระดับความสูงมากๆ แนะนำให้ใช้ปริมาตรขนาดมากกว่า 50 มิลลิลิตร หรือ 100 มิลลิลิตรในการทดสอบ

ตารางที่ ก.2 ตัวประกอบค่าตรวจแก้สำหรับอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

(ข้อ ก.7)

อุณหภูมิ °C	ความดันบรรยากาศ KPa														
	69.3	72.0	74.7	77.3	80.0	82.7	85.3	88.0	90.7	93.3	96.0	98.7	101.3	104.0	106.7
12	0.703	0.730	0.758	0.784	0.811	0.839	0.866	0.892	0.920	0.947	0.974	1.001	1.028	1.055	1.082
14	0.698	0.725	0.752	0.779	0.806	0.833	0.860	0.886	0.914	0.940	0.967	0.994	1.021	1.048	1.075
16	0.694	0.720	0.747	0.774	0.800	0.827	0.854	0.880	0.908	0.934	0.960	0.988	1.014	1.040	1.068
18	0.689	0.715	0.742	0.768	0.795	0.822	0.848	0.874	0.901	0.927	0.954	0.981	1.007	1.033	1.060
20	0.684	0.710	0.737	0.763	0.789	0.816	0.842	0.868	0.895	0.921	0.947	0.974	1.000	1.026	1.053
22	0.679	0.705	0.732	0.758	0.783	0.810	0.836	0.862	0.889	0.915	0.940	0.967	0.993	1.019	1.046
24	0.674	0.700	0.727	0.752	0.778	0.805	0.830	0.856	0.882	0.908	0.934	0.960	0.986	1.012	1.038
26	0.670	0.696	0.722	0.748	0.773	0.800	0.825	0.851	0.877	0.903	0.928	0.955	0.980	1.005	1.032
28	0.666	0.691	0.717	0.742	0.769	0.794	0.819	0.845	0.871	0.896	0.921	0.947	0.973	0.998	1.025
30	0.661	0.687	0.713	0.738	0.763	0.789	0.814	0.839	0.865	0.891	0.916	0.942	0.967	0.992	1.018
	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740	760	780	800
	ความสูงของบารอมิเตอร์ mmHg														

ภาคผนวก ข.

การหามวลของสังกะสีเคลือบด้วยวิธีชั่ง

(ข้อ 11.3)

ข.1 หลักการ

นำชิ้นทดสอบหนึ่งชิ้นจากตัวอย่างที่ชักมาแต่ละตัวอย่างมาตัดให้ตรง แล้วทำความสะอาดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมก่อนนำมาเช็ดด้วยผ้าแห้งที่สะอาดให้แห้ง ชิ้นทดสอบต้องมีมวลไม่น้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรคูณด้วย 4 ผลลัพธ์มีหน่วยเป็นกรัม เครื่องชั่งที่ใช้ต้องมีความละเอียด 0.01 กรัม เพื่อความสะดวกในการลอกสังกะสีอาจโค้งงอชิ้นทดสอบได้ สารละลายที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นสารละลายตามที่กำหนดในข้อ ก.2

ข.2 การลอกสังกะสี

ลอกสังกะสีที่เคลือบชิ้นทดสอบโดยการจุ่มชิ้นทดสอบในสารละลายตามข้อ ก.2 สารละลายนี้สามารถใช้ซ้ำได้โดยไม่ต้องเติมสารละลายแอนติโมนิคโลไรด์เพิ่ม หากเวลาที่ใช้ลอกสังกะสีไม่นานเกินไป อุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ในการลอกต้องไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ตลอดการทดสอบ

การทดสอบครั้งเดียว ควรใช้สารละลายซึ่งมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร บรรจุในกระบอกแก้วซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และสูง 150 มิลลิเมตร จำนวนชิ้นทดสอบที่ใช้ต้องไม่เกิน 3 ชิ้นต่อสารละลาย 100 มิลลิลิตร

ในทันทีที่สารละลายหยุดทำปฏิกิริยารุนแรงทางเคมีต่อลวดให้นำลวดตัวอย่างออกจากสารละลายล้างในน้ำที่ไหลตลอดเวลาแล้วเช็ดให้แห้ง หาเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดตัวอย่างโดยเฉลี่ยจากผลการวัดตั้งฉากกันสองครั้งด้วยเครื่องวัดที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร หามวลของลวดที่ลอกสังกะสีแล้วโดยนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม

ข.3 การคำนวณ

มวลของสังกะสีเคลือบต่อหน่วยผิวพื้นที่ของลวดที่ปราศจากสังกะสี คำนวณได้จากสูตร

มวลของสังกะสีเคลือบ = 1 950 dr กรัมต่อตารางเมตร

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดหลังการทดสอบ เป็น มิลลิเมตร

r คำนวณได้จาก $\frac{m_0 - m_1}{m_1}$

เมื่อ m_0 คือ มวลของลวดก่อนการทดสอบ เป็น กรัม

m_1 คือ มวลของลวดหลังการทดสอบ เป็น กรัม