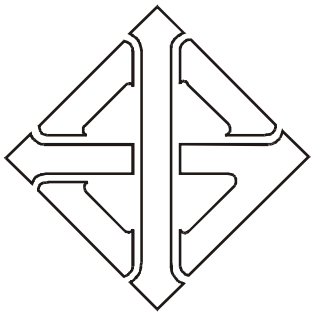


มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 82–2552

ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล

POLYVINYL FORMAL ENAMELLED ROUND COPPER WIRES

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.060.10

ISBN 978-616-231-227-4

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล

มอก. 82—2552

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 128 ตอนพิเศษ 36ง
วันที่ 29 มีนาคม พุทธศักราช 2554

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 113
มาตรฐานลวดทองแดงอาบน้ำยา

ประธานกรรมการ

รศ.บุญชัย เตชะอำนาจ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นายดนัย เอกกมล	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
นายนภา วงษ์ประดิษฐ์	
นายสิทธการย์ ประสมทรัพย์	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
นายวันชัย ตรีหิรัญ	
นายชายชาญ โพธิสาร	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
นางอนารัตน์ ไตรสนธิ์	สถาบันนวัตกรรม ทีโอที
นายถนอมศักดิ์ แก้วสกุณี	
นายสุดเขต ศรีจิวงษ์ษา	บริษัท ซูมิโมโต อีเล็คตริก วินเทค (ประเทศไทย) จำกัด
นายภูริทัต ตุลยสุข	

กรรมการและเลขานุการ

นายพุฒิพงศ์ คงเจริญ	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล นี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบน้ำยาโพลิไวนิลฟอร์มัล มาตรฐานเลขที่ มอก.82-2517 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 91 ตอนที่ 89ง วันที่ 24 พฤษภาคม พุทธศักราช 2517 ต่อมาได้ยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานขึ้นใหม่เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบโพลิไวนิลฟอร์มัล มาตรฐานเลขที่ มอก.82-2527 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 101 ตอนที่ 41 วันที่ 29 มีนาคม พุทธศักราช 2527 และได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงอีกครั้ง เพื่อให้ทันสมัยและเป็นไปตามเอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุด,จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยการยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

JIS C 3202:1994	Enamelled winding wires
JIS C 3003:1999	Method of test for enameled wires
มอก. 649-2529	ไส้ดินสอดำ

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4285 (พ.ศ. 2553)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบโพลิไวนิลฟอร์มัล และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบโพลิไวนิลฟอร์มัล มาตรฐานเลขที่ มอก. 82-2527

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 776 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบน้ำยาโพลิไวนิลฟอร์มัล และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมตันเคลือบโพลิไวนิลฟอร์มัล ลงวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2527 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล มาตรฐานเลขที่ มอก.82-2552 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 120 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553

ชัยวุฒิ บรรณวัฒน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ชั้น ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุตัวนำและการเคลือบ คุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบ ลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัล ซึ่งใช้พันเป็นขดลวดเพื่อให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในกิจกรรมไฟฟ้าต่าง ๆ

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะลวดทองแดงกลมเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัลที่ใช้กับงานที่มีค่าดัชนีอุณหภูมิต่ำสุดไม่เกิน 105 องศาเซลเซียส

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ตัวนำ (conductor) หมายถึง ลวดทองแดงกลม

2.2 ลวดเคลือบ (enamelled wire) หมายถึง ตัวนำที่เคลือบด้วยพอลิไวนิลฟอร์มัล

2.3 ฉนวนเคลือบ หมายถึง สารที่เคลือบอยู่บนตัวนำ ในมาตรฐานนี้เป็นพอลิไวนิลฟอร์มัล ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า และเคลือบโลหะทองแดงได้

2.4 ขนาดระบุ (nominal dimension) หมายถึง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของตัวนำ

2.5 ล้อ หมายถึง ล้อไม้ ล้อพลาสติก หรือล้อที่ทำจากวัสดุอื่นที่ใช้ม้วนเก็บลวดเคลือบ

3. ชั้น

3.1 ลวดเคลือบแบ่งตามความหนาของฉนวนเคลือบออกเป็น 3 ชั้น คือ

3.1.1 ชั้น 0 หมายถึง ฉนวนเคลือบหนาพิเศษ

3.1.2 ชั้น 1 หมายถึง ฉนวนเคลือบหนา

3.1.3 ชั้น 2 หมายถึง ฉนวนเคลือบบาง

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตัวนำ ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด และเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ลักษณะเฉพาะของลวดเคลือบชั้น 0

(ข้อ 4.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.6 ข้อ 6.7 ข้อ 6.10 ข้อ 6.11 ข้อ 10.4.2.1 และข้อ 10.6.3)

ขนาด				แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต่ำสุด	แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทานการเสียดสี N {gf}		ความต้านทานของตัวนำสูงสุดต่อหน่วยความยาว	ความยืดต่ำสุด
ตัวนำ		ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด		ค่าเฉลี่ย (ไม่น้อยกว่า)	ค่าต่ำสุด (ไม่น้อยกว่า)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm	mm	mm	V			Ω/km (20°C)	%
0.10	± 0.008	0.016	0.156	3 500	–	–	2 647	15.0
0.11			0.156				2 153	
0.12		0.017	0.180	3 750			1 786	
0.13			0.190				1 505	
0.14			0.200				1 286	
0.15			0.210				1 111	
0.16		0.018	0.222				969.5	
0.17			0.232				853.5	
0.18		0.019	0.246	3 800			757.2	
0.19			0.256				676.2	
0.20			0.266				607.6	
0.21			0.276				549.0	
0.22			0.286				498.4	
0.23		0.020	0.298				454.5	
0.24			0.308				416.2	
0.25			0.318				382.5	
0.26	± 0.01		0.330		5.4 { 551}	4.7 { 479}	358.4	
0.27			0.340				331.4	
0.28			0.350		5.5 { 561}		307.3	
0.29			0.360			4.8 { 490}	285.7	20.0
0.30		0.021	0.374	4 200	5.8 { 592}	5.0 { 510}	262.9	
0.32			0.394		5.9 { 602}		230.0	
0.35			0.424		6.0 { 612}	5.1 { 520}	191.2	
0.37		0.022	0.446		6.3 { 643}	5.4 { 551}	170.6	
0.40		0.023	0.480		6.7 { 683}	5.7 { 581}	145.3	
0.45		0.024	0.532		7.1 { 724}	6.1 { 622}	114.2	
0.50		0.025	0.586	4 500	7.5 { 765}	6.4 { 653}	91.43	
0.55	± 0.02		0.646		7.6 { 775}	6.5 { 663}	78.15	
0.60		0.026	0.698		8.0 { 816}	6.8 { 694}	65.26	
0.65		0.027	0.752		8.4 { 857}	7.2 { 734}	55.31	
0.70		0.028	0.804		8.8 { 898}	7.5 { 765}	47.47	
0.75		0.030	0.860	5 100	9.6 { 979}	8.1 { 826}	41.19	
0.80		0.031	0.914		9.9 {1 010}	8.5 { 867}	36.08	25.0
0.85		0.032	0.966		10 {1 020}	8.8{ 898}	31.87	
0.90		0.033	1.020		11 {1 120}	9.1 { 928}	28.35	
0.95		0.034	1.072			9.5 { 969}	25.38	
1.0	± 0.03	0.036	1.138		12 {1 220}	10 {1 020}	23.33	
1.1		0.037	1.242	5 900			19.17	
1.2			1.342		13 {1 330}	11 {1 120}	16.04	
1.3		0.039	1.448				13.61	
1.4			1.548				11.70	

ตารางที่ 1 ลักษณะเฉพาะของลวดเคลือบชั้น 0 (ต่อ)

ขนาด				แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต่ำสุด	แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทานการเสียดสี N {gf}		ความต้านทานของตัวนำสูงสุดต่อหน่วยความยาว	ความยืดต่ำสุด
ตัวนำ		ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด		ค่าเฉลี่ย (ไม่น้อยกว่า)	ค่าต่ำสุด (ไม่น้อยกว่า)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm	mm	mm	V			Ω/km (20°C)	%
1.5		0.041	1.654		14 {1 430}	12 {1 220}	10.16	
1.6			1.754				8.906	
1.7		0.042	1.856	6 300	15 {1 530}	13 {1 330}	7.871	
1.8			1.956				7.007	
1.9		0.044	2.062		16 {1 630}		6.278	
2.0			2.162				5.656	30.0
2.1		0.045	2.266			14 {1 430}	5.123	
2.2		0.046	2.368		17 {1 730}		4.662	
2.3			2.468				4.260	
2.4		0.048	2.574		18 {1 840}	15 {1 530}	3.908	
2.5		0.049	2.678				3.598	
2.6			2.778				3.324	
2.7			2.878		—	—	3.079	
2.8			2.978				2.861	
2.9			3.078				2.665	
3.0			3.178				2.489	
3.2	± 0.04		3.388				2.198	

ตารางที่ 2 ลักษณะเฉพาะของลวดเคลือบชั้น 1

(ข้อ 4.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.6 ข้อ 6.7 ข้อ 6.10 ข้อ 6.11 ข้อ 10.4.2.1 และข้อ 10.6.3)

ขนาด				แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต่ำสุด	แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทานการเสียดสี N {gf}		ความต้านทานของตัวนำสูงสุดต่อหน่วยความยาว	ความยืดต่ำสุด
ตัวนำ		ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด		ค่าเฉลี่ย (ไม่น้อยกว่า)	ค่าต่ำสุด (ไม่น้อยกว่า)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm	mm	mm	V			Ω/km (20°C)	%
0.10	± 0.008	0.016	0.156	3 500	—	—	2 647	15.0
0.11			0.156				2 153	
0.12		0.017	0.180	3 750			1 786	
0.13			0.190				1 505	
0.14			0.200				1 286	
0.15			0.210				1 111	
0.16		0.018	0.222				969.5	
0.17			0.232				853.5	
0.18		0.019	0.246	3 800			757.2	
0.19			0.256				676.2	
0.20			0.266				607.6	
0.21			0.276				549.0	
0.22			0.286				498.4	
0.23		0.020	0.298				454.5	
0.24			0.308				416.2	
0.25			0.318				382.5	
0.26	± 0.01		0.330		5.4 { 551}	4.7 { 479}	358.4	
0.27			0.340				331.4	
0.28			0.350		5.5 { 561}		307.3	
0.29			0.360			4.8 { 490}	285.7	20.0
0.30		0.021	0.374	4 200	5.8 { 592}	5.0 { 510}	262.9	
0.32			0.394		5.9 { 602}		230.0	
0.35			0.424		6.0 { 612}	5.1 { 520}	191.2	
0.37		0.022	0.446		6.3 { 643}	5.4 { 551}	170.6	
0.40		0.023	0.480		6.7 { 683}	5.7 { 581}	145.3	
0.45		0.024	0.532		7.1 { 724}	6.1 { 622}	114.2	
0.50		0.025	0.586	4 500	7.5 { 765}	6.4 { 653}	91.43	
0.55	± 0.02		0.646		7.6 { 775}	6.5 { 663}	78.15	
0.60		0.026	0.698		8.0 { 816}	6.8 { 694}	65.26	
0.65		0.027	0.752		8.4 { 857}	7.2 { 734}	55.31	
0.70		0.028	0.804		8.8 { 898}	7.5 { 765}	47.47	
0.75		0.030	0.860	5 100	9.6 { 979}	8.1 { 826}	41.19	
0.80		0.031	0.914		9.9 {1 010}	8.5 { 867}	36.08	25.0
0.85		0.032	0.966		10 {1 020}	8.8{ 898}	31.87	
0.90		0.033	1.020		11 {1 120}	9.1 { 928}	28.35	
0.95		0.034	1.072			9.5 { 969}	25.38	
1.0	± 0.03	0.036	1.138		12 {1 220}	10 {1 020}	23.33	
1.1		0.037	1.242	5 900			19.17	
1.2			1.342		13 {1 330}	11 {1 120}	16.04	
1.3		0.039	1.448				13.61	
1.4			1.548				11.70	

ตารางที่ 2 ลักษณะเฉพาะของลวดเคลือบชั้น 1 (ต่อ)

ขนาด				แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต่ำสุด	แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทานการเสียดสี N {gf}		ความต้านทานของตัวนำสูงสุดต่อหน่วยความยาว	ความยืดต่ำสุด
ตัวนำ		ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด	เส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด		ค่าเฉลี่ย (ไม่น้อยกว่า)	ค่าต่ำสุด (ไม่น้อยกว่า)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm	mm	mm	V			Ω/km (20°C)	%
1.5		0.041	1.654		14 {1 430}	12 {1 220}	10.16	
1.6			1.754				8.906	
1.7		0.042	1.856	6 300	15 {1 530}	13 {1 330}	7.871	
1.8			1.956				7.007	
1.9		0.044	2.062		16 {1 630}		6.278	
2.0			2.162				5.656	30.0
2.1		0.045	2.266			14 {1 430}	5.123	
2.2		0.046	2.368		17 {1 730}		4.662	
2.3			2.468				4.260	
2.4		0.048	2.574		18 {1 840}	15 {1 530}	3.908	
2.5		0.049	2.678				3.598	
2.6			2.778				3.324	
2.7			2.878		—	—	3.079	
2.8			2.978				2.861	
2.9			3.078				2.665	
3.0			3.178				2.489	
3.2	± 0.04		3.388				2.198	

ตารางที่ 3 ลักษณะของลวดเคลือบชั้น 2

(ข้อ 4.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.6 ข้อ 6.7 ข้อ 6.10 ข้อ 6.11 ข้อ 10.4.2.1 และข้อ 10.6.3)

ขนาด				แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต่ำสุด	แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทานการเสียดสี N {gf}		ความต้านทานของตัวนำสูงสุดต่อหน่วยความยาว Ω/km ($20^{\circ}C$)	ความยืดต่ำสุด %
ตัวนำ		ความหนาฉนวนเคลือบต่ำสุด mm	เส้นผ่านศูนย์กลางลวดเคลือบสูงสุด mm		ค่าเฉลี่ย (ไม่น้อยกว่า)	ค่าต่ำสุด (ไม่น้อยกว่า)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน mm							
0.06	± 0.003	0.004	0.081	950	–	–	6 966	10.0
0.07			0.091				4 990	
0.08		0.005	0.103	1 100			3 778	
0.09			0.113				2 959	
0.10			0.125				2 381	15.0
0.11			0.135				1 957	
0.12		0.006	0.147	1 300			1 636	
0.13			0.157				1 389	
0.14			0.167				1 193	
0.15			0.177				1 037	
0.16		0.007	0.189				908.8	
0.17			0.199				803.2	
0.18		0.008	0.211	1 600			715.0	
0.19			0.221				640.6	
0.20			0.231				577.2	
0.21			0. 241				522.8	
0.22	± 0.004		0.252				480.1	
0.23		0.009	0.264				438.6	
0.24			0.274				402.2	
0.25			0.284				370.2	
0.26			0.294		2.4 {245}	2.1 {214}	341.8	
0.27			0.304		2.5 {255}		316.6	
0.28			0.314				294.1	
0.29			0.324				273.9	20.0
0.30	± 0.005	0.010	0.337	2 000	2.7 {275}	2.4 {245}	254.0	
0.32			0.357		2.8 {286}		222.8	
0.35			0.387				185.7	
0.37			0.407			2.5 {255}	165.9	
0.40		0.011	0.439		3.2 {326}	2.7 {275}	141.7	
0.45	± 0.006		0.490				112.1	
0.50		0.012	0.542	2 150	3.6 {367}	3.0 {306}	89.95	
0.55			0.592			3.1 {316}	74.18	
0.60	± 0.008		0.644		3.7 {377}		62.64	
0.65			0.694			3.2 {326}	53.26	
0.70		0.013	0.746		4.1 {418}	3.5 {357}	45.84	
0.75		0.014	0.798	2 400	4.5 {459}	3.8 {388}	39.87	
0.80	± 0.010	0.015	0.852		4.8 {490}	4.1 {418}	35.17	25.0
0.85			0.904		4.9 {500}		31.11	
0.90		0.016	0.956		5.2 {530}	4.4 {449}	27.71	
0.95		0.017	1.008		5.6 {571}	4.7 {479}	24.84	
1.0	± 0.012		1.062			4.8 {490}	22.49	

5. การเคลือบ

5.1 การเคลือบ

ต้องเคลือบพอลิไวนิลฟอร์มัลอย่างสม่ำเสมอ สารเคมีที่เคลือบต้องมีความทนต่อการบิดของลวดทองแดง และไม่มีผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุตัวนำ ปราศจากรอยแตกหรือร้าว ต้องมีผิวเรียบปราศจากเม็ดฝุ่น และต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมปนอยู่ด้วยอันอาจจะมีปฏิกิริยาทำลายเคลือบนั้นในภายหลัง

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะภายนอก

ต้องมีผิวเรียบ ไม่มีตำหนิ และฉนวนเคลือบต้องไม่เหนียวติดเมื่อสัมผัสที่อุณหภูมิห้อง

การทดสอบให้นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 300 มิลลิเมตร มาตรวจดูด้วยตาเปล่าและโดยการสัมผัส

6.2 ขนาด

ขนาดลวดเคลือบต้องเป็นไปตามค่าที่กำหนดในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.2

6.3 รูพรุน

ฉนวนเคลือบจะมีรูพรุนได้ไม่เกินจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 4

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.3

ตารางที่ 4 จำนวนรูพรุนที่ฉนวนเคลือบ

(ข้อ 6.3)

ชั้น	จำนวนรูพรุน
0	2
1	3
2	5

6.4 สภาพโค้งงอได้

ลวดเคลือบต้องมีความโค้งงอได้ เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 แล้วต้องไม่มีรอยแตกของลวดเคลือบจนเห็นตัวนำ

6.5 การยึดติด

ฉนวนเคลือบต้องยึดติดกับลวด เมื่อทดสอบตามข้อ 10.5 แล้วต้องไม่มีรอยแตกของลวดเคลือบจนสามารถเห็นตัวนำได้

6.6 ความต้านทานการเสียดสี

ลวดเคลือบต้องมีความต้านทานการเสียดสี เมื่อทดสอบตามข้อ 10.6 แล้ว แรงที่ทนได้ในการทดสอบความต้านทางการเสียดสีต้องเป็นไปตามตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

6.7 แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริก

ลวดเคลือบต้องมีแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดเล็กทริกไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.7

6.8 ความต้านการอ่อนตัวของฉนวนเคลือบ

ฉนวนเคลือบต้องไม่อ่อนตัวจนทำให้เกิดการลัดวงจร เมื่อทดสอบตามข้อ 10.8 ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส

6.9 ความทนต่อตัวทำละลาย

ลวดเคลือบต้องมีความทนต่อตัวทำละลาย เมื่อทดสอบตามข้อ 10.9 ฉนวนเคลือบต้องไม่บวมหรือพอง และไม่ลอกจนเห็นตัวนำ

6.10 ความต้านทานของตัวนำ

ลวดเคลือบต้องมีค่าความต้านทานของตัวนำ ไม่เกินค่าความต้านทานสูงสุดที่กำหนดในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.10

6.11 ความยืด

ลวดเคลือบต้องมีความยืดเมื่อทดสอบตามข้อ 10.11 แล้ว ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

7. การบรรจุ

7.1 ลวดเคลือบต้องพันกับล้อที่มีขนาดเหมาะสมกับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำ ให้เป็นระเบียบและแน่น และต้องหลีกเลี่ยงมิให้เกิดการชำรุดเสียหายอันเนื่องมาจากการขนส่ง

7.2 น้ำหนักสุทธิของลวดเคลือบแต่ละล้อให้เป็นไปตามตารางที่ 5 แต่ต้องอยู่ในพิสัย ร้อยละ 30 ของน้ำหนักสุทธิที่กำหนด เว้นแต่มีการตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่น

ตารางที่ 5 น้ำหนักสุทธิของลวดเคลือบ

(ข้อ 7.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm	น้ำหนักสุทธิของลวดเคลือบ kg
0.06 ถึง 0.07	1
0.08 ถึง 0.16	4
0.17 ถึง 0.29	10
0.30 ถึง 0.37	15
0.40 ถึง 0.70	25
0.75 ถึง 1.5	30
1.6 ถึง 3.2	40

7.3 น้ำหนักสุทธิของลวดเคลือบแต่ละล้อต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่ล้อสำหรับพันลวดเคลือบทุกล้อ อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร

(1) ชื่อตามมาตรฐานนี้หรือคำว่า “พอลิไวนิลฟอร์มัล” หรือ คำว่า “PVF”

(2) ชั้น

(3) ดัชนีอุณหภูมิ

(4) สี (ถ้ามี)

(5) เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ เป็นมิลลิเมตร

(6) มวลสุทธิและมวลรวม เป็นกิโลกรัม

(7) วัน เดือน ปี ที่ทำ

(8) หมายเลขลำดับ

(9) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

(10) ประเทศที่ทำ

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

9.1 ความหมายของคำที่ใช้มีดังต่อไปนี้

9.1.1 รุ่น หมายถึง ลวดเคลือบขนาดเดียวกัน ชั้นเดียวกัน ทำขึ้นในภาวะเดียวกันในเวลาต่อเนื่องกัน อยู่ในสายการทำเดียวกัน และโดยโรงงานเดียวกัน

9.1.2 ขนาดรุ่น หมายถึง จำนวนล้อของลวดเคลือบในรุ่นเดียวกัน

9.1.3 ขนาดตัวอย่าง หมายถึง จำนวนล้อของลวดเคลือบที่ชักมาเป็นตัวอย่างโดยวิธีสุ่ม

9.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

9.2.1 การชักตัวอย่าง

9.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากผลิตภัณฑ์รุ่นเดียวกัน ตามขนาดตัวอย่างที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6 สดมภ์ที่ 2

9.2.1.2 ให้ตัดชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแต่ละรายการจากแต่ละล้อตัวอย่าง จนครบจำนวนตามที่ กำหนดในตารางที่ 6 สดมภ์ที่ 3 สดมภ์ที่ 4 สดมภ์ที่ 5 และให้ใช้จำนวนชิ้นทดสอบและเลขจำนวนที่ยอมรับของแต่ละกลุ่มเหมือนกันทุกรายการทดสอบตามตารางที่ 7

9.2.1.3 รายการทดสอบของแต่ละกลุ่มให้เป็นไปตามตารางที่ 7

ตารางที่ 6 การชักตัวอย่าง

(ข้อ 9.2.1.1 และข้อ 9.2.1.2)

ขนาดรุ่น ล้อ	ขนาดตัวอย่าง ล้อ	จำนวนชิ้นทดสอบ ชิ้น			เลขจำนวนที่ยอมรับ ชิ้น		
		กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ไม่เกิน 25	8	8	3	2	0	0	0
28 ถึง 90	8	8	3	8	0	0	1
91 ถึง 150	13	8	13	8	0	1	1
151 ถึง 500	13	8	13	13	0	1	2
501 ถึง 1 200	32	32	20	20	1	2	3
1 201 ถึง 10 000	32	32	32	32	1	3	5
เกิน 10 000	50	50	50	50	2	5	7

ตารางที่ 7 รายการทดสอบของแต่ละกลุ่ม

(ข้อ 9.2.1.2 และข้อ 9.2.1.3)

กลุ่มการทดสอบ	รายการทดสอบ	การทดสอบ
กลุ่มที่ 1	1. ขนาด	ข้อ 10.2
	2. ความติดแน่น	ข้อ 10.5
	3. แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กตริก	ข้อ 10.7
กลุ่มที่ 2	1. ลักษณะภายนอก	
	2. ความต้านทานของตัวนำ	ข้อ 10.10
กลุ่มที่ 3	1. รูพรุน	ข้อ 10.3
	2. ความยืดงอได้	ข้อ 10.4
	3. ความทนต่อการเสียดสี	ข้อ 10.6
	4. ความทนต่อความอ่อนตัวของฉนวนเคลือบ	ข้อ 10.8
	5. ความทนต่อตัวทำละลาย	ข้อ 10.9
	6. ความยืด	ข้อ 10.11

9.2.2 เกณฑ์ตัดสิน

9.2.2.1 ชิ้นทดสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในแต่ละรายการทดสอบ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับของกลุ่มเดียวกัน จึงจะถือว่าลวดเคลือบรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพในข้อนั้น หากชิ้นทดสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพเกินเลขจำนวนที่ยอมรับของกลุ่มเดียวกัน ให้ถือว่าลวดเคลือบรุ่นนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพในข้อนั้น

9.2.2.2 ลวดเคลือบตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงจะถือว่าลวดเคลือบรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

10. การทดสอบ

10.1 ภาวะทดสอบ

ในการทดสอบหาค่าต่าง ๆ ให้ทำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ± 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (65 ± 20) ทั้งนี้ยกเว้นในกรณีที่มีข้อกำหนดการทดสอบพิเศษบางอย่างซึ่งมาตรฐานนี้ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น

10.2 ขนาด

ให้เลือกวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

10.2.1 วิธีที่ 1

10.2.1.1 อุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดต้องวัดได้ละเอียดถึง 2 ไมโครเมตร สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตรขึ้นไป ถ้าใช้ไมโครมิเตอร์วัด ให้ใช้แรงในการวัดตั้งแต่ 1 นิวตัน ถึง 8 นิวตัน และสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุน้อยกว่า 0.10 มิลลิเมตร ให้ใช้แรงในการวัดตั้งแต่ 0.1 นิวตัน ถึง 1.0 นิวตัน

10.2.1.2 วิธีทดสอบ

(1) ขนาดตัวนำ

นำลวดเคลือบตัวอย่างเส้นตรงมาขจัดฉนวนเคลือบออกโดยไม่ทำให้ตัวนำเสียหาย วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ 3 แห่ง แต่ละแห่งวัดทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกัน จดบันทึกค่าทั้งสามแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำ ยกเว้นเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.06 มิลลิเมตร ให้ใช้การวัดความต้านทานของตัวนำตามข้อ 10.11 แทน เว้นแต่มีการตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ให้วัดความต้านทานกับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 0.06 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 1.00 มิลลิเมตร

(2) ขนาดลวดเคลือบ

นำลวดเคลือบตัวอย่างเส้นตรงมาวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางโดยรวมจำนวน 3 แห่ง แต่ละแห่งวัดเส้นผ่านศูนย์กลางทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกัน จดบันทึกค่าทั้งสามแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเคลือบ

10.2.2 วิธีที่ 2

การวัดให้ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1ไมโครเมตร

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเคลือบตัวอย่างซึ่งยาวประมาณ 150 มิลลิเมตร รวม 3 แห่ง แต่ละแห่งวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกัน ค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ทั้ง 3 ค่า จะแทนค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเคลือบ หลังจากนั้นให้ขจัดฉนวนเคลือบตรงบริเวณที่วัดเส้นผ่านศูนย์กลางดังกล่าว แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำด้วยวิธีเดียวกับข้างต้น ค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ทั้ง 3 ค่า จะแทนค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำทั้งเส้น ค่าที่ได้จากเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเคลือบลบด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำหารด้วย 2 เป็นความหนาของฉนวนเคลือบ

10.3 รูพรุน

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 1.5 เมตร สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.06 มิลลิเมตร และประมาณ 6 เมตร สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุตั้งแต่ 0.07 มิลลิเมตรขึ้นไป มาอบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หลังจากการอบ นำลวดเคลือบตัวอย่างจุ่มลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก โดยไม่งอหรือยืดลวด หยดแอลกอฮอล์ที่มีฟีนอล์ฟทาลีน ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์พอประมาณ โดยให้ส่วนที่จุ่มลงใน สารละลายมีความยาว 1 เมตรหรือมากกว่า สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.06

มิลลิเมตร หรือ 5 เมตรหรือมากกว่า สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำตั้งแต่ 0.07 มิลลิเมตรขึ้นไป ป้อนไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ เข้าที่ปลายลวดเคลือบตัวอย่างข้างใดข้างหนึ่งเป็นเวลา 1 นาที โดยให้ลวดเคลือบตัวอย่างเป็นขั้วลบ และสารละลายเป็นขั้วบวก แล้วตรวจสอบจำนวนรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวของลวดเคลือบตัวอย่าง หากจำนวนรูพรุนไม่เป็นไปตามจำนวนที่กำหนด อาจทำการทดสอบซ้ำกับลวดเคลือบตัวอย่างอีก 2 ชิ้นที่อยู่ในล้อเดียวกัน

10.4 สภาพโค้งงอได้

ให้เลือกวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

10.4.1 วิธีที่ 1

ตัวนำที่มีขนาดตัวนำไม่เกิน 1.60 มิลลิเมตร ให้ทดสอบโดยการพันบนแมนเดรล และตัวนำที่มีขนาดตัวนำมากกว่า 1.60 มิลลิเมตร ให้ทดสอบโดยการดึงยืด

10.4.1.1 ทดสอบโดยการพันบนแมนเดรล

นำลวดเคลือบตัวอย่างมาพันบนแมนเดรลผิวเรียบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ เป็นจำนวน 10 รอบ เรียงชิดกัน โดยแมนเดรลต้องหมุนที่อัตรา 1 รอบต่อวินาที ถึง 3 รอบต่อวินาที แรงดึงที่ใช้ต้องเพียงพอให้ตัวนำสัมผัสกับแมนเดรล และหลีกเลี่ยงการยืดหรือการบิดลวด

ตรวจสอบรอยแตกของลวดเคลือบตัวอย่าง ด้วยอุปกรณ์โดยใช้กำลังขยายตามที่กำหนดในตารางที่ 8

ทำการทดสอบบนลวดเคลือบตัวอย่าง 3 ชิ้น หากพบรอยแตกจะต้องมีการรายงานผล

ตารางที่ 8 กำลังขยายของอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบรอยแตก

(ข้อ 10.4.1.1 และ ข้อ 10.5.1.2)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		กำลังขยาย
มากกว่า	ไม่เกิน	
–	0.50	6 ถึง 10 เท่า
0.50	1.6	1 ถึง 6 เท่า

10.4.1.2 ทดสอบโดยการดึงยืด

ลวดเคลือบตัวอย่างต้องผ่านการยืดตัวตามข้อ 10.12 คิดเป็นร้อยละตามที่กำหนด หลังจากการยืดต้องให้ตรวจสอบรอยแตกหรือการสูญเสียการยึดติดของลวดเคลือบตัวอย่างด้วยตาเปล่าหรือด้วยอุปกรณ์โดยใช้กำลังขยายไม่เกิน 6 เท่า

ทดสอบบนลวดเคลือบตัวอย่าง 3 ชิ้น หากพบรอยแตก และ/หรือ การสูญเสียความติดแน่น ต้องมีการรายงานผล

10.4.2 วิธีที่ 2

ตัวนำที่มีขนาดไม่เกิน 0.35 มิลลิเมตร ให้ทดสอบโดยการดึงยืด และตัวนำที่มีขนาดตั้งแต่ 0.37 มิลลิเมตร ขึ้นไป ให้ทดสอบโดยการพันบนแมนเดรล

10.4.2.1 ทดสอบโดยการดึงยืด

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 35 เซนติเมตร 3 ชิ้น จากล้อเดียวกัน มายืดด้วยเครื่องดึงยืด ความยาวพิกัด 250 มิลลิเมตร จนถึงความยืดต่ำสุดตามค่าที่กำหนดในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 ยืดลวดตัวอย่างด้วยความเร็วไม่เกิน 300 มิลลิเมตรต่อนาที ตรวจสอบรอยแตกบนลวดเคลือบด้วยอุปกรณ์โดยใช้กำลังขยายประมาณ 15 เท่า

10.4.2.2 ทดสอบโดยการพันบนแมนเดรล

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวพอประมาณ 3 ชิ้น จากล้อเดียวกัน มาพันชั้นเดียวรอบวงของตัวเอง หรือพันบนแมนเดรลผิวเรียบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเคลือบเป็นจำนวน 10 รอบ เรียงชิดกัน แล้วตรวจสอบรอยแตกของฉนวนเคลือบด้วยตาเปล่าตลอดช่วงความยาวที่พัน

10.5 การยึดติด

10.5.1 ทดสอบโดยการกระตุก

วิธีทดสอบนี้ใช้สำหรับลวดเคลือบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 1.00 มิลลิเมตร

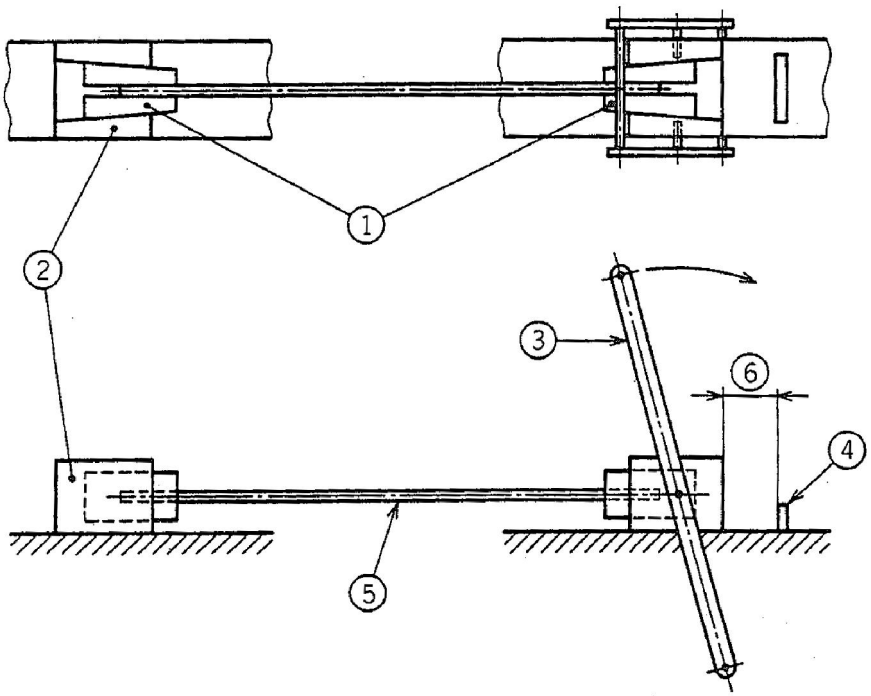
10.5.1.1 อุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบดังรูปที่ 1 หรืออุปกรณ์ทดสอบที่สามารถดึงกระตุกลวดเคลือบตัวอย่างที่ความเร็วประมาณ 4 เมตรต่อวินาที

10.5.1.2 วิธีทดสอบ

นำลวดเคลือบตัวอย่างมาดึงอย่างเร็วด้วยเครื่องดึงให้ขาด หรือให้มีความยืดสอดคล้องตามมาตรฐานที่เกี่ยวเนื่อง โดยให้มีความยาวพิกัดระหว่าง 200 มิลลิเมตร ถึง 250 มิลลิเมตร ตรวจสอบรอยแตกหรือการสูญเสียการยึดติดด้วยอุปกรณ์โดยใช้กำลังขยายที่กำหนดในตารางที่ 8 โดยไม่ต้องตรวจสอบที่ระยะ 2 มิลลิเมตรจากปลายที่ลวดเคลือบตัวอย่างขาดออกจากกัน

ทดสอบบนลวดเคลือบตัวอย่าง 3 ชิ้น หากพบรอยแตก และ/หรือ การสูญเสียการยึดติด จะต้องมีการรายงานผล



① : ปากจับแบบลิ่ม
② : ปากจับอยู่กับที่
③ : ก้านดึงกระตุก
④ : ตัวหยุดปรับตั้งได้
⑤ : ตัวอย่างทดสอบ
⑥ : การยืดระบุ

รูปที่ 1 อุปกรณ์ทดสอบสำหรับการทดสอบโดยการกระตุก

(ข้อ 10.6.1.1)

10.5.2 ทดสอบการปอก (โดยการหมุนบิด)

วิธีทดสอบนี้ใช้สำหรับลวดเคลือบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 1.00 มิลลิเมตร วางลวดเคลือบตัวอย่างเส้นตรงในอุปกรณ์ทดสอบดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยที่จับ 2 ตัวที่ห่างกัน 500 มิลลิเมตรบนแกนเดียวกัน โดยที่จับด้านหนึ่งสามารถหมุนรอบตัวได้ ที่จับอีกด้านไม่สามารถหมุนได้แต่เคลื่อนที่ตามแนวแกนและสามารถใส่โหลดให้สอดคล้องตามตารางที่ 9 เพื่อให้แรงดึงกับลวดที่หมุน

ตารางที่ 9 โหลดสำหรับการทดสอบการปอก

(ข้อ 10.5.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		โหลด N
มากกว่า	ไม่เกิน	
1.0	1.4	25
1.4	1.8	40
1.8	2.2	60
2.2	2.8	100
2.8	3.2	160

ขูดฉนวนเคลือบออกด้วยตัวขูดดังรูปที่ 3 ก) ลงไปจนถึงตัวนำทั้ง 2 ข้าง ทั้งด้านบนและด้านล่างของลวด และขูดตลอดแนวแกนของลวดลงไปจนถึงตัวนำดังรูปที่ 3 ข) แรงกดบนตัวขูดจะต้องเพียงพอในการขูดเอาฉนวนเคลือบออก ทำให้ผิวเรียบ และ สะอาดบริเวณที่ฉนวนเคลือบสัมผัสกับตัวนำ โดยต้องไม่ขูดเอาเนื้อของตัวนำออกในปริมาณที่มีนัยสำคัญ การเอาฉนวนเคลือบออกจะต้องเริ่มต้นที่ระยะประมาณ 10 มิลลิเมตรจากที่จับทั้งสอง ที่จับด้านที่หมุนได้ต้องหมุนที่ความเร็วระหว่าง 60 รอบต่อนาที ถึง 100 รอบต่อนาทีจนกระทั่งถึงจำนวนรอบ R ที่คำนวณได้จากสมการข้างล่างและปัดเศษลงเป็นจำนวนเต็มที่ใกล้ที่สุด

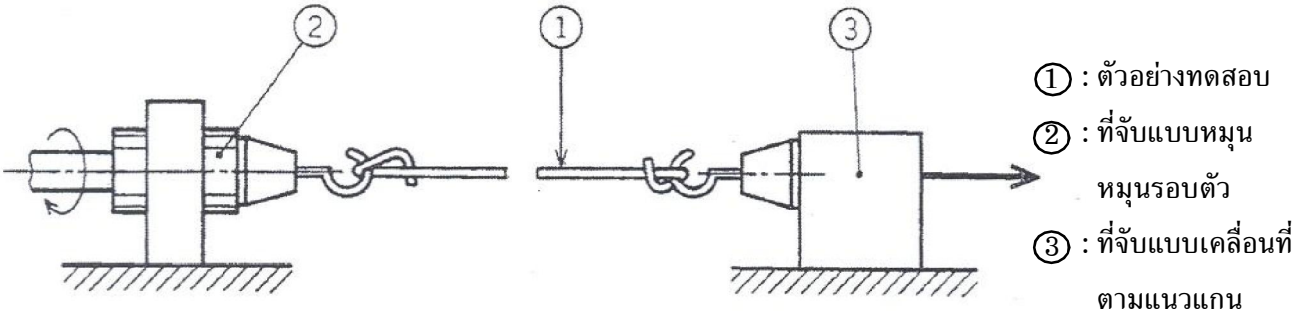
$$R = \frac{K}{d}$$

เมื่อ K คือ ค่าคงตัวเท่ากับ 175 มิลลิเมตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ เป็นมิลลิเมตร

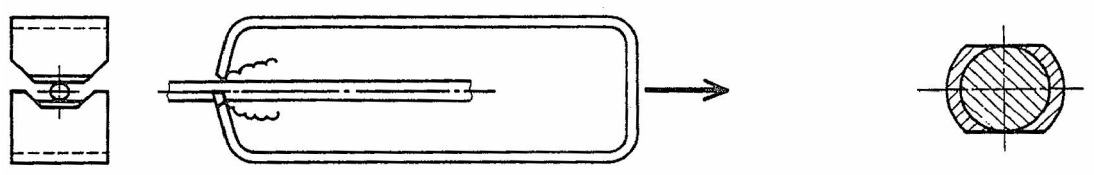
ภายหลังจากการปอกและการหมุน ให้ตรวจสอบการสูญเสียการยึดติดของลวดเคลือบตัวอย่าง หากสามารถนำฉนวนเคลือบออกจากลวดโดยง่าย (เช่น โดยใช้เล็บขูด) ให้ถือว่ามีการสูญเสียความติดแน่น ถึงแม้ว่าฉนวนเคลือบไม่ได้หลุดออกจากตัวนำโดยสมบูรณ์

การทดสอบกระทำบนลวดเคลือบตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว และต้องรายงานผลหากสังเกตว่ามีการสูญเสียการยึดติด



รูปที่ 2 อุปกรณ์ทดสอบสำหรับการทดสอบการปอก (โดยการหมุนบิด)

(ข้อ 10.5.2)



ก) ตัวขูด

ข) ภาคตัดขวางของตัวอย่างทดสอบหลังจากขูดเอาฉนวนเคลือบออกทั้งสองข้าง

รูปที่ 3 ตัวขูดและภาคตัดขวางของชิ้นทดสอบ

(ข้อ 10.5.2)

10.6 ความต้านทานการเสียดสี

การทดสอบความต้านทานการเสียดสี คือการหาแรงสูงสุดที่ลวดรองรับได้โดยไม่เกิดความล้มเหลว เมื่อเข็มขูดไปตามลวดด้วยแรงที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

10.6.1 หลักการ

ลวดเคลือบตรงต้องผ่านการทดสอบการขูดในทิศทางเดียวโดยใช้ลวดเปียโนขัดมันหรือเข็มที่สามารถเพิ่มโหลดได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถขูดได้ตลอดแนวผิวของลวด โหลดที่ก่อให้เกิดการสัมผัสทางไฟฟ้าของเข็มกับตัวนำเรียกว่าโหลดที่ก่อให้เกิดความล้มเหลว (load-to-failure)

10.6.2 อุปกรณ์ทดสอบ

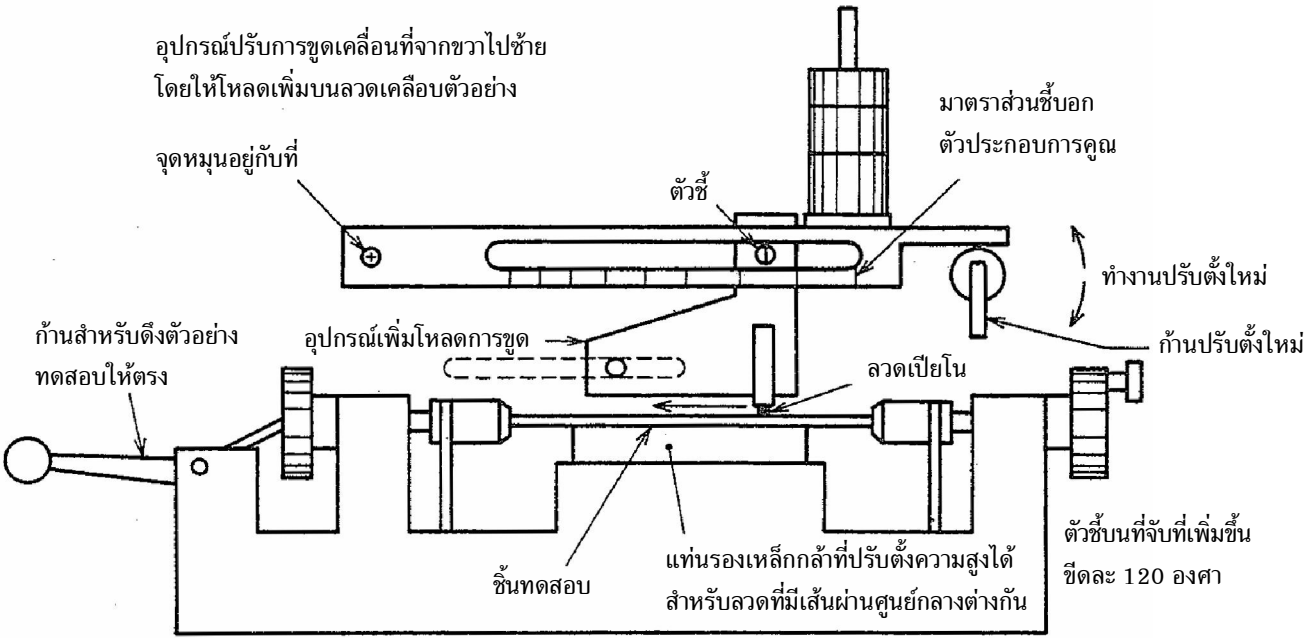
อุปกรณ์ทดสอบความต้านทานการเสียดสีตามรูปที่ 4 ซึ่งสามารถขูดลวดเคลือบตัวอย่างในทิศทางเดียวที่อัตราความเร็ว 400 มิลลิเมตรต่อนาที $\pm$ 40 มิลลิเมตรต่อนาที อุปกรณ์เพิ่มโหลดการขูดต้องประกอบด้วยลวดเปียโนขัดมันหรือเข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.23 มิลลิเมตร $\pm$ 0.01 มิลลิเมตร ปากจับที่สามารถยึดลวดเปียโนหรือเข็มได้อย่างมั่นคงโดยไม่หย่อนหรือโค้งงอ และทำมุมฉากกับทิศทางของการขูด ซึ่งต้องไปในทิศทางเดียวกับแกนของลวดระหว่างการทดสอบ โดยวางลวดเคลือบตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบต้องมีปากจับ 2 ด้านเหนือแท่นรองซึ่งสามารถปรับให้ต่ำลงได้ในขณะสอดลวดเข้าไปในปากจับและ ทำการดึงให้ตรง อุปกรณ์ทดสอบต้องป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 6.5 โวลต์ 0.5 โวลต์ ระหว่างลวดเคลือบตัวอย่างกับลวดเปียโนหรือเข็มและกระแสไฟฟ้าลัดวงจรต้องไม่เกิน 20 มิลลิแอมแปร์ โดยอาจใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมหรือใช้รีเลย์ วงจรต้องออกแบบให้สามารถตรวจจับการลัดวงจรและหยุดเครื่องภายหลังอุปกรณ์การขูดสัมผัสกับตัวนำในระยะประมาณ 3 มิลลิเมตร

อุปกรณ์ทดสอบต้องมีมาตราส่วนบนขอบด้านล่างของคานกด ซึ่งใช้ชี้บอกตัวประกอบการคูณซึ่งต้องนำมาคำนวณค่าแรงที่ก่อให้เกิดความล้มเหลว (force-to-failure)โดยการคูณกับโหลดที่ให้กับลวดเปียโนหรือเข็ม

10.6.3 วิธีทดสอบ

นำลวดเคลือบตัวอย่างมาทำความสะอาดแล้ววางบนอุปกรณ์ทดสอบ ดึงให้ตรงโดยมีความยืดสูงสุดร้อยละ 1 จากนั้น นำลวดเคลือบมายึดในปากจับและปรับตั้งแท่นรองให้สัมผัสกับลวดเคลือบตัวอย่าง แรงเริ่มต้นที่ให้กับตัวขูดต้องไม่เกินร้อยละ 90 ของค่าแรงที่ก่อให้เกิดความล้มเหลวต่ำสุดตามที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 และต้องนำไปสู่การลัดวงจรระหว่างอุปกรณ์การขูดกับตัวนำ ณ จุดระหว่าง 150 มิลลิเมตร และ 200 มิลลิเมตรจากจุดหมุนอยู่กับที่ ปรับตั้งตัวขูดให้ต่ำลงบนผิวของลวดอย่างช้า ๆ แล้วเริ่มทำการขูด อ่านค่ามาตราส่วนบนขอบด้านล่างของคานกดเมื่ออุปกรณ์หยุดขูด ค่าที่อ่านได้และค่าแรงขั้นต้นบันทึกเป็นค่าโหลดที่ก่อให้เกิดความล้มเหลว ทำการทดสอบเช่นเดียวกันอีก 2 ครั้ง โดยหมุนลวดไป 120 องศาและ 240 องศา จากตำแหน่งเดิม

การทดสอบกระทำบนลวดเคลือบตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียว โดยรายงานผลทั้ง 3 ทดสอบ แล้วนำมาเฉลี่ยหาค่าแรงที่ก่อให้เกิดความล้มเหลว



รูปที่ 4 อุปกรณ์ทดสอบสำหรับการทดสอบการขูดในทิศทางเดียว

(ข้อ 10.6.2)

10.7 แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริก

ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

10.7.1 วิธีที่ 1

ให้ทดสอบแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลัน สำหรับลวดเคลือบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.10 มิลลิเมตรด้วยวิธีกระบอกโลหะ (metal cylinder method) สำหรับลวดเคลือบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 0.10 มิลลิเมตร จนถึง 2.50 มิลลิเมตรด้วยวิธีบิดลวด (2 เส้น) หรือสำหรับลวดเคลือบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 2.50 มิลลิเมตรด้วยวิธีโลหะเปลว

ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ เป็นแรงดันไฟฟ้าทดสอบ โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 โวลต์ แล้วเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอตามที่ระบุในตารางที่ 10 และวัดค่าแรงดันไฟฟ้า เสียสภาพฉับพลัน กระแสไฟฟ้าตรวจจับการเสียสภาพฉับพลันที่ 5 มิลลิแอมแปร์

หม้อแปลงที่ใช้ในการทดสอบต้องมีพิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 500 VA และป้อนแรงดันไฟฟ้าคลื่นรูปไซน์ที่ไม่ผิดเพี้ยนที่มีค่าตัวประกอบค่ายอด (peak factor) เท่ากับ $\sqrt{2}$ ± ร้อยละ 5 และค่าแรงดันไฟฟ้าตกไม่เกินร้อยละ 2 ที่กระแสไฟฟ้าโหลด 5 มิลลิแอมแปร์

การทดสอบให้ทำที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูง การทดสอบที่อุณหภูมิสูงไม่ใช้ในวิธีกระบอกโลหะ

10.7.1.1 การทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

(1) วิธีกระบอกโลหะ

นำลวดเคลือบตัวอย่างเส้นตรง 1 เส้น ที่ปลายด้านหนึ่งผ่านการขจัดเอาฉนวนเคลือบออก แล้วมาเชื่อมต่อกับขั้วด้านบนดังรูปที่ 5 แล้วพันรอบกระบอกโลหะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร 1 รอบ ใส่โหลดตามที่ระบุในตารางที่ 11 ที่ปลายด้านล่างของลวด เพื่อให้ลวดเคลือบตัวอย่างแนบกับกระบอก ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างตัวนำกับกระบอกโลหะ ทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น และรายงานผล

ตารางที่ 10 อัตราการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าทดสอบ

(ข้อ 10.7.1)

แรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลัน V		อัตราการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าทดสอบ V/s
มากกว่า	ไม่เกิน	
-	500	20
500	2 500	100
2 500	-	500

ตารางที่ 11 โหลดสำหรับการทดสอบแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริก

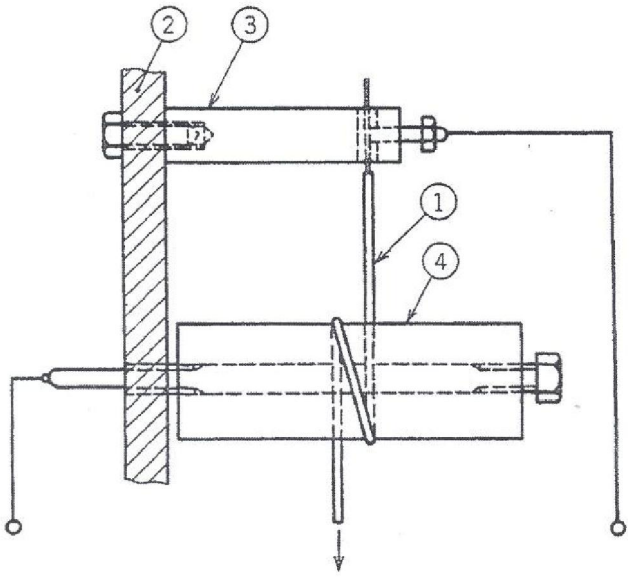
(ข้อ 10.7.1.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		โหลด N
มากกว่า	ไม่เกิน	
-	0.07	0.200
0.07	0.08	0.250
0.08	0.09	0.300
0.09	0.10	0.400

ตารางที่ 12 โหลดและจำนวนรอบการบิด

(ข้อ 10.7.1.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		โหลด	จำนวนรอบการบิด
มากกว่า	ไม่เกิน	N	รอบ
0.10	0.25	0.85	33
0.25	0.35	1.70	23
0.35	0.50	3.40	16
0.50	0.70	7.00	12
0.70	1.0	13.50	8
1.0	1.4	27.00	6
1.4	2.0	54.00	4
2.0	2.5	108.00	3



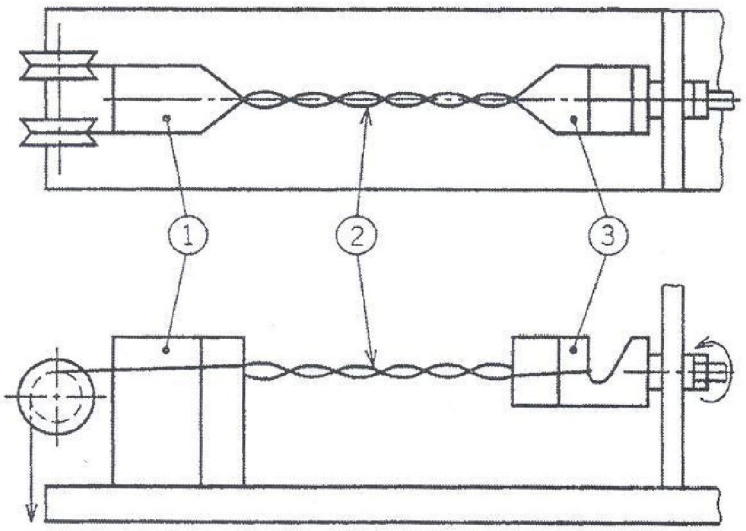
① : ชิ้นทดสอบ
② : วัสดุฉนวน
③ : ขั้วต่อด้านบน
④ : กระบอกโลหะ

รูปที่ 5 การจัดกระบอกโลหะและชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลัน

(ข้อ 10.7.1.1(1))

(2) วิธีบิดลวด

นำลวดเคลือบตัวอย่างตรง 1 เส้นยาวประมาณ 400 มิลลิเมตร ที่ขจัดฉนวนเคลือบที่ปลายทั้งสองด้านออกแล้ว นำมาทบกันแล้วบิดไขว้เป็นเกลียวยาวประมาณ 125 มิลลิเมตร ± 5 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องบิดเกลียวดังรูปที่ 6 โดยใช้โหลดและจำนวนรอบการบิดตามที่ระบุในตารางที่ 12 ตัดตรงส่วนที่ทบกันที่ปลายด้านหนึ่งออกโดยให้เกิดช่องว่างที่มากที่สุดระหว่างปลายลวดทั้งสองด้าน การงอลวดเพื่อให้เกิดการแยกที่เพียงพอระหว่างปลายลวดต้องหลีกเลี่ยงการหักงอหรือความเสียหายต่อฉนวนเคลือบ ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่าง ปลายลวดเคลือบทดสอบทั้งสอง ทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น และรายงานผล



โหลด

① : ที่จับอยู่กับที่

② : ตัวอย่างทดสอบ

③ : ที่จับแบบหมุน

รูปที่ 6 การทดสอบด้วยวิธีบิดลวด

(ข้อ 10.7.1.1(2))

(3) วิธีโลหะเปลว

เตรียมขั้วไฟฟ้า 5 ขั้วโดยแต่ละขั้วให้นำแผ่นโลหะเปลว (metal foil) ที่มีความกว้าง 6 มิลลิเมตร ติดบนกึ่งกลางแถบที่ไวต่อความดันที่มีความกว้าง 12 มิลลิเมตร ตัดส่วนประกอบดังกล่าวเป็นแถบยาวประมาณ 75 มิลลิเมตร โดยแถบที่ไวต่อความดันต้องไม่ยาวเลยปลายของโลหะเปลว ห่อลวดตัวอย่างที่มีความยาวประมาณ 400 มิลลิเมตรด้วยขั้วไฟฟ้าทั้ง 5 ขั้ว ช่วงห่างกันประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยทำมุมฉากกับแกนของลวด รวมทั้งโลหะเปลวต้องสัมผัสกับฉนวนเคลือบ ลวดต้องผ่านการขจัดเอาฉนวนเคลือบออกแล้วข้างหนึ่ง ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างปลายลวดกับขั้วไฟฟ้า ทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบ 5 ครั้งบนชิ้นเดิมและรายงานผล

10.7.1.2 การทดสอบที่อุณหภูมิสูง

เตรียมชิ้นทดสอบให้สอดคล้องตามข้อ 10.7.1.1 แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิทดสอบ 105 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส ป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบให้สอดคล้องตามข้อ 10.7.1.1 ภายในเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที หลังจากนำลวดเคลือบตัวอย่างเข้าตู้อบ การทดสอบจะต้องแล้วเสร็จภายใน 30 นาที ทำการทดสอบกับชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น และรายงานผล

10.7.2 วิธีที่ 2

การทดสอบการเสียสภาพฉับพลันไดอิเล็กทริกต้องให้สอดคล้องกับวิธีบิดลวดในข้อ 10.7.2.1 โดยแรงดันไฟฟ้าทดสอบเริ่มต้นจาก 0 โวลต์ แล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอประมาณ 500 โวลต์ต่อวินาที จนกระทั่งฉนวนเคลือบทะลุ แต่ถ้าปรากฏว่าฉนวนเคลือบทนแรงดันไฟฟ้าไม่ได้ใน 5 วินาที ให้ลดอัตราการเพิ่มของโวลต์ต่อวินาทีลงเพื่อให้เคลือบทนแรงดันไฟฟ้าได้ 5 วินาทีหรือนานกว่า

10.7.2.1 วิธีบิดลวด

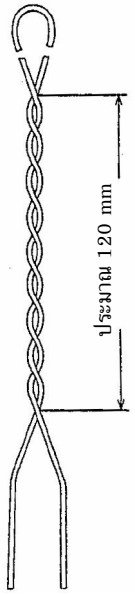
(1) การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 500 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น จากล้อเดียวกัน แต่ละชิ้นนำมาทบครึ่ง แล้วใช้เครื่องบิดเกลียวบิดโดยให้มีแรงดึงในลวดเคลือบและจำนวนเกลียวต่อความยาว 120 มิลลิเมตร ตามที่กำหนดในตารางที่ 13 ปลดแรงดึงออกแล้วตัดตรงส่วนโค้งงอดังในรูปที่ 7

(2) วิธีทดสอบ

ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ใกล้เคียงกับคลื่นรูปไซน์ที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ ระหว่างปลายลวดเคลือบทดสอบทั้งสอง

กำลังของหม้อแปลงที่ใช้ในการทดสอบมีค่าไม่น้อยกว่า 500 VA



รูปที่ 7 ชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบโดยวิธีบิด

(ข้อ 10.7.1.1(1))

ตารางที่ 13 ค่าแรงดึงและจำนวนรอบในการบิด

(ข้อ 10.7.1.1(1))

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm	แรงดึงในลวด N	จำนวนรอบที่บิด ต่อความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร รอบ
0.06 ถึง 0.07	0.049	40
0.08 ถึง 0.11	0.098	30
0.12 ถึง 0.17	0.39	24
0.18 ถึง 0.29	1.2	20
0.30 ถึง 0.45	3.4	16
0.50 ถึง 0.70	4.4	12
0.75 ถึง 1.2	15	9
1.3 ถึง 2.0	39	6
2.1 ถึง 3.2	69	3

10.8 ความต้านการอ่อนตัวของฉนวนเคลือบ

ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

10.8.1 วิธีที่ 1

วิธีนี้ใช้กับลวดเคลือบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 0.10 มิลลิเมตร จนถึง 1.60 มิลลิเมตร

10.8.1.1 อุปกรณ์ทดสอบ จะต้องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ (ดูรูปที่ 8)

(1) แท่นโลหะที่ทำจากทองเหลืองหรืออะลูมิเนียมเพื่อจุดประสงค์สำหรับการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า และการวัดและการควบคุมอุณหภูมิ ที่มีร่อง 2 ร่องซึ่งไขว้กันเป็นมุมฉาก โดยมีจุดไขว้อยู่ที่ศูนย์กลางของแท่นสำหรับสอดชิ้นทดสอบ 2 ชิ้น และมีรูสำหรับลูกสูบเซรามิกเพื่อการป้อนโหลดบนจุดไขว้

(2) หม้อแปลงที่มีพิกัดกำลังอย่างน้อย 100 VA ที่สามารถป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับที่ 100 โวลต์ ± 10 โวลต์ ต่ออุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่สามารถทำงานที่กระแสไฟฟ้าขนาด 5 มิลลิแอมแปร์ ± 1 มิลลิแอมแปร์ กับตัวต้านทานที่จำกัดกระแสสูงสุดไม่เกิน 50 มิลลิแอมแปร์

10.8.1.2 วิธีทดสอบ

สอดลวดเคลือบตัวอย่างตรง 2 เส้น ในแท่นโลหะที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า โดยไขว้กันเป็นมุมฉาก วัดอุณหภูมิให้ใกล้กับจุดไขว้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และต้องแปรผันไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส จากค่าที่ระบุ จุดไขว้จะต้องอยู่กึ่งกลางใต้กระบอกสูบ หลังจากให้ความร้อนตามช่วงเวลาที่ระบุในตารางที่ 14 และป้อนโหลดตามที่ระบุในตารางที่ 15 บนลูกสูบ

จากนั้นป้อนแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างชิ้นทดสอบลวดที่อยู่ด้านบนกับชิ้นทดสอบที่อยู่ด้านล่างทันที ในกรณีที่ลวดตัวอย่างมีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุน้อยกว่า 0.20 มิลลิเมตร ต้องใช้ชิ้นทดสอบ 2 ชิ้น วางในแนวขนานแนบติดกัน และวางชิ้นที่สามไขว้เป็นมุมฉากกับสองชิ้นแรก และเชื่อมต่อลวดสองชิ้นแรกเข้าด้วยกัน

ป้อนโหลดและแรงดันไฟฟ้าทดสอบเป็นเวลา 2 นาที ทดสอบ 3 ครั้ง หากไม่ผ่านการทดสอบต้องรายงานผลนั้นด้วย

ป้อนโหลดและแรงดันไฟฟ้าทดสอบเป็นเวลา 2 นาที ทำการทดสอบ 3 ครั้ง หากไม่ผ่านการทดสอบจะต้องรายงานผลนั้นด้วย

ตารางที่ 14 ช่วงเวลาการให้ความร้อน

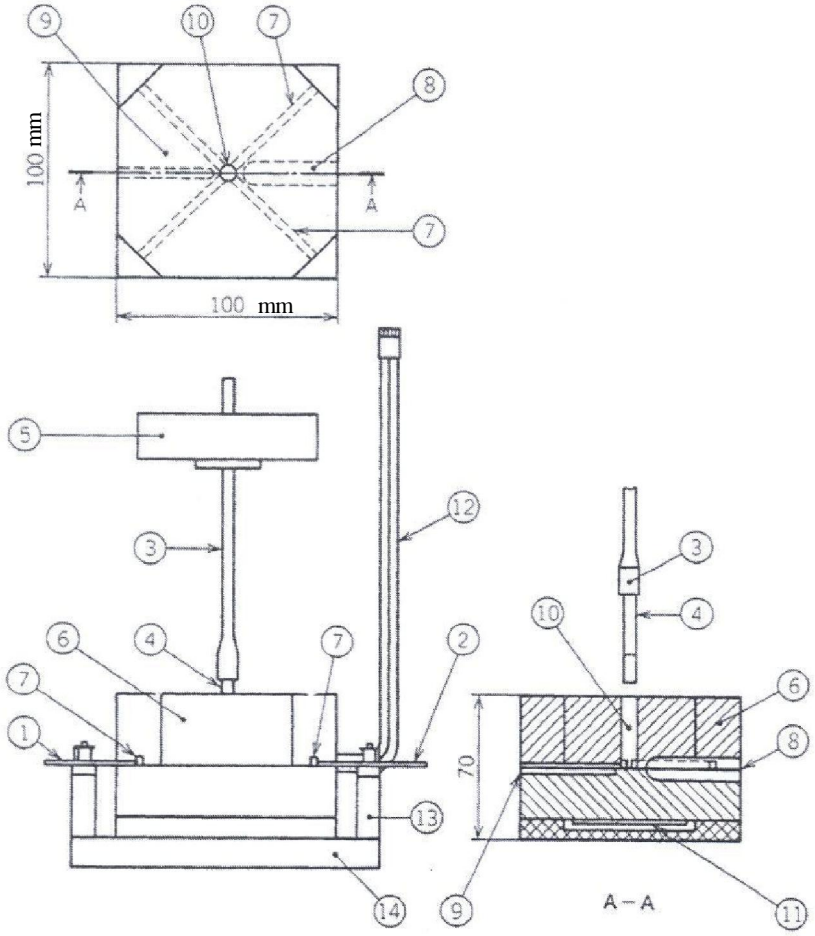
(ข้อ 10.8.1.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		เวลานับตั้งแต่สอดลวดจนกระทั่งป้อนโหลด นาที
มากกว่า	ไม่เกิน	
–	1.0	1
1.0	1.6	2

ตารางที่ 15 โหลดที่ป้อนที่จุดไขว้

(ข้อ 10.8.1.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ mm		โหลด N
มากกว่า	ไม่เกิน	
0.10	0.12	1.25
0.12	0.30	2.20
0.30	0.50	4.50
0.50	0.80	9.00
0.80	1.20	18.00
1.2	1.6	36.00



① : ชิ้นทดสอบ
② : ชิ้นทดสอบ
③ : ลูกสูบ
④ : ลูกสูบเซรามิก
⑤ : โหลด
⑥ : แท่นโลหะ (ทองแดงหรือทองเหลือง)
⑦ : ร่องสำหรับใส่ชิ้นทดสอบ
⑧ : สำหรับใส่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
⑨ : รูสำหรับใส่เทอร์มอคัปเปิล
⑩ : รูสำหรับใส่ลูกสูบเซรามิก
⑪ : ตัวทำความร้อนไฟฟ้า
⑫ : อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
⑬ : ขั้วต่อหุ้มฉนวนสำหรับการต่อชิ้นทดสอบลวด
⑭ : แผ่นฐานหุ้มฉนวน

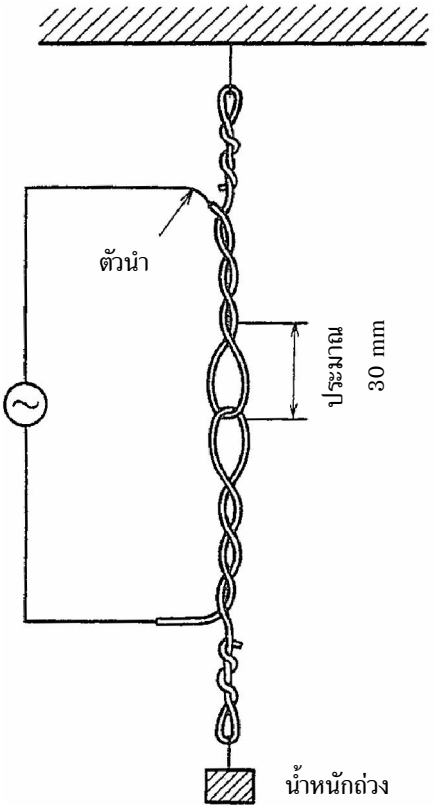
รูปที่ 8 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบความต้านการอ่อนตัว
(ข้อ 10.8.1.1)

10.8.2 วิธีที่ 2

การวัดความต้านการอ่อนตัวสำหรับตัวนำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.19 มิลลิเมตร ต้องดำเนินการให้สอดคล้องตามวิธีวงแหวนไขว้ (ring crossing method) และสำหรับตัวนำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่น้อยกว่า 0.20 มิลลิเมตรต้องดำเนินการให้สอดคล้องตามวิธีไขว้ (crossing method) การทดสอบทำโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ 100 โวลต์ที่ใกล้เคียงกับคลื่นรูปไซน์ที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ หรือ 60 เฮิรตซ์ ระหว่างปลายลวดทั้งสอง เพิ่มอุณหภูมิขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอประมาณ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที วัดอุณหภูมิขณะเกิดไฟฟ้าลัดวงจร โดยใช้เทอร์มอคัปเปิลที่ส่วนของลวดเคลือบตัวอย่างที่อยู่ใกล้ที่สุด กระแสไฟฟ้าลัดวงจรในขณะนั้นปรับไปที่ 5 มิลลิแอมแปร์ ถึง 20 มิลลิแอมแปร์

10.8.2.1 วิธีวงแหวนไขว้

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 30 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น จากล้อเดียวกัน ทำลวดแต่ละชิ้นให้เป็น รูปวงแหวนและนำมาไขว้กันดังรูปที่ 9 แขวนน้ำหนักถ่วงตามตารางที่ 16 กับลวดเคลือบตัวอย่างที่อยู่ด้านล่าง แล้วนำทั้งหมดไปเข้าตู้อบควบคุมอุณหภูมิแล้ววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 9 แผนภาพการเชื่อมต่อสำหรับวิธีวงแหวนไขว้

(ข้อ 10.8.2)

10.8.2.2 วิธีไขว้

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 15 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้นจากล้อเดียวกัน วางพาดทับกันเป็นมุมฉากบนแผ่นผิวเรียบ แล้วใช้น้ำหนักถ่วงตามตารางที่ 16 วางทับบนตำแหน่งที่พาดทับกัน แล้วนำทั้งหมดไปเข้าตู้อบควบคุมอุณหภูมิแล้ววัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 16 มวลของน้ำหนักถ่วง

(ข้อ 10.8.2.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุ	มวลของน้ำหนักถ่วง g			หมายเหตุ
mm	ชั้น 0	ชั้น 1	ชั้น 2	
0.06 ถึง 0.08	–	–	36	วิธีวงแหวนไขว้
0.09 ถึง 0.12	64	64	64	
0.13 ถึง 0.19	112	112	112	
0.20 ถึง 0.25	400	300	200	วิธีไขว้
0.26 ถึง 0.40	500	400	300	
0.45 ถึง 0.65	600	500	400	
0.70 ถึง 0.85	700	600	500	
0.90 ถึง 1.1	800	700	600	
1.2 ถึง 1.5	900	800	–	
1.6 ถึง 2.0	1 000	900		
2.1 ถึง 2.6	1 200	1 000		
2.7 ถึง 3.2	1 500	1 200		

10.9 ความทนต่อตัวทำละลาย

ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

10.9.1 วิธีที่ 1

ใช้กับลวดเคลือบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุมากกว่า 0.25 มิลลิเมตรเท่านั้น เนื่องจากตัวทำละลายผลกระทบต่อฉนวนเคลือบไม่ใช้กับลวดที่มีขนาดไม่เกิน 0.250 มิลลิเมตร

ความทนต่อตัวทำละลายแสดงโดยใช้ค่าความแข็งของดินสอภายหลังกรรมวิธีการทำละลาย

10.9.1.1 การเตรียมการทดสอบ

หากมิได้มีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นให้ตัวทำละลายมาตรฐานมีส่วนผสมดังนี้

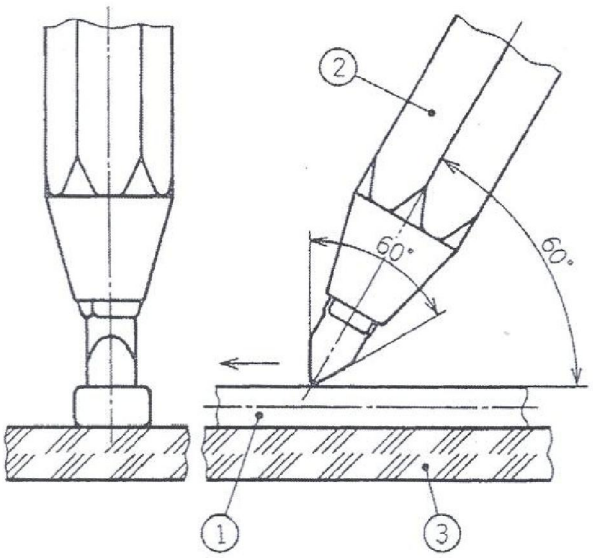
(1) ไวต์สปิริต ร้อยละ 60 โดยปริมาตร ที่มีส่วนประกอบของแอโรแมติกไม่เกินร้อยละ 18

(2) ไซลีน ร้อยละ 30 โดยปริมาตร

(3) บิวทานอล ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

ดินสอที่ใช้ต้องเป็นดินสอดำที่มีความแข็งตามที่ระบุในมาตรฐานที่เกี่ยวเนื่อง

ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง ต้องเหลาดินสอให้ปลายเป็นรูปลิ่ม เป็นมุมประมาณ 60 องศา สมมาตรกับแกนของแท่งดินสอดังรูปที่ 10



① : ชิ้นทดสอบ
② : ดินสอดำ
③ : แผ่นแก้ว

รูปที่ 10 ดินสอและชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบความทนต่อตัวทำละลาย
(ข้อ 10.9.1.1)

10.9.1.2 วิธีทดสอบ

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 150 มิลลิเมตรที่ผ่านการเตรียมชิ้นงานโดยการอบในตู้อบที่มีการระบายความร้อนแบบขับอากาศหมุนเวียนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แช่ในตัวทำละลายมาตรฐานที่บรรจุในกระบอกที่ทำจากแก้ว โดยคงอุณหภูมิการทดสอบที่ 60 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้น นำลวดเคลือบตัวอย่างออกจากตัวทำละลาย วัดค่าความแข็ง ภายใน 30 วินาทีหลังจาก โดยวางชิ้นทดสอบลงบนพื้นผิวที่แข็งและเรียบ ดังรูปที่ 10

จับแท่งดินสอให้ไส้ดินสอแตะผิวของฉนวนเคลือบและให้แท่งดินสอทำมุมประมาณ 60 องศากับลวดเคลือบ ลากแท่งดินสอช้า ๆ ด้วยแรงกดประมาณ 5 นิวตัน ไปบนผิวตามความยาวของลวดเคลือบทดสอบ 3 ครั้ง และรายงานผลหากฉนวนเคลือบถลอกจนสามารถเห็นตัวนำ

หมายเหตุ *หากต้องการวัดค่าความแข็งของฉนวนเคลือบ หากดินสอนั้นเริ่มที่จะทำให้ฉนวนเคลือบหลุดออกจากผิวได้ ให้ใช้ค่าความแข็งของดินสอนั้นเป็นค่าความแข็งของผิวฉนวนเคลือบได้ โดยค่าความแข็งของดินสอมีดังนี้*

6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

10.9.2 วิธีที่ 2

นำลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 20 เซนติเมตร นำมาอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิตามที่ระบุ (หากไม่ระบุให้อบที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที หลังจากการอบจุ่มลวดเคลือบตัวอย่างยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ลงในตัวทำละลายไซลีนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยไม่งอหรือยืดลวดเคลือบตัวอย่าง แล้วตรวจดูด้วย

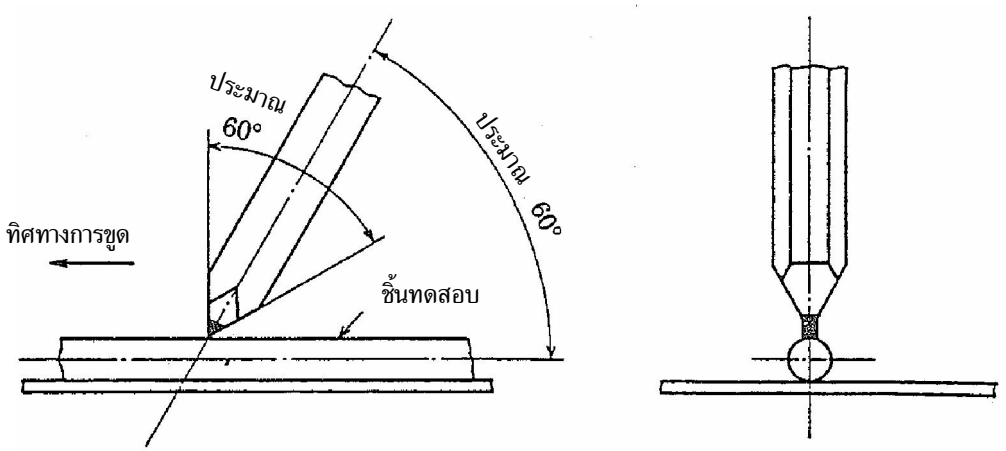
ตาเปล่าว่ามีการบวมหรือพองของฉนวนเคลือบหรือไม่ จากนั้นตรวจสอบการลอกของฉนวนเคลือบโดยใช้เล็บขูด สำหรับลวดเคลือบตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุไม่เกิน 0.19 มิลลิเมตร และโดยใช้ดินสอดำสำหรับลวดเคลือบตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำระบุตั้งแต่ 0.20 มิลลิเมตรขึ้นไป การทดสอบต้องแล้วเสร็จภายใน 2 นาทีหลังจากนำออกจากตัวทำละลาย โดยไม่ต้องตรวจดูรอยถลอกของเคลือบบริเวณส่วนปลายของลวดเคลือบประมาณ 20 มิลลิเมตร ด้านที่อยู่ในสารละลาย และส่วนที่อยู่เหนือผิวของสารละลาย

10.9.2.1 วิธีใช้เล็บขูด

ขูดลวดเคลือบตัวอย่างด้วยปลายเล็บ 1 ครั้ง ตรวจสอบด้วยตาเปล่าว่าฉนวนเคลือบถลอกจนเห็นตัวนำหรือไม่

10.9.2.2 วิธีใช้ดินสอดำ

ขูดลวดเคลือบตัวอย่าง 1 ครั้งด้วยดินสอดำซึ่งไส้ดินสอเป็นไปตามมอก. 649 ที่เหลาเป็นรูปลิ่มทำมุม 60 องศา ลากแท่งดินสอช้า ๆ ด้วยแรงกดประมาณ 5 นิวตัน ไปบนผิวตามความยาวของลวดเคลือบตัวอย่าง โดยทำมุม 60 องศากับลวดเคลือบ ดังรูปที่ 11 ตรวจสอบด้วยตาเปล่าว่าฉนวนเคลือบถลอกจนเห็นตัวนำหรือไม่



รูปที่ 11 การทดสอบโดยใช้ดินสอดำ

(ข้อ 10.9.2.2)

10.10 ความต้านทานของตัวนำ

ความต้านทานของตัวนำคือค่าความต้านทานกระแสตรงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สำหรับลวดยาว 1 เมตร หรือ 1 กิโลเมตร วิธีที่ใช้ต้องมีความถูกต้องร้อยละ 5 อุณหภูมิที่วัดจะอยู่ระหว่าง 15 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส ถ้าค่าความต้านทาน R_t ที่วัดไม่ได้วัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ให้แปลงเป็นค่าความต้านทาน R_{20} ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้สูตร

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha\ (t\ -\ 20)}$$

เมื่อ R_{20} คือ ความต้านทานที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นโอห์ม

R_t คือ ความต้านทานขณะวัด เป็นโอห์ม

α คือ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานอุณหภูมิ

t คือ อุณหภูมิขณะวัด

ในพิสัยอุณหภูมิตั้งแต่ 15 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานอุณหภูมิของทองแดงที่ใช้คือ

$$= 3.96 \times 10^{-3} \qquad [K^{-1}]$$

10.11 ความยืดขณะลวดขาด

การทดสอบความยืดขณะลวดขาดเป็นการทดสอบการเพิ่มขึ้นของความยาวคิดเป็นร้อยละของค่าความยาวเดิม ทดสอบโดยการนำลวดเคลือบตัวอย่างมายืดจนขาดด้วยเครื่องมือทดสอบความยืด ที่อัตราการเคลื่อนที่ของปากจับของเครื่องทดสอบ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ± 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ลวดเคลือบตัวอย่างมีความยาวพิกัด 200 มิลลิเมตร ถึง 250 มิลลิเมตร คำนวณค่าความยืดเชิงเส้นขณะลวดขาดเป็นร้อยละของความยาวเดิม ทดสอบกับลวดเคลือบตัวอย่าง 3 ชิ้น บันทึกค่าทั้งสามแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย