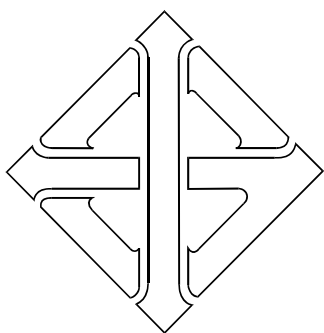




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก.2340-2555

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกต์พอลิเอทิลีนสำหรับ
แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์
และ 18/30(36) กิโลโวลต์

POWER CABLES WITH XLPE INSULATED FOR
RATED VOLTAGES 12/20(24) kV AND 18/30(36) kV

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.060.20

ISBN 974-616-231-423-0

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับ
แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์
และ 18/30(36) กิโลโวลต์

มอก.2340-2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 5ง
วันที่ 16 มกราคม พุทธศักราช 2556

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 960

มาตรฐานสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแรงสูง

ประธานกรรมการ

รศ.วีรกร อ่องสกุล

คณะสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และการพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

กรรมการ

นายชาญณรงค์ บาลมงคล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายบุญเหนือ พิ้งศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นายณัฐ นิลวัชร

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายวิชา ชากรพิพัฒน์

การไฟฟ้านครหลวง

นายไพฑูรย์ พรหมพิทักษ์

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นางนิภา สุนทรชนโสภณ

บริษัท จรุงไทยไวร์เอนด์เคเบิล จำกัด (มหาชน)

นายพิเชษฐ์ โล่ห์ชนะจิต

บริษัท เฟลปส์ ดอดจ์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ไทยแลนด์) จำกัด

นายอนันต์ ชัยสงค์

บริษัท สายไฟฟ้าบางกอกเคเบิล จำกัด

นายวินัย อริยะสกุลทรัพย์

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยชาภิ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายวุฒิพงศ์ คงเจริญ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ นี้ ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.2340-2550 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 125 ตอนที่ 54ง วันที่ 14 มีนาคม พุทธศักราช 2551 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ทันสมัยและเป็นไปตามเอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุด จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยการยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นเล่มหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนแรงสูง อันประกอบด้วย

- | | |
|---------------|--|
| มอก.2143-2546 | สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนและอุปกรณ์ส่วนควบใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตั้งแต่ 1 กิโลโวลต์ ถึงไม่เกิน 30 กิโลโวลต์ |
| มอก.2144-2546 | สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนและอุปกรณ์ส่วนควบใช้กับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดมากกว่า 30 กิโลโวลต์ ถึงไม่เกิน 150 กิโลโวลต์ |
| มอก.2202-2547 | สายไฟฟ้าแรงดันสูงหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดตั้งแต่ 60 กิโลโวลต์ ถึง 115 กิโลโวลต์ |
| มอก.2341-2554 | สายไฟฟ้าอากาศตัวนำอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนและเปลือกครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 25 กิโลโวลต์ และ 35 กิโลโวลต์ |

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด

คุณลักษณะที่ต้องการตาม

- | | |
|-----------------------|--|
| IEC 60502-2 (2005-03) | Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1.2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7.2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) |
| มอก.293-2541 | สายไฟฟ้าอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนโพลีไวนิลคลอไรด์ |
| มอก.2427-2552 | ตัวนำไฟฟ้าสำหรับสายไฟฟ้าหุ้มฉนวน |

การทดสอบตาม

- | | |
|--------------------------|--|
| IEC 60060-1 (1989-11) | High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements |
| IEC 60230 (1966-01) | Impulse tests on cables and their accessories |
| IEC 60332-3-22 (2000-10) | Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 3-22: Test for |
| Amendment 1 (2008-12) | vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A |

IEC 60811-1-1 (2001-07)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables – Part 1-1: Methods for general application – Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties
IEC 60811-1-2 (1985)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 1: Methods for general application – Section Two –Thermal ageing methods
Amendment 1 (1989-10)	
Amendment 2 (2000-07)	
IEC 60811-1-3 (2001-07)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Part 1-3: General application – Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test
IEC 60811-2-1 (2004-11)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds – Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests
IEC 60811-3-1 (1985)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section One –
Amendment 1 (1994-10)	Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking
Amendment 2 (2001-05)	
IEC 60811-3-2 (1985)	Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables - Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section Two – Loss
Amendment 1 (1993-09)	of mass test – Thermal stability test
Amendment 2 (2003-12)	
IEC 60811-4-1 (2004-11)	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods – Part 4-1: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Resistance to environmental stress cracking – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral filler content measurement in polyethylene by direct combustion – Measurement of carbon black content by thermogravimetric analysis (TGA) – Assessment of carbon black dispersion in polyethylene using a microscope
IEC 60885-3 (1988-07)	Electrical test methods for electric cables. Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4472 (พ.ศ. 2555)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน
สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์
และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน
สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.2340-2550

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3809 (พ.ศ. 2550) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มด้วยฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ ลงวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.2340-2555 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 270 วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2555

พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีนสำหรับ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงหรืออะลูมิเนียม ซึ่งมีแกนเดียว ฉนวนครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน ตัวกันโลหะ เปลือกพอลิเอทิลีนหรือพอลิไวนิลคลอไรด์ สำหรับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด U_0/U_m เท่ากับ 12/20(24) กิโลโวลต์ และ 18/30(36) กิโลโวลต์ เหมาะที่จะใช้งานในท่อ ราง หรือฝังดินโดยตรง ซึ่งสามารถติดตั้งและใช้งานในภาวะดังต่อไปนี้
- (1) ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 24 กิโลโวลต์ สำหรับสายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ และไม่เกิน 36 กิโลโวลต์ สำหรับสายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์
 - (2) อุณหภูมิของตัวนำไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้งานปกติ ไม่เกิน 130 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้งานเกินปกติฉุกเฉิน และไม่เกิน 250 องศาเซลเซียส สำหรับกรณีลัดวงจร
- ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “สายไฟฟ้า”
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงสายไฟฟ้าชนิดพิเศษ เช่น สายไฟฟ้าใต้น้ำ (submarine cable)

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ครอสลิงกด์พอลิเอทิลีน (cross-linked polyethylene : XLPE) หมายถึง สารประกอบพอลิเอทิลีนที่ถูกเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลจากเส้นตรงให้เกาะเกี่ยวกันเป็นร่างแห เพื่อให้มีสมบัติตามที่ต้องการ
- 2.2 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด U_0 หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยระหว่างเฟสกับดิน
- 2.3 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด U หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยระหว่างเฟสกับเฟส

- 2.4 แรงดันไฟฟ้า U_m หมายถึง แรงดันไฟฟ้าค่ารากกำลังสองเฉลี่ยสูงสุดระหว่างเฟสกับเฟสของระบบไฟฟ้าที่สายไฟฟ้าใช้งานได้
- 2.5 ตัวนำ (conductor) หมายถึง ลวดทองแดงหรือลวดอะลูมิเนียมตีเกลียวซึ่งอยู่ในรูปของการตีเกลียวร่วมศูนย์กลางอัดแน่น (compact round concentric lay stranding)
- 2.6 ตัวกั้นตัวนำ (conductor screen) หมายถึง ชั้นของสารกึ่งตัวนำ (semi-conducting) ซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบที่ใช้หุ้มเพื่อทำให้ผิวนอกของตัวนำราบเรียบสม่ำเสมอ และทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับฉนวนสม่ำเสมอทุกทิศทาง อีกทั้งยังช่วยลดความเค้นทางแรงดันไฟฟ้า (voltage stress) ที่เกิดขึ้นด้วย
- 2.7 ฉนวน (insulation) หมายถึง ครออสลิงค์พอลิเอทิลีนที่ใช้หุ้มทับบนชั้นของตัวกั้นตัวนำ มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้ารั่วออกมาทำอันตรายแก่บุคคลหรือสิ่งแวดลอม และป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจร
- 2.8 ตัวกั้นฉนวน (insulation screen) หมายถึง ชั้นของสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบที่ใช้หุ้มเพื่อทำให้ผิวนอกของฉนวนราบเรียบสม่ำเสมอ และทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างฉนวนกับตัวกั้นโลหะสม่ำเสมอทุกทิศทาง อีกทั้งยังช่วยลดความเค้นทางแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นด้วย
- 2.9 ตัวกั้นโลหะ (metallic screen) หมายถึง ตัวกั้นที่เป็นลวดทองแดงและเทปทองแดงประกบกัน มีหน้าที่ป้องกันสนามไฟฟ้าไม่ให้เกิดอันตรายแก่บุคคลและสิ่งแวดลอม และป้องกันไม่ให้สนามไฟฟ้าไปรบกวนระบบอื่นๆ อีกทั้งใช้เป็นสายดินต่อเข้ากับระบบสายดินของระบบไฟฟ้า
- 2.10 เทปพันทับตัวกั้นโลหะ หมายถึง เทปที่ใช้พันทับบนชั้นของตัวกั้นโลหะ ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุประกอบอื่น ไม่เกิดการกัดกร่อนกับตัวกั้นโลหะ ซึ่งอาจเป็นเทปพันรัด หรือเทปสังเคราะห์กันน้ำ
- 2.11 เทปพันรัด (binder tape) หมายถึง เทปที่ไม่ดูดซึมน้ำ (non-hygroscopic) ซึ่งใช้พันทับบนชั้นของตัวกั้นโลหะ เพื่อกันแยกก่อนจะถึงชั้นเปลือก
- 2.12 เทปสังเคราะห์กันน้ำ (synthetic water blocking tape) หมายถึง เทปที่ทำจากสารสังเคราะห์ที่สามารถดูดซึมน้ำไว้ในตัวเทปได้ มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำซึมเข้าไปในสายไฟฟ้า และป้องกันไม่ให้เป็นโลหะทำให้เกิดรอยหรือสัมผัสโดยตรงกับส่วนที่เป็นฉนวน และเป็นประเภทที่ไม่นำไฟฟ้า (non-conducting)
- 2.13 เปลือก (sheath) หมายถึง สารประกอบพอลิเอทิลีนหรือพอลิไวนิลคลอไรด์ที่ใช้หุ้มชั้นนอกสุดของสายไฟฟ้า มีหน้าที่ป้องกันแรงกระแทก เสียดสี และทนทานต่อสภาวะแวดล้อม
- 2.14 ค่าระบุ (nominal value) หมายถึง ค่าซึ่งระบุด้วยปริมาณ และมักใช้แสดงในตาราง
- 2.15 ค่ามัธยฐาน (median value) หมายถึง ค่าตรงกลางถ้าจำนวนค่าทั้งหมดเป็นเลขคี่ หรือหมายถึงค่าเฉลี่ยของค่าตรงกลาง 2 ค่า ถ้าจำนวนค่าทั้งหมดเป็นเลขคู่ เมื่อค่าที่ได้จากการทดสอบมีหลายจำนวนและเรียงจากมากไปหาน้อย หรือจากน้อยไปหามาก

- 2.16 การทดสอบประจำ (routine test) หมายถึง การทดสอบโดยผู้ทำบนความยาวของสายไฟฟ้าที่ผลิตแต่ละเส้น เพื่อตรวจสอบว่าสายไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตแต่ละเส้นเป็นไปตามข้อกำหนดตลอดความยาวหรือไม่
- 2.17 การทดสอบตัวอย่าง (sample test) หมายถึง การทดสอบโดยผู้ทำ กับตัวอย่างของสายไฟฟ้าสำเร็จรูปแต่ละตัวอย่าง หรือส่วนประกอบที่ได้มาจากสายไฟฟ้าสำเร็จรูป เพื่อทวนสอบว่าสายไฟฟ้าสำเร็จรูปเป็นไปตามข้อกำหนด
- 2.18 การทดสอบเฉพาะแบบ (type test) หมายถึง การทดสอบที่ทำก่อนนำสายไฟฟ้าออกสู่ท้องตลาด เพื่อแสดงว่าสายไฟฟ้าแบบที่ครอบคลุมโดยมาตรฐานนี้มีลักษณะเฉพาะเชิงสมรรถนะเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งต้องการการทดสอบที่สมบูรณ์เป็นหลักฐานเพียงครั้งเดียว โดยไม่ต้องทดสอบซ้ำ
- หมายเหตุ การทดสอบนี้อยู่ในลักษณะที่ว่า หลังจากทดสอบไปแล้วไม่จำเป็นต้องทดสอบซ้ำอีกนอกจากรวมถึงการเปลี่ยนแปลงวัสดุ หรือการออกแบบ หรือกระบวนการผลิตซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะเชิงสมรรถนะของสายไฟฟ้า

3. ประเภทและแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

3.1 ประเภท

สายไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ประเภทตามชนิดของตัวนำ คือ

- 3.1.1 สายไฟฟ้าตัวนำทองแดง
- 3.1.2 สายไฟฟ้าตัวนำอะลูมิเนียม

3.2 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของสายไฟฟ้ามี่ดังนี้

- 3.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์
- 3.2.2 แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์

4. ขนาด

4.1 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดง

ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

4.2 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำอะลูมิเนียม

ให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์

(ข้อ 4.1 ข้อ 5.2 ข้อ 5.3 ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 ข้อ 5.7 ข้อ 6.1.1 ข้อ 6.2.1 ข้อ 6.3.2.1 และข้อ 10.2.1)

พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำ	mm ²	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
จำนวนเส้นลวดในตัวนำ ต่ำสุด	เส้น	6	6	12	15	18	18	30	34	34	53	53	53	53
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ	mm	6.6 ถึง 7.5	7.7 ถึง 8.6	9.3 ถึง 10.2	11.0 ถึง 12.0	12.3 ถึง 13.5	13.7 ถึง 15.0	15.3 ถึง 16.8	17.6 ถึง 19.2	19.7 ถึง 21.6	22.3 ถึง 24.6	25.3 ถึง 27.6	28.7 ถึง 32.5	32.9 ถึง 34.8
ความหนาต่ำสุดของตัวกันตัวนำ	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ความหนาของฉนวน	mm	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
เส้นผ่านศูนย์กลางหลังหุ้มฉนวนโดยประมาณ	mm	19.0	20.5	22.0	24.0	25.0	27.0	28.0	30.5	33.5	35.5	39.0	43.5	47.0
ความหนาต่ำสุดของตัวกันฉนวน	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	mm ²	10	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25	25	25
จำนวนเส้นลวดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	เส้น	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	35	35
ความหนาของเปลือก	mm	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6
เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าโดยประมาณ	mm	28	30	31	33	34	36	38	42	45	48	52	56	59
ความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่ 20°C สูงสุด	Ω/km	0.524	0.387	0.268	0.193	0.153	0.124	0.0991	0.0754	0.0601	0.0470	0.0366	0.0283	0.0221

ตารางที่ 2 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำทองแดงที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์

(ข้อ 4.1 ข้อ 5.2 ข้อ 5.3 ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 ข้อ 5.7 ข้อ 6.1.1 ข้อ 6.2.1 ข้อ 6.3.2.1 และข้อ 10.2.1)

พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำ	mm ²	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
จำนวนเส้นลวดในตัวนำ ค่าสุด	เส้น	6	12	15	18	18	30	34	34	53	53	53	53
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ	mm	7.7 ถึง 8.6	9.3 ถึง 10.2	11.0 ถึง 12.0	12.3 ถึง 13.5	13.7 ถึง 15.0	15.3 ถึง 16.8	17.6 ถึง 19.2	19.7 ถึง 21.6	22.3 ถึง 24.6	25.3 ถึง 27.6	28.7 ถึง 32.5	32.9 ถึง 34.8
ความหนาสุดของตัวกันตัวนำ	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ความหนาของฉนวน	mm	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
เส้นผ่านศูนย์กลางหลังหุ้มฉนวนโดยประมาณ	mm	25.5	27.0	29.0	30.0	32.0	33.0	35.5	38.5	40.5	44.0	48.5	52.5
ความหนาสุดของตัวกันฉนวน	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ค่าสุด	mm ²	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25	25	25
จำนวนเส้นลวดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ค่าสุด	เส้น	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	35	35
ความหนาของเปลือก	mm	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8
เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าโดยประมาณ	mm	35	37	39	40	43	44	47	50	55	58	62	65
ความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่ 20°C สูงสุด	Ω/km	0.387	0.268	0.193	0.153	0.124	0.0991	0.0754	0.0601	0.0470	0.0366	0.0283	0.0221

ตารางที่ 3 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำอะลูมิเนียมที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์

(ข้อ 4.2 ข้อ 5.2 ข้อ 5.3 ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 ข้อ 5.7 ข้อ 6.1.1 ข้อ 6.2.1 ข้อ 6.3.2.1 และข้อ 10.2.1)

พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำ	mm ²	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
จำนวนเส้นลวดในตัวนำ ต่ำสุด	เส้น	6	6	12	15	18	18	30	34	34	53	53	53	53
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ	mm	6.6 ถึง 7.5	7.7 ถึง 8.6	9.3 ถึง 10.2	11.0 ถึง 12.0	12.3 ถึง 13.5	13.7 ถึง 15.0	15.3 ถึง 16.8	17.6 ถึง 19.2	19.7 ถึง 21.6	22.3 ถึง 24.6	25.3 ถึง 27.6	28.7 ถึง 32.5	32.9 ถึง 34.8
ความหนาต่ำสุดของตัวกันตัวนำ	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ความหนาของฉนวน	mm	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
เส้นผ่านศูนย์กลางหลังหุ้มฉนวนโดยประมาณ	mm	19.0	20.5	22.0	24.0	25.0	27.0	28.0	30.5	33.5	35.5	39.0	43.5	47.0
ความหนาต่ำสุดของตัวกันฉนวน	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	mm ²	10	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25	25	25
จำนวนเส้นลวดของตัวกันโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	เส้น	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	35	35
ความหนาของเปลือก	mm	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6
เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าโดยประมาณ	mm	28	30	31	33	34	36	38	42	45	48	52	56	59
ความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่ 20°C สูงสุด	Ω/km	0.868	0.641	0.443	0.320	0.253	0.206	0.164	0.125	0.100	0.0778	0.0605	0.0469	0.0367

ตารางที่ 4 ขนาดและรายละเอียดของสายไฟฟ้าตัวนำอะลูมิเนียมที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์

(ข้อ 4.2 ข้อ 5.2 ข้อ 5.3 ข้อ 5.4 ข้อ 5.5 ข้อ 5.7 ข้อ 6.1.1 ข้อ 6.2.1 ข้อ 6.3.2.1 และข้อ 10.2.1)

พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำ	mm ²	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
จำนวนเส้นลวดในตัวนำ ต่ำสุด	เส้น	6	12	15	18	18	30	34	34	53	53	53	53
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ	mm	7.7 ถึง	9.3 ถึง	11.0 ถึง	12.3 ถึง	13.7 ถึง	15.3 ถึง	17.6 ถึง	19.7 ถึง	22.3 ถึง	25.3 ถึง	28.7 ถึง	32.9 ถึง
		8.6	10.2	12.0	13.5	15.0	16.8	19.2	21.6	24.6	27.6	32.5	34.8
ความหนาต่ำสุดของตัวกั้นตัวนำ	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ความหนาของฉนวน	mm	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
เส้นผ่านศูนย์กลางหลังหุ้มฉนวนโดยประมาณ	mm	25.5	27.0	29.0	30.0	32.0	33.0	35.5	38.5	40.5	44.0	48.5	52.5
ความหนาต่ำสุดของตัวกั้นฉนวน	mm	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของตัวกั้นโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	mm ²	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25	25	25
จำนวนเส้นลวดของตัวกั้นโลหะที่เป็นลวดทองแดง ต่ำสุด	เส้น	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	35	35
ความหนาของเปลือก	mm	2.0	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8
เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าโดยประมาณ	mm	35	37	39	40	43	44	47	50	55	58	62	65
ความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่ 20°C สูงสุด	Ω/km	0.641	0.443	0.320	0.253	0.206	0.164	0.125	0.100	0.0778	0.0605	0.0469	0.0367

5. วัสดุและการทำ

5.1 ตัวนำ

ตัวนำต้องเป็นทองแดงอบอ่อนหรืออะลูมิเนียม มีโครงสร้างแบบตีเกลียวร่วมศูนย์กลางถาวร

5.2 ตัวกั้นตัวนำ

ความหนาต่ำสุดของตัวกั้นตัวนำต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

5.3 ฉนวน

ฉนวนต้องเป็นครอสลิงค์พอลิเอทิลีนที่ไม่มีคาร์บอนแบล็ก โดยหุ้มพร้อมกันกับชั้นตัวกั้นตัวนำและชั้นตัวกั้นฉนวน กระบวนการบ่มต้องเป็นแบบแห้ง (dry curing process) ห้ามบ่มด้วยน้ำร้อนหรือน้ำ ความหนาเฉลี่ยของฉนวนต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 ความหนาต่ำสุดของฉนวน (t_{min}) ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 (t_n) ลบด้วย 0.1 มิลลิเมตร ($t_{min} > 0.9 t_n - 0.1$) และจุดเยื้องศูนย์กลางซึ่งคำนวณจากความหนาสูงสุด (t_{max}) และความหนาต่ำสุด (t_{min}) ของฉนวนด้วยสูตร $(t_{max} - t_{min})/t_{max}$ ต้องไม่มากกว่า 0.15

5.4 ตัวกั้นฉนวน

ตัวกั้นฉนวนเป็นแบบลอกออกจากฉนวนไม่ได้ (bonded type) หรือแบบลอกออกจากฉนวนได้ (strippable type) ความหนาต่ำสุดของตัวกั้นฉนวนต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

5.5 ตัวกั้นโลหะ

ตัวกั้นโลหะต้องเป็นลวดทองแดงและเทปทองแดงประกบกัน ลวดทองแดงต้องตีเกลียวรอบแกนของสายไฟฟ้าและพันด้วยเทปทองแดงความหนา 0.1 มิลลิเมตร ให้สัมผัสกับลวดทองแดงโดยมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าตลอดความยาวของสายไฟฟ้า พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดและจำนวนเส้นลวดต่ำสุดของตัวกั้นโลหะต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

5.6 เทปพันทับตัวกั้นโลหะ

ให้เป็นไปตามข้อ 5.6.1 และ/หรือ ข้อ 5.6.2

5.6.1 เทปพันรัด เป็นเทปไมลาร์ (Mylar) เทปสปันบอนด์ (spunbond) หรือเทปหน่วงไฟ (flame retardant)

5.6.2 เทปสังเคราะห์กันน้ำ เป็นเทปสังเคราะห์ประเภทที่ไม่นำไฟฟ้า ซึ่งใช้พันบนตัวกั้นโลหะ เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านของน้ำตลอดความยาวของสายไฟฟ้า

5.7 เปลือก

เปลือกต้องเป็นสารประกอบพอลิเอทิลีนเอสที 7 (ST₇) หรือพอลิไวนิลคลอไรด์เอสที 2 (ST₂) สำหรับใช้กับสายไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิตัวนำสูงสุดในการทำงานตามปกติ 90 องศาเซลเซียส ความหนาเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 และความหนาต่ำสุด ($t_{\min}$) ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 (t_n) ลบด้วย 0.1 มิลลิเมตร ($t_{\min} > 0.85 t_n - 0.1$)

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบประจำ

6.1.1 ความต้านทานของตัวนำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.2 แล้ว ความต้านทานกระแสตรงสูงสุดของตัวนำที่ 20 องศาเซลเซียส ต้องไม่เกินค่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4

6.1.2 การปล่อยประจุบางส่วน (partial discharge)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.10 แล้ว การปล่อยประจุบางส่วนที่ $1.73 U_0$ ต้องไม่เกิน 10 พิโกคูลอมบ์

6.1.3 ความทนทานไฟฟ้าของสายไฟฟ้า

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.3 แล้ว สายไฟฟ้าต้องไม่เสียหายยับยั้ง

6.2 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบตัวอย่าง

6.2.1 ลักษณะตัวนำ ขนาด และความหนาของชั้นต่างๆ

จำนวนเส้นลวดในตัวนำต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของตัวนำ ความหนาของชั้นต่างๆ แต่ละชั้น และเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของสายไฟฟ้า ให้เป็นไปตามที่ระบุในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 4 และตามข้อ 5.1 ถึงข้อ 5.7 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 10.4 ข้อ 10.5 ข้อ 10.6 และข้อ 10.7

6.2.2 ความต้านทานของตัวนำ

ให้เป็นไปตามข้อ 6.1.1

6.2.3 ความทนทานไฟฟ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (สำหรับการทดสอบตัวอย่าง)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.8 แล้ว สายไฟฟ้าต้องไม่เสียหายยับยั้ง

6.2.4 ความยืดตัวของฉนวนเมื่อได้รับความร้อน (hot set)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.9 ความยืดตัวของฉนวนเมื่อได้รับความร้อนและมีน้ำหนักถ่วงต้องมีค่าสูงสุดไม่เกินร้อยละ 175 และความยืดตัวหลังจากปล่อยให้เย็นตัวและไม่มีน้ำหนักถ่วงต้องมีค่าสูงสุดไม่เกินร้อยละ 15

6.2.5 ความคงทนของเครื่องหมาย

เครื่องหมายที่สายไฟฟ้าต้องมีความคงทนและไม่ลบเลือนง่าย การทดสอบทำโดยใช้ผ้าที่ชุ่มน้ำถูเครื่องหมายที่สายไฟฟ้า 10 ครั้ง แล้วตรวจพินิจ เครื่องหมายต้องยังคงชัดเจนและเห็นได้ชัด

6.3 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ

6.3.1 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบเฉพาะแบบทางไฟฟ้า

6.3.1.1 การปล่อยประจุบางส่วนหลังจากการทดสอบความโค้งงอ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.11 แล้ว การปล่อยประจุบางส่วนที่ $1.73 U_0$ ต้องไม่เกิน 5 พิโกคูลอมบ์

6.3.1.2 ตัวประกอบพลังงานสูญเสีย ($\tan \delta$)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.12 แล้ว ค่าที่วัดได้ต้องไม่เกิน 0.004

6.3.1.3 การปล่อยประจุบางส่วนหลังจากการทดสอบวัฏจักรความร้อน (heating cycle)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.13 แล้ว การปล่อยประจุบางส่วนที่ $1.73 U_0$ ต้องไม่เกิน 5 พิโกคูลอมบ์

6.3.1.4 ความทนทานไฟฟ้าหลังจากการทดสอบแรงดันอิมพัลส์

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.14 แล้ว สายไฟฟ้าต้องไม่เสียสภาพฉนวน

6.3.1.5 ความทนทานไฟฟ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (สำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.15 แล้ว สายไฟฟ้าต้องไม่เสียสภาพฉนวน

6.3.1.6 สภาพต้านทานของตัวกั้นที่เป็นสารกึ่งตัวนำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.16 แล้ว ค่าความต้านทานของตัวกั้นตัวนำต้องไม่เกิน 1 000 โอห์มเมตร ค่าความต้านทานของตัวกั้นฉนวนต้องไม่เกิน 500 โอห์มเมตร

6.3.2 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบเฉพาะแบบที่ไม่ใช่ทางไฟฟ้า

6.3.2.1 โครงสร้างของสายไฟฟ้า

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 ข้อ 10.5 ข้อ 10.6 และข้อ 10.7 แล้ว ค่าที่ได้ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4 และตามข้อ 5.1 ถึงข้อ 5.7

6.3.2.2 ฉนวนและเปลือก

(1) ความต้านแรงดึงและความยืดของฉนวนก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งาน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.17 แล้ว คุณลักษณะต่างๆ ที่ได้ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 5

(2) ความต้านแรงดึงและความยืดของเปลือกก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งาน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.18 แล้ว คุณลักษณะต่างๆ ที่ได้ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 5

6.3.2.3 ความเข้ากันได้ของวัสดุประกอบของสายไฟฟ้า

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.19 แล้ว คุณลักษณะต่างๆ ที่ได้ต้องเป็นไปตามข้อ 6.3.2.2

6.3.2.4 การเปลี่ยนรูปของเปลือกขณะที่มีแรงกดที่อุณหภูมิสูง

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.20 แล้ว ค่ามาตรฐานของความลึกที่รอยกดต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบ

6.3.2.5 ความยืดตัวของฉนวนเมื่อได้รับความร้อน

ให้เป็นไปตามข้อ 6.2.4

6.3.2.6 การดูดซึมน้ำของฉนวน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.21 แล้ว ค่าเฉลี่ยความเปลี่ยนแปลงของมวลต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

6.3.2.7 ปริมาณคาร์บอนแบล็กในเปลือกพอลิเอทิลีน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.22 แล้ว ปริมาณคาร์บอนแบล็กต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 5

6.3.2.8 การหดตัวของฉนวนครอสลิงค์พอลิเอทิลีน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.23 แล้ว การหดตัวสูงสุดต้องไม่เกินร้อยละ 4

6.3.2.9 การหดตัวของเปลือกพอลิเอทิลีน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.24 แล้ว การหดตัวสูงสุดต้องไม่เกินร้อยละ 3

6.3.2.10 การลอกออกได้ของตัวกั้นฉนวน (strippability of insulation screen)

ในกรณีที่ผู้ทำระบุว่าตัวกั้นฉนวนเป็นแบบลอกออกได้ ต้องทดสอบตามข้อ 10.25 โดยที่ตัวกั้นฉนวนต้องลอกออกโดยใช้แรงดึงไม่ต่ำกว่า 4 นิวตัน และไม่เกิน 45 นิวตัน ผิวของฉนวนต้องไม่เสียหาย และไม่มีตัวกั้นฉนวนฝังติดอยู่ในฉนวน

6.3.2.11 การซึมผ่านของน้ำ

ในกรณีที่สายไฟมีการออกแบบให้ใช้เทปสังเคราะห์กันน้ำ เมื่อทดสอบตามข้อ 10.26 แล้ว ระหว่างการทดสอบต้องไม่มีน้ำซึมไหลผ่านออกมาจากชั้นทดสอบ

6.3.2.12 การสูญเสียมวลของเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.27 แล้ว ค่าที่ได้ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 5

6.3.2.13 ความทนต่อการฉีกด้วยความร้อนของเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.28 แล้ว เปลือกต้องไม่แตกราน

6.3.2.14 การหน่วงเปลวไฟ

ในกรณีที่มีการตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ที่ต้องการให้มีคุณลักษณะที่ต้องการด้านการหน่วงเปลวไฟ เมื่อทดสอบตามข้อ 10.29 แล้ว การลุกลามของเปลวไฟต้องไม่เกิน 2.5 เมตร

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติเฉพาะของฉนวนและเปลือก
(ข้อ 6.3.2.2 ข้อ 6.3.2.7 ข้อ 6.3.2.12 ข้อ 10.17.2.1 ข้อ 10.17.2.5 และข้อ 10.20.3.3)

รายละเอียด	หน่วย	ฉนวน	เปลือก	
		XLPE	PVC(ST ₂)	PE(ST ₇)
ก่อนเริ่มอายุการใช้งาน				
– ความต้านทานแรงดึง ต่ำสุด	N/mm ²	12.5	12.5	12.5
– ความยืดที่จุดขาด ต่ำสุด	%	200	150	300
หลังเริ่มอายุการใช้งาน				
– อุณหภูมิที่โซบ	°C	135	100	110
– เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	°C	± 3	± 2	± 2
– ระยะเวลาที่โซบ	h	168	168	240
– ความต้านทานแรงดึง ต่ำสุด	N/mm ²	–	12.5	–
– ความเปลี่ยนแปลงของความต้านทานแรงดึง	%	± 25	± 25	–
– ความยืดที่จุดขาด ต่ำสุด	%	–	150	300
– ความเปลี่ยนแปลงของความยืดจนขาด	%	± 25	± 25	–
การทดสอบแรงกดที่อุณหภูมิสูง				
– อุณหภูมิทดสอบ	°C	–	90	110
– เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	°C	–	± 2	± 2
ปริมาณคาร์บอนแบล็ก				
– ค่าระบุ	%	–	–	2.5
– เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	%	–	–	± 0.5
การสูญเสียมวลของเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์				
– อุณหภูมิที่โซบ	°C	–	100	–
– เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	°C	–	± 2	–
– ระยะเวลาที่โซบ	h	–	168	–
– การสูญเสียมวลสูงสุดที่ยอมรับได้	mg/cm ²	–	1.5	–

7. การบรรจุ

7.1 การปิดปลายสายไฟฟ้า

หลังจากผู้ทำได้ทดสอบสายไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ต้องปิดฉนวนปลายสายไฟฟ้าทั้ง 2 ด้าน หรือครอบปลายสายไฟฟ้าด้วยปลอกพีวีซีหรือวัสดุที่เทียบเท่าเพื่อป้องกันความชื้น

7.2 การบรรจุสายไฟฟ้า

ให้บรรจุสายไฟฟ้าบนล้อยที่ทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงเพียงพอ

8. การทำเครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่สายไฟฟ้าทุกระยะช่วงห่างไม่เกิน 500 มิลลิเมตร อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายบนสายไฟฟ้าแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือน

- (1) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เป็นกิโลโวลต์
- (2) ชนิดของตัวนำ
- (3) ชนิดของฉนวนและเปลือก
- (4) พื้นที่หน้าตัดระบุ เป็นตารางมิลลิเมตร
- (5) ปีที่ทำ
- (6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

8.2 ที่หน่วยบรรจุเป็นล้อย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือน

- (1) แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด เป็นกิโลโวลต์
- (2) ชนิดของตัวนำ
- (3) ชนิดของฉนวนและเปลือก
- (4) พื้นที่หน้าตัดระบุ เป็นตารางมิลลิเมตร
- (5) น้ำหนักสุทธิ และน้ำหนักรวม เป็นกิโลกรัม
- (6) เดือน ปีที่ทำ
- (7) ความยาวของสายไฟฟ้า เป็นเมตร
- (8) มีลูกศรแสดงทิศทางการหมุนล้อย และตำแหน่งปลาย
- (9) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

8.3 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9. การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

9.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สายไฟฟ้าประเภท ชนิดของตัวนำ ชนิดของฉนวนและเปลือก พื้นที่หน้าตัดระบุขนาดเดียวกัน ที่ทำในคราวเดียวโดยต่อเนื่อง หรือส่งมอบ หรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

9.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์การตัดสิน

ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ในกรณีของการทดสอบประจำ ให้ทดสอบสายไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตตลอดความยาว

ในกรณีของการทดสอบตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนตัวอย่างสำหรับการทดสอบตัวอย่าง

(ข้อ 9.2)

ความยาวของสายไฟฟ้า		จำนวนตัวอย่าง
km		
มากกว่า	จนถึง	
4	20	1
20	40	2
40	60	3
60	—	ตามข้อตกลง

ในกรณีของการทดสอบเฉพาะแบบ ให้ชักตัวอย่างให้ได้ความยาวเพียงพอสำหรับการทดสอบ

10. การทดสอบ

10.1 ภาวะการทดสอบ

10.1.1 อุณหภูมิโดยรอบ

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในรายละเอียดสำหรับการทดสอบเฉพาะ ให้ทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบ (20 ± 15) องศาเซลเซียส

10.1.2 ความถี่และรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าทดสอบความถี่กำลัง (power frequency)

ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าทดสอบกระแสสลับต้องอยู่ในช่วง 49 เฮิรตซ์ ถึง 61 เฮิรตซ์ รูปคลื่นต้องเป็นรูปคลื่นไซน์

10.1.3 รูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์

รูปคลื่นอิมพัลส์ต้องมีเวลาหน้าคลื่นระหว่าง 1 ไมโครวินาที ถึง 5 ไมโครวินาที และเวลาหางคลื่น 50 ไมโครวินาที ± 10 ไมโครวินาที ดังแสดงในรูปที่ 1

หมายเหตุ เวลาหน้าคลื่น T_1 หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงดันไฟฟ้าเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอด

เวลาหางคลื่น T_2 หมายถึง ช่วงเวลาดังแต่แรงดันไฟฟ้าเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอดจนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด

10.1.4 ลำดับการทดสอบของการทดสอบเฉพาะแบบทางไฟฟ้า

สำหรับการทดสอบข้อ 10.11 ถึงข้อ 10.15 ให้ทดสอบเรียงตามลำดับ โดยใช้ตัวอย่างเดียวกัน

อย่างไรก็ตามอาจใช้ตัวอย่างใหม่สำหรับการทดสอบข้อ 10.12 การทดสอบตัวประกอบพลังงานสูญเสีย

สำหรับการทดสอบข้อ 10.15 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง อาจใช้ตัวอย่างใหม่ได้ แต่ต้องนำตัวอย่างนี้ไปทดสอบข้อ 10.11 การปล่อยประจุบางส่วนหลังจากการทดสอบความโค้งงอ และทดสอบข้อ 10.13 การปล่อยประจุบางส่วนหลังจากการทดสอบวัฏจักรความร้อนก่อน

10.2 การทดสอบความต้านทานกระแสตรงของตัวนำ

10.2.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่สามารถวัดความต้านทานตัวนำในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 4 ได้

10.2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้าหรือตัวอย่างที่มีความยาวอย่างน้อย 1 เมตร ก่อนวัดความต้านทานต้องเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ในกรณีที่สงสัยว่าอุณหภูมิตัวนำจะไม่เท่ากับอุณหภูมิโดยรอบ ให้ทดสอบหลังจากสายไฟฟ้าอยู่ในห้องทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

10.2.3 วิธีทดสอบ

วัดความต้านทานกระแสตรงของตัวนำที่อุณหภูมิโดยรอบ และคำนวณความต้านทานต่อ 1 กิโลเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากสูตร

(1) ตัวนำทองแดง

$$R_{20,Cu} = R_t \frac{254.5}{(234.5 + t)} \times \frac{1000}{L}$$

(2) ตัวนำอะลูมิเนียม

$$R_{20,Al} = R_t \frac{248}{(228+t)} \times \frac{1000}{L}$$

เมื่อ $R_{20,Cu}$ คือ ความต้านทานของตัวนำทองแดงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

$R_{20,Al}$ คือ ความต้านทานของตัวนำอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

R_t คือ ความต้านทานของสายไฟฟ้ายาว L เมตร ที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส เป็นโอห์ม

t คือ อุณหภูมิของตัวอย่างสายไฟฟ้าขณะที่วัด เป็นองศาเซลเซียส

L คือ ความยาวของตัวอย่างสายไฟฟ้า เป็นเมตร

10.2.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความต้านทานกระแสดตรง เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

10.3 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าของสายไฟฟ้า

10.3.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่กำลังครอบคลุมแรงดันไฟฟ้าทดสอบ

10.3.2 วิธีทดสอบ

10.3.2.1 จ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างตัวนำกับตัวกันโลหะ โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอย่างช้าๆ จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ $3.5 U_0$

10.3.2.2 คงแรงดันไฟฟ้าทดสอบตามข้อ 10.3.2.1 เป็นเวลา 5 นาที สายไฟฟ้าต้องไม่เสียหายยับยั้ง

10.3.3 การรายงานผล

ให้รายงานว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน

10.4 การตรวจสอบตัวนำ

10.4.1 เครื่องทดสอบ

ไมโครมิเตอร์ แคลลิเปอร์ หรือเครื่องวัดอื่นที่วัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

10.4.2 วิธีทดสอบ

10.4.2.1 วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำที่หน้าตัดเดียวกันในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน

10.4.2.2 นับจำนวนเส้นลวด

10.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำเป็นค่าเฉลี่ย และจำนวนเส้นลวด

10.5 การตรวจสอบความหนาของฉนวน

10.5.1 เครื่องทดสอบ

กล้องจุลทรรศน์ หรือเครื่องฉายหน้าข้าง (profile projector) ที่มีกำลังขยายอย่างน้อย 10 เท่า และวัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้ใช้การวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นวิธีอ้างอิง

10.5.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างจากปลายด้านหนึ่งของสายไฟฟ้า ปอกสิ่งห่อหุ้มภายนอกออกด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม โดยไม่ทำให้ฉนวนเสียหาย ถ้าตัวกันตัวนำและฉนวนเป็นแบบยึดติดกันก็ไม่ต้องเอาออก ตัดฉนวนเป็นแผ่นบางตามระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของตัวนำ ถ้าการทำเครื่องหมายบนฉนวนเป็นเหตุให้ความหนาส่วนนั้นลดลง ให้ใช้ฉนวนตรงที่มีเครื่องหมายนั้นเป็นชิ้นทดสอบ

10.5.3 วิธีทดสอบ

10.5.3.1 ถ้าผิวภายในและภายนอกของชิ้นทดสอบเป็นวงกลมเรียบสม่ำเสมอ ให้วัดความหนา 6 ครั้ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงเท่าๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2 จุดแรกที่วัดต้องเป็นจุดที่ความหนาฉนวนต่ำสุด

10.5.3.2 ถ้าผิวภายในของชิ้นทดสอบไม่เรียบแต่ผิวภายนอกเรียบ ให้วัดความหนา 6 ครั้ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงเท่าๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 3 จุดแรกที่วัดต้องเป็นจุดที่ความหนาฉนวนต่ำสุด

10.5.3.3 ในกรณีที่ตัวกันตัวนำและฉนวนเป็นแบบยึดติดกัน ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ การวัดจะไม่รวมความหนาของตัวกันตัวนำ

10.5.3.4 ให้วัดความหนาสูงสุดของฉนวน

10.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเฉลี่ยของความหนาจาก 6 ค่า โดยใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วปัดเศษเหลือทศนิยม 1 ตำแหน่ง ตาม มอก.929 และให้รายงานค่าความหนาของฉนวนต่ำสุด ความหนาของฉนวนสูงสุด และค่าความเยื้องศูนย์กลางตามที่ระบุในข้อ 5.3

10.6 การตรวจสอบความหนาของเปลือก

10.6.1 เครื่องทดสอบ

กล้องจุลทรรศน์หรือเครื่องฉายหน้าข้างที่มีกำลังขยายอย่างน้อย 10 เท่า และวัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้ใช้การวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นวิธีอ้างอิง

10.6.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างจากปลายด้านหนึ่งของสายไฟฟ้า ปอกเปลือกสายไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ที่เหมาะสม โดยไม่ทำให้เปลือกเสียหาย ตัดเปลือกเป็นแผ่นบางตามระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของสายไฟฟ้า ถ้าการทำเครื่องหมายบนเปลือกเป็นเหตุให้ความหนาส่วนนั้นลดลง ให้ใช้เปลือกตรงที่มีเครื่องหมายนั้นเป็นชิ้นทดสอบ

10.6.3 วิธีทดสอบ

10.6.3.1 ถ้าผิวภายในและภายนอกของชิ้นทดสอบเป็นวงกลมเรียบสม่ำเสมอ ให้วัดความหนา 6 ครั้ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงเท่าๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2 จุดแรกที่วัดต้องเป็นจุดที่ความหนาเปลือกต่ำสุด

10.6.3.2 ถ้าผิวภายในซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นวงกลมไม่สม่ำเสมอหรือไม่เรียบ ให้วัดความหนา 6 ครั้ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงเท่าๆ กัน ตามรูปที่ 3 จุดแรกที่วัดต้องเป็นจุดที่ความหนาเปลือกต่ำสุด

10.6.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเฉลี่ยของความหนาของเปลือกจาก 6 ค่า ที่วัดได้จากชิ้นทดสอบ โดยใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วปัดเศษเหลือทศนิยม 1 ตำแหน่ง ตาม มอก.929 และให้รายงานค่าความหนาของเปลือกต่ำสุด

10.7 การตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า

10.7.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องฉายหน้าข้างที่มีกำลังขยายอย่างน้อย 10 เท่า หรือเครื่องมือที่วัดได้ 2 ทิศทางในแนวตั้งฉากกัน และวัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

10.7.2 วิธีทดสอบ

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าที่หน้าตัดเดียวกัน ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน

10.7.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้า เป็นค่าเฉลี่ย

10.8 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (สำหรับการทดสอบตัวอย่าง)

10.8.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่กำลังครอบคลุมแรงดันไฟฟ้าทดสอบ

10.8.2 วิธีทดสอบ

10.8.2.1 นำตัวอย่างสายไฟฟ้าที่จะทดสอบความยาวไม่น้อยกว่า 5 เมตร มาจ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างตัวนำกับตัวกั้นโลหะ โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอย่างช้าๆ จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ $4 U_0$

10.8.2.2 คงแรงดันไฟฟ้าทดสอบตามข้อ 10.8.2.1 ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตัวอย่างสายไฟฟ้าต้องไม่เสียสภาพฉนวน

10.8.3 การรายงานผล

ให้รายงานว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน

10.9 การทดสอบความยึดตัวของฉนวนเมื่อได้รับความร้อน

10.9.1 เครื่องทดสอบ

(1) ตู้อบที่มีอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติหรืออากาศไหลเวียนโดยใช้ความดัน อากาศที่ไหลเวียนภายในตู้อบต้องไหลผ่านทั่วพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และไหลออกไถ่ๆ กับส่วนบนของตู้อบ ตู้อบต้องมีอัตราการถ่ายเทอากาศตั้งแต่ 8 เท่า ถึง 20 เท่าต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่กำหนด ในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง ให้ใช้ตู้อบที่มีอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติ ห้ามใช้พัดลมในตู้อบ

(2) อุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ ที่แขวนชิ้นทดสอบในแนวดิ่งระหว่างตัวจับด้านบนยึดกับที่กับตัวจับด้านล่างไม่ยึดกับที่ซึ่งประกอบขึ้นโดยไม่สัมผัสกับส่วนใดๆ ของตู้อบหรืออุปกรณ์รองรับ อาจมีตัวยึดสเกลกับอุปกรณ์รองรับในตำแหน่งที่สามารถวัดความยึดตัวของชิ้นทดสอบได้ ชุดชิ้นส่วนตัวจับด้านล่างมีตัวรองรับน้ำหนักเพิ่มขนาดเล็กในรูปของเม็ดกลมหรือวัสดุที่เหมาะสมอื่นซึ่งใช้เพิ่มเพื่อให้ได้แรงดึงที่กำหนด (ดูรูปที่ 4 สำหรับตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้กันโดยทั่วไป)

10.9.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นของฉนวนจากตัวอย่าง โดยแยกตัวกันออกตามแนวแกน ตัดและขัดชิ้นทดสอบจนผิวทั้ง 2 ด้านมีความหนาสม่ำเสมอตลอดความยาวพิกัด และในขณะที่ขัดแต่งต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินควร ภายหลังการขัดหรือตัด ความหนาของชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 2.0 มิลลิเมตร นำชิ้นทดสอบมาตัดเป็นรูปคัมภ์เบลล์ดังแสดงในรูปที่ 5 และทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบ 2 แห่ง ห่างกัน 20 มิลลิเมตร เป็นความยาวพิกัด

10.9.3 วิธีทดสอบ

10.9.3.1 นำชิ้นทดสอบแขวนในตู้อบ โดยมีน้ำหนักถ่วงอยู่ด้านล่างใช้เป็นแรงถ่วงเท่ากับ 20 นิวตันต่อตารางเซนติเมตรของพื้นที่หน้าตัดชิ้นทดสอบส่วนที่ทำเครื่องหมาย

- 10.9.3.2 อบชื้นทดสอบเป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ (200 ± 3) องศาเซลเซียส แล้ววัดระยะห่างระหว่างเครื่องหมายและคำนวณร้อยละของความยืด ถ้าคู่อบไม่มีช่องกระจก การเปิดประตูคู่อบเพื่อวัดต้องทำให้เสร็จภายใน 30 วินาที

ในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง การทดสอบต้องดำเนินการโดยใช้คู่อบที่มีหน้าต่าง และการวัดต้องทำโดยไม่เปิดประตูคู่อบ

- 10.9.3.3 นำน้ำหนักรีดแห้งออก โดยตัดชิ้นทดสอบด้านล่างใต้เครื่องหมายที่ทำไว้ ปลดชื้นทดสอบไว้ในคู่อบอีก 5 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบออกจากคู่อบ และปล่อยให้เย็นลงอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิโดยรอบ หลังจากนั้นวัดระยะห่างระหว่างเครื่องหมายอีกครั้ง

10.9.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่ามัธยฐานของความยืดหลังจากอบ 15 นาที และค่ามัธยฐานของความยืดหลังจากปล่อยให้เย็น เป็นร้อยละ

10.10 การทดสอบการปล่อยประจุบางส่วน

10.10.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบการปล่อยประจุบางส่วน ที่มีระดับสัญญาณรบกวนต่ำ และมีความไวในการตรวจจับสัญญาณการปล่อยประจุบางส่วนที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 พิโกคูลอมบ์

10.10.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ทดสอบกับสายไฟฟ้าตลอดความยาวสายไฟฟ้าที่ผลิตแต่ละเส้น

10.10.3 วิธีทดสอบ

- 10.10.3.1 จ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างตัวนำกับตัวกันโลหะ โดยเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอย่างช้าๆ จนกระทั่งเท่ากับ $2 U_0$ และคงไว้เป็นเวลา 10 วินาที แล้วจึงลดแรงดันไฟฟ้าลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งเท่ากับ $1.73 U_0$

10.10.3.2 วัดค่าการปล่อยประจุบางส่วน

10.10.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการปล่อยประจุบางส่วน เป็นพิโกคูลอมบ์

10.11 การทดสอบการปล่อยประจุบางส่วนหลังจากการทดสอบความโค้งงอ

10.11.1 เครื่องทดสอบ

แมนเดรลทรงกระบอกสำหรับการทดสอบความโค้งงอ และเครื่องทดสอบการปล่อยประจุบางส่วนที่มีระดับสัญญาณรบกวนต่ำ และมีความไวในการตรวจจับสัญญาณการปล่อยประจุบางส่วนที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 พิโกคูลอมบ์

10.11.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้าอย่างน้อย 10 เมตร

10.11.3 วิธีทดสอบ

10.11.3.1 นำตัวอย่างโค้งงอรอบทรงกระบอกที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 1 รอบ หลังจากนั้นคลายออกแล้วให้โค้งงอในทิศทางตรงข้าม นับเป็น 1 ครั้ง จำนวนการโค้งงอทั้งหมด 3 ครั้ง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกระบอกต้องเท่ากับ $20(d + D) \pm$ ร้อยละ 5

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำที่วัดได้ เป็นมิลลิเมตร

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าที่วัดได้ เป็นมิลลิเมตร

10.11.3.2 นำตัวอย่างที่ทดสอบความโค้งงอแล้ว มาทดสอบการปล่อยประจุบางส่วน เช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.10.3.1

10.11.3.3 วัดค่าการปล่อยประจุบางส่วน

10.11.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการปล่อยประจุบางส่วน เป็นพิโกคูลอมบ์

10.12 การทดสอบตัวประกอบพลังงานสูญเสีย

10.12.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องวัดค่าตัวประกอบพลังงานสูญเสีย

10.12.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ใช้ตัวอย่างเดียวกับข้อ 10.11 หรือตัดตัวอย่างใหม่

10.12.3 วิธีทดสอบ

10.12.3.1 ทำตัวอย่างให้ร้อนด้วยวิธีที่เหมาะสม โดยมีอุณหภูมิตัวนำอยู่ในช่วง 95 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส และหาอุณหภูมิตัวนำจากการวัดความต้านทานของตัวนำ หรือใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิวัดบนผิวของตัวนำตัวนำ หรือวัดบนผิวของตัวนำอีกตัวอย่างหนึ่งซึ่งทำให้ร้อนด้วยวิธีเดียวกัน

10.12.3.2 หลังจากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบอย่างน้อย 2 กิโลโวลต์ แล้ววัดค่าตัวประกอบพลังงานสูญเสีย

10.12.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าตัวประกอบพลังงานสูญเสีย

10.13 การทดสอบวัฏจักรความร้อน

10.13.1 เครื่องทดสอบ

ชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบ และชุดทดสอบการปล่อยประจุบางส่วนตามข้อ 10.11.1

10.13.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ใช้ตัวอย่างเดียวกับข้อ 10.11

10.13.3 วิธีทดสอบ

10.13.3.1 ทำตัวอย่างให้ร้อนโดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวนำ จนกระทั่งมีอุณหภูมิตัวนำอยู่ในช่วง 95 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส

10.13.3.2 วัฏจักรความร้อนประกอบด้วย การทำตัวอย่างให้ร้อนและการปล่อยให้ตัวอย่างเย็นตัวลง โดยต้องทำให้อุณหภูมิตัวนำเป็นไปตามข้อ 10.13.3.1 อย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงตามธรรมชาติอย่างน้อย 3 ชั่วโมง จนมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส นับเป็น 1 วัฏจักร ซึ่งต้องใช้เวลาดังกล่าวอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ดังตัวอย่างตามรูปที่ 6 ต้องทดสอบวัฏจักรความร้อนจำนวน 20 วัฏจักร หลังจากครบวัฏจักรสุดท้ายให้นำตัวอย่างไปทดสอบการปล่อยประจุบางส่วนที่อุณหภูมิโดยรอบตามข้อ 10.10.3

10.13.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการปล่อยประจุบางส่วน เป็นพิโกคูลอมบ์

10.14 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าหลังจากการทดสอบแรงดันอิมพัลส์

10.14.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

10.14.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ใช้ตัวอย่างเดียวกับข้อ 10.11

10.14.3 วิธีทดสอบ

10.14.3.1 ทำตัวอย่างให้มีอุณหภูมิตัวนำอยู่ในช่วง 95 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส

10.14.3.2 ให้คงอุณหภูมิตัวนำไว้ตามข้อ 10.14.3.1 ทดสอบแรงดันอิมพัลส์โดย

(1) สายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ ใช้แรงดันอิมพัลส์ 125 กิโลโวลต์

(2) สายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์ ใช้แรงดันอิมพัลส์ 170 กิโลโวลต์

ทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์ชั่วบวก 10 ครั้ง และชั่วลบ 10 ครั้ง

10.14.3.3 หลังจากนั้นนำไปทดสอบความทนทานไฟฟ้าที่อุณหภูมิโดยรอบด้วยแรงดันไฟฟ้าทดสอบ $3.5 U_0$ เป็นเวลา 15 นาที โดย

(1) สายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 12/20(24) กิโลโวลต์ ใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบ 42 กิโลโวลต์

(2) สายไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 18/30(36) กิโลโวลต์ ใช้แรงดันไฟฟ้าทดสอบ 63 กิโลโวลต์

10.14.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลความทนทานไฟฟ้าว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน

10.15 การทดสอบความทนทานไฟฟ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง (สำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ)

10.15.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่กำลังครอบคลุมแรงดันไฟฟ้าทดสอบ

10.15.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ใช้ตัวอย่างเดียวกับข้อ 10.11

10.15.3 วิธีทดสอบ

10.15.3.1 นำตัวอย่างสายไฟฟ้าที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 10.14 มาจ่ายแรงดันไฟฟ้าทดสอบระหว่างตัวนำกับตัวกั้นโลหะ โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าอย่างช้าๆ จนกระทั่งแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ $4 U_0$

10.15.3.2 คงแรงดันไฟฟ้าทดสอบตามข้อ 10.15.3.1 ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตัวอย่างสายไฟฟ้าต้องไม่เสียหายกลับพลัน

10.15.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลความทนทานไฟฟ้าว่า ผ่านหรือไม่ผ่าน

10.16 การทดสอบสภาพต้านทานของตัวกันที่เป็นสารกึ่งตัวนำ

10.16.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องวัดความต้านทาน

10.16.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้ายาว 150 มิลลิเมตร และเตรียมตัวอย่างก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งานตามรูปที่ 7 และรูปที่ 8

10.16.3 วิธีทดสอบ

10.16.3.1 ทำขั้วไฟฟ้าที่ตำแหน่ง A B C และ D ตามรูปที่ 7 และรูปที่ 8

10.16.3.2 การเชื่อมต่อขั้วไฟฟ้าต้องใช้ตัวหนีบที่เหมาะสมในการต่อกับขั้วไฟฟ้าตัวกันตัวนำตามรูปที่ 7 ต้องทำให้แน่ใจว่า ป้องกันตัวหนีบไม่ให้สัมผัสตัวกันฉนวนที่อยู่ผิวด้านนอกของตัวอย่าง

10.16.3.3 นำตัวอย่างที่เตรียมตามข้อ 10.15.3.2 เข้าคูบที่มีอุณหภูมิ (90 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที สภาพต้านทานระหว่างขั้วไฟฟ้าต้องวัดด้วยวงจรที่มีกำลังไม่เกิน 100 มิลลิวัตต์

10.16.3.4 หลังจากวัดค่าทางไฟฟ้า ให้วัดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของตัวกันตัวนำและตัวกันฉนวน ความหนาของตัวกันตัวนำและตัวกันฉนวนที่อุณหภูมิโดยรอบจากตัวอย่างดังที่แสดงในรูปที่ 8 ให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากการวัด 6 ครั้ง

การคำนวณสภาพต้านทาน ρ_c ρ หน่วยเป็นโอห์มเมตร จากสูตร

(1) ตัวกันตัวนำ

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c}$$

เมื่อ ρ_c คือ สภาพต้านทานเชิงปริมาตร เป็น โอห์มเมตร

R_c คือ ความต้านทานที่วัดได้ เป็น โอห์ม

L_c คือ ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า B กับ C เป็นเมตร

D_c คือ เส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของตัวกันตัวนำ เป็นเมตร

T_c คือ ความหนาเฉลี่ยของตัวกันตัวนำ เป็นเมตร

(2) ตัวกันฉนวน

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i}$$

เมื่อ ρ_i คือ สภาพต้านทานเชิงปริมาตร เป็นโอห์มเมตร

R_i คือ ความต้านทานที่วัดได้ เป็นโอห์ม

L_i คือ ระยะระหว่างขั้วไฟฟ้า B กับ C เป็นเมตร

D_i คือ เส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอกของตัวกั้นฉนวน เป็นเมตร

T_i คือ ความหนาเฉลี่ยของตัวกั้นฉนวน เป็นเมตร

10.16.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าสภาพต้านทานของตัวกั้น เป็นโอห์มเมตร

10.17 การทดสอบฉนวน

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบความต้านแรงดึงและความยืดที่จุดขาดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวน (ไม่รวมถึงชั้นที่เป็นสารกึ่งตัวนำ) ของสายไฟฟ้าในภาวะหลังการผลิต (ก่อนเร่งอายุการใช้งาน) และหลังจากเร่งอายุการใช้งาน

ชั้นทดสอบที่นำมาทดสอบการเร่งอายุการใช้งานให้เลือกจากตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับชั้นทดสอบที่นำมาทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งาน การทดสอบความต้านแรงดึงของชั้นทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งานและหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทำติดต่อกันทันที

หมายเหตุ หากต้องการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ แนะนำให้การทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งานและหลังเร่งอายุการใช้งานทำโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน วิธีทดสอบเดียวกัน เครื่องทดสอบเดียวกัน และทำในห้องทดสอบเดียวกัน

10.17.1 ความต้านแรงดึงและความยืดก่อนเร่งอายุการใช้งาน

10.17.1.1 เครื่องทดสอบ

(1) เครื่องวัดเชิงแสง (optical instrument) หรือเครื่องวัดแบบมีหน้าปัด (dial gauge) ที่มีแรงกดสัมผัสไม่เกิน 0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

(2) เครื่องทดสอบแรงดึงที่มีอัตราการดึง (250 ± 50) มิลลิเมตรต่อนาที

10.17.1.2 การเตรียมชั้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างให้มีขนาดเพียงพอสำหรับการเตรียมชั้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชิ้น ตัวอย่างที่พบว่ามีการชำรุดเสียหายทางกลต้องไม่นำมาใช้ทดสอบ

เตรียมชั้นทดสอบรูปดัมป์เบลล์จากตัวอย่างฉนวนที่ถอดออกจากตัวนำโดยวิธีการผ่าตามทิศทางของแนวแกน

ถ้ามีชั้นสารกึ่งตัวนำอยู่ด้านในหรือด้านนอกของฉนวน ให้ลอกออกโดยวิธีทางกลห้ามใช้ตัวทำละลาย

ตัดชิ้นตัวอย่างของฉนวนแต่ละชั้นเป็นแถบยาวให้มีความยาวเหมาะสมกับการทดสอบ และทำเครื่องหมายชี้บ่งบนแถบตัวอย่างเพื่อให้ทราบว่าแต่ละตัวอย่างตัดมาจากแกนและตำแหน่งใด

จัดหรือตัดชิ้นทดสอบจนผิวทั้งสองด้านเรียบขนานกันในช่วงความยาวพิกัด ขณะจัดต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินควร หลังจากตัดหรือจัด รวมถึงการเอาเศษเสี้ยนออกแล้ว ความหนาของชิ้นตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 2.0 มิลลิเมตร

ตัดหรือกดพิมพ์ชิ้นทดสอบแต่ละชั้นเป็นรูปดัมป์เบลล์ดังรูปที่ 5 ถ้าเป็นไปได้ให้ตัดชิ้นทดสอบด้านยาวเฉียงข้างกัน

เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ ควรทำตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

- ตัวกดต้องมีความคมมาก เพื่อให้ชิ้นทดสอบรูปดัมป์เบลล์มีความสมบูรณ์มากที่สุด
- ต้องมีแผ่นรองที่เหมาะสมรองชิ้นตัวอย่างทดสอบกับฐานล่าง กดชิ้นทดสอบจนแผ่นรองเป็นรอยแต่แผ่นรองไม่ขาด
- ที่ด้านข้างของชิ้นทดสอบต้องไม่มีเศษเสี้ยน

ทำเครื่องหมายอ้างอิง 2 แห่ง บริเวณตรงกลางชิ้นทดสอบห่างกัน 20 มิลลิเมตร เป็นความยาวพิกัดตามรูปที่ 5

10.17.1.3 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบแต่ละชั้นคำนวณได้จากผลคูณของความกว้างและความหนาค่าสุดของแต่ละชิ้นทดสอบซึ่งหาได้ดังนี้

การหาความกว้าง

- สุ่มชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น ใช้ค่าความกว้างน้อยที่สุดที่วัดได้เป็นค่าความกว้าง
- ถ้ามีข้อสงสัยเกี่ยวกับความสม่ำเสมอของความกว้างชิ้นทดสอบ ให้วัดความกว้างชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น แต่ละชั้นให้วัด 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้วัดความกว้างด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นทดสอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของตำแหน่งนั้นๆ ให้เลือกค่าต่ำสุดจากค่าเฉลี่ย 9 ค่าใช้เป็นความกว้างชิ้นทดสอบ
- หากยังมีข้อสงสัยอีก ให้วัดความกว้างของชิ้นทดสอบทุกชิ้น

การหาความหนา

- ความหนาของชิ้นทดสอบแต่ละชั้นได้จากค่าความหนาค่าสุดของการวัดความหนา 3 จุดภายในบริเวณเครื่องหมายอ้างอิงของชิ้นทดสอบ

ในการวัดต้องใช้เครื่องวัดเชิงแสง หรือเครื่องวัดแบบมีหน้าปัด ที่มีแรงกดสัมผัสบนชิ้นทดสอบไม่เกิน 0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

เครื่องวัดที่ใช้ต้องมีความสามารถในการวัดความหนาที่มีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า 0.01 มิลลิเมตร และใช้วัดความกว้างที่มีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า 0.04 มิลลิเมตร

ในกรณีที่มีข้อสงสัย ถ้าเป็นไปได้ต้องใช้เครื่องวัดเชิงแสงหรือเครื่องวัดแบบมีหน้าปัดที่มีแรงกดสัมผัสบนชิ้นทดสอบไม่เกิน 0.02 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

หมายเหตุ ถ้าส่วนกลางของชิ้นทดสอบรูปคัมภ์เบลล์มีลักษณะ โค้ง อาจใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดที่มีหน้าสัมผัสโค้ง เพื่อความเหมาะสม

10.17.1.4 การปรับภาวะของชิ้นทดสอบ

ก่อนการหาพื้นที่หน้าตัด ให้เก็บชิ้นทดสอบทั้งหมดไว้ไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง ที่อุณหภูมิ (23 ± 5) องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง

10.17.1.5 วิธีทดสอบ

(1) อุณหภูมิทดสอบ

ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (23 ± 5) องศาเซลเซียส

(2) ระยะระหว่างปากจับ

ระยะระหว่างปากจับเท่ากับ 50 มิลลิเมตร

(3) การวัด

บันทึกค่าแรงดึง และระยะระหว่างจุดเครื่องหมายทั้ง 2 ในขณะที่ยึดชิ้นทดสอบ ขาดนอกความยาวพิกัดไม่ต้องนำมาพิจารณา ในกรณีที่ชิ้นทดสอบขาดในความยาวพิกัดอย่างน้อย 4 ชิ้น ให้นำมาคำนวณความต้านแรงดึงและความยืด มีฉะนั้นต้องทดสอบใหม่

10.17.1.6 การรายงานผล

ให้คำนวณความต้านทานแรงดึงและความยืดดังนี้

$$TS = \frac{F}{A}$$

เมื่อ TS คือ ความต้านแรงดึง เป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

F คือ แรงที่วัดได้ขณะขาด เป็นนิวตัน

A คือ พื้นที่หน้าตัดเดิมของชิ้นทดสอบ เป็นตารางมิลลิเมตร

$$EL = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

เมื่อ EL คือ ความยืด เป็นร้อยละ

L_1 คือ ความยาวพิกัดขณะขาด เป็นมิลลิเมตร

L_0 คือ ความยาวพิกัดเดิม เป็นมิลลิเมตร

ให้รายงานผล เป็นค่ามัธยฐาน

10.17.2 ความต้านแรงดึงและความยืดหลังเร่งอายุการใช้งาน

10.17.2.1 เครื่องทดสอบ

ตู้อบความร้อนที่มีการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ หรือแบบใช้ความดัน อากาศต้องไหลเข้าตู้อบ ในทิศทางที่ผ่านพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และไหลออกบริเวณด้านบนของตู้อบ ตู้อบต้องมีอัตราการถ่ายเทอากาศตั้งแต่ 8 เท่า ถึง 20 เท่าของปริมาตรตู้อบต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่กำหนดในตารางที่ 5

10.17.2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.2

10.17.2.3 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.3

10.17.2.4 การปรับภาวะของชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.4

10.17.2.5 วิธีทดสอบ

แขวนชิ้นทดสอบรูปดัมป์เบลล์ในแนวดิ่ง บริเวณกลางตู้อบ โดยแต่ละชิ้นห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร

ต้องอบชิ้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

เมื่อครบระยะเวลาการเร่งอายุการใช้งาน ต้องนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง แล้วนำไปทดสอบความต้านแรงดึง และความยืดตามวิธีที่กำหนดในข้อ 10.17.1.5

10.17.2.6 การรายงานผล

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.6 และรายงานค่าความเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดึงและความยืดก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งาน เป็นร้อยละ โดยคำนวณจากสูตร

$$\Delta TS = \frac{TS_1 - TS_0}{TS_0} \times 100$$

เมื่อ ΔTS คือ ความเปลี่ยนแปลงของความต้านแรงดึง เป็นร้อยละ

TS_1 คือ ความต้านแรงดึงหลังเร่งอายุการใช้งาน เป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

TS_0 คือ ความต้านแรงดึงก่อนเร่งอายุการใช้งาน เป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

$$\Delta EL = \frac{EL_1 - EL_0}{EL_0} \times 100$$

เมื่อ ΔEL คือ ความเปลี่ยนแปลงของความยืด เป็นร้อยละ

EL_1 คือ ความยืดหลังเร่งอายุการใช้งาน เป็นร้อยละ

EL_0 คือ ความยืดก่อนเร่งอายุการใช้งาน เป็นร้อยละ

10.18 การทดสอบเปลือก

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความต้านแรงดึงและความยืดที่จุดขาดของวัสดุที่ใช้ทำเปลือกของสายไฟฟ้า ในภาวะหลังการผลิต (ก่อนเร่งอายุการใช้งาน) และหลังจากเร่งอายุการใช้งาน

ขั้นตอนที่นำมาทดสอบการเร่งอายุการใช้งานให้เลือกจากตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับขั้นตอนที่นำมาทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งาน การทดสอบความต้านแรงดึงของขั้นตอนก่อนเร่งอายุการใช้งานและหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทำติดต่อกันทันที

หมายเหตุ หากต้องการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ แนะนำให้ทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งานและหลังเร่งอายุการใช้งาน ทำโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน วิธีทดสอบเดียวกัน เครื่องทดสอบเดียวกัน และทำในห้องทดสอบเดียวกัน

10.18.1 ความต้านแรงดึงและความยืดก่อนเร่งอายุการใช้งาน

10.18.1.1 เครื่องทดสอบ

เช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.1

10.18.1.2 การเตรียมขั้นตอนทดสอบ

ให้ผ่าเปลือกตามแนวแกนของสายไฟฟ้าเป็นแถบยาวและนำส่วนประกอบอื่นออกให้หมด หากแถบยาวนั้นมีสันหรือรอยกดต้องตัดหรือขัดออก การเตรียมขั้นตอนทดสอบรูปดัมป์เบลล์ให้ทำในลักษณะเดียวกับจนวนในข้อ 10.17.1.2 แต่ในกรณีที่เปลือกเป็นพอลิเอทิลีนให้ใช้วิธีตัดเท่านั้น และถ้าความหนาของเปลือกหนามากกว่า 2.0 มิลลิเมตร ไม่จำเป็นต้องลดความหนาของขั้นตอนทดสอบรูปดัมป์เบลล์ลงเหลือ 2.0 มิลลิเมตร เพียงทำให้ผิวขั้นตอนเรียบทั้ง 2 ด้านก็พอ

10.18.1.3 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.3

10.18.1.4 การปรับภาวะของชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.4

10.18.1.5 วิธีทดสอบ

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.5

10.18.1.6 การรายงานผล

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.6

10.18.2 ความต้านแรงดึงและความยืดหลังแรงอายุการใช้งาน

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.2

10.19 การทดสอบความเข้ากันได้ของวัสดุประกอบของสายไฟฟ้า

10.19.1 เครื่องทดสอบ

เช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.1.1 และข้อ 10.17.2.1

10.19.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบที่เป็นสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ยาวประมาณ 200 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น โดยตัดจากตำแหน่งที่ใกล้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุการใช้งาน (ดูข้อ 10.17 และข้อ 10.18)

ถ้าจำเป็นต้องตัดหรือขัดชิ้นทดสอบเพื่อลดความหนาหลงให้หนาไม่เกิน 2.0 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการทดสอบ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ไม่ควรตัดหรือขัดด้านที่สัมผัสกับวัสดุต่างชนิดกันในสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ ถ้าจำเป็นต้องตัดหรือขัดด้านที่สัมผัสกับวัสดุต่างชนิดกันต้องทำให้น้อยที่สุดเพียงเพื่อให้ผิวเรียบเท่านั้น

10.19.3 วิธีทดสอบ

ต้องแขวนชิ้นทดสอบในแนวตั้ง อยู่กึ่งกลางคู่มือ ห่างจากชิ้นทดสอบชิ้นอื่นอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร และชิ้นทดสอบต้องมีปริมาตรไม่มากกว่าร้อยละ 2 ของปริมาตรคู่มือ

ต้องอบชิ้นทดสอบในคู่มือที่อุณหภูมิ (100 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง

ทันทีที่ครบระยะเวลาการเร่งอายุการใช้งานต้องนำชิ้นทดสอบออกจากคู่มือและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง

นำสายไฟฟ้าทั้ง 3 ชั้น มาแยกออกเพื่อเตรียมขึ้นทดสอบ 2 ชั้นจากฉนวน และ 2 ชั้นจากเปลือก ตามข้อ 10.17.1.2 และข้อ 10.18.1.2 ดังนั้นจะมีขึ้นทดสอบของฉนวน 6 ชั้น และขึ้นทดสอบของเปลือก 6 ชั้น หลังจากการวัดพื้นที่หน้าตัดและปรับภาวะแล้ว ให้นำไปทดสอบความต้านแรงดึงและความยืดตามข้อ 10.17.1.5

10.19.4 การรายงานผล

ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17 และข้อ 10.18

10.20 การทดสอบการเปลี่ยนรูปของเปลือกขณะมีแรงกดที่อุณหภูมิสูง

10.20.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 9

10.20.2 การเตรียมขึ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้ายาว 250 มิลลิเมตร ถึง 500 มิลลิเมตร ให้ปอกเปลือกและเอาส่วนที่อยู่ภายในซึ่งอยู่ใต้เปลือกออก แล้วตัดขึ้นตัวอย่าง 3 ชั้น แต่ละชั้นต้องตัดให้ต่อเนื่องกันยาวขึ้นละ 50 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร (ความยาวขึ้นตัวอย่างขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง)

ให้ทำขึ้นทดสอบโดยตัดขึ้นตัวอย่างตามแนวแกนของสายไฟฟ้า กว้างประมาณ 1 ใน 3 ของเส้นรอบวง

10.20.3 วิธีทดสอบ

10.20.3.1 วางขึ้นทดสอบในลักษณะตามรูปที่ 9 โดยรองขึ้นทดสอบด้วยท่อหรือแท่งโลหะกลมซึ่งอาจผ่าครึ่งในแนวแกนเพื่อให้เป็นที่รองรับที่มั่นคง รัศมีของท่อหรือแท่งโลหะกลมซึ่งเป็นที่รองรับประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของขึ้นทดสอบ

10.20.3.2 การจัดเครื่องทดสอบ ขึ้นทดสอบ ที่รองรับขึ้นทดสอบ และใบมีดกดลงบนผิวภายนอกของขึ้นทดสอบ แรงที่กดและใบมีดต้องตั้งฉากกับแกนของที่รองรับขึ้นทดสอบ แรงที่กดคำนวณได้จากสูตร

$$F = k\sqrt{2D\delta - \delta^2}$$

เมื่อ F คือ แรงที่กดบนขึ้นทดสอบ เป็นนิวตัน

k คือ สัมประสิทธิ์ตัวคูณ มีค่าเท่ากับ 0.7

δ คือ ค่าเฉลี่ยของความหนาขึ้นทดสอบของเปลือก เป็นมิลลิเมตร

D คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของขึ้นทดสอบของเปลือก เป็นมิลลิเมตร

ค่า δ และ D ให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง และแรงกดที่คำนวณได้อาจปัดเศษลงได้ไม่เกินร้อยละ 3

10.20.3.3 นำชิ้นทดสอบพร้อมเครื่องทดสอบตามรูปที่ 9 ไปอบเป็นเวลา 6 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้ออบเป็นไปตามตารางที่ 5 เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ชิ้นทดสอบเย็นลงอย่างรวดเร็วขณะที่มีแรงกดโดยใช้น้ำเย็นพ่นลงไปจุดที่ใบมีดกด หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบและเครื่องทดสอบแล้วแช่ในน้ำเย็น

10.20.3.4 หลังจากแช่น้ำเย็นแล้ว ตัดชิ้นทดสอบเป็นแถบบางตามแนวแกนของสายไฟฟ้า โดยตัดตั้งฉากกับรอยกดตามรูปที่ 10 วางแถบที่ตัดให้อยู่ในแนวราบบนเครื่องวัด แล้ววัดความหนาตรงจุดที่ลึกที่สุดของรอยกดและผิวนอกของชิ้นทดสอบตามรูปที่ 10 ด้วยกล้องจุลทรรศน์หรือเครื่องฉายหน้าข้าง

10.20.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่ามัธยฐานของความลึก ที่รอยกดของชิ้นทดสอบทั้ง 3 ชิ้น เป็นร้อยละของความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบที่วัดได้

10.21 การทดสอบการดูดซึมน้ำของฉนวน

10.21.1 เครื่องทดสอบ

- (1) ตู้อบ
- (2) อ่างต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- (3) เดซิเคเตอร์
- (4) เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

10.21.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นตัวอย่างฉนวนเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 2 ชิ้น มีความหนา 0.6 มิลลิเมตร ถึง 0.9 มิลลิเมตร ความกว้าง 4 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร ความยาว 80 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร

10.21.3 วิธีทดสอบ

10.21.3.1 เช็ดทำความสะอาดผิวชิ้นทดสอบด้วยกระดาษกรอง (filter paper) ที่ซึบน้ำให้ชื้น แล้วใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ (70 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

10.21.3.2 หลังจากอบ นำชิ้นทดสอบไปวางในเดซิเคเตอร์ที่อุณหภูมิโดยรอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักเป็นมิลลิกรัม ใช้ศัณนิษณอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง คือ m_1

10.21.3.3 นำชิ้นทดสอบไปต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ (85 ± 2) องศาเซลเซียส ควบปิดคลุมด้วยแผ่นอะลูมิเนียมบาง เพื่อป้องกันฝุ่นละออง เจือปนในน้ำ

10.21.3.4 หลังจากครบ 14 วัน นำชิ้นทดสอบออกมาใส่ในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิโดยรอบ จนกระทั่งเย็นลง หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบออกมาเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นเป็นมิลลิกรัม ใช้ทศนิยมอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง คือ m_2

10.21.3.5 นำชิ้นทดสอบไปใส่ตู้อบอีกครั้งตามข้อ 10.21.3.1

10.21.3.6 ปฏิบัติตามข้อ 10.21.3.2 แต่น้ำหนักที่ชั่งได้คือ m_3 คำนวณความแตกต่างระหว่างมวลที่ชั่งได้ดังนี้

(1) ถ้า m_3 น้อยกว่า m_1

$$\text{ความแตกต่างจะมีค่าเท่ากับ } \frac{m_2 - m_3}{A}$$

(2) ถ้า m_3 มากกว่า m_1

$$\text{ความแตกต่างจะมีค่าเท่ากับ } \frac{m_2 - m_1}{A}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวทั้งหมดของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น เป็นตารางเซนติเมตร

10.21.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการคำนวณหาความแตกต่าง เป็นมิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

10.22 การทดสอบปริมาณคาร์บอนแบล็กในเปลือกพอลิเอทิลีน

10.22.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 11

10.22.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นตัวอย่างเปลือกจากปลายข้างหนึ่งของสายไฟฟ้า และตัดเป็นชิ้นทดสอบ มีความกว้างไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ความยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร และความหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

10.22.3 การเตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลายไพโรแกลลอล (pyrogallol) โดยละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 50 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มไล่ออกซิเจนแล้ว 100 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายเย็น ให้ใส่ไพโรแกลลอล 5 กรัม

10.22.4 วิธีทดสอบ

10.22.4.1 ปรับอัตราการไหลของไนโตรเจนที่ (1.7 ± 0.3) ลิตรต่อนาที ไนโตรเจนต้องมีส่วนผสมของออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 0.5

10.22.4.2 ใส่สารละลายไพโรแกลลอล 1 ใน 3 ของขวดที่ 1 ทันทีก่อนเปิดขวดและรีบปิดฝาขวด

- 10.22.4.3 ใส่ไทรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) 2 ใน 3 ของขวดที่ 2 และขวดที่ 3 สำหรับขวดที่ 2 ใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งแห้ง
- 10.22.4.4 นำภาชนะไฟไปเผาบนตะเกียงบุนเซน (Bunsen burner) จนกระทั่งติดแดง และใส่ไว้ในเคซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็นอย่างน้อย 30 นาที
- 10.22.4.5 นำภาชนะไฟที่เย็น ไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.0001 กรัม บันทึกค่า m_1 แล้วใส่ชิ้นทดสอบหนัก (1.0 ± 0.1) กรัม ชั่งอีกครั้งบันทึกค่า m_2
- 10.22.4.6 ใส่ภาชนะไฟที่มีชิ้นทดสอบไว้กลางท่อแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 30 มิลลิเมตรยาว (400 ± 50) มิลลิเมตร หรือความยาวที่เหมาะสมกับเตาเผาไฟฟ้า สวมยางซิลิโคนซึ่งยึดไว้กับท่อในโตรเจน และเทอร์มอคัปเปิลไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของท่อแก้ว โดยให้ปลายเทอร์มอคัปเปิลในท่อแก้วสัมผัสกับภาชนะไฟ จากนั้นปล่อยในโตรเจนให้ไหลผ่านภาชนะไฟด้วยอัตราการไหลที่กำหนด
- 10.22.4.7 ใส่ท่อแก้วเข้าไปในเตาเผาไฟฟ้า โดยที่ปลายทั้ง 2 ด้านของท่อไหลพ้นจากเตาเผาไฟฟ้าระยะเท่าๆ กัน ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อแก้วให้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ตามข้อ 10.22.4.3
- 10.22.4.8 เริ่มให้ความร้อนด้วยเตาเผาไฟฟ้า จนได้อุณหภูมิในช่วง 300 องศาเซลเซียส ถึง 350 องศาเซลเซียส ภายในเวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนได้ประมาณ 450 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 10 นาที และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอีกจนถึง (600 ± 5) องศาเซลเซียส ภายในเวลา 10 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที
- เมื่อครบเวลาให้ถอดอุปกรณ์ตามข้อ 10.22.4.3 ออก แล้วนำท่อแก้วออกจากเตาเผาไฟฟ้า ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 5 นาที โดยยังคงเปิดในโตรเจนไว้ หลังจากนั้นเปิดจุกทางด้านในโตรเจนเข้า และนำเอาภาชนะไฟออกมา ทิ้งไว้ให้เย็นในเคซิเคเตอร์ เป็นเวลา 20 นาที ถึง 30 นาที จากนั้นนำไปชั่ง บันทึกค่า m_3
- 10.22.4.9 ต่อจากนั้นนำภาชนะไฟใส่กลับเข้าไปในท่อแก้ว แต่ให้ปล่อยอากาศหรือออกซิเจนไหลเข้าไปแทนในโตรเจนด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ (600 ± 20) องศาเซลเซียส จนกระทั่งคาร์บอนแบล็กที่เหลือถูกเผาไหม้ (เผาประมาณ 10 นาที) ปล่อยให้เย็นแล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกค่า m_4

การคำนวณผลการทดสอบ ให้ใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณคาร์บอนแบล็ก เป็นร้อยละ} = \frac{m_3 - m_4}{m_2 - m_1} \times 100$$

10.22.5 การรายงานผล

ให้รายงานปริมาณคาร์บอนแบล็ก เป็นร้อยละ

10.23 การทดสอบการหดตัวของฉนวนครอสลิงค์พอลิเอทิลีน

10.23.1 เครื่องทดสอบ

- (1) ตู้อบให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและระบายอากาศตามธรรมชาติ
- (2) เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียด 1 มิลลิเมตร

10.23.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นตัวอย่างยาวประมาณ 300 มิลลิเมตร ให้ห่างจากปลายของสายไฟฟ้าอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร

ปอกสิ่งหุ้มทั้งหมดออกจนเหลือถึงตัวกันฉนวนตามรูปที่ 12 แล้วทำเครื่องหมายระยะ (200 ± 5) มิลลิเมตร กลางชิ้นทดสอบ ให้เสร็จภายใน 5 นาที นับตั้งแต่ที่ตัดชิ้นตัวอย่าง วัดระยะระหว่างเครื่องหมายให้ละเอียดโดยประมาณ 0.5 มิลลิเมตร แล้วปอกฉนวนที่ปลายทั้ง 2 ด้านของชิ้นตัวอย่างให้เหลือเพียงตัวนำ ห่างจากจุดที่ทำเครื่องหมายระหว่าง 2 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร

10.23.3 วิธีทดสอบ

10.23.3.1 วางชิ้นทดสอบลงบนที่รองรับตามแนวนอนในตู้อบ โดยให้ปลายของตัวนำที่อยู่บนที่รองรับ หรือบนผิวของขอบที่เลื่อน เพื่อให้ตัวอย่างสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระ

10.23.3.2 อบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ (130 ± 3) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปลดปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิโดยรอบ และวัดระยะระหว่างเครื่องหมายทั้งสองของแต่ละชิ้นทดสอบอีกครั้งให้ละเอียด 0.5 มิลลิเมตร

10.23.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความแตกต่าง เป็นร้อยละของระยะเครื่องหมายก่อนอบ และหลังอบที่ปลดปล่อยให้เย็น

10.24 การทดสอบการหดตัวของเปลือกพอลิเอทิลีน

10.24.1 เครื่องทดสอบ

- (1) ตู้อบให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าและระบายอากาศตามธรรมชาติ
- (2) เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียด 1 มิลลิเมตร

10.24.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.24.2.1 สายไฟฟ้าที่จะนำมาทดสอบ ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

10.24.2.2 ตัดปลายของสายไฟฟ้าทิ้งอย่างน้อย 2 เมตร แล้วตัดสายไฟฟ้าที่เหลือเป็นชิ้นตัวอย่างยาวประมาณ (500 ± 5) มิลลิเมตร วัดความยาวเริ่มต้นทันทีหลังจากตัดตัวอย่างสายไฟฟ้า โดยวัดความยาวตามแนวแกนของสายไฟฟ้า 2 ครั้ง แนวการวัดต้องอยู่ตรงข้ามกัน และหาค่าเฉลี่ยเป็นความยาวเริ่มต้น ถ้าชิ้นทดสอบโค้งงอ ให้วัดระยะความยาวด้านในและด้านนอกของส่วนโค้งงอหาค่าเฉลี่ยเป็นความยาวเริ่มต้น

10.24.3 วิธีทดสอบ

10.24.3.1 วางชิ้นทดสอบลงบนที่รองรับตามแนวนอนในตู้อบ

10.24.3.2 อบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ (80 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิโดยรอบ นับเป็น 1 วัฏจักร

10.24.3.3 ทดสอบตามข้อ 10.24.3.2 จนครบ 5 วัฏจักร

10.24.3.4 วัดระยะห่างระหว่างเครื่องหมายทั้งสองของชิ้นทดสอบ 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย ถ้าชิ้นทดสอบโค้งงอ ให้วัดระยะความยาวด้านในและด้านนอกของส่วนโค้งงอ แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นความยาวหลังอบครบ 5 วัฏจักร

10.24.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความแตกต่างเป็นร้อยละของระยะเครื่องหมายก่อนอบและหลังอบครบ 5 วัฏจักร

10.25 การทดสอบความสามารถในการลอกออกได้ของตัวกั้นฉนวน (strippability test)

10.25.1 ก่อนเร่งอายุการใช้งาน

10.25.1.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบแรงดึงที่มีอัตราการดึง (250 ± 50) มิลลิเมตรต่อนาที

10.25.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้ายาวอย่างน้อย 250 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น (อีก 3 ชิ้น สำหรับการทดสอบภายหลังเร่งอายุการใช้งาน โดยตัดจากบริเวณที่อยู่ติดกัน การทดสอบแรงดึงก่อนเร่งอายุการใช้งาน และภายหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทำอย่างต่อเนื่องกัน) หรือตัดตัวอย่างสายไฟฟ้ายาวอย่างน้อย 250 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น (อีก 1 ชิ้น สำหรับการทดสอบภายหลังเร่งอายุการใช้งาน) โดยแบ่งส่วนที่จะทดสอบแรงดึงเป็น 3 ตำแหน่ง โดยรอบสายไฟฟ้า ให้แต่ละตำแหน่งทำมุมประมาณ 120 องศา

10.25.1.3 วิธีทดสอบ

(1) การติดตั้งชิ้นทดสอบ

กรีดตัวกั้นฉนวนให้ลึกลงในฉนวนบนชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นหรือแต่ละตำแหน่งจากปลายหนึ่งไปอีกปลายหนึ่ง 2 แนวขนานกันกับแกนชิ้นทดสอบ มีความกว้าง (10 ± 1) มิลลิเมตร ลอกและดึงตัวกั้นฉนวนออกในทิศทางขนานกับแกนชิ้นทดสอบยาวประมาณ 50 มิลลิเมตร แล้วจับตัวกั้นฉนวนด้วยปากจับของเครื่องทดสอบแรงดึง แกนของชิ้นทดสอบถูกยึดติดกับปากจับอีกอันหนึ่ง

(2) อุณหภูมิทดสอบ

ให้ทดสอบที่อุณหภูมิ (20 ± 5) องศาเซลเซียส

10.25.1.4 การรายงานผล

บันทึกค่าแรงดึงของตัวกั้นฉนวนที่แยกออกจากฉนวนที่ระยะความยาวอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร และรายงานสภาพผิวของฉนวนว่าเสียหาย หรือมีตัวกั้นฉนวนฝังติดอยู่ในฉนวนหรือไม่

10.25.2 หลังเร่งอายุการใช้งาน

10.25.2.1 เครื่องทดสอบ

เช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 10.17.2.1 และข้อ 10.25.1.1

10.25.2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติตามข้อ 10.25.1.2

10.25.2.3 วิธีทดสอบ

(1) นำชิ้นทดสอบไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ (100 ± 2) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 168 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำออกจากตู้อบและปล่อยให้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

(2) นำชิ้นทดสอบไปทดสอบตามข้อ 10.25.1.3

10.25.2.4 การรายงานผล

ให้ปฏิบัติตามข้อ 10.25.1.4

10.26 การทดสอบการซึมผ่านของน้ำ

10.26.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 13

10.26.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำตัวอย่างสายไฟฟ้ายาวอย่างน้อย 6 เมตร ที่ผ่านการทดสอบความโค้งงอตามข้อ 10.11.3.1 แล้ว มาตัดเป็นชิ้นทดสอบยาว 3 เมตร วางในแนวนอนและปกที่ตำแหน่งกึ่งกลางของชิ้นทดสอบโดยรอบกว้างประมาณ 50 มิลลิเมตร จนถึงชั้นของตัวกันฉนวน

ผิวของส่วนที่ถูกตัดต้องไม่มีส่วนใดปิดช่องว่างของโครงสร้างเดิมที่มีการป้องกันน้ำเพื่อให้ส่วนที่ป้องกันน้ำสามารถป้องกันน้ำได้เต็มที่ ผิวของส่วนที่ถูกตัดที่อยู่ใกล้สามารถป้องกันน้ำด้วยวัตถุที่เหมาะสมหรือสิ่งห่อหุ้มภายนอกอาจนำออกไปก็ได้

จัดเครื่องทดสอบตามรูปที่ 13 โดยให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่ออย่างน้อย 10 มิลลิเมตร วางในแนวตั้งเหนือตำแหน่งที่ปกของชิ้นทดสอบ และอุดเปลือกสายไฟฟ้าส่วนที่ต่อกับปลายเครื่องทดสอบทั้ง 2 ข้างเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และต้องไม่ทำให้เกิดความเค้นทางกลบนสายไฟฟ้า

10.26.3 วิธีทดสอบ

10.26.3.1 เติมน้ำที่มีอุณหภูมิ (20 ± 10) องศาเซลเซียส ลงในถังน้ำ ให้น้ำมีระดับความสูง 1 เมตร จากศูนย์กลางของสายไฟฟ้าตามแนวแกนภายใน 5 นาที ตามรูปที่ 13 แล้วปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

10.26.3.2 ทำตัวอย่างให้ร้อนโดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวนำ จนกระทั่งมีอุณหภูมิตัวนำไม่ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส แต่ต้องไม่ถึง 100 องศาเซลเซียส

10.26.3.3 วัฏจักรความร้อนประกอบด้วย การทำตัวอย่างให้ร้อนและการปล่อยให้ตัวอย่างเย็นตัวลง โดยต้องทำให้อุณหภูมิตัวนำเป็นไปตามข้อ 10.26.3.2 อย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงตามธรรมชาติอย่างน้อย 3 ชั่วโมง จนมีอุณหภูมิต่างกับอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส นับเป็น 1 รอบ ซึ่งต้องใช้เวลอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ดังตัวอย่างตามรูปที่ 6 ต้องทดสอบวัฏจักรความร้อนจำนวน 10 รอบ และระดับน้ำในถังต้องรักษาให้มีระดับ 1 เมตร ตลอดเวลา

10.26.4 การรายงานผล

ให้รายงานว่าระหว่างทดสอบมีน้ำซึมผ่านออกจากปลายสายไฟฟ้าหรือไม่

10.27 การทดสอบการสูญเสียมวลของเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์

10.27.1 เครื่องทดสอบ

10.27.1.1 ตู้อบที่มีอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติหรืออากาศไหลเวียนโดยใช้ความดัน อากาศที่ไหลเวียนภายในตู้อบต้องไหลผ่านทั่วพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และไหลออกใกล้กับส่วนบนของตู้อบ ตู้อบต้องมีอัตราการถ่ายเทของอากาศ (air change) ตั้งแต่ 8 เท่า ถึง 20 เท่าต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่กำหนดในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง ให้ใช้ตู้อบที่มีอากาศไหลเวียนตามธรรมชาติ ห้ามใช้พัดลมในตู้อบ

10.27.1.2 เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

10.27.1.3 เดซิเคเตอร์ที่มีซิลิกาเจลหรือวัสดุอื่นที่คล้ายกัน

10.27.1.4 ที่ตัดขึ้นทดสอบเป็นรูปดัมป์เบลล์

10.27.2 การเตรียมขึ้นทดสอบ

10.27.2.1 ปอกเปลือกขึ้นตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง ไม่ทำให้เปลือกเสียหายหรือชำรุดตัดเปลือกเป็นขึ้นทดสอบรูปดัมป์เบลล์ดังแสดงในรูปที่ 5 จำนวน 3 ชิ้น

10.27.2.2 การคำนวณพื้นที่ส่วนที่ระเหย

ให้หาพื้นที่ผิว A ของขึ้นทดสอบแต่ละชิ้น เป็นตารางเซนติเมตร ก่อนนำไปทดสอบ จากสูตร

$$A = \frac{1256 + (180\delta)}{100}$$

เมื่อ δ คือ ความหนาเฉลี่ยของขึ้นทดสอบ เป็นมิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

10.27.3 วิธีทดสอบ

10.27.3.1 วางขึ้นทดสอบในเดซิเคเตอร์ที่อุณหภูมิโดยรอบ เป็นเวลาอย่างน้อย 20 ชั่วโมง ชั่งขึ้นทดสอบทันทีที่นำออกจากเดซิเคเตอร์ เป็นมิลลิกรัม ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

10.27.3.2 แขนงขึ้นทดสอบในแนวตั้ง กึ่งกลางคู่อบ ให้แต่ละชิ้นห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร เป็นเวลา 168 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ (100 ± 2) องศาเซลเซียส ปริมาตรขึ้นทดสอบรวมต้องไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาตรคู่อบ

10.27.3.3 หลังจากอบ นำขึ้นทดสอบไปวางในเดซิเคเตอร์ที่อุณหภูมิโดยรอบ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง แล้วชั่งขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นอีกครั้ง คำนวณความแตกต่างระหว่างมวลที่ชั่งได้เป็นมิลลิกรัม

10.27.4 การรายงานผล

ให้รายงานเป็นค่ามัธยฐาน ของค่าที่ได้จากการหาความแตกต่าง เป็นมิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

10.28 การทดสอบความทนต่อการช็อกด้วยความร้อนของเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์

10.28.1 เครื่องทดสอบ

คู่อบและแมนเดรล

10.28.2 การเตรียมขึ้นทดสอบ

10.28.2.1 ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้าให้มีความยาวเหมาะสม 2 ชิ้นตัวอย่าง ที่ตำแหน่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร ปอกเปลือกออก แล้วนำเปลือกไปทำเป็นขึ้นทดสอบ

10.28.2.2 ให้ทำขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นเป็นแผ่นยาวตามแนวแกนให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความหนาเปลือก แต่ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร

10.28.3 วิธีทดสอบ

พื้นชั้นทดสอบแต่ละชั้นรอบแมนเดรลให้แน่นเป็นวงชิดกันตามตารางที่ 7 และยึดให้อยู่กับที่ ที่อุณหภูมิโดยรอบ แล้วนำไปใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ (150 ± 3) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิโดยรอบ แล้วตรวจพินิจ

10.28.4 การรายงานผล

ให้รายงานว่ามี การแตกร้าวหรือไม่

ตารางที่ 7 เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลและจำนวนรอบที่พื้น
(ข้อ 10.28.3)

ความหนาของชั้นทดสอบ mm	เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรล mm	จำนวนรอบ รอบ
ไม่เกิน 1	2	6
เกิน 1 ถึง 2	4	6
เกิน 2 ถึง 3	6	6
เกิน 3 ถึง 4	8	4
เกิน 4 ถึง 5	10	2

10.29 การทดสอบการหน่วงเปลวไฟ

10.29.1 เครื่องทดสอบ

- ตู้ทดสอบกว้าง $(1\,000 \pm 100)$ มิลลิเมตร ยาว $(2\,000 \pm 100)$ มิลลิเมตร และสูง $(4\,000 \pm 100)$ มิลลิเมตร โดยพื้นตู้ต้องอยู่เหนือระดับพื้นดิน ด้านข้างของตู้ต้องกันลม โดยยอมให้อากาศผ่านเข้ามาทางช่องเปิดด้านล่างขนาด (800 ± 20) มิลลิเมตร $\times$ (400 ± 10) มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ห่างจากผนังด้านหน้า (150 ± 10) มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 14ก และรูปที่ 14ข) ต้องทำช่องระบายอากาศขนาด (300 ± 30) มิลลิเมตร $\times$ $(1\,000 \pm 100)$ มิลลิเมตร ที่ขอบด้านหลังของเพดานตู้ ด้านหลังและด้านข้างของตู้ต้องมีฉนวนความร้อนที่มีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนประมาณ 0.7 วัตต์ต่อตารางเมตรต่อเคลวิน ตัวอย่างเช่น แผ่นเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตร ถึง 2.0 มิลลิเมตร หุ้มด้วยใยแร่ (mineral wool) และวัสดุเคลือบภายนอกที่เหมาะสมถือว่าเพียงพอ (ดูรูปที่ 15) ระยะห่างระหว่างบันไดกับผนังด้านหลังของตู้เท่ากับ (150 ± 10) มิลลิเมตร และระยะห่างจันทันสุดท้ายของบันไดกับพื้นตู้เท่ากับ (400 ± 5) มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างจุดต่ำสุดของชั้นทดสอบกับพื้นตู้ประมาณ 100 มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 16)

- (2) อุปกรณ์ควบคุมการไหลของอากาศ อากาศต้องไหลเข้าสู่ตู้ทดสอบผ่านกล่องที่มีขนาดประมาณเท่ากับช่องเปิดด้านล่างซึ่งติดตั้งอยู่ได้ตู้ ให้ใช้พัดลมที่เหมาะสมเป่าอากาศจากด้านหลังตู้ผ่านท่อตรงที่ขนานกับพื้นเข้าไปในกล่องดังแสดงในรูปที่ 14x ก่อนจุดหัวเผาให้ปรับอัตราการไหลของอากาศไปที่ $(5\ 000 \pm 500)$ ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิซึ่งควบคุมให้คงที่ (20 ± 10) องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ โดยวัดอัตราการไหลของอากาศที่กล่องอากาศเข้า
- (3) บันไดเหล็กที่กลมแบบมาตรฐานที่มีความกว้าง (500 ± 5) มิลลิเมตร หรือแบบกว้างที่มีความกว้าง (800 ± 10) มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 17
- (4) อุปกรณ์สำหรับเก็บและทำความสะอาดไอเสียซึ่งอาจติดตั้งเข้ากับตู้ทดสอบต้องไม่ทำให้อัตราการไหลของอากาศในตู้ทดสอบเปลี่ยนแปลง
- (5) หัวเผาก๊าซโพรเพน 1 ตัว หรือ 2 ตัว ที่มีตัวผสมแบบเวนจูรีและชุดมาตรอัตราการไหล ก๊าซโพรเพนต้องมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 พื้นผิวที่ทำให้เกิดเปลวไฟต้องประกอบด้วยแผ่นโลหะเรียบเจาะรู 242 รู เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเท่ากับ 1.32 มิลลิเมตร จุดศูนย์กลางของรูห่างกัน 3.2 มิลลิเมตร เจาะทั้งหมด 3 แถว แถวละ 81 รู 80 รู และ 81 รู ตามลำดับ ซึ่งทำให้เกิดแถวลำดับขนาด $257\text{ มิลลิเมตร} \times 4.5\text{ มิลลิเมตร}$ มิติของหัวเผาดังแสดงในรูปที่ 18 และการวางตำแหน่งของรูดังแสดงในรูปที่ 19 เพื่อให้มีพลังงานที่ระบุ $(73.7 \pm 1.68) \times 10^6$ จูลต่อชั่วโมง หรือ $(70\ 000 \pm 1\ 600)$ บีทียูต่อชั่วโมงที่แต่ละหัวเผา จำนวนอัตราการไหลที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่ความดัน 1 บาร์ ได้ดังนี้
 - อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ (77.7 ± 4.8) ลิตรต่อนาที หรือ $(1\ 550 \pm 140)$ มิลลิกรัมต่อวินาที
 - อัตราการไหลของโพรเพนเท่ากับ (13.5 ± 0.5) ลิตรต่อนาที หรือ (442 ± 10) มิลลิกรัมต่อวินาที
 หัวเผาต้องอยู่ในแนวระดับที่ระยะห่าง (75 ± 5) มิลลิเมตร จากพื้นผิวด้านหน้าของตัวอย่างสายไฟฟ้า อยู่สูงจากพื้นตู้ทดสอบ (600 ± 5) มิลลิเมตร ตำแหน่งของเปลวไฟต้องอยู่ระหว่างชั้นบันได 2 ชั้น (ดูรูปที่ 16 และรูปที่ 17) หัวเผา 1 ตัวใช้กับบันไดแบบมาตรฐาน และหัวเผา 2 ตัวใช้กับบันไดแบบกว้าง ซึ่งต้องติดตั้งให้สมมาตรกับแนวแกนของบันได ดังแสดงในรูปที่ 18x

10.29.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

- 10.29.2.1 ตัดตัวอย่างสายไฟฟ้ายาวอย่างน้อย 3.5 เมตร เป็นชิ้นทดสอบ จำนวนชิ้นทดสอบคำนวณได้จากข้อ 10.29.2.2 เพื่อให้มีปริมาตรรวมของวัสดุโลหะ 7 ลิตรต่อเมตร ก่อนการทดสอบชิ้นทดสอบต้องแห้งและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ (20 ± 10) องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง

10.29.2.2 คำนวณจำนวนชิ้นทดสอบโดยตัดสายไฟฟ้ายาวอย่างน้อย 0.3 เมตร ให้ตั้งฉากกับแนวแกนของสายไฟฟ้า วัดความหนาแน่นของวัสดุโลหะแต่ละชนิดด้วยวิธีที่เหมาะสม ค่าที่ได้ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง แยกวัสดุโลหะแต่ละชนิด C_i ออกแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก วัสดุโลหะใดที่มีมวลน้อยกว่าร้อยละ 5 ของมวลวัสดุโลหะรวมถือว่ามีความหนาแน่น 1.0 กิโลกรัมต่อลิตร ในกรณีที่ตัวกันไม่สามารถลอกออกจากฉนวนได้อาจพิจารณาว่าเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน

ปริมาตร V_i (ลิตรต่อเมตร) ของวัสดุโลหะแต่ละชนิด C_i คำนวณได้จากสูตร

$$V_i = \frac{M_i}{\rho_i \times l}$$

เมื่อ M_i คือ มวลของวัสดุโลหะ C_i เป็นกิโลกรัม

ρ_i คือ ความหนาแน่นของวัสดุโลหะ C_i เป็นกิโลกรัมต่อลิตร

l คือ ความยาวของสายไฟฟ้า เป็นเมตร

ปริมาตรรวม V ของวัสดุโลหะเท่ากับผลรวมของปริมาตรของวัสดุโลหะแต่ละชนิด V_1, V_2 ฯลฯ จำนวนชิ้นทดสอบหาได้จากปริมาตรรวมของวัสดุโลหะที่ระบุในข้อ 10.29.2.1หารด้วยปริมาตรรวม V แล้วปัดเศษเป็นจำนวนเต็มทีุ่ใกล้ที่สุด

10.29.3 วิธีทดสอบ

10.29.3.1 สำหรับสายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำมากกว่า 35 ตารางมิลลิเมตร

ให้ติดตั้งชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น โดยใช้ลวดโลหะ (เหล็ก หรือทองแดง) พันเข้ากับชั้นบันไดแต่ละชั้น ชิ้นทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 50 มิลลิเมตร ให้ใช้ลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.5 มิลลิเมตร ถึง 1.0 มิลลิเมตร ชิ้นทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 มิลลิเมตร ให้ใช้ลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.0 มิลลิเมตร ถึง 1.5 มิลลิเมตร

ต้องติดตั้งชิ้นทดสอบที่ด้านหน้าของบันได โดยมีระยะห่างระหว่างชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นเท่ากับ 0.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบแต่ไม่เกิน 20 มิลลิเมตร บันไดอาจเป็นแบบมาตรฐาน หรือแบบกว้างขึ้นอยู่กับความจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่ามีระยะห่างอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร ระหว่างขอบของชิ้นทดสอบกับด้านในของเสาบันได ความกว้างสูงสุดของชิ้นทดสอบสำหรับบันไดแบบมาตรฐานคือ 300 มิลลิเมตร และสำหรับบันไดแบบกว้างคือ 600 มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 20 และรูปที่ 21)

ให้ติดตั้งชิ้นทดสอบชิ้นแรกที่ตำแหน่งประมาณกึ่งกลางของบันไดและชิ้นต่อไปที่ด้านข้างแต่ละข้าง เพื่อให้ชิ้นทดสอบทั้งหมดอยู่ในประมาณช่วงกลางระหว่างเสาบันได

10.29.3.2 สำหรับสายไฟฟ้าที่พื้นที่หน้าตัดระบุของตัวนำไม่เกิน 35 ตารางมิลลิเมตร

ให้ติดตั้งชั้นทดสอบ โดยพันชั้นทดสอบแต่ละชั้นหรือแต่ละกลุ่ม เข้ากับชั้นบันไดแต่ละชั้นด้วยลวดโลหะ (เหล็ก หรือทองแดง) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.5 มิลลิเมตร ถึง 1.0 มิลลิเมตร

ต้องติดตั้งชั้นทดสอบที่ด้านหน้าของบันไดแบบมาตรฐานให้ชั้นทดสอบเรียงชิดติดกัน 1 ชั้นหรือมากกว่า แต่ละชั้นกว้างสูงสุด 300 มิลลิเมตร มีระยะห่างต่ำสุด 50 มิลลิเมตร ระหว่างขอบของชั้นทดสอบกับด้านในของเสาบันได

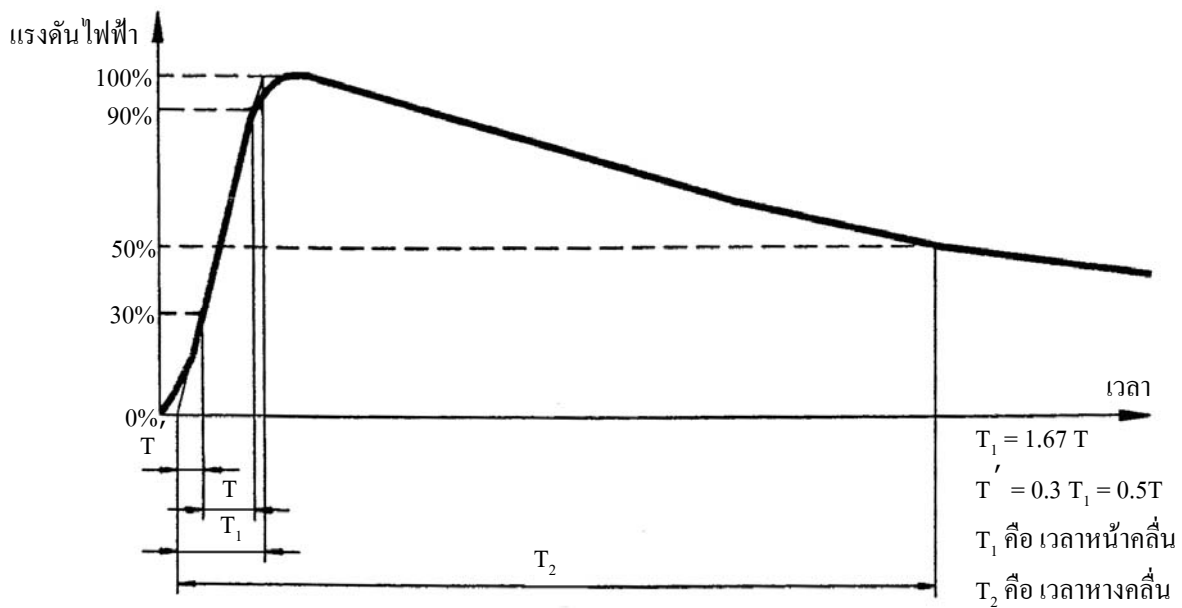
ให้ติดตั้งชั้นทดสอบชั้นแรกหรือกลุ่มแรกที่ตำแหน่งประมาณกึ่งกลางของบันไดและชั้นต่อไปหรือกลุ่มต่อไปที่ด้านข้างแต่ละข้างเพื่อให้ชั้นทดสอบทั้งหมดอยู่ในประมาณช่วงกลางของบันได ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งชั้นทดสอบชั้นที่ 2 ขึ้นไปให้ปฏิบัติเช่นเดียวกัน

ถ้าจำเป็นต้องติดตั้งชั้นทดสอบจำนวนมาก แนะนำให้ติดตั้งโดยใช้ลวดพันชั้นทดสอบเข้าด้วยกัน สูงสุด 5 ชั้นในแนวระนาบ และพันกลุ่มที่อยู่ติดกันเข้าด้วยกันเพื่อให้แน่ใจว่ามีการสัมผัส (ดูรูปที่ 22)

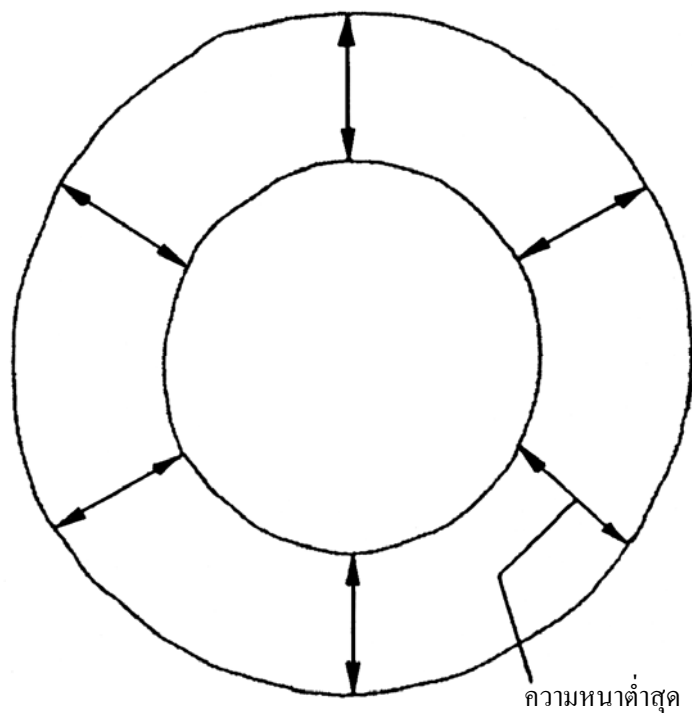
10.29.3.3 เผาชั้นทดสอบเป็นเวลา 40 นาที หลังจากนั้นให้ปิดหัวเผา โดยรักษาอัตราการไหลของอากาศ จนกระทั่งการลุกไหม้หรือการकुแดงของสายไฟฟ้าหายไป หรือเป็นเวลาสูงสุด 1 ชั่วโมง ให้ดับการเผาไหม้หรือการकुแดงของสายไฟฟ้า

10.29.4 การรายงานผล

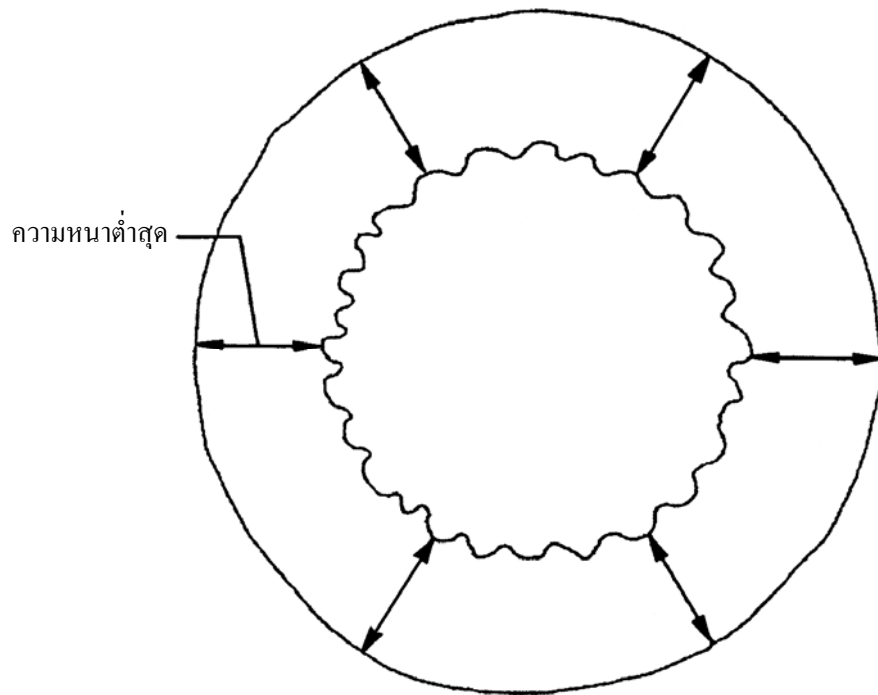
หลังจากการเผาไหม้หรือการकुแดงของสายไฟฟ้าดับแล้ว ให้เช็ดทำความสะอาดชั้นทดสอบ เขม่าทั้งหมดที่เกิดขึ้นไม่ต้องนำมาพิจารณาในกรณีที่เช็ดออกแล้วพื้นผิวเดิมไม่เสียหาย การอ่อนตัวหรือการเสียรูปใดๆ ของวัสดุโลหะไม่ต้องนำมาพิจารณาด้วย การลุกลามของเปลวไฟวัดจากขอบเขตที่เสียหาย เป็นเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตั้งแต่ขอบด้านล่างของหัวเผาจนถึงจุดที่ไหม้เกรียม ซึ่งเมื่อกดด้วยวัตถุปลายแหลม เช่น ไขควง แล้วพื้นผิวเปลี่ยนจากสภาพเดิมเป็นเปราะ (แตก)



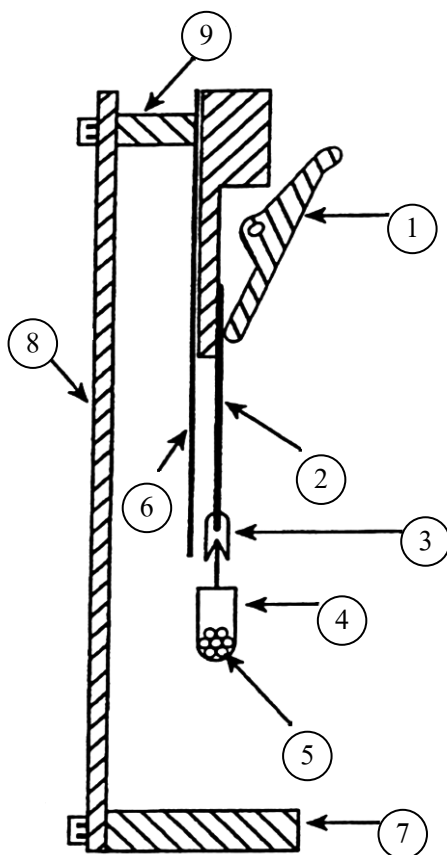
รูปที่ 1 รูปคลื่นของแรงดันอิมพัลส์
(ข้อ 10.1.3)



รูปที่ 2 การตรวจสอบความหนาของฉนวนหรือเปลือก
(ข้อ 10.5.3.1 และข้อ 10.6.3.1)



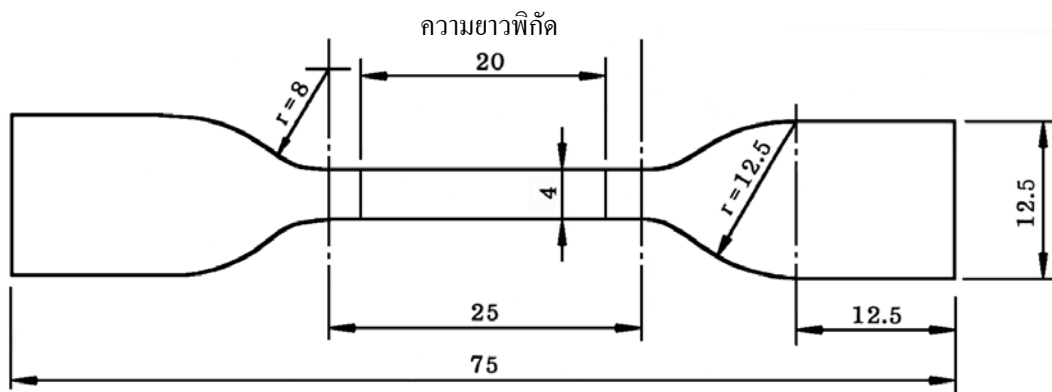
รูปที่ 3 การตรวจสอบความหนาของฉนวนหรือเปลือก
(ข้อ 10.5.3.2 และข้อ 10.6.3.2)



รายการส่วนประกอบ

- ① ตัวจับด้านบน
- ② ชิ้นทดสอบ
- ③ ตัวจับด้านล่าง
- ④ ตัวรองรับน้ำหนัก
- ⑤ น้ำหนักเพิ่มขนาดเล็ก
- ⑥ สเกลวัดความยาวเป็นมิลลิเมตร
- ⑦ ฐาน
- ⑧ เหล็กทรงรับแนวตั้ง
- ⑨ ตัวคั่นเป็นท่อเหล็ก

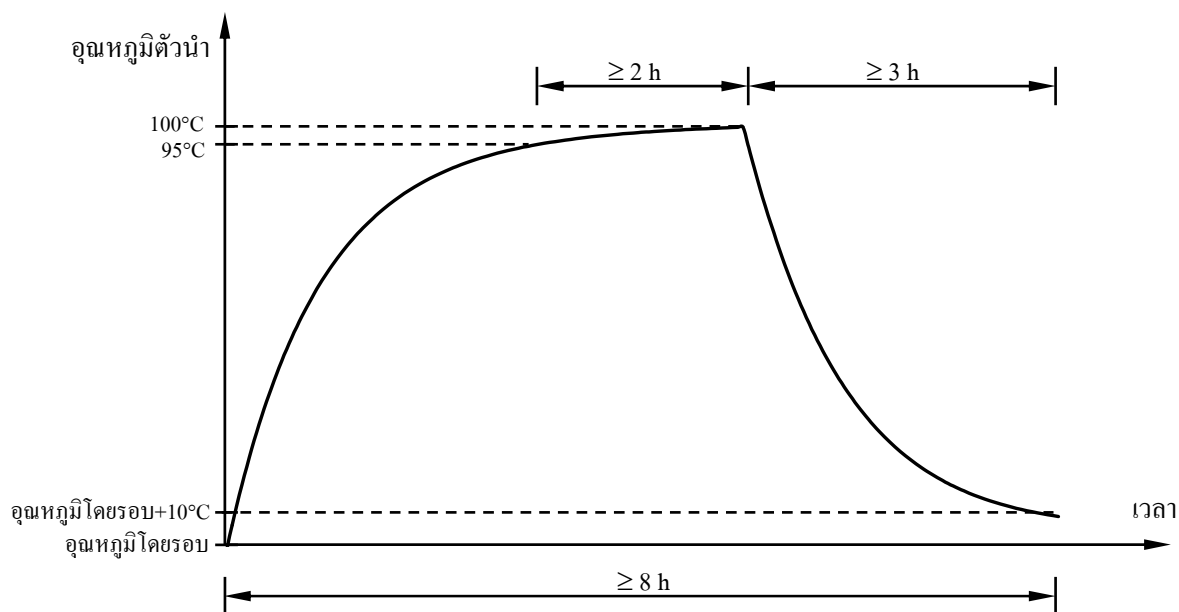
รูปที่ 4 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ
(ข้อ 10.9.1 (2))



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

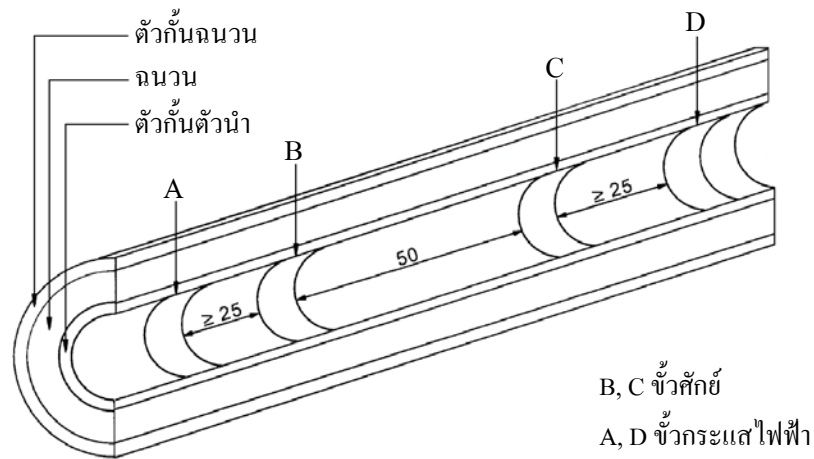
รูปที่ 5 ขั้นตอนทดสอบรูปดัมป์เบลล์

(ข้อ 10.9.2 ข้อ 10.17.1.2 ข้อ 10.19.2 และข้อ 10.27.2.1)



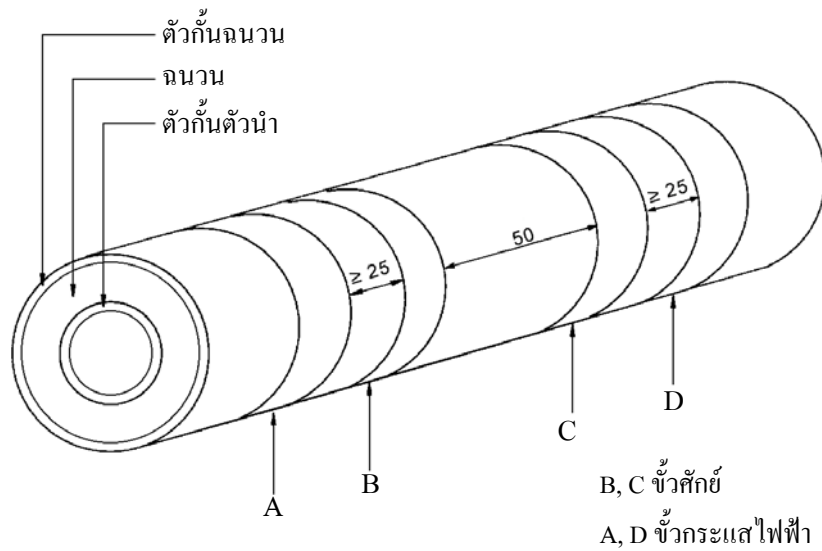
รูปที่ 6 วัฏจักรความร้อน

(ข้อ 10.13.3.2 และข้อ 10.26.3.3)



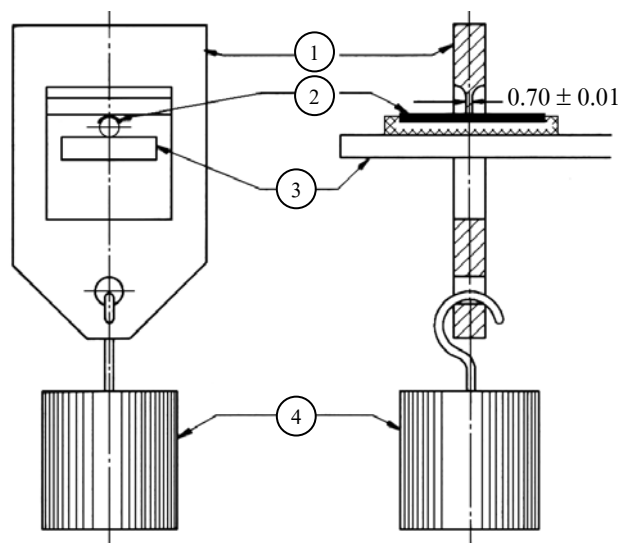
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 7 การทดสอบความต้านทานของตัวกั้นตัวนำ
(ข้อ 10.16.2 ข้อ 10.16.3.1 และข้อ 10.16.3.2)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 8 การทดสอบความต้านทานของตัวกั้นฉนวน
(ข้อ 10.16.2 ข้อ 10.16.3.1 และข้อ 10.16.3.4)

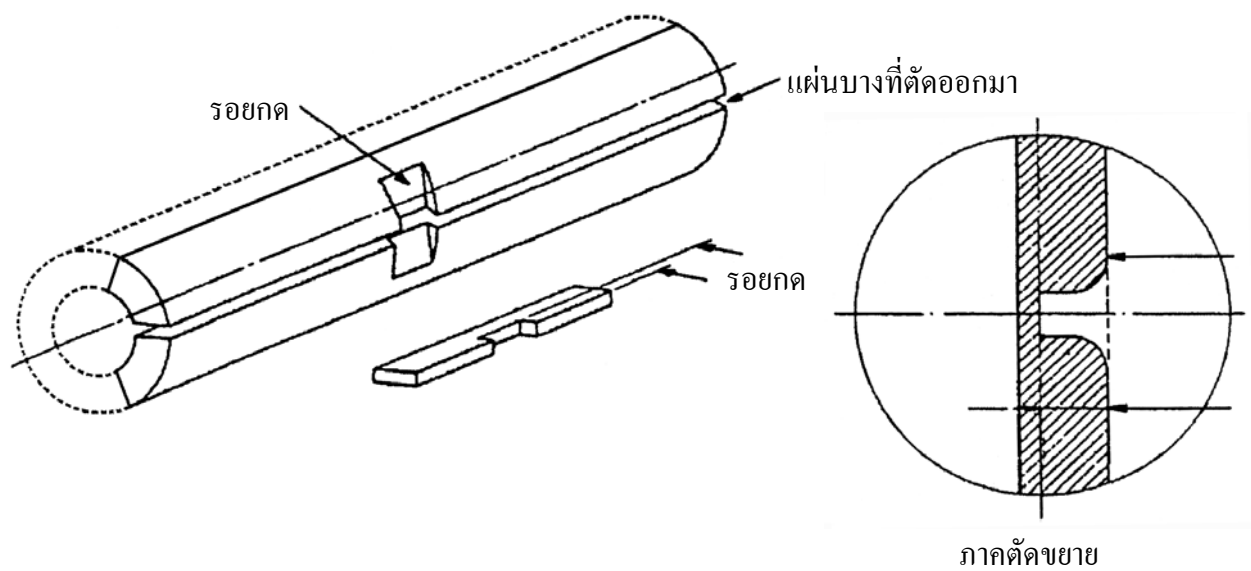


คำอธิบาย

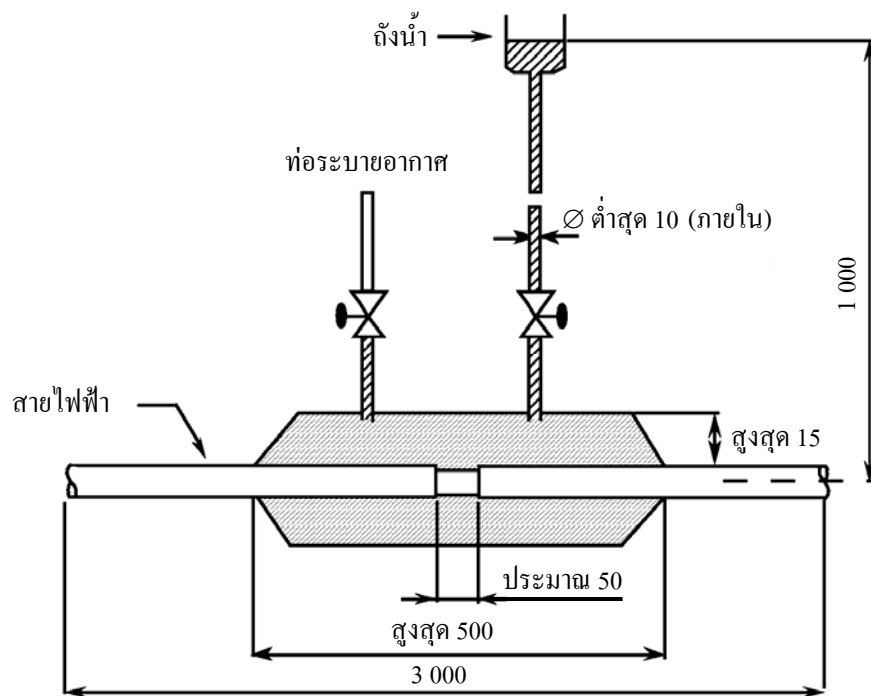
- ① ใบมีด
- ② ชั้นทดสอบ
- ③ ที่รองรับ
- ④ คีมหนี

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 9 เครื่องทดสอบการเปลี่ยนรูปขณะมีแรงกดที่อุณหภูมิสูง
(ข้อ 10.20.1 ข้อ 10.20.3.1 และข้อ 10.20.3.3)

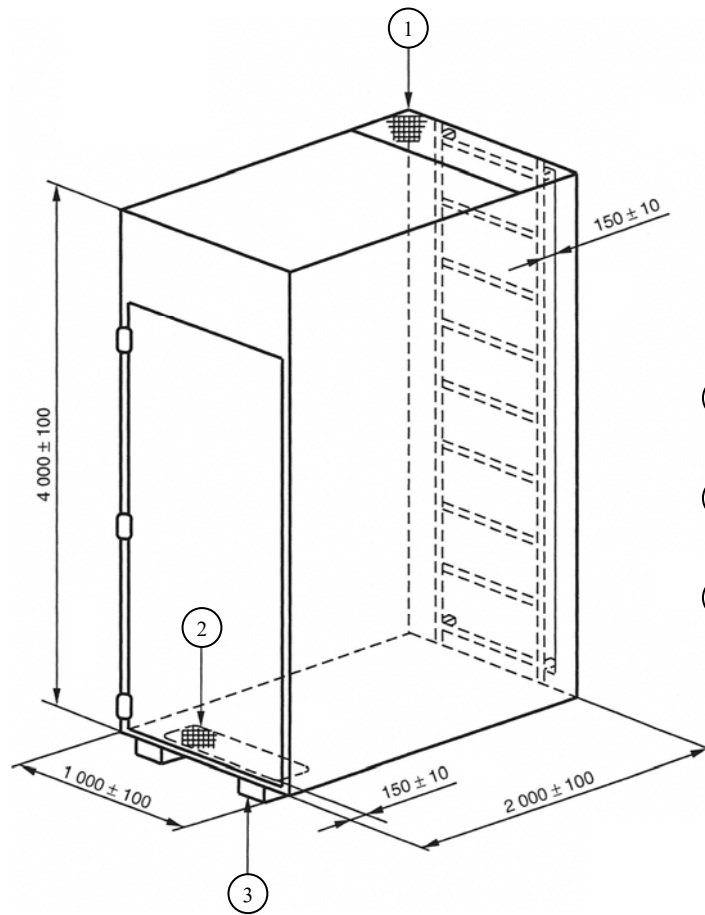


รูปที่ 10 การวัดรอยกด
(ข้อ 10.20.3.4)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 13 การทดสอบการซึมผ่านของน้ำ
(ข้อ 10.26.1 ข้อ 10.26.2 และข้อ 10.26.3.1)

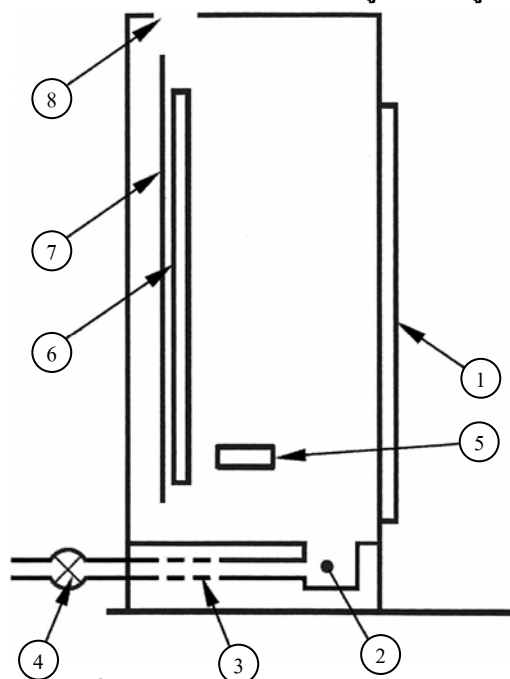


คำอธิบาย

- ① ช่องระบายควันขนาด
(300 ± 30) × (1 000 ± 10)
- ② ช่องเปิดด้านเข้าของอากาศขนาด
(800 ± 20) × (400 ± 10)
- ③ ตู้ทดสอบที่ยกขึ้นเหนือระดับพื้นดิน

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 14ก ตู้ทดสอบ



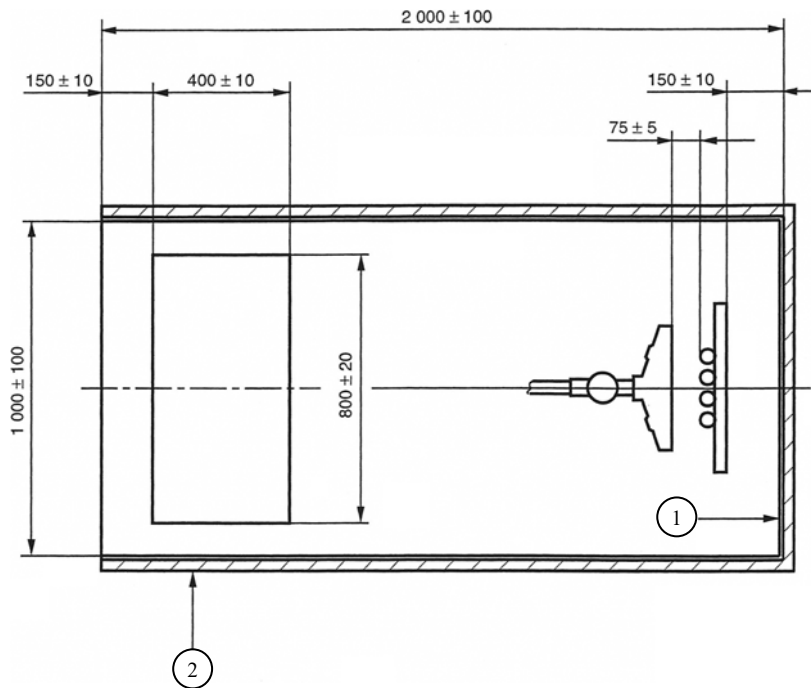
คำอธิบาย

- ① ประตู่
- ② ก่อ่งอากาศเข้า
- ③ ท่ออากาศเข้า
- ④ พัดลม
- ⑤ หั่วเผา
- ⑥ สายไฟฟ้าที่ทดสอบ
- ⑦ บันได
- ⑧ ช่องระบายควัน

รูปที่ 14ข แผนภาพแนวตั้งด้านข้างของตู้ทดสอบและการจัดวางทางเข้าของอากาศ

รูปที่ 14 ตู้ทดสอบ

(ข้อ 10.29.1 (1) และข้อ 10.29.1 (2))

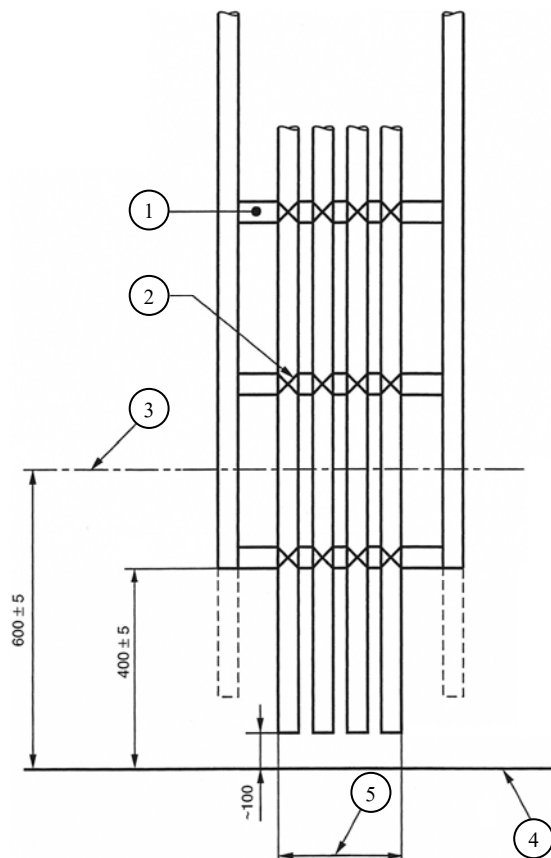


คำอธิบาย

- ① แผ่นเหล็กหนา 1.5 mm ถึง 2 mm
- ② ฉนวนความร้อนชนิดใยแร่หนาประมาณ 65 mm เคลือบด้วยวัสดุที่เหมาะสมเพื่อให้มีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนประมาณ $0.7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 15 ฉนวนความร้อนด้านหลังและด้านข้างของตู้ทดสอบ
(ข้อ 10.29.1 (1))

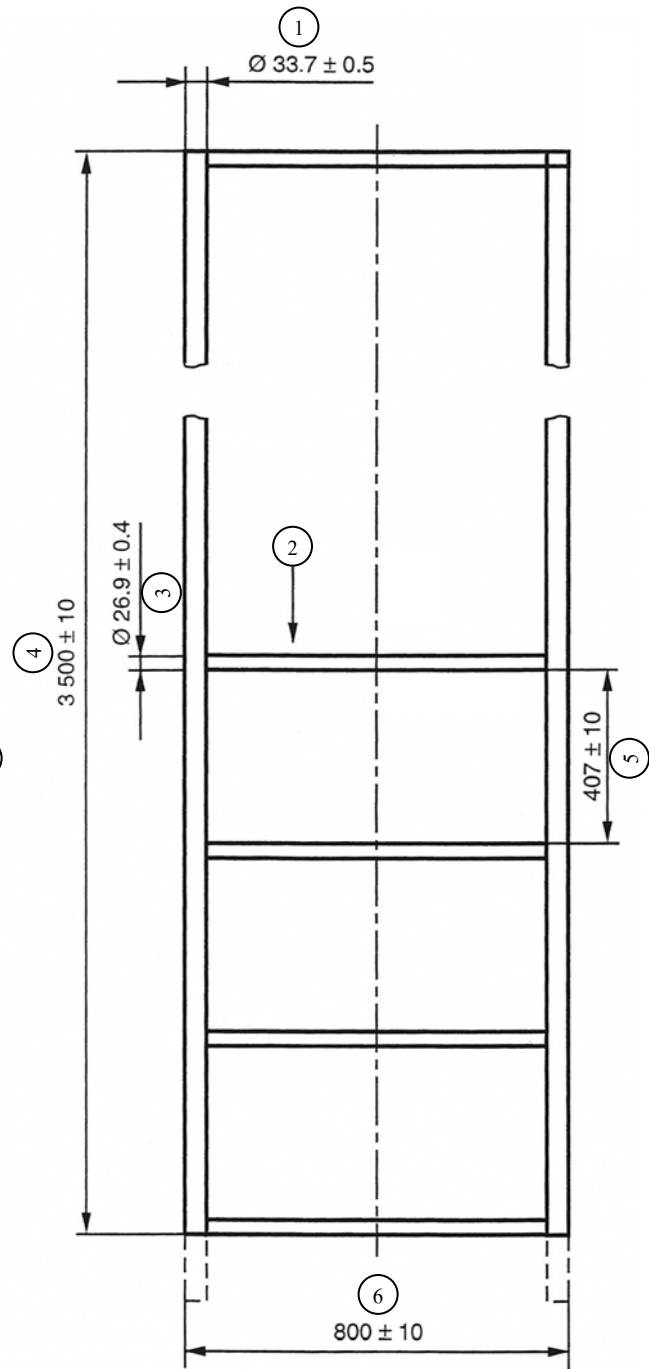
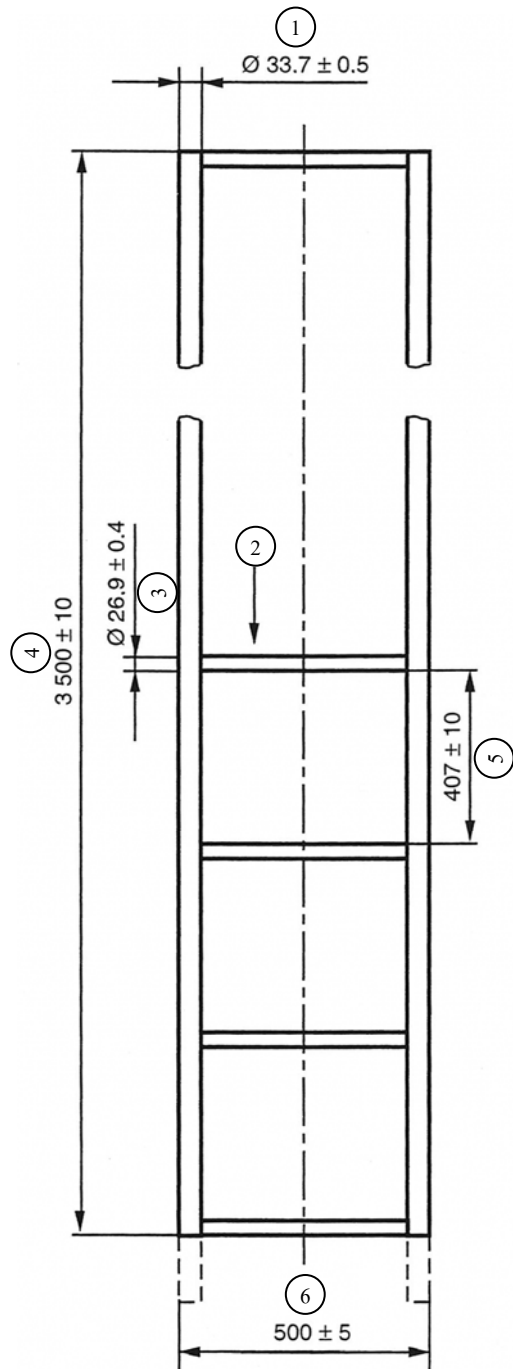


คำอธิบาย

- ① ชั้นบันไดเหล็กท่อกลม
- ② มัดด้วยลวดโลหะ
- ③ เส้นกึ่งกลางของหัวเผา
- ④ พื้นตู้ทดสอบ
- ⑤ ความกว้างสูงสุด

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 16 การวางตำแหน่งของหัวเผา และการจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบบนบันไดโดยทั่วไป
(ข้อ 10.29.1 (1) และข้อ 10.29.1 (5))



คำอธิบาย

- ① เส้นผ่านศูนย์กลางของเสา
- ② จำนวนชั้น = 9 ชั้น
- ③ เส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นบันได

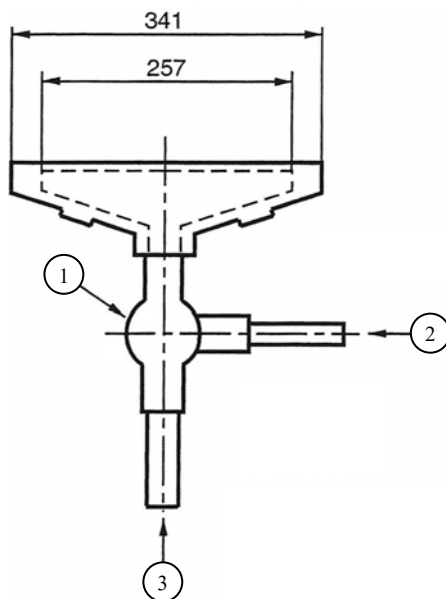
- ④ ความสูงรวมของบันได
- ⑤ ระยะห่างระหว่างชั้นบันได
- ⑥ ความกว้าง

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

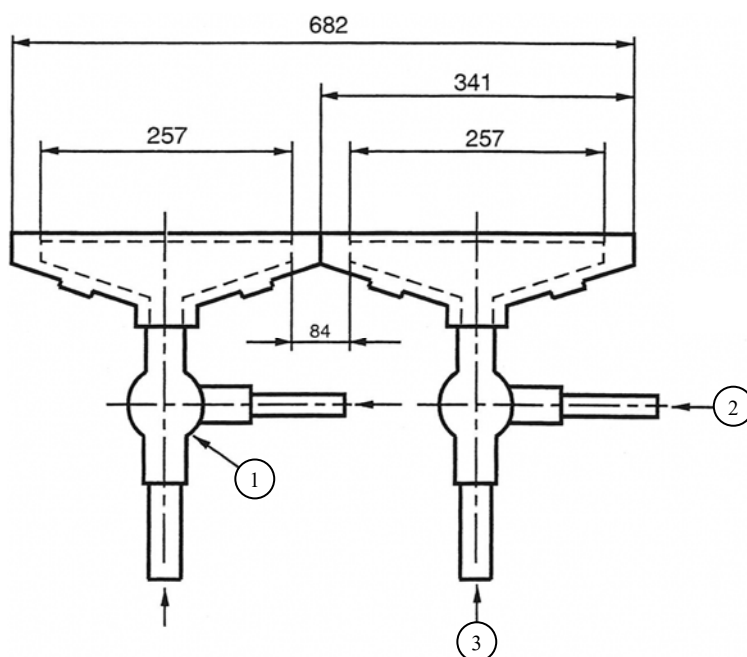
รูปที่ 17ก บันไดแบบมาตรฐาน

รูปที่ 17ข บันไดแบบกว้าง

รูปที่ 17 บันไดเหล็กที่ออกแบบสำหรับการทดสอบการลุกลามของเปลวไฟ
(ข้อ 10.29.1 (3) และข้อ 10.29.1 (5))



รูปที่ 18ก หัวเผา 1 ตัว สำหรับใช้กับบันไดแบบมาตรฐาน



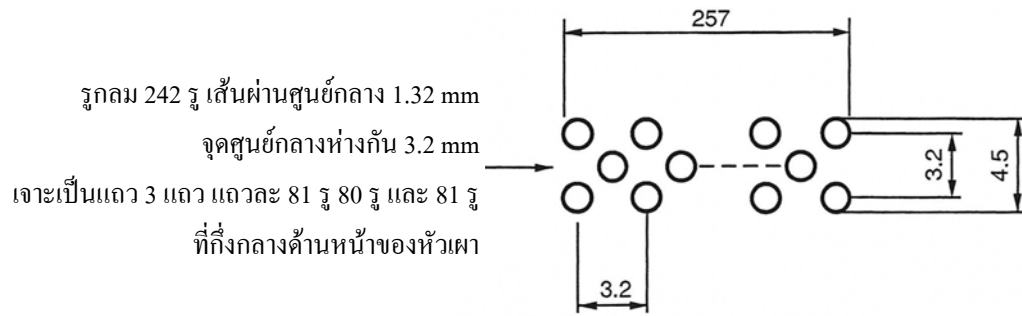
รูปที่ 18ข หัวเผา 2 ตัวประกอบกัน สำหรับใช้กับบันไดแบบกว้าง

คำอธิบาย

- ① ตัวผสมอากาศกับก๊าซแบบเวนจูรี
- ② ทางเข้าของก๊าซโพรเพน
- ③ ทางเข้าของอากาศอัด

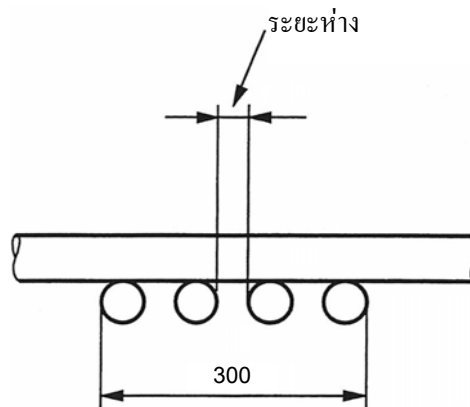
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 18 โครงแบบของหัวเผา
(ข้อ 10.29.1 (5))



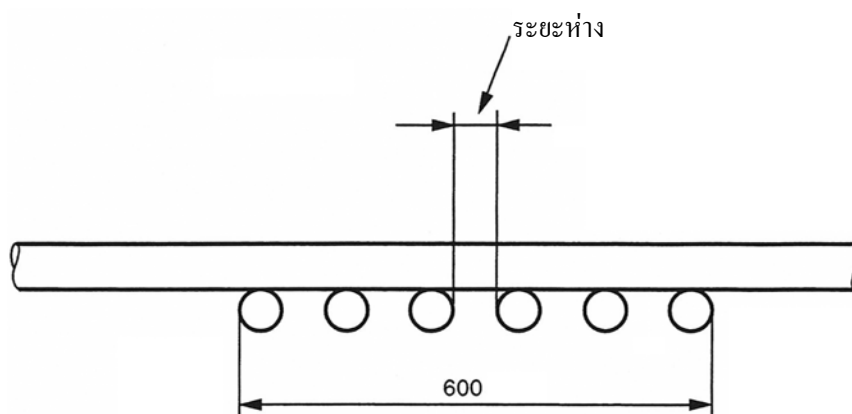
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 19 การจัดเรียงรูสำหรับหัวเผา
(ข้อ 10.29.1 (5))



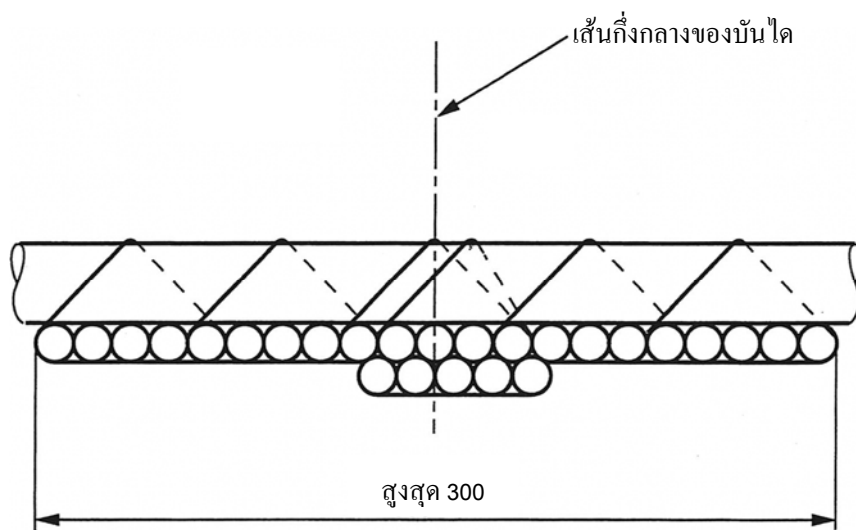
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 20 สายไฟฟ้าวางห่างกันซึ่งติดตั้งที่ด้านหน้าของบันไดแบบมาตรฐาน
(ข้อ 10.29.3.1)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 21 สายไฟฟ้าวางห่างกันซึ่งติดตั้งที่ด้านหน้าของบันไดแบบกว้าง
(ข้อ 10.29.3.1)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 22 สายไฟฟ้าวางติดกันซึ่งติดตั้งที่ด้านหน้าของบันไดแบบมาตรฐาน (กลุ่มของสายไฟฟ้าเรียงชิดติดกัน)
(ข้อ 10.29.3.2)