

## ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๒๖๒ (พ.ศ. ๒๕๕๓)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์

เล่ม 2 วิธีทดสอบ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 2 วิธีทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก. 11 เล่ม 2 - 2549

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๓๕๕๗ (พ.ศ. ๒๕๔๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 2 วิธีทดสอบ ลงวันที่ ๑๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๙ และออกประกาศ กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์ เล่ม 2 วิธีทดสอบ มาตรฐานเลขที่ มอก. 11 เล่ม 2 - 2553 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ถัดจากวันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๐ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๓

ชัยวุฒิ บรรณวัฒน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกิน 450/750 โวลต์

## เล่ม 2 วิธีทดสอบ

### 1. ทั่วไป

#### 1.1 ข้อกำหนดทั่วไป

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดวิธีทดสอบตามที่ระบุไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 มอก.11 เล่ม 3 มอก.11 เล่ม 4 และเล่มอื่น ๆ

#### 1.2 ขอบข่ายการทดสอบ

การทดสอบสำหรับสายไฟฟ้าแต่ละชนิดให้เป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะของสายไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

#### 1.3 การจำแนกการทดสอบตามความถี่ที่ทดสอบ

การทดสอบที่กำหนดคือ การทดสอบเฉพาะแบบ (type test, T) และ/หรือ การทดสอบตัวอย่าง (sample test, S) ตามที่ได้นิยามในมอก.11 เล่ม 1 ข้อ 2.2

สัญลักษณ์ T และ S กำหนดไว้ในตารางที่เกี่ยวข้องในข้อกำหนดเฉพาะของสายไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

#### 1.4 การชักตัวอย่าง

ถ้ามีการพิมพ์เครื่องหมายหรืออักษรบนฉนวนหรือเปลือก ต้องชักตัวอย่างสายไฟฟ้าให้มีเครื่องหมายหรืออักษรติดมาด้วย

นอกเหนือจากการทดสอบที่กำหนดในข้อ 1.9 สำหรับสายไฟฟ้าหลายแกนให้ชักตัวอย่างมาทดสอบไม่เกิน 3 แกน (ให้ชักตัวอย่างแกนที่ต่างกัน ถ้ามี) นำมาทดสอบ นอกจากกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

#### 1.5 การเตรียมภาวะก่อนทดสอบ

ทุกการทดสอบต้องทดสอบสายไฟฟ้าหลังจากการหุ้มฉนวนหรือเปลือกแล้วไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง

#### 1.6 อุณหภูมิทดสอบ

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น การทดสอบต้องทำที่อุณหภูมิโดยรอบ

## มอก.11 เล่ม 2-2553

### 1.7 แรงดันไฟฟ้าในการทดสอบ

หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ค่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบต้องเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ระหว่าง 49 เฮิร์ตซ์ ถึง 61 เฮิร์ตซ์ เป็นรูปคลื่นสัญญาณไซน์ (sine wave) โดยประมาณ อัตราส่วนระหว่างค่ายอด (peak) กับค่า r.m.s. ต้องเท่ากับ  $\sqrt{2}$  โดยมีเกณฑ์คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน  $\pm$  ร้อยละ 7

ค่าที่ใช้อ้างอิงเป็นค่าที่แสดงเป็น r.m.s.

### 1.8 การตรวจสอบความคงทนของสีและเครื่องหมาย

การตรวจสอบต้องตรวจสอบโดยพยายามลบรอยพิมพ์ทั้งชื่อผู้ทำหรือเครื่องหมายการค้าและสีของแกน หรือตัวเลขต่างๆ โดยใช้สำลีหรือผ้าชุบน้ำมาถูเบา ๆ 10 ครั้ง

### 1.9 การวัดความหนาของฉนวน

#### 1.9.1 วิธีทดสอบ

การวัดความหนาฉนวนให้ทำตาม ภาคผนวก ก. ข้อ ก.1.1 โดย 1 ชิ้นตัวอย่าง ต้องวัด 3 แห่ง แต่ละแห่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร

สายไฟฟ้าที่มีแกนไม่มากกว่า 5 แกน ต้องตรวจสอบทุกแกน สำหรับสายไฟฟ้าที่มีมากกว่า 5 แกนขึ้นไปให้ตรวจสอบเพียง 5 แกน

หากการดึงฉนวนออกจากตัวนำทำได้ยาก ให้ดึงโดยเครื่องทดสอบแรงดึง (tensile machine) หรือทำให้หลุดโดยการดึงหรือวิธีอื่นที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้ฉนวนเสียหาย

#### 1.9.2 การประเมินผล

ค่าเฉลี่ยของ 18 ค่า (ในหน่วยมิลลิเมตร) ซึ่งได้จากชิ้นทดสอบ 3 ชิ้นใน 1 แกน เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วปัดเศษตามวิธีที่ได้ให้ไว้ด้านล่างนี้ ค่าที่ได้คือค่าเฉลี่ยของความหนาฉนวน

ถ้าการคำนวณทศนิยมตำแหน่งที่ 2 มีค่าเป็น 5 หรือมากกว่า ให้ปัดทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่งให้มีความมากขึ้น เช่น 1.74 ให้ปัดเศษเป็น 1.7 และ 1.75 ให้ปัดเศษขึ้นเป็น 1.8

ค่าต่ำสุดที่ได้ให้ถือเป็นความหนาของฉนวน ที่ตำแหน่งที่บางที่สุด

การทดสอบนี้อาจใช้ร่วมกับการวัดความหนาอื่น เช่น ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.2.4

### 1.10 การวัดความหนาของเปลือก

#### 1.10.1 วิธีทดสอบ

การวัดความหนาเปลือกให้ทำตามภาคผนวก ก.1.2 โดยที่ 1 ชิ้นตัวอย่าง ต้องวัด 3 แห่ง แต่ละแห่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร

## 1.10.2 การประเมินผล

ค่าเฉลี่ยของทุกค่า (ในหน่วยมิลลิเมตร) ซึ่งได้จากชั้นทดสอบ 3 ชั้น เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วปัดเศษตามวิธีที่ได้ให้ไว้ด้านล่างนี้ ค่าที่ได้คือค่าเฉลี่ยของความหนาเปลือก

ถ้าการคำนวณทศนิยมตำแหน่งที่ 2 มีค่าเป็น 5 หรือมากกว่า ให้ปัดทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่งให้มีค่ามากขึ้น เช่น 1.74 ให้ปัดเศษเป็น 1.7 และ 1.78 ให้ปัดเศษขึ้นเป็น 1.8

ค่าต่ำสุดที่ได้ให้ถือเป็นความหนาของเปลือก ที่ตำแหน่งที่บางที่สุด

การทดสอบนี้อาจใช้ร่วมกับการวัดความหนาอื่น เช่น ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.5.4

## 1.11 การวัดมิติเบ็ดเสร็จ (overall dimension) และวัดความรี (ovality)

ให้ใช้ชั้นตัวอย่าง 3 ชั้นจากข้อ 1.9 หรือข้อ 1.10

การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเบ็ดเสร็จของสายไฟฟ้ากลมและมิติเบ็ดเสร็จของสายไฟฟ้าแบนที่มีมิติหลัก (major dimension) ไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร ต้องวัดตามภาคผนวก ก.1.3

กรณีวัดสายไฟฟ้าแบนที่มีมิติหลักที่มากกว่า 15 มิลลิเมตร ต้องใช้ไมโครมิเตอร์ เครื่องฉายหน้าข้าง หรือเครื่องทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกัน

ค่าเฉลี่ยที่ได้ให้ถือเป็นค่าเฉลี่ยของมิติเบ็ดเสร็จ

การวัดความรีของสายไฟฟ้ากลมให้วัด 2 ครั้งที่ภาคตัดขวางเดียวกันของสายไฟฟ้า

## 2. การทดสอบทางไฟฟ้า (electrical test)

## 2.1 ความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ (electrical resistance of conductors)

ตรวจสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ โดยวัดความต้านทานของแต่ละตัวนำจากตัวอย่างสายไฟฟ้าที่มีความยาวอย่างน้อย 1 เมตร และให้วัดความยาวของแต่ละตัวอย่าง

ถ้าจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าที่วัดได้เป็นค่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่ความยาว 1 กิโลเมตรให้ใช้สูตรต่อไปนี้

$$R_{20} = R_t \frac{254.5}{234.5 + t} \cdot \frac{1000}{L}$$

เมื่อ

$t$  คือ อุณหภูมิของตัวอย่างสายไฟฟ้าขณะที่วัด เป็นองศาเซลเซียส

$R_{20}$  คือ ความต้านทาน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็น โอห์มต่อกิโลเมตร

## มอก.11 เล่ม 2-2553

$R_c$  คือ ความต้านทานของสายไฟฟ้าที่ความยาว  $L$  เมตร ที่อุณหภูมิ  $t$  องศาเซลเซียส เป็น โอห์ม

$L$  คือ ความยาวของตัวอย่างสายไฟฟ้า เป็นเมตร (มิใช่ความยาวของแต่ละแกนหรือแต่ละเส้นลวดตัวนำ)

### 2.2 ความทนแรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้า (voltage test carried out on completed cable)

ในกรณีที่สายไฟฟ้าเป็นชนิดที่ไม่มีชั้นวัสดุโลหะ (metallic layer) การทดสอบให้นำตัวอย่างสายไฟฟ้าแช่ในน้ำ โดยที่ความยาวของตัวอย่าง อุณหภูมิของน้ำ และระยะเวลาที่แช่อยู่ในน้ำได้กำหนดไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3

ให้จ่ายแรงดันไฟฟ้าทีละครั้งระหว่างแต่ละตัวนำ เทียบกับตัวนำที่เหลือทั้งหมดต่อรวมกันซึ่งต่อกับชั้นวัสดุโลหะ (ถ้ามี) หรือกับน้ำ จนครบทุกแกน หลังจากนั้นให้จ่ายแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำทั้งหมดซึ่งต่อรวมกัน เทียบกับชั้นวัสดุโลหะหรือกับน้ำ

แรงดันไฟฟ้า และระยะเวลาทดสอบ ได้กำหนดไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3

### 2.3 ความทนแรงดันไฟฟ้าของแกน (voltage test on core)

การทดสอบนี้ใช้กับสายไฟฟ้าชนิดมีเปลือก และสายแบนชนิดไม่มีเปลือก แต่ไม่ใช่ทดสอบกับสายอ่อนทินเซลแบน

นำตัวอย่างสายไฟฟ้าที่มีความยาว 5 เมตร มาทดสอบ โดยให้เอาเปลือกหุ้มและชั้นห่อหุ้มอื่น ๆ หรือฟิลเลอร์ออก โดยไม่ทำให้แกนหรือฉนวนของสายไฟฟ้าเสียหาย

กรณีของสายแบนชนิดไม่มีเปลือก ให้ผ่าฉนวนระหว่างแกนออก แล้วใช้มือแยกแกนออกจากกัน ยาว 2 เมตร ค่าแรงดันไฟฟ้า และระยะเวลาทดสอบกำหนดไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3

นำแกนทั้งหมดไปแช่น้ำ และทดสอบตามข้อกำหนดที่ให้ไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3 โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวนำกับน้ำ

แรงดันไฟฟ้าและระยะเวลาทดสอบ ได้กำหนดไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3

### 2.4 ความต้านทานของฉนวน (insulation resistance)

การทดสอบนี้ใช้กับสายไฟฟ้าทุกชนิด ให้ใช้ตัวอย่างแกนยาว 5 เมตร ที่ผ่านการทดสอบข้อ 2.3 หากไม่มี ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบข้อ 2.2

นำตัวอย่างสายไฟฟ้าแช่ในน้ำ ที่ผ่านการให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิตามที่ระบุ โดยให้ปลายทั้งสองของสายตัวอย่างยาวพ้นผิวน้ำประมาณ 0.25 เมตร

ความยาวของตัวอย่าง อุณหภูมิของน้ำ และระยะเวลาที่แช่ในน้ำ กำหนดไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ตารางที่ 3

จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่าง 80 โวลต์ ถึง 500 โวลต์ ระหว่างตัวนำกับน้ำ

วัดความต้านทานของฉนวนหลังจากจ่ายแรงดันไฟฟ้า 1 นาฬิกา และค่าที่วัดได้นี้ ต้องแปลงค่าไปเป็นที่ยาว 1 กิโลเมตร

ค่าที่วัดได้ทุกค่าต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดเฉพาะของสายไฟฟ้าประเภทนั้นๆ

ค่าความต้านทานของฉนวนที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดเฉพาะของสายไฟฟ้าประเภทนั้นๆ คำนวณได้จากสูตรข้างล่างนี้ (โดยใช้ค่าสภาพต้านทานเชิงปริมาตร  $1 \times 10^8$  โอห์ม เมตร )

$$R = 0.0367 \log_{10} \frac{D}{d}$$

เมื่อ

$R$  คือ ค่าความต้านทานของฉนวน เป็นเมกะโอห์มกิโลเมตร

$D$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของฉนวน

$d$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ หรือเส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุงของฉนวน สำหรับสายอ่อนทินเซล

### 3. การทดสอบความแข็งแรงทางกลของสายไฟฟ้าอ่อน (completed flexible cable)

#### 3.1 การทดสอบความอ่อนตัว (flexing test)

##### 3.1.1 ทัวไป

ข้อกำหนดให้ไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.6.3.1

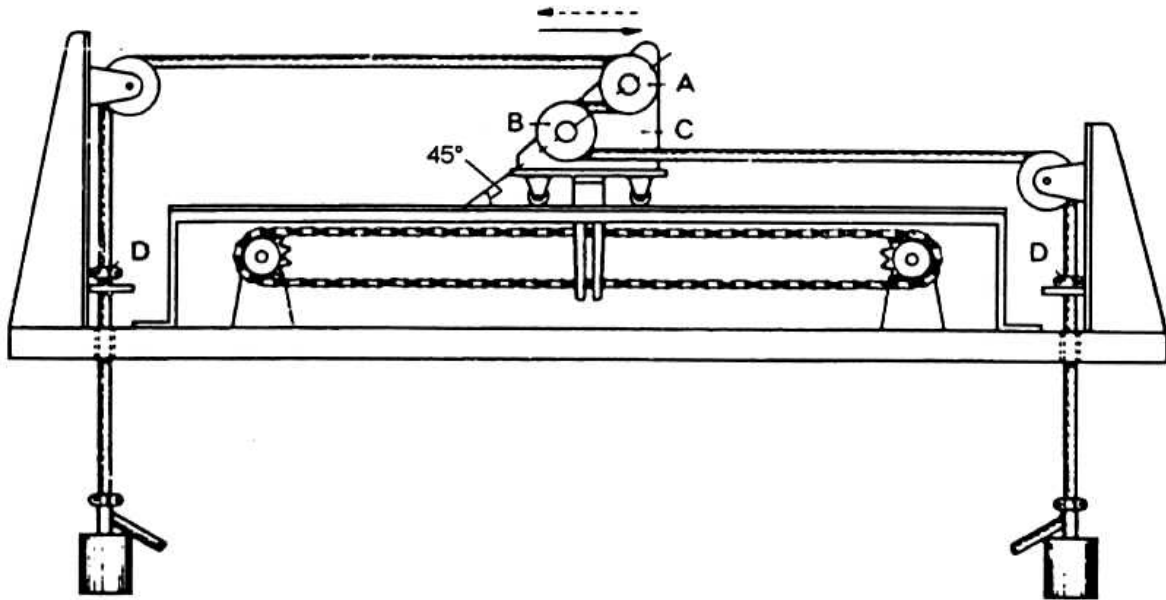
การทดสอบนี้ไม่ใช้กับสายอ่อนทินเซล สายไฟฟ้าแกนเดี่ยวชนิดตัวนำอ่อนตัวได้สำหรับการเดินสายไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่กับที่ สายอ่อนที่มีหลายแกน ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดระบุงมากกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร

##### 3.1.2 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยส่วนเคลื่อนที่ C ระบบจับเคลื่อน และรอก 4 ตัว ส่วนเคลื่อนที่ C รองรับรอก 2 ตัว A และ B ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน รอกอีก 2 ตัวที่ติดตั้งอยู่กับที่ที่ปลายแต่ละด้านของเครื่องทดสอบอาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างจากรอก A และ B แต่รอกทั้ง 4 ตัวต้องจัดวางในตำแหน่งที่ทำให้ตัวอย่างอยู่ในแนวระดับระหว่างรอก ส่วนเคลื่อนที่ C เคลื่อนที่ไปมาระหว่างระยะทาง 1 เมตร ด้วยความเร็วคงที่ประมาณ 0.33 เมตรต่อวินาที

รอกต้องทำด้วยโลหะมีร่องครึ่งวงกลมสำหรับสายไฟฟ้าชนิดกลม และร่องแบนสำหรับสายไฟฟ้าชนิดแบน ที่จับ D ถูกติดตั้งในลักษณะที่เกิดแรงดึงจากค้ำน้ำหนักเสมอในขณะที่ที่จับเคลื่อนที่ออกจากกัน ระยะจากที่จับหนึ่งถึงที่รองรับ ในขณะที่ที่จับอีกด้านหนึ่งอยู่บนที่รองรับต้องไม่เกิน 5 เซนติเมตร

ส่วนเคลื่อนที่ C เคลื่อนที่ไปมาอย่างสม่ำเสมอ และปราศจากการกระตุกเมื่อเคลื่อนที่จากทิศทางหนึ่งไปอีกทิศทางหนึ่ง



- A และ B คือ รอก
- C คือ ส่วนเคลื่อนที่
- D คือ ที่จับ

รูปที่ 1 เครื่องทดสอบความอ่อนตัว

(ข้อ 3.1)

### 3.1.3 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างสายไฟฟ้ายาวประมาณ 5 เมตร ต้องคล้องอยู่บนรอก ดังแสดงในรูปที่ 1 แต่ละปลายจะถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนัก มวลของตุ้มน้ำหนักและเส้นผ่านศูนย์กลางของรอก A และ B ให้ไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มวลของตู้มน้ำหนักและเส้นผ่านศูนย์กลางของรอก

ประเภทของสายไฟฟ้าอ่อน(Flexible)	จำนวนแกน <sup>2)</sup>	พื้นที่หน้าตัด ระบุ mm <sup>2</sup>	มวลของตู้มน้ำหนัก kg	เส้นผ่านศูนย์กลาง รอก <sup>1)</sup> mm
สายอ่อนแบนไม่มีเปลือก	2	0.5	0.5	60
		0.75	1.0	60
สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา	2	0.5	0.5	60
		0.75	1.0	80
		1	1.0	80
		1.5	1.0	80
		2.5	1.5	120
สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา	3	0.5	0.5	80
		0.75	1.0	80
		1	1.0	80
		1.5	1.0	80
		2.5	1.5	120
	4	0.5	0.5	80
		0.75	1.0	80
		1	1.0	80
		1.5	1.5	120
		2.5	1.5	120
สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์เบา สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา	5	0.5	1.0	80
		0.75	1.0	80
		1	1.0	120
		1.5	1.5	120
		2.5	2.0	120
สายไฟฟ้ามีเปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์ธรรมดา	6	0.5	1.0	120
		0.75	1.5	120
		1	1.5	120
		1.5	2.0	120
		2.5	3.5	160
	7	0.5	1.0	120
		0.75	1.5	120
		1	1.5	120
		1.5	2.0	160
		2.5	3.5	160
	12	0.5	1.5	120
		0.75	2.0	160
		1	3.0	160
		1.5	4.0	160
		2.5	7.0	200
18	0.5	2.0	160	
	0.75	3.0	160	
	1	4.0	160	
	1.5	6.0	200	
	2.5	7.5	200	

1) เส้นผ่านศูนย์กลางให้วัดที่จุดต่ำสุดของรอก

2) สายไฟฟ้าที่มีจำนวนแกนตั้งแต่ 7 แกน ถึง 18 แกน แต่ไม่ได้ระบุไว้ในตารางนี้เป็นประเภทสายไฟฟ้าที่ไม่นิยมใช้ สายไฟฟ้าเหล่านี้อาจทดสอบโดยใช้มวลของตู้มน้ำหนักและเส้นผ่านศูนย์กลางรอกสำหรับสายไฟฟ้าที่ตัวนำขนาดเดียวกัน ที่มีจำนวนแกนที่ระบุสูงกว่าถัดไป



## มอก.11 เล่ม 2-2553

### 3.1.4 การจ่ายกระแสไหลคให้แต่ละแกน

การจ่ายกระแสไหลคอาจใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำหรือแรงดันไฟฟ้าประมาณ 230/400 โวลต์

ระหว่างการทดสอบความอ่อนตัว ต้องจ่ายกระแสไหลคให้ตัวอย่างดังต่อไปนี้

- สายไฟฟ้า 2 และ 3 แกน: จ่ายกระแสไหลค 1 แอมแปร์ต่อตารางมิลลิเมตร  $\frac{+ร้อยละ 10}{0}$  ให้ทุกแกน
- สายไฟฟ้า 4 และ 5 แกน: จ่ายกระแสไหลค 1 แอมแปร์ต่อตารางมิลลิเมตร  $\frac{+ร้อยละ 10}{0}$  ให้กับ 3 แกน หรือจ่ายทุกแกนด้วยกระแสไฟฟ้า  $\sqrt{3/n}$  แอมแปร์ต่อตารางมิลลิเมตร  $\frac{+ร้อยละ 10}{0}$  โดยที่ n คือจำนวนแกน

สายไฟฟ้าที่มีมากกว่า 5 แกน ไม่ต้องจ่ายกระแสไหลค ให้จ่ายกระแสสัญญาณ (signal current)

### 3.1.5 แรงดันไฟฟ้าระหว่างแกน

กรณีสายไฟฟ้าสองแกน จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับประมาณ 230 โวลต์ ระหว่างตัวนำ กรณีสายไฟฟ้า 3 แกนหรือมากกว่า จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ประมาณ 400 โวลต์ ระหว่างตัวนำ 3 แกนที่อยู่ติดกัน โดยแกนที่เหลือให้ต่อกับสายกลาง ในกรณีที่โครงสร้างเป็นแกนสองชั้น ให้ทดสอบที่แกนชั้นนอก และใช้กับระบบกระแสไหลคแรงดันไฟฟ้าต่ำ

### 3.1.6 การตรวจจับข้อผิดพลาด (การสร้างเครื่องทดสอบความอ่อนตัว)

เครื่องทดสอบที่ใช้ทดสอบต้องหยุดการทำงาน เมื่อตรวจจับสิ่งผิดพลาดในระหว่างการทดสอบ ดังนี้

- การหยุดชะงักของกระแสไฟฟ้า
- การลัดวงจรระหว่างตัวนำ
- การลัดวงจรระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับรอก (เครื่องทดสอบความอ่อนตัว)

## 3.2 การทดสอบการดัดโค้ง (bending test)

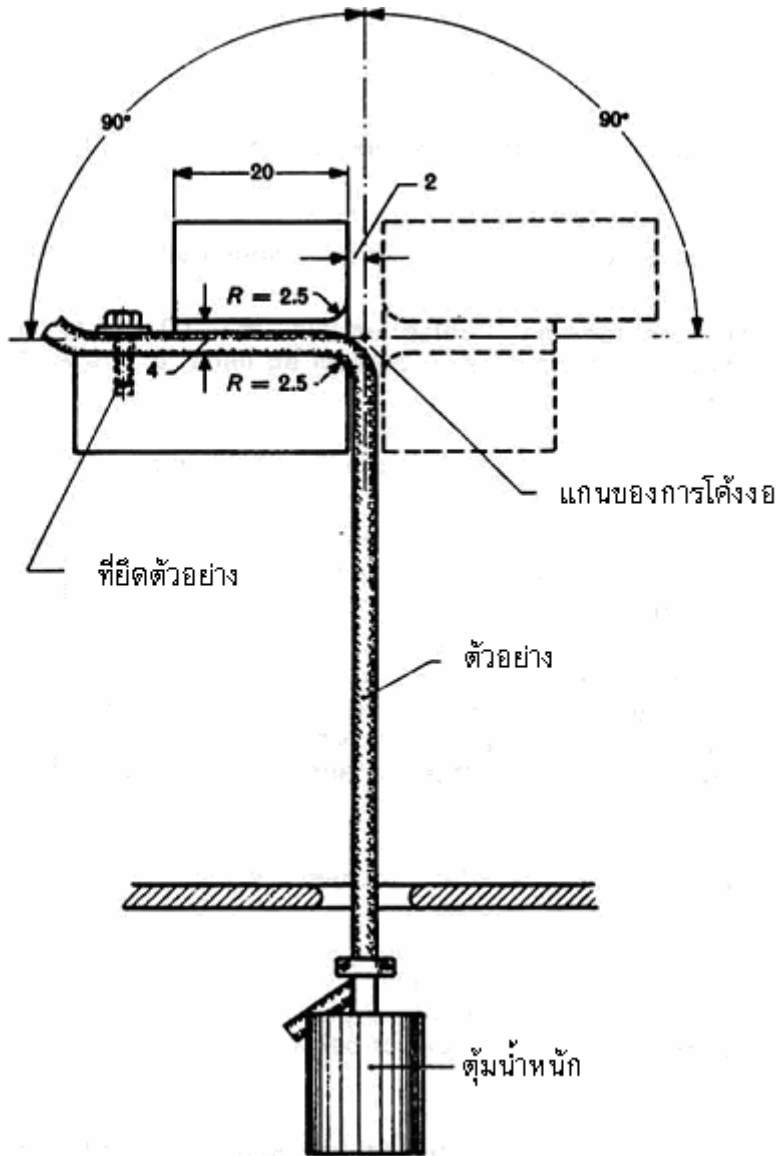
ข้อกำหนดระบุไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.6.3.2

นำตัวอย่างสายไฟฟ้าความยาวที่เหมาะสม ยึดติดกับเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2 และถ่วงตุ้มน้ำหนักที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม จ่ายกระแสไฟฟ้าประมาณ 0.1 แอมแปร์ผ่านตัวนำ

ให้ดัดโค้งตัวอย่างไปข้างหลังและข้างหน้า ในทิศทางตั้งฉากกับระนาบแกนของตัวนำ โดยที่ตำแหน่งปลายสุดทั้งสองข้างทำมุม 90 องศากับแนวตั้ง

การตัดโค้ง 1 ครั้ง เป็นการเคลื่อนที่เป็นมุม 180 องศา โดยมีอัตราการตัดโค้ง 60 ครั้งต่อนาที

ถ้าตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ต้องทดสอบซ้ำอีก 2 ตัวอย่าง และทั้ง 2 ตัวอย่างต้องผ่านเกณฑ์การทดสอบ



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 2 เครื่องทดสอบการตัดโค้ง

(ข้อ 3.2)

### 3.3 การทดสอบแรงกระชาก (snatch test)

ข้อกำหนดระบุไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.6.3.3

## มอก.11 เล่ม 2-2553

นำตัวอย่างสายไฟฟ้าความยาวที่เหมาะสม ปลายด้านหนึ่งยึดติดกับที่ยึดแข็งแรง และถ่วงตุ้มน้ำหนักที่มีมวล 0.5 กิโลกรัม ต่ำลงจากที่ยึด 0.5 เมตร จ่ายกระแสไฟฟ้าประมาณ 0.1 แอมแปร์ ผ่านตัวนำ ยกตุ้มน้ำหนักให้สูงเท่ากับที่ยึดแล้วปล่อยให้ตกลงมา 5 ครั้ง

### 3.4 การทดสอบการแยกออกของแกนสายไฟฟ้า

ข้อกำหนดระบุไว้ใน มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.6.3.4

การทดสอบนี้ใช้กับสายอ่อนแบน ไม่มีเปลือก

นำตัวอย่างสายไฟฟ้าสั้นมา 1 เส้น ผ่านนวนระหว่างแกนให้มีระยะพอที่จะให้เครื่องทดสอบจับปลายที่แยกจากกันได้ แยกแกนด้วยความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดแรงดึงที่ใช้แยกโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง

### 3.5 การทดสอบสภาพอ่อนตัวสถิต (static flexibility test)

ข้อกำหนดระบุไว้ในข้อกำหนดเฉพาะของ มอก.11 เล่มที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบนี้ใช้กับสายไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดตัวนำไม่เกิน 2.5 ตารางมิลลิเมตร

ให้แขวนตัวอย่างในแนวตั้ง ที่อุณหภูมิ  $(20 \pm 5)$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบ

ให้ทดสอบตัวอย่างยาว  $(3 \pm 0.05)$  เมตร ด้วยเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3 ตัวยึด 2 ตัว A และ B ต้องอยู่ที่ความสูงอย่างน้อย 1.5 เมตร จากระดับพื้น

ตัวยึด A ต้องติดอยู่กับที่ และตัวยึด B ต้องเคลื่อนที่ในแนวนอนระดับเดียวกับตัวยึด A

ยึดปลายของตัวอย่างทั้ง 2 ข้างในแนวตั้ง (และให้คงอยู่ในแนวตั้งระหว่างทดสอบ) ปลายด้านที่ยึดด้วยตัวยึด B ต้องอยู่ห่างจากตัวยึด A เป็นระยะทาง  $l'$  เท่ากับ 0.20 เมตร จัดสายไฟฟ้าให้มีลักษณะใกล้เคียงเส้นประที่แสดงในรูปที่ 3

ให้เลื่อนตัวยึด B ห่างออกจากตัวยึด A ที่อยู่กับทันที จนกระทั่งมีลักษณะเป็นรูปตัว U ดังเส้นทึบที่แสดงในรูปที่ 3 ที่มีแนวเส้นดิ่ง (plumb line) ทั้งสอง ที่ผ่านตัวยึด หลังจากทดสอบครั้งที่ 1 เสร็จแล้ว ให้หมุนสายไฟฟ้าเป็นมุม 180 องศา ก่อนทดสอบครั้งที่ 2

หาค่าเฉลี่ยของระยะทาง  $l'$  จากการวัดค่า  $l'$  ทั้ง 2 ครั้ง

ถ้าผลการทดสอบไม่น่าพอใจ ให้นำตัวอย่างดังกล่าวไปปรับสภาพโดยการม้วนเข้าและออก 2 ครั้ง กับล้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนล้อยประมาณ 20 เท่าของมิติที่เล็กที่สุดของสายไฟฟ้า หลังจากม้วนครั้งแรกให้หมุนตัวอย่าง 180 องศา แล้วจึงม้วนครั้งที่สอง ผลการทดสอบซ้ำต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

### 3.6 ความต้านแรงดึงของใจกลางของสายลิฟต์ (tensile strength of the central heart of lift cable)

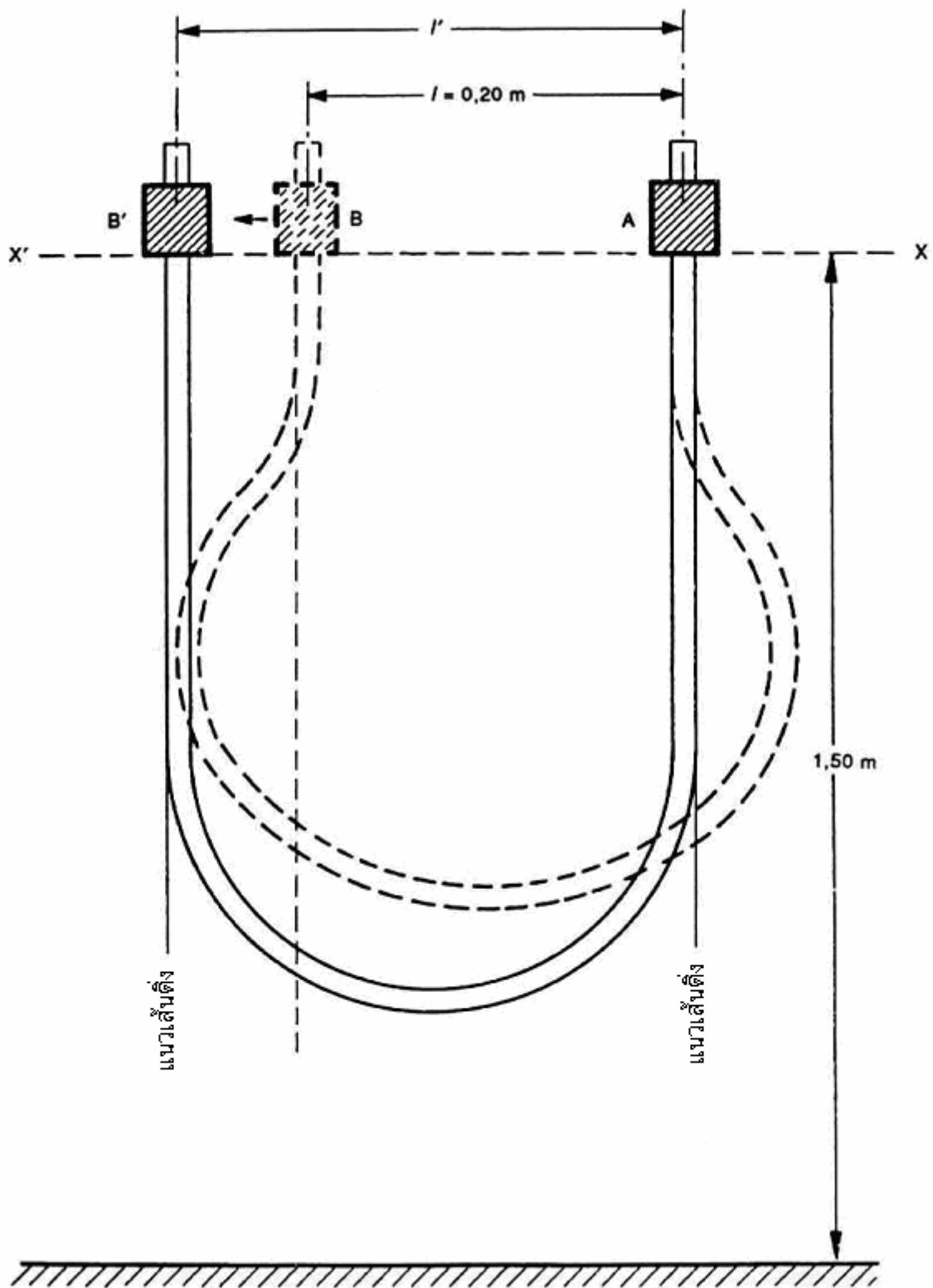
ข้อกำหนดระบุไว้ในส่วนเฉพาะของ มอก.11

ให้นำตัวอย่างสายไฟฟ้ายาว 1 เมตร ไปซั้

ให้ปอกสิ่งห่อหุ้มและแกนทั้งหมดออกเหลือเฉพาะใจกลางของสายที่ปลายทั้ง 2 ข้างเป็นระยะประมาณ 0.20 เมตร ให้ทดสอบความต้านแรงดึงใจกลางของสายรวมทั้งส่วนที่เป็นศูนย์กลางรับ ด้วยแรงดึงเท่ากับมวลของสายลิตซ์ยาว 300 เมตร

คงแรงดึงดังกล่าวเป็นเวลา 1 นาที

อาจใช้ตุ้มน้ำหนักแขวนอิสระ หรือเครื่องทดสอบความแข็งแรงทางกล (mechanical strength testing machine) ที่เหมาะสมที่สามารถคงแรงดึงคงที่ได้



รูปที่ 3 เครื่องทดสอบสภาพอ่อนตัวสถิต

(ข้อ 3.5)

## ภาคผนวก ก.

**การวัดความหนาและมิติเบ็ดเสร็จ สำหรับการทดสอบสมบัติทางกล  
ของฉนวนและเปลือก**

**ก.1 การวัดความหนาและมิติเบ็ดเสร็จ**

ก.1.1 การวัดความหนาของฉนวน

ก.1.1.1 ทั่วไป

การวัดความหนาของฉนวนที่อาจเป็นความต้องการวัดความหนาโดยเฉพาะ หรือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทดสอบอื่น ๆ เช่น การหาสมบัติทางกล

ในแต่ละกรณี วิธีการเลือกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานสายไฟที่เกี่ยวข้อง

ก.1.1.2 เครื่องวัด

เครื่องวัดชนิดกล้องจุลทรรศน์ (measuring microscope) หรือ เครื่องส่องขยายหน้าตัดข้าง (profile projector) ที่มีกำลังขยายขนาดอย่างน้อย 10 เท่า โดยทั้งสองชนิดนี้สามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร และสามารถประมาณค่าทศนิยมในตำแหน่งที่ 3 ได้ เมื่อวัดฉนวนที่มีความหนาน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร

ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้ใช้กล้องจุลทรรศน์เป็นวิธีอ้างอิง

ก.1.1.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ปอกสิ่งห่อหุ้มฉนวนออก และดึงตัวนำและตัวคั่น (ถ้ามี) ออกจากฉนวนโดยไม่ทำให้ฉนวนเสียหาย ชั้นสารกึ่งตัวนำภายในและ/หรือภายนอกที่ติดแน่นกับฉนวนไม่ต้องถอดออก

ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น มีดบางคม หรือใบมีดโกน ตัดฉนวนเป็นแผ่นบางตามแนวระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของตัวนำ เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบ

แกนของสายแบนที่ไม่มีเปลือกไม่ต้องแยกออกจากกัน

ถ้าการทำเครื่องหมาย เป็นเหตุให้ความหนาของฉนวนตรงส่วนนั้นลดลง ให้ใช้ฉนวนตรงที่มีเครื่องหมายนั้นเป็นชิ้นทดสอบ

ก.1.1.4 ขั้นตอนการวัด

ให้วางชิ้นทดสอบใต้อุปกรณ์วัดโดยให้ระนาบของรอยตัดตั้งฉากกับแนวการมอง

- ก) ถ้าหน้าตัดข้างด้านในของชั้นทดสอบเป็นแบบวงกลมให้วัดความหนา 6 ตำแหน่ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวง ดังรูปที่ ก.1 สำหรับแกน สามเหลี่ยมฐานโค้ง (sector-shaped) ให้วัดความหนา 6 ตำแหน่ง ดังรูปที่ ก.2
- ข) ถ้าเป็นฉนวนของตัวนำตีเกลียวให้วัดความหนา 6 ตำแหน่ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงดังรูปที่ ก.3 และ รูปที่ ก.4
- ค) ถ้ารูปขอบนอกของชั้นทดสอบไม่เรียบการวัดให้ทำตามรูปที่ ก.5
- ง) ถ้าชั้นของตัวกัน (screen) ที่อยู่ใต้และ/หรือบนของฉนวนไม่สามารถปอกออกได้ ต้องไม่รวมชั้นของตัวกันเป็นความหนาของฉนวน

ถ้าชั้นของตัวกันที่อยู่ใต้และ/หรือบนของฉนวนที่ทึบแสงให้วัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

- จ) สายแบนไม่มีเปลือกให้วัดตามรูปที่ ก.6 ความหนาของฉนวนในจุดที่แกนชิดกันให้ใช้ครั้งหนึ่งของระยะระหว่างตัวนำ

ในทุกกรณี การวัดครั้งแรกให้วัดตรงตำแหน่งฉนวนที่บางสุด

ถ้าฉนวนเป็นรอยบุ๋มจากการทำเครื่องหมาย ค่าที่วัดได้จากบริเวณรอยบุ๋มต้องไม่นำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของความหนา ในบางกรณีความหนาในตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายอาจเป็นจุดความหนาค่าสุดได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสายไฟที่เกี่ยวข้อง

การอ่านค่าให้ใช้หน่วยมิลลิเมตร กรณีความหนาไม่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และถ้าความหนาของฉนวนน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ให้ประมาณค่าถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3

#### ก.1.1.5 การประเมินผลการวัด

ต้องประเมินผลการวัดตามข้อกำหนดการทดสอบของมาตรฐานสายไฟที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีของการทดสอบทางกล ค่าของความหนาเฉลี่ย ( $\bar{d}$ ) ของแต่ละชั้นทดสอบ (ดูข้อ ก.2.1.4.2 วิธีที่ 1) ต้องคำนวณจากผลการวัด 6 ตำแหน่ง บนชั้นทดสอบ

#### ก.1.2 การวัดความหนาของเปลือกกอลโหะ

##### ก.1.2.1 ทั่วไป

การวัดความหนาของเปลือกที่อาจเป็นความต้องการวัดความหนาโดยเฉพาะ หรือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทดสอบอื่น ๆ เช่น การหาสมบัติทางกล วิธีการทดสอบนี้ใช้วัดเปลือกทั้งหมดที่กำหนดความหนาไว้ เช่น เปลือกชั้น (separation sheath) และเปลือกนอก (external sheaths)

ในแต่ละกรณี วิธีการเลือกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานสายไฟที่เกี่ยวข้อง

## ก.1.2.2 เครื่องวัด

(ดูข้อ ก.1.1.2)

## ก.1.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

หลังจากที่เอาวัสดุทั้งหมดที่อยู่ทั้งด้านในและด้านนอกของเปลือกออก (ถ้ามี) ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น มีดบางคม หรือใบมีดโกน ตัดเปลือกเป็นแผ่นบางตามแนวระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของสายไฟฟ้า เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบ

ถ้าการทำเครื่องหมายเป็นเหตุให้ความหนาของเปลือกตรงส่วนนั้นลดลง ให้ใช้เปลือกตรงที่มีเครื่องหมายนั้นเป็นชิ้นทดสอบ

## ก.1.2.4 ขั้นตอนการวัด

ให้วางชิ้นทดสอบใต้อุปกรณ์วัดโดยให้ระนาบของรอยตัดตั้งฉากกับแนวการมอง

- ก) ถ้าหน้าตัดข้างด้านในของชิ้นทดสอบเป็นแบบวงกลมให้วัดความหนา 6 ตำแหน่ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวง ดังรูปที่ ก.1
- ข) ถ้าผิวด้านในมีลักษณะเป็นวงกลมที่ไม่สม่ำเสมอหรือไม่เรียบ ให้วัดความหนา 6 ตำแหน่งของเปลือกส่วนที่บางที่สุด ดังในรูปที่ ก.7
- ค) ถ้าด้านในของเปลือกเป็นร่องลึกซึ่งเกิดจากแกน การวัดความหนาต้องวัดตรงตำแหน่งที่บางที่สุดของเปลือกในแต่ละร่อง ดังรูปที่ ก.8 ถ้าจำนวนของร่องเกินกว่า 6 ร่องให้ใช้วิธีในข้อ ข)
- ง) ถ้าผิวด้านนอกของเปลือกไม่เรียบซึ่งเกิดจากการพันเทปหรือเป็นสัน (ribbed) การวัดต้องปฏิบัติตาม รูปที่ ก.9
- จ) ถ้าเป็นเปลือกของสายแบน การวัดต้องวัดตามแนวที่ขนาน (โดยประมาณ) กับแกนสั้นและแกนยาวของภาคตัดขวางของแกนแรกและแกนสุดท้าย และต้องวัดความหนาตรงตำแหน่งที่บางที่สุดเพิ่มอีก 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ ก.10 (ก) และ รูปที่ ก.10 (ข)

ฉ) (ว่าง)

ในทุกกรณี ต้องวัดที่ตำแหน่งที่เปลือกบางที่สุด 1 ค่า

ถ้าเปลือกเป็นรอยนูนจากการทำเครื่องหมาย ค่าที่วัดได้จากบริเวณรอยนูนต้องไม่นำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของความหนา ในบางกรณีความหนาในตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายอาจเป็นจุดความหนาค่าสุดได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสายไฟที่เกี่ยวข้อง

การอ่านค่าให้ใช้หน่วยมิลลิเมตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง



## มอก.11 เล่ม 2-2553

### ก.1.2.5 การประเมินผลการวัด

ต้องประเมินผลการวัดตามข้อกำหนดการทดสอบของมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีของการทดสอบทางกล ค่าของความหนาเฉลี่ย ( $\bar{D}$ ) ของแต่ละชั้นทดสอบ (ดูข้อ ก.2.2.4) ต้องคำนวณจากผลการวัดที่ได้ทั้งหมดบนชั้นทดสอบ

### ก.1.3 การวัดมิติเบ็ดเสร็จ

#### ก.1.3.1 ทั่วไป

การวัดมิติเบ็ดเสร็จของสายไฟฟ้าอาจเป็นความต้องการวัดโดยเฉพาะ หรือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการทดสอบอื่น

โดยทั่วไปใช้วิธีทดสอบใน ข้อ ก.1.3.2. เว้นแต่มีขั้นตอนทดสอบเฉพาะที่กำหนดต่างออกไป หรือวิธีอื่นให้เลือก

ในแต่ละกรณี วิธีการเลือกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

#### ก.1.3.2 ขั้นตอนการวัด

ก) กรณีสายอ่อนหรือสายไฟฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่มากกว่า 25 มิลลิเมตร ให้วัดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ เครื่องส่องขยายหน้าตัดข้าง หรือเครื่องวัดที่คล้ายคลึงกัน โดยให้วัด 2 ครั้งในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน

สำหรับการวัดในการทดสอบประจำ (routine tests) ยอมให้ใช้ เกจแบบมีหน้าปัด (dial gauges) หรือ เวอร์เนียแคลิเปอร์ ได้โดยระวังไม่ให้บีบหรือกดชั้นทดสอบมากเกินไป

ข) ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 25 มิลลิเมตร ให้วัดเส้นรอบวงของสายอ่อนหรือสายไฟฟ้า โดยใช้หลักการของเทปวัด (measuring tape) แล้วคำนวณเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง หรือเลือกใช้เทปวัดที่อ่านค่าเส้นผ่านศูนย์กลางได้โดยตรง

ค) กรณีสายแบน ต้องวัดตามแนวแกนยาวและแกนสั้นของพื้นที่หน้าตัด โดยใช้ไมโครมิเตอร์ เครื่องส่องขยายหน้าตัดข้าง หรือเครื่องวัดที่คล้ายคลึงกัน

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง การอ่านค่าให้ใช้หน่วยเป็น มิลลิเมตร ถ้าสายไฟฟ้าที่มีขนาดไม่มากกว่า 25 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และถ้าสายไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 25 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

#### ก.1.3.3 การประเมินผลการวัด

ต้องประเมินผลการวัดตามข้อกำหนดการทดสอบของมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

## ก.2 การทดสอบสมบัติทางกลของฉนวนและเปลือก

### ก.2.1 การทดสอบสมบัติทางกลของฉนวน

#### ก.2.1.1 ทั่วไป

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืด ณ จุดที่ขาดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวน (ไม่รวมถึงชั้นที่เป็นสารกึ่งตัวนำ) ของสายไฟฟ้าในภาวะหลังการผลิต (ไม่ถูกใช้งาน) และหลังจากการเร่งอายุการใช้งานหนึ่งครั้งหรือมากกว่า ซึ่งได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของสายไฟฟ้าอื่นที่เกี่ยวข้อง

วิธีการเร่งอายุการใช้งานในตู้อบความร้อน ได้ระบุไว้ในภาคผนวก ข.

ชั้นทดสอบที่นำมาทดสอบการเร่งอายุการใช้งานให้เล็อกจากตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับชั้นทดสอบที่นำมาทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งาน และการทดสอบความต้านแรงดึงของชั้นทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งาน และหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทำติดต่อกันทันที

**หมายเหตุ** หากต้องการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ แนะนำให้ทำการทดสอบก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน วิธีทดสอบเดียวกัน เครื่องทดสอบเดียวกัน และทำในห้องทดสอบเดียวกัน

#### ก.2.1.2 การสุ่มตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างทุกแกน แต่ละแกนตัดตัวอย่างให้มีขนาดเพียงพอสำหรับเตรียมชั้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชั้น สำหรับแต่ละการทดสอบ ทั้งการทดสอบความต้านแรงดึงก่อนเร่งอายุการใช้งาน และหลังการเร่งอายุการใช้งาน ให้หนาแน่นกว่าชั้นทดสอบแต่ละชั้นยาว 100 มิลลิเมตร

แกนของสายแบนต้องไม่ถูกแยกออกจากกัน

ตัวอย่างที่พบว่ามีารชำรุดเสียหายทางกลต้องไม่นำมาใช้ทดสอบ

#### ก.2.1.3 การเตรียมชั้นทดสอบ และภาวะของชั้นทดสอบ

**หมายเหตุ** แนะนำให้อ่านข้อ ก.2.1.3.3 ลักษณะของชั้นทดสอบ ก่อนทำการเตรียมชั้นทดสอบ

##### ก.2.1.3.1 ชั้นทดสอบรูปดัมเบลล์

ใช้ชั้นทดสอบรูปดัมเบลล์ในการทดสอบเสมอ เว้นแต่ไม่สามารถทำได้ เตรียมชั้นทดสอบรูปดัมเบลล์จากตัวอย่างฉนวนที่ถอดออกจากตัวนำโดยวิธีการผ่าตามทิศทางของแนวแกน

ถ้ามีชั้นสารกึ่งตัวนำอยู่ด้านในหรือด้านนอกของฉนวน ให้ลอกออกโดยวิธีทางกล ห้ามใช้ตัวทำลาย

ตัดชิ้นตัวอย่างของฉนวนแต่ละชิ้นเป็นแถบยาวให้มียาวเหมาะสมกับการทดสอบ และทำเครื่องหมายซึ่งบนแถบตัวอย่างเพื่อให้ทราบว่าแต่ละตัวอย่างตัดมาจากแกนและตำแหน่งใด

ขัดหรือตัดชิ้นทดสอบจนผิวทั้งสองด้านเรียบขนานกัน ระหว่างเครื่องหมายอ้างอิงที่จะได้กล่าวถึงต่อไปต้องเรียบขนาน ตัวอย่างเครื่องมือตัดเป็นไปตามรูปที่ ก.16 สำหรับฉนวนชนิดพอลิเอทีลีน (PE) และ พอลิโพรพิลีน (PP) ให้ใช้วิธีตัดเท่านั้น ห้ามใช้วิธีขัด ขณะขัดผิวต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินควร หลังจากที่ได้ตัดหรือขัด รวมถึงการเอาเศษเสี้ยนออกแล้ว ความหนาของชิ้นตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 2.0 มิลลิเมตร ถ้าไม่สามารถเตรียมชิ้นทดสอบหนา 0.8 มิลลิเมตรได้ จากตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ความหนาต่ำสุดที่ยอมรับได้คือ 0.6 มิลลิเมตร

ตัดหรือกดพิมพ์ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นเป็นรูปดัมเบลล์ดังรูปที่ ก.12 หรือถ้าเป็นไปได้ให้ตัดชิ้นทดสอบด้านยาวเคียงข้างกันดังรูปที่ ก.15

เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ ควรทำตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

- ตัวกดต้องมีความคมมาก เพื่อให้ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์มีความสมบูรณ์มากที่สุด
- ต้องมีแผ่นรองที่เหมาะสมรองชิ้นตัวอย่างทดสอบกับฐานล่าง กดชิ้นทดสอบจนแผ่นรองเป็นรอยแต่แผ่นรองไม่ขาด
- ที่ด้านข้างของชิ้นทดสอบต้องไม่มีเศษเสี้ยน

เมื่อพบเศษเสี้ยนจากการกดชิ้นทดสอบ ควรทำดังนี้

- ก) ปลายแต่ละด้านของตัวกดต้องมี ร่องกว้างประมาณ 2.5 มิลลิเมตร และสูง 2.5 มิลลิเมตร (ดังแสดงในรูปที่ ก.14)
- ข) ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ที่ตัดจะเหลือส่วนปลายทั้งสองด้านติดอยู่กับชิ้นตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ ตามข้อ ก.2.1.3.1 (ดังแสดงในรูปที่ ก.15)
- ค) เมื่อใช้เครื่องเตรียมชิ้นทดสอบตามรูปที่ ก.16 สามารถตัดชิ้นทดสอบให้ความหนาลดลงได้อีก 0.10 มิลลิเมตร ถึง 0.15 มิลลิเมตร เพื่อให้เศษเสี้ยนที่เกิดจากการกดถูกตัดออกไป เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงตัดปลายทั้ง 2 ด้านของชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ให้ขาดออกจากชิ้นตัวอย่าง

หากเส้นผ่านศูนย์กลางแกนของสายไฟฟ้าเล็กเกินกว่าที่จะทำชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ดังรูปที่ ก.12 ได้ ให้ใช้ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ขนาดเล็กตามรูปที่ ก.13 แทน

ทำเครื่องหมายอ้างอิง 2 แห่งบริเวณตรงกลางชิ้นทดสอบห่างกัน 20 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ขนาดใหญ่ หรือ 10 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ขนาดเล็ก ก่อนนำไปทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึง

ยอมให้ใช้ขั้นตอนทดสอบรูปดัมเบลล์ที่ด้านปลายไม่สมบูรณ์มาทำการทดสอบได้ แต่จุดที่ขาดต้องอยู่ระหว่างเครื่องหมายอ้างอิงที่ทำเอาไว้

#### ก.2.1.3.2 ขั้นตอนทดสอบรูปท่อ

ให้ใช้ขั้นตอนทดสอบรูปท่อเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนมีขนาดเล็กจนไม่สามารถเตรียมขั้นตอนทดสอบเป็นรูปดัมเบลล์ได้

ตัดตัวอย่างแกนความยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร ถอดตัวนำและสิ่งห่อหุ้มภายนอกออกโดยไม่ทำให้ฉนวนเสียหาย ทำเครื่องหมายบนขั้นตอนทดสอบและบนตัวอย่างแกน เพื่อให้ทราบว่าตัดขั้นตอนทดสอบรูปท่อมาจากแกนและตำแหน่งใด

ข้อควรระวังในการถอดตัวนำออกจากฉนวน สามารถทำได้โดยเลือกวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีดังต่อไปนี้

- ก) โดยการดึงตัวนำให้ยืดออก กรณีที่เป็นตัวนำเส้นเดียว
- ข) โดยการกลิ้งคลึงแกนด้วยความระมัดระวังโดยใช้แรงน้อย ๆ
- ค) ในกรณีที่เป็นตัวนำตีเกลียวหรือตัวนำอ่อน ให้ดึงลวดเส้นกลาง 1 เส้นหรือมากกว่าออกก่อน เพื่อให้หลวม แล้วจึงดึงเส้นอื่น ๆ ออก

หลังจากถอดตัวนำออกจากฉนวนแล้ว ถ้ามีตัวคั่น (separator) ให้เอาออก กรณีที่ทำได้ยากอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

- กรณีตัวคั่นเป็นกระดาษ ให้จุ่มน้ำ
- กรณีตัวคั่นเป็นพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต ให้จุ่มเอทิลแอลกอฮอล์
- ให้กลิ้งคลึงฉนวนบนพื้นผิวเรียบ

ทำเครื่องหมายอ้างอิง 2 แห่งบริเวณตรงกลางขั้นตอนทดสอบห่างกัน 20 มิลลิเมตร ก่อนนำไปทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึง

ขณะทดสอบความต้านทานแรงดึง ถ้าขั้นตอนทดสอบมีลักษณะผิดปกติขณะยืดตัวออกเนื่องจากมีเศษตัวคั่นตกค้างอยู่ข้างในขั้นตอนทดสอบ ให้ถือว่าผลการทดสอบของขั้นตอนทดสอบนั้นเป็นโมฆะ

#### ก.2.1.3.3 ภาวะของขั้นตอนทดสอบ ให้เตรียมดังนี้

##### ก.2.1.3.3.1 ภาวะอุณหภูมิสูง

กรณีที่มาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกำหนดให้มีภาวะอุณหภูมิสูง หรือกรณีที่ต้องการทดสอบซ้ำ เมื่อมีข้อสงสัยผลการทดสอบ ให้เตรียมภาวะของขั้นตอนทดสอบดังนี้

- กรณีขึ้นทดสอบรูปดัมเบลล์
  - ก) หลังจากถอดฉนวนออกจากสายไฟฟ้าและถอดชั้นสารกึ่งตัวนำออก (ถ้ามี) ให้ทำก่อนตัดตัวอย่างทดสอบเป็นแถบบาง
  - ข) หลังจากการขัด (หรือตัด) ขึ้นตัวอย่างให้ผิวทั้งสองด้านเรียบขนานกัน หากไม่จำเป็นต้องขัด (หรือตัด) ให้เตรียมภาวะของขึ้นทดสอบที่ขึ้นตอนข้อ ก)
- กรณีขึ้นทดสอบรูปท่อ ให้เตรียมภาวะของขึ้นทดสอบหลังจากถอดตัวนำและตัวกันใด ๆ ออกก่อนทำเครื่องหมายสำหรับวัดความยืด

กรณีที่มาตราฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกำหนดให้มีภาวะอุณหภูมิสูงต้องเตรียมภาวะตามระยะเวลาและอุณหภูมิตามที่มาตรฐานนั้นได้กำหนดไว้ หรือกรณีที่ต้องการทดสอบซ้ำ เมื่อมีข้อสงสัยผลการทดสอบ ต้องเตรียมภาวะที่อุณหภูมิ  $(70 \pm 2)$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือที่อุณหภูมิต่ำกว่าค่าอุณหภูมิใช้งานสูงสุดของตัวนำ

#### ก.2.1.3.3.2 ภาวะอุณหภูมิโดยรอบ

ก่อนการหาค่าพื้นที่หน้าตัด ขึ้นทดสอบทั้งหมดต้องป้องกันไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $(23 \pm 5)$  องศาเซลเซียส ยกเว้นฉนวนที่ทำจากวัสดุประเภทเทอร์มอพลาสติกให้เก็บที่อุณหภูมิ  $(23 \pm 2)$  องศาเซลเซียส

#### ก.2.1.4 การหาค่าพื้นที่หน้าตัด

##### ก.2.1.4.1 ขึ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

พื้นที่หน้าตัดของขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นคำนวณได้จากผลคูณของค่าความกว้างและความหนาต่ำสุดของแต่ละชิ้นทดสอบซึ่งหาได้ดังนี้

การหาค่าความกว้าง

- ตุ่มขึ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น ใช้ค่าความกว้างน้อยสุดที่วัดได้เป็นค่าความกว้าง
- ถ้ามีข้อสงสัยเกี่ยวกับความสม่ำเสมอของความกว้างขึ้นทดสอบ ให้วัดความกว้างขึ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น แต่ละชิ้นให้วัด 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งให้วัดความกว้างด้านหน้าและด้านหลังของขึ้นทดสอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่งนั้น ๆ ให้เลือกค่าต่ำสุดจากค่าเฉลี่ย 9 ค่า ใช้เป็นค่าความกว้างของขึ้น
- หากยังมีข้อสงสัยอีก ให้วัดค่าความกว้างของขึ้นทดสอบทุกชิ้น

การหาค่าความหนา

- ความหนาของขึ้นทดสอบแต่ละชิ้นได้จากค่าความหนาต่ำสุดของการวัดความหนา 3 จุดภายในบริเวณเครื่องหมายอ้างอิง (ดูรูป ก.12 และ รูป ก.13) ของขึ้นทดสอบ

ในการวัดต้องใช้เครื่องวัดที่ใช้แสง (optical instrument) หรือเครื่องวัดแบบมีหน้าปัดที่แรงกดสัมผัสบนชิ้นทดสอบไม่เกิน 0.07 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

เครื่องวัดที่ใช้ต้องมีความสามารถในการวัดความหนาที่มีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า 0.01 มิลลิเมตรได้ และใช้วัดความกว้างที่มีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า 0.04 มิลลิเมตรได้

ในกรณีที่มีข้อสงสัยของผลการทดสอบ ถ้าเป็นไปได้ต้องใช้เครื่องวัดที่ใช้แสงหรืออาจใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดที่มีแรงกดสัมผัสบนชิ้นทดสอบไม่เกิน 0.02 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ในการวัด

หมายเหตุ ถ้าส่วนกลางของชิ้นทดสอบรูปคัมเบลล์มีลักษณะโค้ง อาจใช้ไดอัลเกจที่มีหน้าสัมผัสโค้งเพื่อความเหมาะสม

#### ก.2.1.4.2 ชิ้นทดสอบรูปท่อ

ให้เตรียมชิ้นทดสอบจากกึ่งกลางของชิ้นตัวอย่างมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ (A) มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้ ในกรณีที่เกิดข้อสงสัยในการทดสอบให้ใช้วิธีที่ 2 ทดสอบ

วิธีที่ 1 คำนวณจากขนาดของชิ้นทดสอบ ให้ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$A = \pi (D - \delta) \delta$$

โดยที่

$\delta$  คือ ค่าเฉลี่ยของความหนาของฉนวน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้วิธีคำนวณตามข้อ ก.1 โดยปิดทศนิยมเป็น 2 ตำแหน่ง (ดูข้อ ก.1.1.4 ย่อหน้าสุดท้าย)

$D$  คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้วิธีคำนวณตามวิธีการทดสอบของข้อที่ ก.1.3.2 ข) และปิดทศนิยมเป็น 2 ตำแหน่ง

วิธีที่ 2 คำนวณจากความหนาแน่น มวล และความยาวของชิ้นทดสอบ ให้ใช้สมการดังต่อไปนี้

$$A = \frac{1000 m}{d \times l}$$

โดยที่

$m$  คือ มวลของชิ้นทดสอบมีหน่วยเป็นกรัม ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

$l$  คือ ความยาวของชิ้นทดสอบมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

$d$  คือ ค่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ สามารถหาได้จากการวัดชิ้นทดสอบเพิ่มเติมจากตัวอย่างทดสอบเดิม ตามวิธีใดวิธีหนึ่งในภาคผนวก ซ. มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

วิธีที่ 3 คำนวณจากปริมาตรและความยาว ปริมาตรหาได้จาก การนำขึ้นทดสอบจุ่มลงในเอทิลแอลกอฮอล์ โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$A = \frac{V}{l}$$

$V$  คือ ปริมาตรของขึ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

$l$  คือ ความยาวของขึ้นทดสอบมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

ควรระวังการเกิดฟองอากาศของขึ้นงานระหว่างการแช่ขึ้นทดสอบในเอทิลแอลกอฮอล์

ก.2.1.4.3 สำหรับขึ้นทดสอบที่จะนำไปทดสอบการเร่งอายุใช้งาน การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด ให้ทำก่อนที่จะนำขึ้นทดสอบไปเร่งอายุใช้งาน เว้นแต่ว่าขนาดที่จะนำไปเร่งอายุการใช้งานพร้อมกับตัวนำ

#### ก.2.1.5 การเร่งอายุใช้งาน

การทดสอบการเร่งอายุใช้งานแต่ละครั้งต้องใช้ขึ้นทดสอบ 5 ชิ้น (ดูข้อ ก.2.1.2) ตามภาคผนวก ข. ในสถานะที่กำหนดตามข้อกำหนดของมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

#### ก.2.1.6 -ว่าง-

#### ก.2.1.7 วิธีทดสอบความต้านแรงดึง

##### ก.2.1.7.1 อุณหภูมิทดสอบ

การทดสอบความต้านแรงดึงต้องทดสอบที่อุณหภูมิ  $(23 \pm 5)$  องศาเซลเซียส ในกรณีที่เกิดข้อสงสัยในการทดสอบสำหรับฉนวนประเภทเทอร์มอพลาสติก ให้ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ  $(23 \pm 2)$  องศาเซลเซียส

##### ก.2.1.7.2 ระยะห่างระหว่างปากจับขึ้นทดสอบและอัตราความเร็วที่ใช้ดึงขึ้นทดสอบ

ปากจับขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดึงเป็นชนิดรัดแน่นด้วยตัวเองหรือไม่ใช้ก็ได้ ความยาวรวมระหว่างปากจับขึ้นทดสอบของเครื่องทดสอบความต้านแรงดึง มีระยะห่างดังนี้

34 มิลลิเมตร สำหรับขึ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ดังรูปที่ ก.13

50 มิลลิเมตร สำหรับขึ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ดังรูปที่ ก.12

50 มิลลิเมตร สำหรับขึ้นทดสอบรูปท่อน ถ้าทดสอบโดยการใส่ปากจับขึ้นทดสอบแบบรัดแน่นด้วยตัวเอง

85 มิลลิเมตร สำหรับขึ้นทดสอบรูปท่อน ถ้าทดสอบโดยการใส่ปากจับขึ้นทดสอบแบบไม่รัดแน่นด้วยตัวเอง

ความเร็วที่ใช้ตั้งขึ้นทดสอบต้องมีอัตราความเร็ว  $(250 \pm 50)$  มิลลิเมตรต่อนาที ในกรณีที่มีข้อสงสัย ในการทดสอบต้องใช้อัตราความเร็ว  $(25 \pm 5)$  มิลลิเมตรต่อนาที

กรณีที่ฉนวนเป็นพอลิเอทิลีน (PE) และ พอลิพรอพิลีน (PP) หรือฉนวนที่มีส่วนผสมของ PE และ PP ต้องใช้อัตราความเร็ว  $(25 \pm 5)$  มิลลิเมตรต่อนาที แต่สำหรับงานการทดสอบประจำ ยอมให้ใช้อัตราความเร็ว  $(250 \pm 50)$  มิลลิเมตรต่อนาทีได้

#### ก.2.1.7.3 การวัด

ให้ทำการวัดระยะห่างระหว่างเครื่องหมายอ้างอิงทั้งสองขณะที่ขึ้นทดสอบขาด และจดบันทึกค่าความต้านแรงดึงสูงสุดขณะทำการทดสอบ จากขึ้นทดสอบเดียวกัน

ผลการทดสอบที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากจุดขาดอยู่นอกเครื่องหมายอ้างอิง ไม่ต้องนำผลทดสอบมาใช้ ซึ่งในกรณีนี้ ต้องมีผลทดสอบของขึ้นทดสอบอย่างน้อย 4 ชั้นที่เหลือนำมาใช้คำนวณค่าความต้านแรงดึงและความยืดที่จุดขาด มิฉะนั้นต้องทดสอบใหม่

#### ก.2.1.8 การรายงานผลการทดสอบ

คำนวณหาค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืด ณ จุดขาด

หาค่ามัธยฐานจากผลการทดสอบ

#### ก.2.2 การทดสอบสมบัติทางกลของเปลือก

##### ก.2.2.1 ทั่วไป

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบหาค่าความต้านแรงดึงและค่าความยืด ณ จุดที่ขาดของวัสดุที่ใช้ทำเปลือก ของสายไฟฟ้า ในภาวะหลังการผลิต (ไม่ถูกใช้งาน) และหลังจากการเร่งอายุการใช้งานหนึ่งครั้งหรือมากกว่า

เมื่อเตรียมขึ้นทดสอบเพื่อทำการเร่งอายุการใช้งาน (ตามภาคผนวก ข. ข้อ ข.1.3 หรือ ภาคผนวก ฉ.) ขึ้นทดสอบที่นำมาทดสอบการเร่งอายุการใช้งานให้เลือกจากตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับขึ้นทดสอบที่นำมาทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งาน และการทดสอบความต้านแรงดึงของขึ้นทดสอบก่อนเร่งอายุการใช้งานและหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทำติดต่อกันทันที

**หมายเหตุ** หากต้องการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ แนะนำให้ทำการทดสอบก่อนและหลังเร่งอายุการใช้งาน ให้ทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน วิธีทดสอบเดียวกัน เครื่องทดสอบเดียวกัน และทำในห้องทดสอบเดียวกัน

##### ก.2.2.2 การสุ่มตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างสายไฟฟ้าหรือสายอ่อน หรือเฉพาะเปลือกของสายไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ ให้มีขนาดเพียงพอสำหรับเตรียมขึ้นทดสอบอย่างน้อย 5 ชั้น เพื่อการทดสอบความต้านแรงดึงก่อนเร่งอายุการใช้งาน จำนวนชั้น



## มอก.11 เล่ม 2-2553

ทดสอบที่ต้องการสำหรับการทดสอบความต้านแรงดึงหลังเร่งอายุการใช้งาน ต้องเตรียมไว้ให้เพียงพอสำหรับทดสอบตามข้อ ก.2.2.5 และให้ตระหนักว่าชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นควรมีความยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่พบว่ามีการชำรุดเสียหายทางกลต้องไม่นำมาใช้ทดสอบ

### ก.2.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ และสภาวะของชิ้นทดสอบ

ให้เตรียมชิ้นทดสอบจากตัวอย่างเปลือกในลักษณะเดียวกับจำนวนในข้อ ก.2.1.3

การเตรียมชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ ให้ผ่าเปลือกตามแนวแกนของสายเป็นแถบยาว และนำส่วนประกอบอื่น ๆ ออกให้หมด หากแถบยาวนั้นมีสันหรือรอยกดต้องตัดหรือขจัดออก สำหรับเปลือกที่เป็นพอลิเอทิลีน (PE) และพอลิพรอพิลีน (PP) ให้ใช้วิธีตัดออกเท่านั้น

**หมายเหตุ** สำหรับเปลือกที่เป็นพอลิเอทิลีน เมื่อเปลือกมีความหนามากกว่า 2 มิลลิเมตร ไม่จำเป็นต้องลดความหนาของชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์เป็น 2 มิลลิเมตร เพียงทำให้ผิวชิ้นทดสอบเรียบทั้ง 2 ด้านก็พอ

การเตรียมชิ้นทดสอบรูปท่อ ให้นำส่วนประกอบภายในเปลือกออกให้หมดรวมถึง แกน ฟิลเลอร์ และเปลือกใน

สภาวะของชิ้นทดสอบให้เป็นไปตามข้อ ก.2.1.3.3

### ก.2.2.4 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบหาได้จากวิธีการเช่นเดียวกับจำนวนในข้อ ก.2.1.4 กรณีชิ้นทดสอบรูปท่อ มีข้อกำหนดเพิ่มเติมดังนี้

- ความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของเปลือก ให้วัดตามข้อ ก.1.2.4 สำหรับความหนา และข้อ ก.1.3.2 สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และนำมาคำนวณตามวิธีที่ 1 ในข้อ ก.2.1.4.2
- ความหนาแน่นต้องวัดจากชิ้นทดสอบที่มาจากเปลือกชิ้นเดียวกัน ตามวิธีที่ 2 ในข้อ ก.2.1.4.2

**หมายเหตุ** วิธีที่ 2 ในข้อ ก.2.1.4.2 ห้ามใช้กับวัสดุที่มีหลายชั้น

### ก.2.2.5 การเร่งอายุใช้งาน

ให้ใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้น ในแต่ละครั้งของการเร่งอายุใช้งานชิ้นทดสอบ (ดู ก.2.2.2) ให้เป็นไปตามภาคผนวก ข. ในสภาวะที่กำหนดในมาตรฐานของสายไฟฟ้าแต่ละประเภท

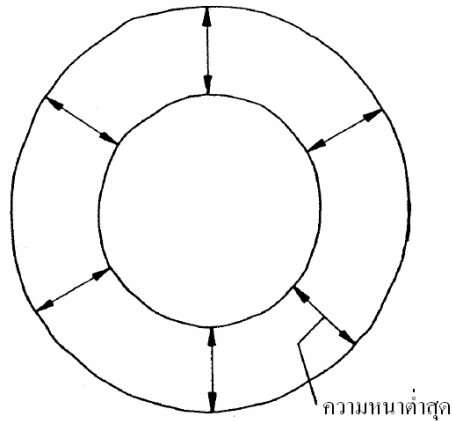
### ก.2.2.6-ว่าง-

### ก.2.2.7 วิธีการทดสอบความต้านแรงดึง

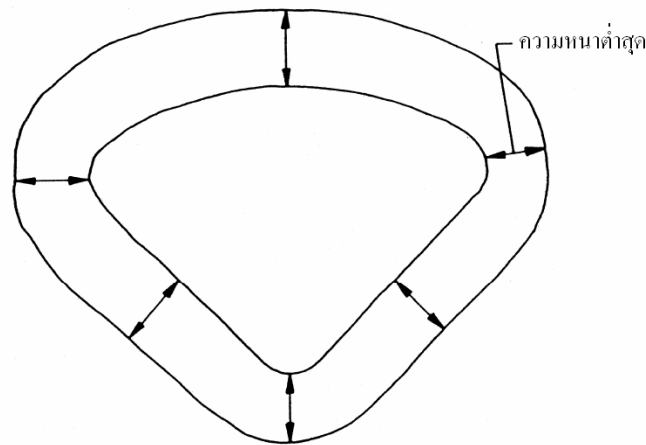
เป็นไปตามข้อ ก.2.1.7

ก.2.2.8 การรายงานผลการทดสอบ

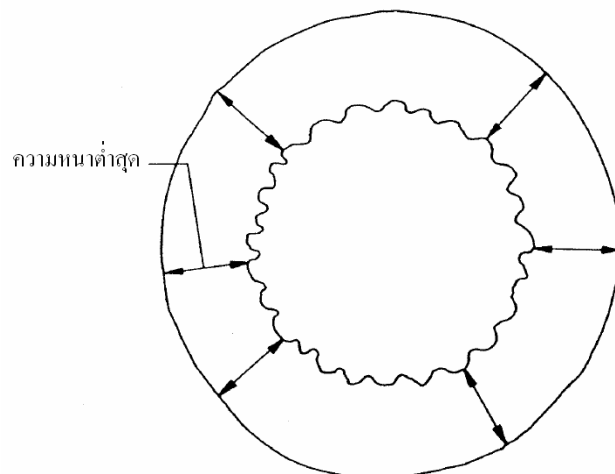
เป็นไปตามข้อ ก.2.1.8



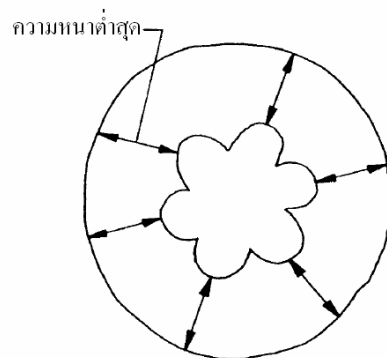
รูปที่ ก.1 แสดงการวัดค่าความหนาของจนวนและเปลือก (หน้าตัดข้างด้านในที่เป็นวงกลม)



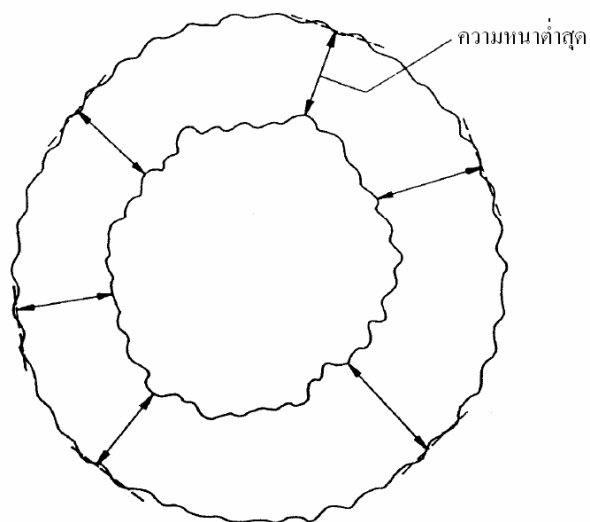
รูปที่ ก.2 แสดงการวัดค่าความหนาของจนวน (ตัวนำรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง)



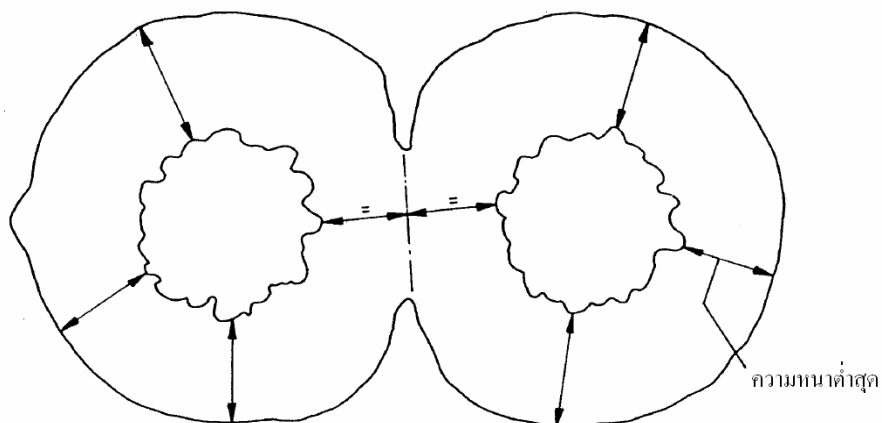
รูปที่ ก.3 แสดงการวัดค่าความหนาของฉนวน (ตัวนำดีเกลือ)



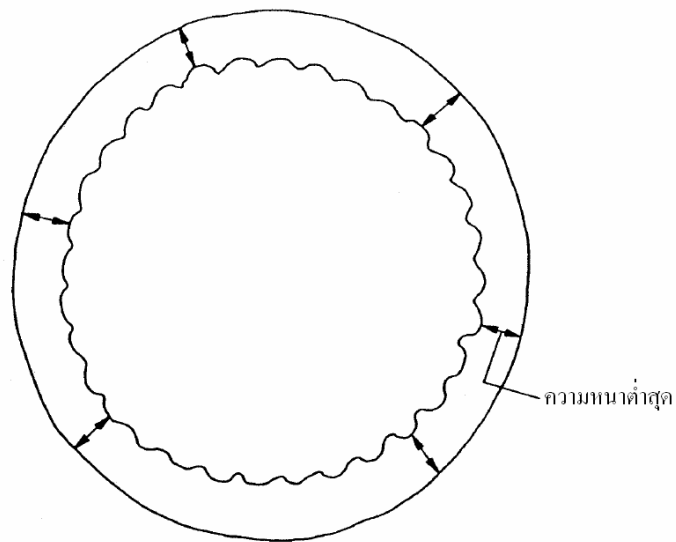
รูปที่ ก.4 แสดงการวัดค่าความหนาของฉนวน (ตัวนำดีเกลือ)



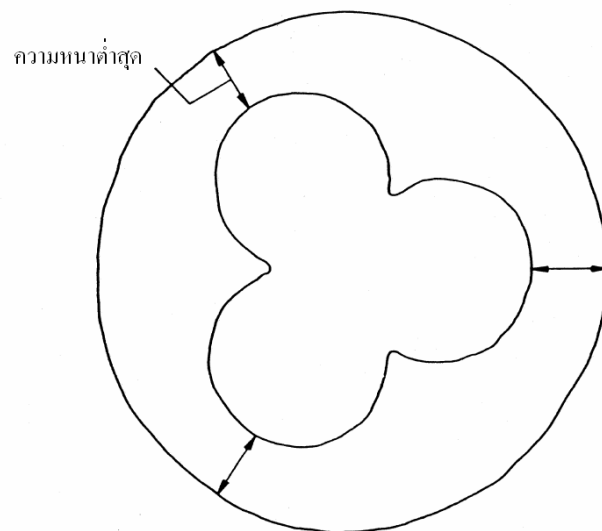
รูปที่ ก.5 แสดงการวัดค่าความหนาของฉนวน (หน้าตัดข้างด้านนอกไม่เรียบ)



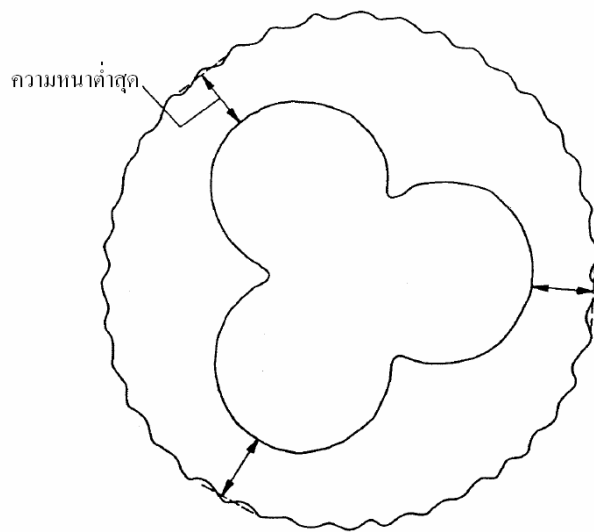
รูปที่ ก.6 แสดงการวัดค่าความหนาของฉนวน (สายอ่อนแบนแกนคู่ไม่มีเปลือก)



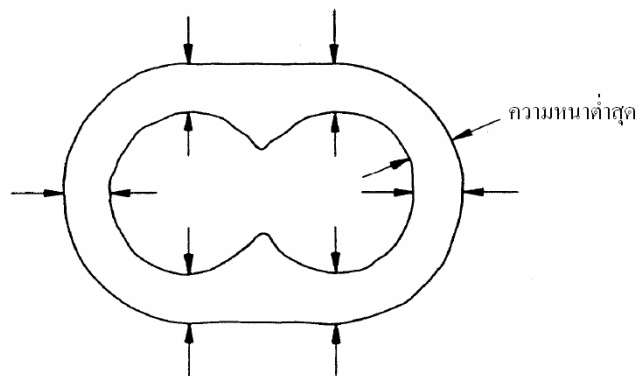
รูปที่ ก.7 แสดงการวัดค่าความหนาของเปลือก (หน้าตัดข้างด้านในที่เป็นวงกลมไม่เรียบ)



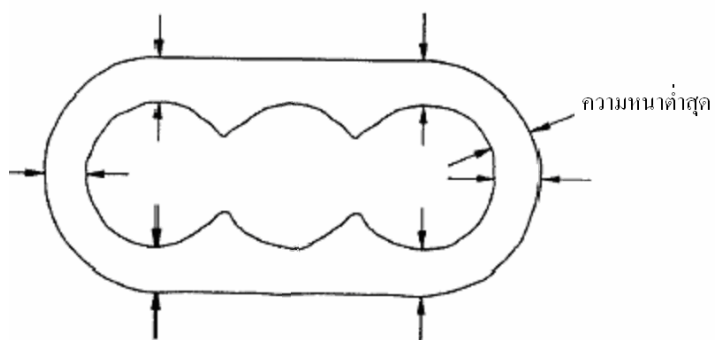
รูปที่ ก.8 แสดงการวัดค่าความหนาของเปลือก (หน้าตัดข้างด้านในที่ไม่เป็นวงกลม)



รูปที่ ก.9 แสดงการวัดค่าความหนาของเปลือก (ผิวด้านนอกไม่เรียบ)



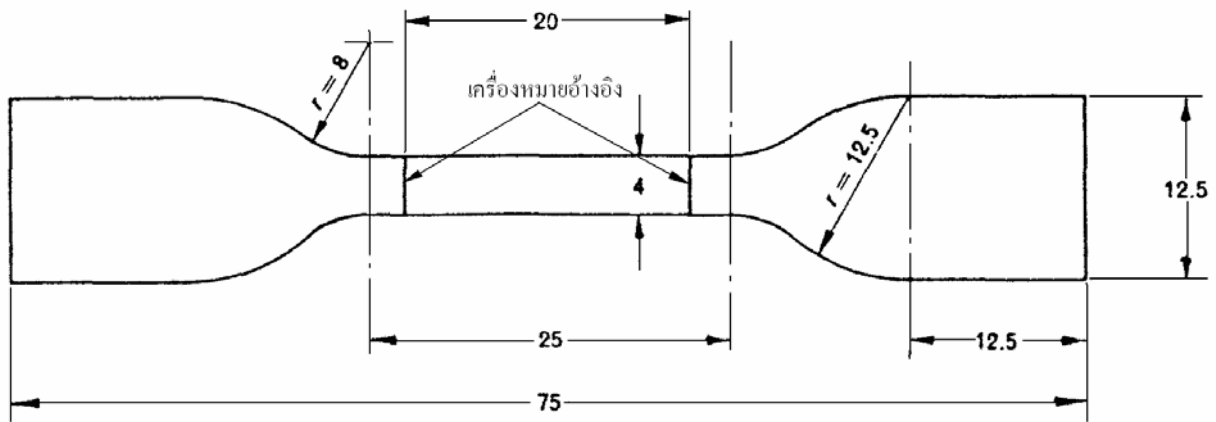
รูปที่ ก.10 (ก) แสดงการวัดค่าความหนาของเปลือก (สายแบน 2 แถบ)



หมายเหตุ กำหนดเพิ่มเติมเพื่อใช้สำหรับสายไฟฟ้า VAF

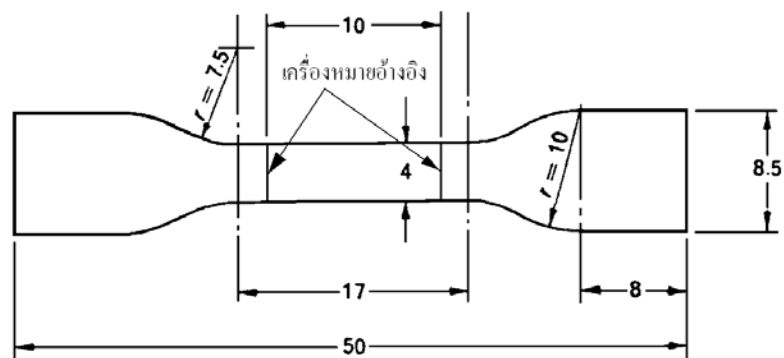
รูปที่ ก.10 (ข) แสดงการวัดค่าความหนาของเปลือก (สายแบน 2 แถบ มีสายดิน)

รูปที่ ก.11 (ว่าง)



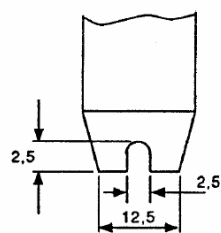
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ก.12 แสดงชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์



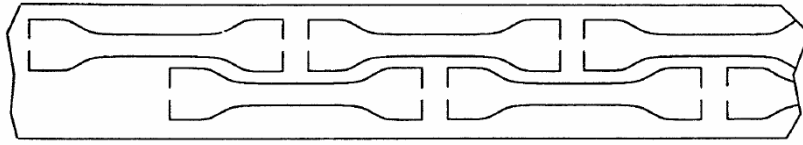
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ก.13 แสดงชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์เล็ก

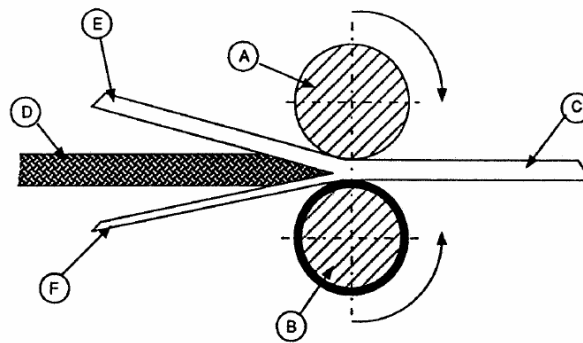


หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ก.14 แสดงร่องปลายใบมีดตอก



รูปที่ ก.15 แสดงชิ้นทดสอบที่ตัดโดยใบมีดตอก



ลูกกลิ้ง 2 ลูก ลูกกลิ้ง A ทำด้วยเหล็กกล้า และทำเป็นร่อง ส่วนลูกกลิ้ง B ทำด้วยเหล็กกล้าหุ้มยาง ดันแถบขึ้น ตัวอย่าง C เข้ากับใบมีดที่มีความคมมาก (คุณภาพระดับมีดผ่าตัด) ที่ยึดติดอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ได้ D

ตัดแถบตัวอย่าง C ตามแนวแกนออกเป็น 2 ส่วน: ส่วน E เป็นชิ้นทดสอบ และ ส่วน F เป็นส่วนที่ตัดออก

หมายเหตุ ความหนาของส่วน F สามารถกำหนดเป็น 0.1 มิลลิเมตรได้ถ้าจำเป็น (สำหรับจุดประสงค์นี้ ควรคำนึงถึงลักษณะของวัสดุที่เตรียม เพื่อการรักษาคมของมีด)

รูปที่ ก.16 ตัวอย่างเครื่องเตรียมชิ้นทดสอบ

## ภาคผนวก ข.

## วิธีการทดสอบการเร่งอายุใช้งานโดยใช้ความร้อน

## ข.1 การเร่งอายุใช้งานในตู้อบความร้อน

## ข.1.1 ทั่วไป

การทดสอบนี้กำหนดไว้สำหรับ

- ก) การเตรียมชิ้นทดสอบเฉพาะฉนวนหรือเปลือก (ข้อ ข.1.3.1)
- ข) การเตรียมชิ้นทดสอบของแกน (ตัวนำและฉนวน) (ข้อ ข.1.3.2 และข้ออื่นที่เกี่ยวข้องตามลำดับ)
- ค) ชิ้นทดสอบของสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ (ข้อ ข.1.4)
- ง) การทดสอบการสูญเสียมวล (ภาคผนวก จ.)

การทดสอบ ข้อ ก) และ ข้อ ง) อาจเป็นชิ้นทดสอบเดียวกัน

## ข.1.2 อุปกรณ์

ตู้อบที่มีการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ หรือแบบใช้ความดัน อากาศต้องไหลเข้าตู้อบในทิศทางที่ผ่านพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และไหลออกบริเวณด้านบนของตู้อบ ตู้อบต้องมีอัตราการถ่ายเทอากาศ (air change rate) ตั้งแต่ 8 ถึง 20 เท่าต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่กำหนดในการทดสอบเร่งอายุใช้งาน

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นในข้อกำหนดสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ ชิ้นทดสอบที่เป็นสารประกอบประเภทยาง (rubber compound) อนุญาตให้ใช้พัลลมในตู้อบได้ สำหรับการทดสอบ สารประกอบประเภทอื่นไม่อนุญาตให้ใช้พัลลมในตู้อบ ในกรณีที่ไม่มีแน่ใจว่าเป็นสารประกอบประเภท ยาง ห้ามใช้พัลลมในตู้อบ

## ข.1.3 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบ

## ข.1.3.1 การเร่งอายุการใช้งานชิ้นทดสอบที่เตรียมของเปลือกและฉนวนที่ไม่มีตัวนำ

การทดสอบการเร่งอายุการใช้งานต้องทดสอบที่ภาวะแวดล้อมปกติ

ชิ้นทดสอบตามที่กำหนดในภาคผนวก ก. ข้อ ก.2 ต้องแขวนตามแนวตั้งบริเวณกลางตู้อบ โดยแต่ละชิ้นต้องห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบชิ้นใด ที่จะใช้ทดสอบการสูญเสียมวล ต้องมีขนาดไม่มากกว่าร้อยละ 0.5 ของปริมาตรตู้อบ



ต้องอบขึ้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

สารประกอบที่องค์ประกอบต่างกันห้ามทดสอบพร้อมกันในตู้อบเดียวกัน

เมื่อครบระยะเวลาการเร่งอายุการใช้งาน ต้องนำขึ้นทดสอบออกจากตู้อบและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง แล้วนำไปทดสอบความต้านแรงดึงของฉนวนและเปลือก ตามภาคผนวก ก.

ข.1.3.2 การเร่งอายุใช้งานขึ้นทดสอบของแกนที่มีตัวนำเดิม (original conductor)

- ก) หลังการเร่งอายุใช้งานถ้าสามารถเอาตัวนำและตัวคั่น (ถ้ามี) ออกได้โดยไม่ทำให้ฉนวนเสียหาย ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้ ตัดตัวอย่างของแกนเป็นชิ้นที่มีความยาวพอเพียง ตัวอย่างของแกนต้องตัดมาจากตำแหน่งที่ใกล้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุใช้งานตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3 ขึ้นทดสอบต้องเร่งอายุใช้งานตามข้อ ข.1.3.1 หลังจากนั้นให้เอาตัวนำออก และหาพื้นที่หน้าตัดของขึ้นทดสอบตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.4.2 และทดสอบความต้านแรงดึงตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.7
- ข) หลังการเร่งอายุใช้งานถ้าไม่สามารถเอาตัวนำและตัวคั่น (ถ้ามี) ออกได้เพราะอาจทำให้ฉนวนเสียหาย ให้เตรียมขึ้นทดสอบและใช้วิธีทดสอบตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 สรุปการทดสอบเร่งอายุใช้งานสำหรับตัวนำหุ้มฉนวนในกรณีที่มีความยากในการเตรียม  
ขั้นตอนสอบเนื่องจากตัวนำ ฉนวนหรือตัวคั่น ยึดติดกันระหว่างเร่งอายุใช้งาน

ประเภทของตัวนำทองแดงและรูปแบบตัวนำ	วิธีทดสอบ
ประเภท 1: ทองแดงไม่ชุบผิว	ดู ข้อ ข.1.3.3 ก) หรือถ้าวิธีนี้ก่อให้เกิดปัญหาการยึดติด ดูข้อ ข.1.3.4 การเร่งอายุการใช้งานตามด้วยการทดสอบการตัดโค้ง เป็นการดำเนินการที่ยอมรับได้ ใช้ในกรณีที่มีการโต้แย้ง
ประเภท 1: ทองแดงชุบผิว หรือมีตัวคั่นอยู่รอบตัวนำ	ดูข้อ ข.1.3.4
ประเภท 2: ตัวนำกลมที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่มากกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร และมีลวดที่ไม่ชุบผิวหรือชุบผิว และมีหรือไม่มีตัวคั่นก็ได้	ดูข้อ ข.1.3.4
ประเภท 2: ตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดกลมหรือรูปทรงอื่น และมีลวดที่ไม่ชุบผิวหรือชุบผิว	ดูข้อ ข.1.3.5
ประเภท 5 และ 6: ตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่มากกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร และมีลวดที่ไม่ชุบผิวหรือชุบผิว และมีหรือไม่มีตัวคั่นก็ได้	ดูข้อ ข.1.3.3 ข) หรือถ้าวิธีนี้ก่อให้เกิดปัญหาการยึดติด ดูข้อ ข.1.3.4 การเร่งอายุการใช้งานตามด้วยการทดสอบการตัดโค้ง เป็นการดำเนินการที่ยอมรับได้ ใช้ในกรณีที่มีการโต้แย้ง
ประเภท 5 และ 6: ตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า 16 ตารางมิลลิเมตร มีลวดที่ไม่ชุบผิวหรือชุบผิว	ดูข้อ ข.1.3.5
หมายเหตุ ในกรณีการทดสอบการตัดโค้ง (ข้อ ข.1.3.4) ภาวะการเร่งอายุใช้งานอาจแตกต่างจากภาวะที่กำหนดสำหรับการหาคุณสมบัติความต้านแรงดึง (ข้อ ข.1.3.2 และข้อ ข.1.3.3) ตามมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง	

ข.1.3.3 การเร่งอายุใช้งานของขั้นตอนสอบรูปท่อนด้วยวิธีการลดขนาดตัวนำ (reduced conductor)

ก) ตัวนำไม่ชุบผิวเส้นเดี่ยวโดยการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

หลังจากเตรียมขั้นตอนสอบ 5 ขึ้นตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3.2 ให้สอดตัวนำไม่ชุบผิวเส้นเดี่ยวซึ่งได้ถูกลดขนาดลงไม่เกินร้อยละ 10 แทนตัวนำที่ถอดออกทำได้โดยยึดลดขนาดจากตัวนำเดิม หรือโดยใช้ตัวนำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กกว่าตามต้องการ

ชั้นทดสอบนี้ต้องเร่งอายุใช้งานตามข้อ ข.1.3.1 หลังจากนั้นให้ถอดตัวนำที่ลดขนาดออก และหาพื้นที่หน้าตัดของชั้นทดสอบรูปท่อตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.4 แล้วหาคุณสมบัติความต้านแรงดึงตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.7

ข) ตัวนำประเภท 5 และ ประเภท 6 โดยการลดจำนวนเส้นลวด

เตรียมชั้นทดสอบ 5 ชั้นตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3.2 โดยการถอดลวดที่ประกอบเป็นตัวนำออกจากจำนวนประมาณร้อยละ 30 หรือถอดลวดออกทั้งหมดแล้วสอดกลับคืนประมาณร้อยละ 70 ในชั้นทดสอบรูปท่อ

จากนั้นนำชั้นทดสอบทั้งหมดไปเร่งอายุใช้งานตามข้อ ข.1.3.1 แล้วถอดตัวนำออก เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดของชั้นทดสอบรูปท่อตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.4 ตามด้วยหาสมบัติความต้านแรงดึงตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.7

ข.1.3.4 การเร่งอายุใช้งานและการทดสอบการดัดโค้งกับชั้นทดสอบที่เป็นแกน

ก) การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมชั้นทดสอบ

ตัดชั้นทดสอบ 2 ชั้นให้มีความยาวที่เหมาะสมจากแต่ละแกนในตำแหน่งที่ใกล้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงที่ไม่ได้เร่งอายุใช้งาน (ดูภาคผนวก ก.)

ข) การดำเนินการเร่งอายุใช้งาน

ชั้นทดสอบต้องวางบริเวณกลางตู้อบ โดยแต่ละชั้นต้องห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร รองปลายทั้งสองข้างของชั้นทดสอบ โดยจำนวนต้องไม่สัมผัสกับวัตถุอื่น ๆ ชั้นทดสอบต้องมีปริมาตรไม่มากกว่าร้อยละ 2 ของปริมาตรตู้อบ ต้องอบชั้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

ค) การดำเนินการดัดโค้ง

ทันทีที่ครบระยะเวลาการเร่งอายุใช้งาน ต้องนำชั้นทดสอบออกจากตู้อบและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบอย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง

จากนั้นนำชั้นทดสอบพันรอบแมนเดรลเป็นวงชิดกัน ทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบ

การดำเนินการพันต้องพันด้วยอัตราความเร็วประมาณ 5 วินาทีต่อ 1 รอบด้วยความเร็วสม่ำเสมอ

เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลต้องมีขนาดเป็น  $f$  เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของแกน ค่าของ  $f$  และจำนวนรอบที่ดัดโค้งได้กำหนดในตารางดังนี้

พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ mm <sup>2</sup>	ตัวประกอบ $f$	จำนวนรอบที่ตัดโค้ง
ไม่มากกว่า 2.5	$1 \pm 0.1$	7
4 และ 6	$2 \pm 0.1$	6
10 และ 16	$4 \pm 0.1$	5

ง) ข้อกำหนด

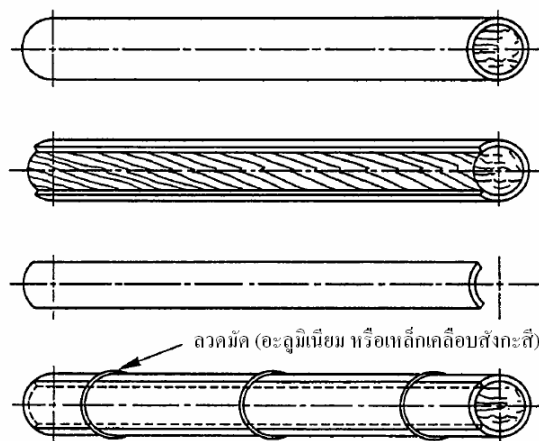
เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการตัดโค้ง ให้ทำการตรวจสอบชั้นทดสอบในขณะที่อยู่บนแมนเดรล  
 ฉนวนของชั้นทดสอบทั้ง 2 ชั้น ต้องไม่ปรากฏรอยแตกร้าวเมื่อตรวจสอบด้วยสายตาปกติหรือ  
 แวนสายตาโดยไม่ใช้อุปกรณ์ขยายภาพ รอยแตกร้าวในรอบที่หนึ่งหรือรอบสุดท้ายบน  
 แมนเดรลไม่ต้องนำมาพิจารณา

ข.1.3.5 การเร่งอายุใช้งานของชั้นทดสอบที่เตรียมเป็นพิเศษที่เป็นแกน

ก) การสุ่มตัวอย่างและการเตรียมชั้นทดสอบ

ตัดตัวอย่าง 3 ตัวอย่างของแต่ละแกน แต่ละตัวอย่างยาวประมาณ 200 มิลลิเมตร โดยตัดจาก  
 ตำแหน่งที่ใกล้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุใช้งาน(ดู  
 ภาคผนวก ก.)

ในกรณีแกนรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง ความกว้างของแถบ (ดูภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3) ต้องไม่  
 น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ต้องตัดจากฉนวนที่เป็นด้านฐานโค้งตามแนวแกนของตัวนำและให้แยก  
 แถบออกจากตัวนำ จากนั้นให้วางแถบกลับที่เดิมและรัดด้วยลวดที่เหมาะสมบริเวณกึ่งกลาง  
 ของชั้นทดสอบ และรัดที่ปลายทั้ง 2 ด้านโดยห่างจากปลายประมาณ 20 มิลลิเมตร ด้วยวิธีนี้  
 แถบจะสัมผัสกับตัวนำอีกครั้ง ดังรูปแสดงต่อไปนี้

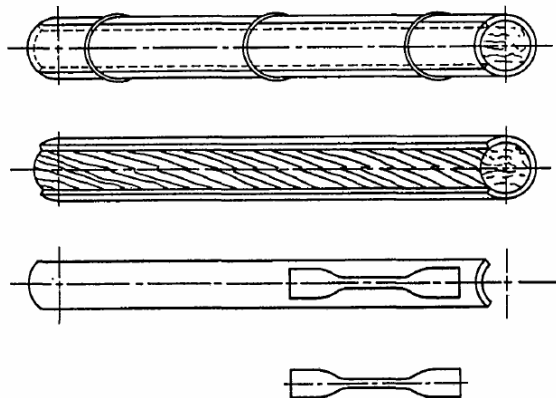


สำหรับแกนที่มีตัวนำกลมให้ดำเนินการวิธีเดียวกัน กรณีที่แกนที่มีขนาดเล็ก (ตัวอย่างเช่น ขนาด 25 ตารางมิลลิเมตร) ถ้าครึ่งหนึ่งของเส้นรอบวงของฉนวนน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ให้ตัดแถบที่ครึ่งหนึ่งของเส้นรอบวง เพื่อให้ฉนวนสามารถแยกออกจากตัวนำได้

ข) การดำเนินการเร่งอายุใช้งาน

ชั้นทดสอบที่เตรียมมาพิเศษต้องวางบริเวณกลางตู้อบ โดยแต่ละชั้นต้องห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร รองปลายทั้งสองข้างของชั้นทดสอบ โดยฉนวนต้องไม่สัมผัสกับวัตถุอื่น ๆ ยกเว้น ลวดมัด ชั้นทดสอบต้องมีปริมาตรไม่มากกว่าร้อยละ 2 ของปริมาตรตู้อบ ต้องอบชั้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

ทันทีที่ครบระยะเวลาการเร่งอายุการใช้งานต้องนำชั้นทดสอบออกจากตู้อบและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบ อย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง จากนั้นให้แยกแถบออกจากตัวนำ ให้เตรียมชั้นทดสอบรูปดัมเบลล์จำนวน 2 ชิ้นจากแต่ละชั้นตัวอย่างตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3 เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดของชั้นทดสอบตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.4 ดังรูปแสดงต่อไปนี้



จากนั้นทดสอบความต้านแรงดึงตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.7

ข.1.4 ขั้นตอนสำหรับชั้นทดสอบที่เป็นสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์

เตรียมชั้นทดสอบที่เป็นสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ 3 ชิ้น ความยาวประมาณ 200 มิลลิเมตร โดยตัดจากตำแหน่งที่ใกล้กับตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความต้านแรงดึงที่ไม่ได้ผ่านการเร่งอายุใช้งาน (ดูภาคผนวก ก.)

ชั้นทดสอบ ต้องแขวนไว้ในแนวตั้ง และอยู่กึ่งกลางตู้อบ และห่างจากชั้นทดสอบชิ้นอื่นอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร และชั้นทดสอบต้องมีปริมาตรไม่มากกว่าร้อยละ 2 ของปริมาตรตู้อบ

ต้องอบชั้นทดสอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิและเวลาตามข้อกำหนดของแต่ละมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

ทันทีที่ครบระยะเวลาการเร่งอายุการใช้งานต้องนำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิโดยรอบ อย่างน้อย 16 ชั่วโมง โดยหลีกเลี่ยงจากการถูกแสงแดดโดยตรง

นำสายไฟฟ้าทั้ง 3 ชิ้นมาแยกออก เพื่อเตรียมชิ้นทดสอบ โดย 2 ชิ้นจากจำนวนของแต่ละแกน (ทำสูงสุดไม่เกิน 3 แกน) และ 2 ชิ้นจากเปลือก ตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2 ดังนั้นจะมีชิ้นทดสอบจำนวน 6 ชิ้น จากแต่ละแกนและเปลือก

ถ้าชิ้นทดสอบจำเป็นต้องตัดหรือขัดเพื่อลดความหนาลงให้หนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การทดสอบ ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรตัดหรือขัดด้านที่สัมผัสกับวัสดุต่างชนิดกันในสายไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์ ถ้าจำเป็นต้องตัดหรือขัดด้านที่สัมผัสกับวัสดุต่างชนิดกัน ต้องทำให้น้อยที่สุดเพียงเพื่อให้ผิวเรียบเท่านั้น

หลังจากวัดพื้นที่หน้าตัดและปรับสภาพแล้ว ให้นำไปทดสอบการต้านแรงดึงตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.2

ภาคผนวก ก.

การเปลี่ยนรูปจากแรงกดที่อุณหภูมิสูงของฉนวนและเปลือก

หมายเหตุ ไม่แนะนำให้ใช้ทดสอบกับฉนวน และเปลือกที่มีความหนาน้อยกว่า 0.4 มิลลิเมตร

ก.1 การทดสอบฉนวน

ก.1.1 การสุ่มตัวอย่าง

สำหรับแกนแต่ละแกนที่นำมาทดสอบ ต้องนำมาจากตัวอย่างที่มีความยาว 250 ถึง 500 มิลลิเมตร และตัดออกเป็น 3 ชิ้นต่อเนื่องกัน ให้แต่ละชิ้นมีความยาวระหว่าง 50 ถึง 100 มิลลิเมตร

แกนของสายแบนคู่ที่ไม่มีเปลือกไม่ต้องแยกออกจากกัน

ก.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

จากแกนแต่ละชิ้นในหัวข้อ ก.1.1 นำมาปอกสิ่งที่ไม่หุ้มออกโดยวิธีทางกล รวมทั้งชั้นของสารกึ่งตัวนำ ออก (ถ้ามี) ขึ้นอยู่กับประเภทของสายไฟฟ้า ชิ้นทดสอบอาจมีภาคตัดขวางเป็นวงกลมหรือเป็นสามเหลี่ยมฐานโค้ง

ก.1.3 การวางชิ้นทดสอบบนอุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบที่แสดงในรูปที่ ก.1 ประกอบด้วยใบมีดสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขอบหนา  $(0.70 \pm 0.01)$  มิลลิเมตร ซึ่งใช้กดบนชิ้นทดสอบ โดยชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นถูกวางในตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ ก.1 สายแบนที่ไม่มีเปลือกต้องวางด้านแบนลง หากชิ้นทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กให้ยึดไว้กับที่รองรับเพื่อไม่ให้ชิ้นทดสอบงอเมื่อถูกใบมีดกด ชิ้นทดสอบที่เป็นรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งต้องวางบนที่รองรับที่เหมาะสมกับรูปร่างของชิ้นทดสอบ ที่แสดงในรูปที่ ก.1 แรงที่กดและใบมีดต้องมีทิศทางตั้งฉากกับแกนของชิ้นทดสอบ

ก.1.4 การคำนวณแรงกด

$F$  คือ แรงที่ใช้กดชิ้นทดสอบมีหน่วยเป็นนิวตันคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

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

โดยที่  $k$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของสายไฟฟ้าแต่ละชนิด หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ค่า ดังนี้

$k = 0.6$  สำหรับสายอ่อน และแกนของสายไฟฟ้าอ่อน

$k = 0.6$  สำหรับแกนที่มีค่า  $D$  ไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร สำหรับสายไฟฟ้าติดตั้งยึดกับที่

$k = 0.7$  สำหรับแกนที่มีค่า  $D$  มากกว่า 15 มิลลิเมตร สำหรับสายไฟฟ้าสายไฟฟ้าชนิดกึ่งที่ และแกนรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งของสายไฟฟ้าติดตั้งยึดกับที่

$\delta$  = ความหนาเฉลี่ยของฉนวนของชั้นทดสอบ

$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ยของชั้นทดสอบ

$\delta$  และ  $D$  มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ซึ่งวัดโดยวิธีการทดสอบตามภาคผนวก ก.

สำหรับแกนรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง  $D$  เป็นค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนฐานโค้งด้านนอกมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยคำนวณค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางจากการวัด 3 ครั้ง ของวงกลมที่ประกอบแกนเข้าด้วยกัน (การวัดต้องวัดจาก 3 ตำแหน่งที่ต่างกัน) โดยใช้หลักการของเทปวัด

แรงที่ใช้กับชั้นทดสอบของสายแบบคู่ไม่มีเปลือกต้องเป็น 2 เท่า ของค่าที่คำนวณได้จากสูตร ซึ่งค่า  $D$  เป็นค่าเฉลี่ยของมิติแกนสั้นของชั้นทดสอบ ที่อธิบายในหัวข้อ ค.1.1 แรงที่คำนวณได้อาจปัดเศษลงได้ไม่เกินร้อยละ 3

#### ค.1.5 การให้ความร้อนชั้นทดสอบที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์แล้ว

การทดสอบต้องทำในอากาศ (เช่น ตู้อบอากาศ) อุณหภูมิของอากาศต้องรักษาให้คงที่ตามค่าที่กำหนดในมาตรฐานของสายไฟฟ้า

เมื่ออุณหภูมิของอากาศในตู้อบได้ตามที่กำหนด ให้นำชั้นทดสอบที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์แล้ววางในตำแหน่งทดสอบตามเวลาที่กำหนดในมาตรฐานตามชนิดของสายไฟฟ้า หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ค่าดังนี้

4 ชั่วโมง สำหรับชั้นทดสอบที่มีค่า  $D$  ไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร

6 ชั่วโมง สำหรับชั้นทดสอบที่มีค่า  $D$  มากกว่า 15 มิลลิเมตร

#### ค.1.6 การทำชั้นทดสอบที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์แล้วให้เย็น

เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว (ดูข้อ ค.1.5) ต้องทำให้ชั้นทดสอบเย็นอย่างรวดเร็วในขณะที่ยังมีคดียังคงอยู่ในตู้อบโดยฉีดด้วยน้ำเย็นตรงจุดที่ใบมีดกด

นำชั้นทดสอบที่ยังประกอบอยู่กับอุปกรณ์ออกจากตู้อบ ปล่อยให้ชั้นทดสอบให้เย็นจนคงตัวไม่คืนรูปแล้ว ถอดชั้นทดสอบออกจากอุปกรณ์ และทำให้เย็นอีกครั้งหนึ่งโดยจุ่มลงในน้ำเย็น

#### ค.1.7 การวัดรอยกด

หลังจากชั้นทดสอบเย็นลงแล้วให้เตรียมชั้นทดสอบสำหรับการวัดความลึกของรอยกดในทันที

ต้องดึงตัวนำออกจากชั้นทดสอบให้เป็นรูปทรงท่อน ตัดชั้นทดสอบเป็นชิ้นบาง ๆ ตามทิศทางในแนวแกนของชั้นทดสอบโดยตัดให้ตั้งฉากกับรอยกดดังแสดงในรูปที่ ค.2



## มอก.11 เล่ม 2-2553

วางขึ้นทดสอบที่เป็นชิ้นบาง ๆ ลงบนเครื่องวัดแบบกล้องจุลทรรศน์หรือแบบเครื่องฉายหน้าข้างปรับเส้น  
กากบาทของกล้องจุลทรรศน์ให้ตรงกับจุดที่ลึกที่สุดของรอยกดและผิวนอกของขึ้นทดสอบดังแสดงในรูปที่  
ค.2

ขึ้นทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ต้องตัดขึ้นทดสอบตามแนวขวางบริเวณจุดที่  
ลึกที่สุดของรอยกด 2 ครั้งใกล้ ๆ กันดังแสดงในรูปที่ ค.3 หากความลึกของรอยกดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์วัด  
ระหว่างความหนาของฉนวนของขึ้นทดสอบตามภาคตัด 1 และภาคตัด 2 ดังแสดงในรูปที่ ค.3

หน่วยที่ใช้วัดทั้งหมดเป็นมิลลิเมตร และทศนิยม 2 ตำแหน่ง

**หมายเหตุ** ในการหาความลึกของรอยกด ขอมให้ใช้เครื่องวัดอื่นที่มีความแม่นยำเท่ากับหรือสูงกว่ากล้องจุลทรรศน์หรือ  
เครื่องฉายหน้าข้าง

### ค.1.8 การประเมินผล

ค่ามาตรฐานของความลึกของรอยกดที่ขึ้นทดสอบทั้ง 3 ชิ้นของแต่ละแกนต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าความ  
หนาเฉลี่ยของขึ้นทดสอบ (ที่วัดตามข้อ ค.1.4)

## ค.2 การทดสอบเปลือก

### ค.2.1 การสุ่มตัวอย่าง

สำหรับเปลือกแต่ละชั้นที่นำมาทดสอบ ต้องนำมาจากตัวอย่างที่มีความยาว 250 มิลลิเมตร ถึง 500  
มิลลิเมตร และตัดออกเป็น 3 ชิ้นต่อเนื่องกัน นำส่วนที่ห่อหุ้มภายนอก (ถ้ามี) และส่วนที่อยู่ภายในเปลือก  
ออกให้หมด (เช่น แกน ส่วนเติม เปลือกใน และอื่น ๆ ถ้ามี) ความยาวของเปลือกแต่ละชั้นต้องมีความยาว  
ระหว่าง 50 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร

### ค.2.2 การเตรียมขึ้นทดสอบ

จากเปลือกแต่ละชั้นในข้อ ค.2.1 ตัดขึ้นทดสอบในทิศทางขนานกับแนวแกน ให้มีความกว้างประมาณ 1 ใน  
3 ของเส้นรอบวง

ถ้าเปลือกที่มีสันซึ่งเกิดจากแกนที่มากกว่า 5 แกน ก็ทำให้เป็นขึ้นทดสอบในวิธีเดียวกันและต้องขูดเอาสัน  
ออก

ถ้าเปลือกที่มีสันซึ่งเกิดจากแกน 5 แกนหรือน้อยกว่า ทำให้เป็นขึ้นทดสอบโดยตัดตามแนวของสันและอย่าง  
น้อยให้มีร่องหนึ่งอยู่ตรงกลางของขึ้นทดสอบโดยประมาณ

ถ้าเปลือกหุ้มโดยตรงบนตัวนำดีเกลือว เกราะ (amour) หรือ สกรีนโลหะ และสันของเปลือกไม่สามารถขูด  
หรือตัดออกได้ (เว้นแต่เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดใหญ่) ให้ใช้สายไฟฟ้าเป็นขึ้นทดสอบโดยไม่ต้องลอก  
เปลือกออก

## ค.2.3 การวางขึ้นทดสอบบนอุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบเหมือนกับที่กำหนดในข้อ ค.1.3 และแสดงในรูปที่ ค.1

รองขึ้นทดสอบด้วยแท่งโลหะหรือท่อที่ถูกแบ่งครึ่งในแนวของแกนเพื่อทำให้มีความมั่นคง

รัศมีของแท่งโลหะหรือท่อต้องเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของขึ้นทดสอบโดยประมาณ

จัดอุปกรณ์ทดสอบ ขึ้นทดสอบ และที่รองรับขึ้นทดสอบ ให้ใบมีดกดลงบนผิวด้านนอกของขึ้นทดสอบ

แรงกดและใบมีดต้องมีทิศทางตั้งฉากกับแกนของที่รองรับขึ้นทดสอบ

## ค.2.4 การคำนวณแรงกด

$F$  คือ แรงที่ใช้กดขึ้นทดสอบมีหน่วยเป็นนิวตัน คำนวณจากสูตร ดังนี้

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

โดยที่  $k$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานของสายไฟฟ้าแต่ละชนิด หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ค่า ดังนี้

$k = 0.6$  สำหรับสายอ่อน

$k = 0.6$  สำหรับสายไฟฟ้าติดตั้งยึดกับที่ที่มีค่า  $D$  ไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร

$k = 0.7$  สำหรับสายไฟฟ้าติดตั้งยึดกับที่ที่มีค่า  $D$  มากกว่า 15 มิลลิเมตร

$\delta$  = ค่าเฉลี่ยความหนาของเปลือกของขึ้นทดสอบ

$D$  = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของขึ้นทดสอบ หรือมิติแกนสั้นสำหรับสายแบน

$\delta$  และ  $D$  มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ซึ่งวัดโดยวิธีการทดสอบตามภาคผนวก ก. ข้อ ก.1

แรงที่คำนวณได้อาจปัดเศษลงได้ไม่เกินร้อยละ 3

## ค.2.5 ให้ความร้อนขึ้นทดสอบที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์แล้ว

ทำขึ้นทดสอบให้ร้อนตามหัวข้อ ค.1.5 ตามเวลาที่กำหนดในมาตรฐานตามชนิดของสายไฟฟ้า หากไม่ได้กำหนดไว้ให้ใช้ค่าตามนี้

4 ชั่วโมง สำหรับขึ้นทดสอบที่มีค่า  $D$  ไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร

6 ชั่วโมง สำหรับขึ้นทดสอบที่มีค่า  $D$  มากกว่า 15 มิลลิเมตร

## ค.2.6 การทำขึ้นทดสอบที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์แล้วให้เย็น

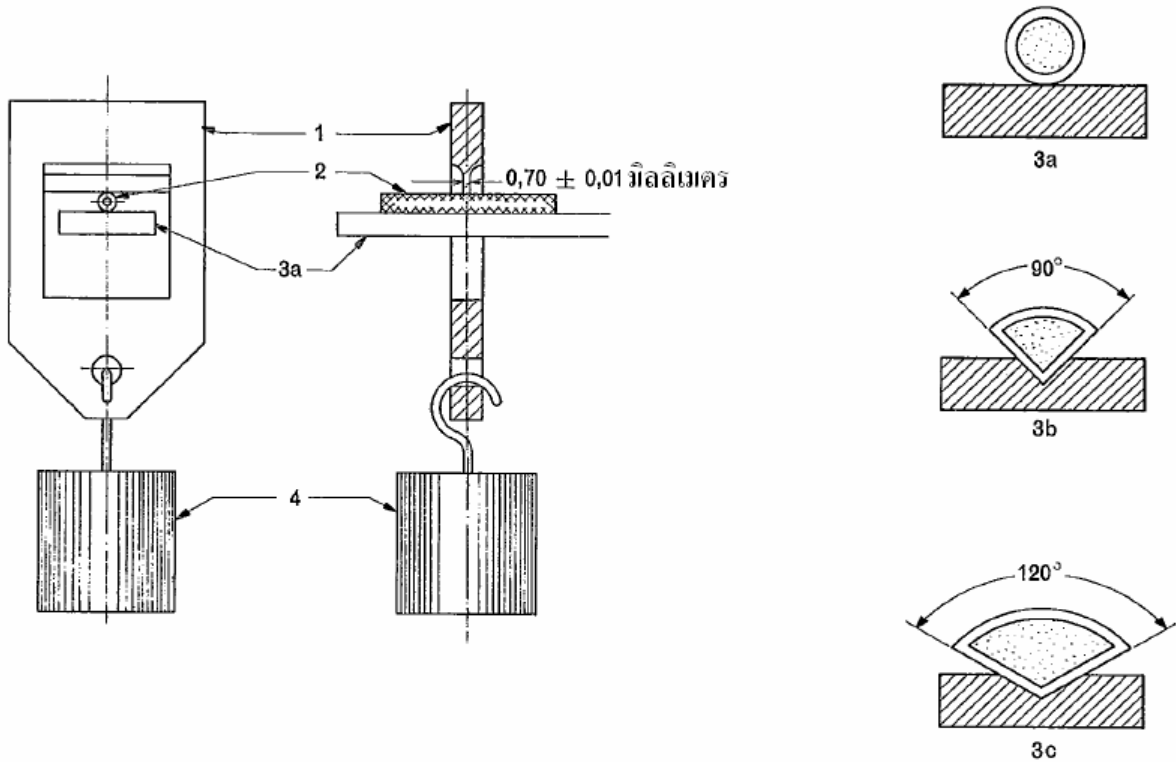
ขึ้นทดสอบถูกทำให้เย็นโดยวิธีตามข้อ ค.1.6

ค.2.7 การวัดรอยกด

วัดรอยกดตรงแถบบางที่ตัดออกมาจากชั้นทดสอบตามข้อ ค.1.7 และที่แสดงในรูป ค.2

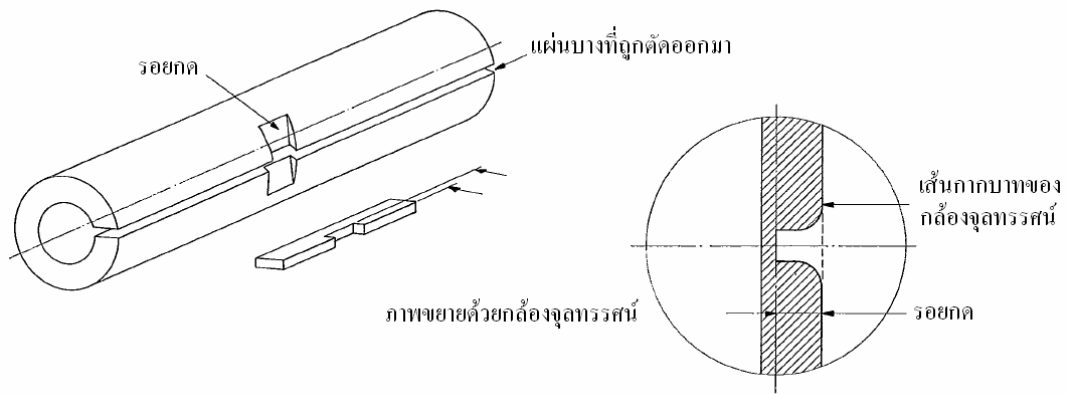
ค.2.8 การประเมินผล

ค่ามัธยฐานของความลึกรอยกดของชั้นทดสอบทั้ง 3 ชั้น ที่ทำการทดสอบต้องไม่มากกว่าร้อยละ 50 ของค่าความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบเมื่อวัดตามข้อ ค.2.4

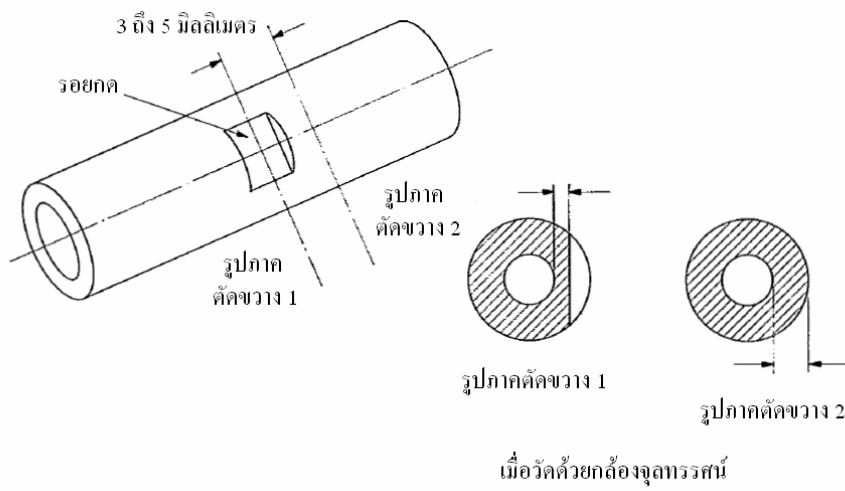


1 = โครงใบมีดทดสอบ    2 = ชั้นตัวอย่าง    3a, 3b, 3c = ที่รองรับ    4 = น้ำหนัก

รูปที่ ค.1 อุปกรณ์ทดสอบรอยกด



รูปที่ ค.2 การวัดรอยกด



รูปที่ ค.3 การวัดรอยกดสำหรับชิ้นทดสอบที่มีขนาดเล็ก

## ภาคผนวก ง.

### การทดสอบความทนต่อการช็อกด้วยความร้อนของฉนวนและเปลือก

#### ง.1 การช็อกด้วยความร้อนสำหรับฉนวน

##### ง.1.1 การสุ่มตัวอย่าง

แต่ละแกนที่จะทดสอบ ให้สุ่มตัดมา 2 ตัวอย่าง โดยให้มีความยาวเหมาะสม และแต่ละตัวอย่างต้องตัดให้ห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร

ถ้ามีสิ่งห่อหุ้มภายนอก ให้ปอกออกจากฉนวน

##### ง.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งใน 3 วิธีต่อไปนี้

ก) แกนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่มากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ให้ใช้แกนเป็นชิ้นทดสอบ

ข) แกนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร และมีความหนาฉนวนไม่มากกว่า 5 มิลลิเมตร และแกนสามเหลี่ยมฐานโค้งทั้งหมด แต่ละชิ้นทดสอบต้องประกอบด้วยแถบฉนวนซึ่งมีความกว้างอย่างน้อย 1.5 เท่าของความหนาฉนวน แต่ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร

แถบฉนวนต้องตัดตามแนวแกนของสายไฟฟ้า ในกรณีของแกนสามเหลี่ยมฐานโค้ง ต้องตัดจากด้านฐานโค้งของแกน

ค) แกนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12.5 มิลลิเมตรและมีความหนาฉนวนมากกว่า 5.0 มิลลิเมตร แต่ละชิ้นทดสอบต้องทำให้เป็นแถบตามข้อ ข) แล้วทำให้ผิวเรียบโดยขัดหรือตัด (ด้วยวิธีที่ไม่ก่อให้เกิดความร้อน) ให้มีความหนาอยู่ระหว่าง 4.0 มิลลิเมตร ถึง 5.0 มิลลิเมตร โดยวัดตรงส่วนที่หนาที่สุดซึ่งมีความกว้างอย่างน้อยเท่ากับ 1.5 เท่าของความหนา

##### ง.1.3 การพันชิ้นทดสอบบนแมนเดรล

พันชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นบนแมนเดรลให้แน่น เป็นวงชิดกันและยึดปลายชิ้นทดสอบให้อยู่กับที่ ที่อุณหภูมิห้อง ดังนี้

ก) ชิ้นทดสอบตามข้อ ง.1.2 ก) สำหรับสายแบนให้ถือว่ามิติแกนสั้นเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ และในการพันชิ้นทดสอบให้แกนสั้นตั้งฉากกับแกนแมนเดรล เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลและจำนวนรอบการพันให้เป็นไปตามตารางต่อไปนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของชิ้นทดสอบ mm	เส้นผ่านศูนย์กลางแมนเดรล mm	จำนวนรอบการพัน
$\leq 2.5$	5	6
$> 2.5$ และ $\leq 4.5$	9	6
$> 4.5$ และ $\leq 6.5$	13	6
$> 6.5$ และ $\leq 9.5$	19	4
$> 9.5$ และ $\leq 12.5$	40	2

ข) ชิ้นทดสอบตามข้อ ง.1.2 ข) และ ค) ในกรณีนี้ให้พื้นผิวด้านใน (ด้านที่ติดกับตัวนำ) ของชิ้นทดสอบสัมผัสกับแมนเดรล เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลและจำนวนรอบการพันให้เป็นไปตามตารางต่อไปนี้

ความหนาของชิ้นทดสอบ mm	เส้นผ่านศูนย์กลางแมนเดรล mm	จำนวนรอบการพัน
$\leq 1$	2	6
$> 1$ และ $\leq 2$	4	6
$> 2$ และ $\leq 3$	6	6
$> 3$ และ $\leq 4$	8	4
$> 4$ และ $\leq 5$	10	2

เส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาของชิ้นทดสอบให้วัดด้วยหลักการแคลลิเปอร์ส หรือเครื่องวัดอื่นที่เหมาะสม

#### ง.1.4 การให้ความร้อนและการตรวจสอบ

นำชิ้นทดสอบซึ่งพันอยู่บนแมนเดรลไปไว้ในตู้อบที่มีอุณหภูมิตามที่ระบุในมาตรฐานสำหรับแต่ละชนิดของสายไฟฟ้า ถ้าในมาตรฐานไม่ระบุอุณหภูมิไว้ ให้ใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส  $\pm 3$  องศาเซลเซียส ชิ้นทดสอบต้องอยู่ในตู้อบ 1 ชั่วโมง

นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบและปล่อยให้ชิ้นทดสอบที่อยู่บนแมนเดรลมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องแล้วทำการตรวจพินิจ

#### ง.1.5 การประเมินผล

ชิ้นทดสอบต้องไม่แตกราน เมื่อตรวจสอบด้วยสายตาโดยไม่ใช้การขยายภาพ

## ง.2 การช็อกด้วยความร้อนสำหรับเปลือก

### ง.2.1 การสุ่มตัวอย่าง

เปลือกแต่ละเปลือกที่จะทำการทดสอบ ให้สุ่มตัดมา 2 ตัวอย่าง โดยให้มีความยาวเหมาะสมและแต่ละตัวอย่างต้องห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร

ถ้ามีสิ่งทอหุ้มภายนอก ให้ปอกออก

### ง.2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ก) กรณีเปลือกของสายไฟฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่มากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ให้ใช้สายไฟฟ้าเป็นชิ้นทดสอบ ยกเว้น สายไฟฟ้าที่มีฉนวนเป็นพอลิเอทิลีน เปลือกพอลิไวนิลคลอไรด์

ข) กรณีเปลือกของสายไฟฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร และมีความหนาไม่มากกว่า 5.0 มิลลิเมตร และสายไฟฟ้าที่มีฉนวนเป็นพอลิเอทิลีน ตัดเปลือกตามแนวแกนของสายไฟฟ้าให้เป็นแถบที่มีความกว้างอย่างน้อย 1.5 เท่าของความหนา แต่ต้องไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร

ค) กรณีเปลือกของสายไฟฟ้าที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร และมีความหนามากกว่า 5.0 มิลลิเมตร ทำให้เป็นแถบตามข้อ ข) แล้วทำให้ผิวเรียบโดยการขัดหรือตัด (ด้วยวิธีไม่ก่อให้เกิดความร้อน) ให้มีความหนาอยู่ระหว่าง 4.0 มิลลิเมตรถึง 5.0 มิลลิเมตร โดยวัดตรงส่วนที่หนาที่สุดซึ่งมีความกว้างอย่างน้อยเท่ากับ 1.5 เท่าของความหนา

ง) กรณีสายแบน ถ้าความกว้างของสายไฟฟ้าไม่มากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ใช้สายไฟฟ้าเป็นชิ้นทดสอบ ถ้าความกว้างของสายไฟฟ้ามมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ต้องทำเปลือกให้เป็นแถบตามข้อ ข)

### ง.2.3 การพันชิ้นทดสอบบนแมนเดรล

พันชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นบนแมนเดรลให้แน่น เป็นวงชิดกันและยึดปลายชิ้นทดสอบให้อยู่กับที่ ที่ อุณหภูมิห้อง ดังนี้

ก) กรณีชิ้นทดสอบที่เตรียมตามข้อ ง.2.2 ก) และสายแบนที่มีความกว้างไม่มากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ตามข้อ ง.2.2 ง) เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลและจำนวนรอบที่พันได้ระบุไว้ในข้อ ง.1.3 ก) ให้อ้างอิงมิติแกนสั้นของสายไฟฟ้าในการกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรล และในการพันชิ้นทดสอบให้แกนสั้นตั้งฉากกับแกนแมนเดรล

ข) กรณีชิ้นทดสอบที่เตรียมตามข้อ ง.2.2 ข) และ ค) และสายแบนที่มีความกว้างมากกว่า 12.5 มิลลิเมตร ตามข้อ ง.2.2 ง) เส้นผ่านศูนย์กลางของแมนเดรลและจำนวนรอบที่พันได้ระบุไว้ในข้อ ง.1.3 ข) ในกรณีนี้ผิวด้านในของชิ้นทดสอบต้องสัมผัสกับแมนเดรล

เส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาของชั้นทดสอบให้วัดด้วยหลักการแคลิเปอร์ หรือเครื่องวัดอื่นที่เหมาะสม

ง.2.4 การให้ความร้อนและการตรวจสอบ

เป็นไปตามข้อ ง.1.4

ง.2.5 การประเมินผล

เป็นไปตามข้อ ง.1.5



ภาคผนวก จ.

การทดสอบการสูญเสียมวลของฉนวนและเปลือก

จ.1 การทดสอบการสูญเสียมวลของฉนวน

จ.1.1 เครื่องทดสอบ

- ก) ตู้อบที่มีการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ หรือแบบใช้ความดัน อากาศต้องไหลเข้าตู้อบในทิศทางที่ผ่านพื้นผิวของชิ้นทดสอบ และไหลออกบริเวณด้านบนของตู้อบ ตู้อบต้องมีอัตราการถ่ายเทอากาศตั้งแต่ 8 ถึง 20 เท่าต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิที่กำหนดในการทดสอบเร่งอายุใช้งาน ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้ตู้อบที่มีการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ ห้ามใช้พัดลมในตู้อบ
- ข) เครื่องชั่ง ที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- ค) แม่แบบตอก (punching die) สำหรับทำชิ้นทดสอบให้เป็นรูปคัมเบลล์ (ดูวิธีการทดสอบในภาคผนวก ก. ข้อ ก.2)
- ง) เดซิกเคเตอร์ที่มีซิลิกาเจล หรือวัสดุอื่นที่คล้ายกัน

จ.1.2 การสุ่มตัวอย่าง

แต่ละแกนที่จะนำมาทดสอบ ให้สุ่มตัดมา 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างยาวประมาณ 100 มิลลิเมตร เพื่อมาเตรียมเป็นชิ้นทดสอบ ตามที่กำหนด ในข้อ จ.1.3

จ.1.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

จ.1.3.1 ต้องเอาส่วนที่ห่อหุ้มออก รวมทั้งตัวนำ และชั้นสารกึ่งตัวนำบนฉนวน (ถ้ามี) ด้วยวิธีทางกล โดยห้ามใช้ตัวทำลาย

จ.1.3.2 การทำชิ้นทดสอบ

- ก) โดยปกติ ให้ทำชิ้นทดสอบรูปคัมเบลล์ ขนาดตามรูปที่ จ. 1
- ข) ถ้าขนาดของแกนเล็กเกินกว่าที่จะทำคัมเบลล์ขนาดตามรูปที่ จ.1 ได้ ก็ให้ทำชิ้นทดสอบรูปคัมเบลล์ ขนาดตามรูปที่ จ. 2
- ค) สำหรับแกนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่มากกว่า 12.5 มิลลิเมตรให้ใช้ชิ้นทดสอบเป็นรูปท่อ และต้องไม่มีชั้นของสารกึ่งตัวนำอยู่ภายในฉนวน ซึ่งต้องแยกออกด้วยวิธีที่เหมาะสมโดยห้ามใช้ตัวทำลาย

ปลายของชิ้นทดสอบรูปท่อต้องไม่ปิด

จ.1.3.3 การเตรียมชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ให้เป็นไปตามที่กำหนดใน ภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3.1 โดยผิวทั้ง 2 ด้านของชิ้นทดสอบต้องขนานกันตลอดความยาว ความหนาของ ชิ้นทดสอบต้องมีค่า  $(1.0 \pm 0.2)$  มิลลิเมตร และไม่ต้องทำเครื่องหมายอ้างอิง

การเตรียมชิ้นทดสอบรูปท่อให้เป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.3.2 โดยพื้นที่ผิวทั้งหมดของแต่ละชิ้นทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 5 ตารางเซนติเมตร (ดูข้อ จ.1.4 (ก) )

จ.1.3.4 สายอ่อนชนิดแบนแกนคู่ที่มีร่องทั้ง 2 ด้านระหว่างแกน ห้ามแยกแกนออกจากกัน แต่ในการคำนวณพื้นที่ส่วนระเหย อาจถือว่าเป็นท่อ 2 ท่อแยกจากกัน

จ.1.4 การคำนวณพื้นที่ส่วนระเหย  $A$

หาพื้นที่ผิว  $A$  ของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น ในหน่วยตารางเซนติเมตร ก่อนการทดสอบการสูญเสียมวล โดยใช้สูตรดังนี้

ก) ชิ้นทดสอบรูปท่อ

พื้นที่ผิว  $A =$  พื้นที่ผิวภายนอก + พื้นที่ผิวภายใน + พื้นที่ผิวปลายท่อ

$$A = \frac{2\pi(D - \delta) \times (l + \delta)}{100} \quad \text{ตารางเซนติเมตร}$$

โดยที่

$\delta =$  ความหนาเฉลี่ยชิ้นทดสอบ ในหน่วยมิลลิเมตร ถ้า  $\delta$  ไม่มากกว่า 0.4 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ ถ้า  $\delta$  มากกว่า 0.4 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

$D =$  ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ถ้า  $D$  ไม่มากกว่า 2 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และ ถ้า  $D$  มากกว่า 2 มิลลิเมตร ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

$l =$  ความยาวชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

การวัดค่า  $\delta$  และ ค่า  $D$  ให้ทำตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก ก. ข้อ ก.1 โดยตัดปลายชิ้นทดสอบรูปท่อแต่ละชิ้นให้เป็นแผ่นบางอาจใช้สูตรนี้กับชิ้นทดสอบรูปท่อที่มีภาคตัดขวาง ตามรูปที่ จ.3

ข) ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ขนาด ตามรูปที่ จ.2

$$A = \frac{624 + (118 \delta)}{100} \quad \text{ตารางเซนติเมตร}$$

ค) ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์ขนาด ตามรูปที่ จ.1

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

## มอก.11 เล่ม 2-2553

โดยที่  $\delta$  คือ ความหนาเฉลี่ยของชั้นทดสอบมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรใช้ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.4

### จ.1.5 วิธีการทดสอบ

- ก) วางชั้นทดสอบที่เตรียมไว้ในเดซิกเคเตอร์เป็นเวลาอย่างน้อย 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำเอาชั้นทดสอบออกจากเดซิกเคเตอร์ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักทันที ใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัม ทศนิยม 1 ตำแหน่ง
- ข) นำชั้นทดสอบทั้ง 3 ชั้น ใส่ตู้อบ ที่อุณหภูมิ  $(80 \pm 2)$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา  $(7 \times 24)$  ชั่วโมง (เว้นแต่ว่าจะระบุไว้เป็นอย่างอื่น) ในสภาวะดังนี้
- สารประกอบขององค์ประกอบที่แตกต่างกันต้องไม่ทดสอบในเวลาเดียวกันและตู้อบเดียวกัน
  - แขนงชั้นทดสอบในแนวตั้งให้อยู่ตรงกลางตู้อบ โดยให้แต่ละชั้นทดสอบห่างกันอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร
  - ปริมาตรของชั้นทดสอบต้องไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาตรตู้อบ
- ค) หลังจากอบแล้ว นำชั้นทดสอบวางในเดซิกเคเตอร์อีกครั้งเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำชั้นทดสอบแต่ละชั้นมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งอย่างละเอียดมีหน่วยเป็นมิลลิกรัม ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

หาค่าความแตกต่างของน้ำหนักในข้อ จ.1.5 ก) และ ข้อ จ.1.5 ค) ของแต่ละชั้นทดสอบ แล้วปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม

### จ.1.6 การรายงานผล

ค่าการสูญเสียมวลของชั้นทดสอบแต่ละชั้น หาได้โดยการนำค่าความแตกต่างระหว่างน้ำหนักของชั้นทดสอบที่ได้จาก ข้อ จ.1.5 ค) ในหน่วยมิลลิกรัม หาคด้วยพื้นที่ผิวที่หาได้จาก ข้อ จ.1.4 ในหน่วยตารางเซนติเมตร

รายงานผลเป็นค่ามัธยฐาน ของชั้นทดสอบ 3 ชั้นจากแต่ละแกน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

## จ.2 การสูญเสียมวลของเปลือก

### จ.2.1 เครื่องทดสอบ

เช่นเดียวกับข้อ จ.1.1

### จ.2.2 การสุ่มตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับข้อ จ.1.2

จ.2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เอาโครงสร้างภายใน (และภายนอก ถ้ามี) ของเปลือก ออกให้หมด ระวังอย่าให้เกิดความเสียหายแก่เปลือก การเตรียมชิ้นทดสอบ ทำเช่นเดียวกับข้อ จ.1.3

จ.2.4 การคำนวณพื้นที่ส่วนระเหย A

คำนวณตามสูตรที่ให้ในข้อ จ.1.4 โดยปรับเปลี่ยน ดังนี้ :

สูตรที่ใช้สำหรับชิ้นทดสอบรูปท่อกิ่งให้ใช้เฉพาะกรณีภาคตัดขวางดังแสดงในรูปที่ จ.4 และรูปที่ จ.5 พื้นผิว ด้านในและด้านนอกของส่วนระเหยของเปลือกของสายอ่อนชนิดแบน และสายไฟฟ้า ต้องคำนวณจาก ขนาดภาคตัดขวางของเปลือก ในหน่วยมิลลิเมตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

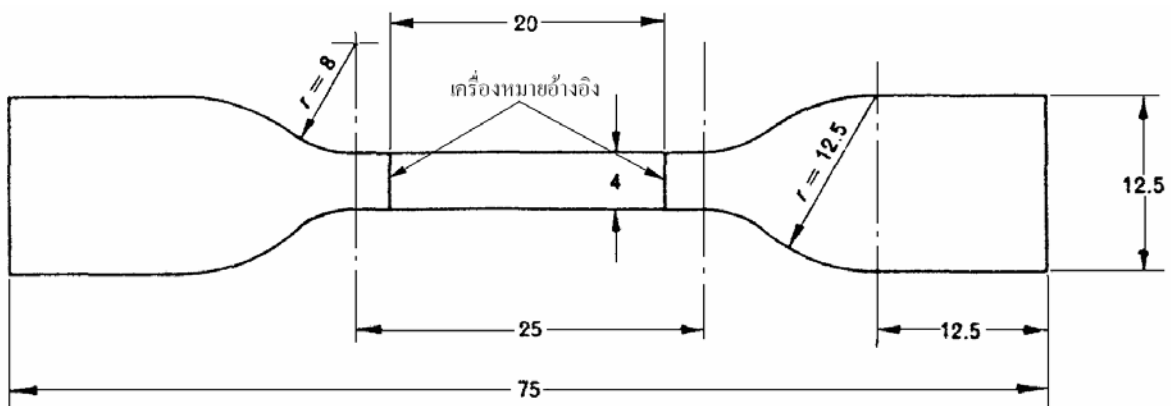
ด้านในของเปลือกแบน ที่มีสันเป็นรูปลิ้น ให้ถือว่าแบนราบ

จ.2.5 วิธีการทดสอบ

ทำเช่นเดียวกับข้อ จ.1.5

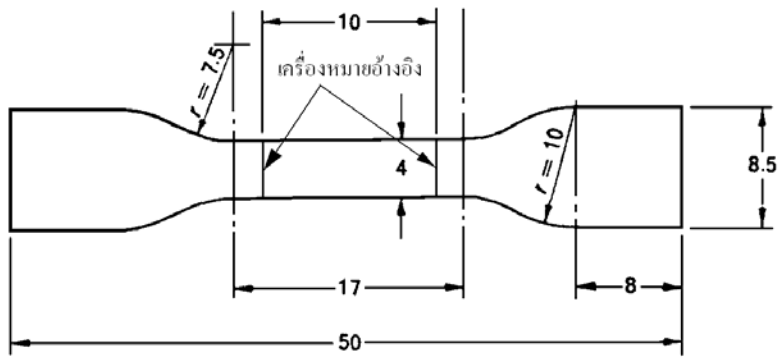
จ.2.6 การรายงานผล

ทำเช่นเดียวกับข้อ จ.1.6



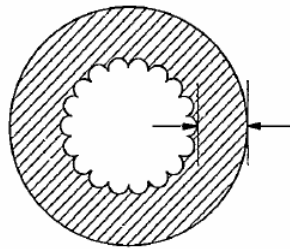
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ จ.1 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์

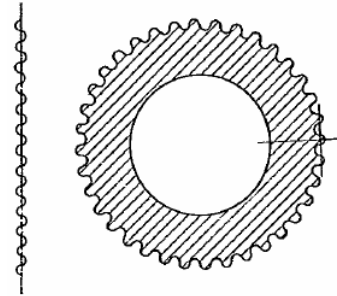


หน่วยเป็นมิลลิเมตร

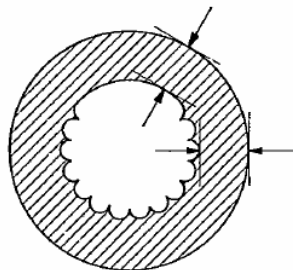
รูปที่ จ.2 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบลล์เล็ก



รูปที่ จ.3



รูปที่ จ.4



รูปที่ จ.5

## ภาคผนวก จ.

## การทดสอบเสถียรภาพทางอุณหภูมิของฉนวนและเปลือก

## จ.1 เครื่องทดสอบ

- จ.1.1 หลอดแก้วที่ปลายปิดด้านหนึ่ง (อาจปิดโดยการหลอมละลาย) มีความยาว 110 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกประมาณ 5 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน  $(4.0 \pm 0.5)$  มิลลิเมตร
- จ.1.2 กระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ที่มีช่วง pH 1 ถึง 10
- จ.1.3 อุปกรณ์ควบคุมความร้อนสำหรับควบคุมอุณหภูมิตามที่กำหนดในมาตรฐานของสายไฟฟ้า หรือถ้าไม่ได้กำหนดมาในมาตรฐานของสายไฟฟ้า ให้ใช้อุณหภูมิที่  $(200 \pm 0.5)$  องศาเซลเซียส ในการทดสอบเฉพาะแบบ และในกรณีที่มีข้อสงสัย ให้ใช้อ่างน้ำมัน (oilbath) เป็นอุปกรณ์ควบคุมความร้อน
- จ.1.4 เทอร์มอมิเตอร์ ที่ผ่านการสอบเทียบด้วยระดับความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส
- จ.1.5 นาฬิกาจับเวลา หรือ เครื่องจับเวลาที่เหมาะสม

## จ.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

- จ.2.1 นำตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง จากฉนวนของแกนแต่ละแกน หรือจากเปลือกที่ทดสอบ โดยแต่ละตัวอย่างหนัก  $(50 \pm 5)$  มิลลิกรัม ทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีความยาวระหว่าง 20 มิลลิเมตร ถึง 30 มิลลิเมตร จำนวน 2 หรือ 3 ชิ้น นำแต่ละตัวอย่างใส่ลงในหลอดแก้วที่ระบุในข้อ จ.1.1 ตัวอย่างต้องอยู่ที่ตำแหน่งก้นหลอด และไม่มีส่วนใดอยู่สูงจากก้นหลอดมากกว่า 30 มิลลิเมตร
- จ.2.2 นำกระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่าง ที่แห้งตามที่ระบุในข้อ จ.1.2 ยาว 15 มิลลิเมตร กว้าง 3 มิลลิเมตร ใส่ลงในปลายเปิดของหลอดแก้ว (ด้านบน) โดยให้แผ่นกระดาษยื่นออกมาจากหลอดแก้วประมาณ 5 มิลลิเมตร และพับงอเกี่ยวไว้ที่ขอบหลอดแก้ว
- จ.2.3 วางหลอดแก้วในอุปกรณ์ให้ความร้อนตามที่ระบุในข้อ จ.1.3 ที่มีอุณหภูมิพร้อมทำการทดสอบ โดยต้องใส่หลอดแก้วเข้าไปในอุปกรณ์ให้ความร้อน ลึก 60 มิลลิเมตร
- จ.2.4 จับเวลาที่ใช้ในการทำให้กระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนสีจากค่า pH 5 เป็น ค่าพีเอช ระหว่าง 2 ถึง 3 หรือทำการทดสอบอย่างต่อเนื่องจนครบเวลาที่กำหนด (กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนสี) จุดเปลี่ยนสีที่ต้องพิจารณาคือ จุดที่กระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่าง เริ่มจะเปลี่ยนเป็นสีแดงของค่า pH ระหว่าง 2 ถึง 3 ในกรณีที่ขึ้นทดสอบมีช่วงระยะเวลาความคงตัวนาน ต้องเปลี่ยนกระดาษทดสอบความเป็นกรด-ด่างใหม่ทุก ๆ 5-10 นาที ในช่วงท้ายของเวลาการทดสอบ เพื่อจะให้เห็นจุดที่กระดาษเปลี่ยนสีที่ชัดเจนกว่า

### ฉ.3 การประเมินผล

ค่าเฉลี่ยของเวลาเสถียรภาพทางอุณหภูมิของ 3 ตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานของสายไฟฟ้า

## ภาคผนวก ข.

## การทดสอบความต้านทานการลุกไหม้

## ข.1 ทั่วไป

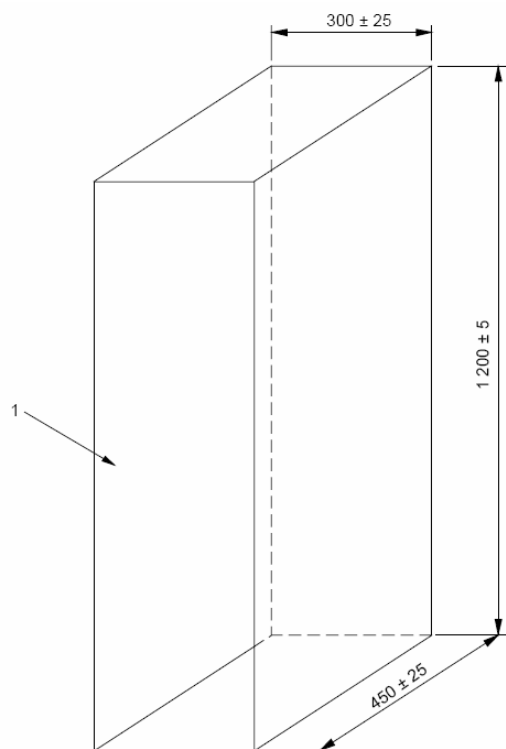
การทดสอบนี้ใช้สำหรับทดสอบการลุกไหม้ในแนวตั้งของสายไฟฟ้าเส้นเดี่ยว

## ข.2 อุปกรณ์ทดสอบ

อุปกรณ์ทดสอบประกอบด้วย

## ข.2.1 กำบังโลหะ

ใช้ที่กำบังทำจากโลหะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสูง  $(1\ 200 \pm 25)$  มิลลิเมตร กว้าง  $(300 \pm 25)$  มิลลิเมตร และลึก  $(450 \pm 25)$  มิลลิเมตร โดยเปิดช่องด้านหน้า และด้านอื่นปิดทึบ ดังรูป ข.1



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

1 ช่องเปิดด้านหน้า (ปิดทึบด้านอื่นทุกด้าน)

## รูปที่ ข.1 กำบังโลหะ



## มอก.11 เล่ม 2-2553

### ช.2.2 แหล่งกำเนิดไฟ

ใช้หัวเผาแก๊สที่จ่ายเปลวไฟขนาดระบุ 1 กิโลวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ ช.4 ถึง รูปที่ ช.8 โดยใช้แก๊สโพรเพนที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 95 เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้

### ช.2.3 ห้องทดสอบ

ที่กำบังโลหะและแหล่งกำเนิดไฟต้องอยู่ในห้องทดสอบที่เหมาะสม โดยไม่มีลมรบกวนระหว่างการทดสอบ แต่ต้องสามารถกำจัดแก๊สมีพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ ห้องทดสอบต้องรักษาให้มีอุณหภูมิ  $(23 \pm 10)$  องศาเซลเซียส

- หมายเหตุ
1. กรณีที่ใช้ตู้ดูดควัน (fume cupboard) เป็นห้องทดสอบ ต้องมีระบบให้ผู้ทดสอบสามารถควบคุมการเปิดปิด การทำงานของพัดลมดูดอากาศได้โดยอิสระ
  2. กรณีที่ใช้ตู้ดูดควันเป็นห้องทดสอบ แนะนำให้ปฏิบัติตามขั้นตอนเพื่อความปลอดภัยดังนี้
    - ก) ปิดพัดลมดูดอากาศ ปิดทางออกของอากาศ
    - ข) ดึงบานประตูหน้าของตู้ดูดควันลงให้มีช่องพอสำหรับสอดมือเข้าไปจัดวางตำแหน่งของหัวเผาแก๊สได้
    - ค) ต้องมีการป้องกันอันตรายระหว่างการทดสอบ
    - ง) ห้ามเปิดประตูของตู้ดูดควันระหว่างการทดสอบ
    - จ) เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ รอจนกระทั่งควันและไอระเหยจากการทดสอบถูกดูดออกไปจนหมดก่อนที่จะเปิดประตู

## ช.3 วิธีทดสอบ

### ช.3.1 ตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างสายไฟฟ้าความยาว  $(600 \pm 25)$  มิลลิเมตร สำหรับเป็นตัวอย่างทดสอบ

### ช.3.2 การทำภาวะของชิ้นทดสอบ

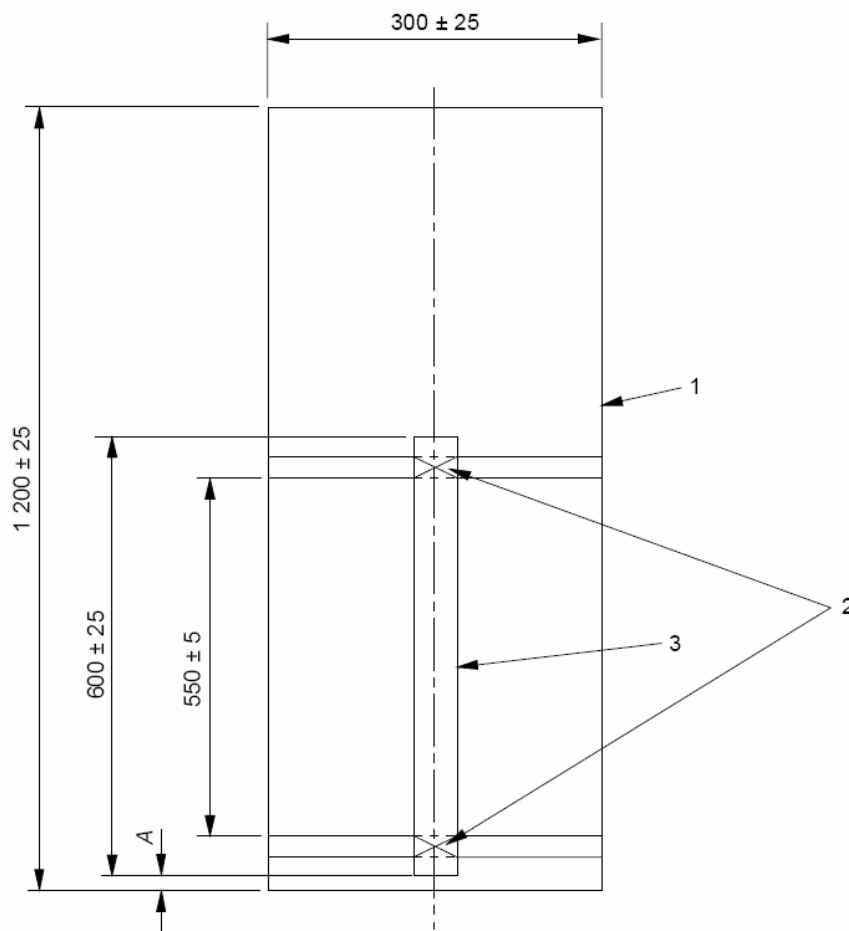
ชิ้นทดสอบต้องเก็บในสถานะอุณหภูมิ  $(23 \pm 5)$  องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ  $(50 \pm 20)$  เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

กรณีเป็นสายไฟฟ้าที่มีการทาสีหรือเคลือบแล็กเกอร์ ต้องเก็บชิ้นทดสอบในสถานะเริ่มต้นที่อุณหภูมิ  $(60 \pm 2)$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วตามด้วยสถานะที่ระบุข้างต้น

### ช.3.3 การจัดวางตำแหน่งชิ้นทดสอบ

จัดชั้นทดสอบให้ยึดตรง และมัดเข้ากับแขนยึด 2 จุดในแนวตั้งด้วยลวดทองแดงขนาดที่เหมาะสมบริเวณกึ่งกลางของกำบังโลหะหรือวิธียึดแบบอื่นที่คล้ายกัน โดยให้มีระยะระหว่างจุดล่างสุดของแขนยึดด้านบนกับจุดบนสุดของแขนยึดด้านล่างเท่ากับ  $(550 \pm 5)$  มิลลิเมตร และปลายด้านล่างของชั้นทดสอบอยู่สูงจากพื้นของกำบังโลหะประมาณ 50 มิลลิเมตร ตาม รูปที่ ข.2

จัดชั้นทดสอบให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างผนังของกำบังโลหะแต่ละด้าน (เช่น 150 มิลลิเมตร จากด้านข้างแต่ละด้าน และ 225 มิลลิเมตร จากด้านหลัง)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

- 1 กำบังโลหะ
- 2 การมัดชั้นทดสอบกับแขนยึดด้วยลวดทองแดง
- 3 ชั้นทดสอบ

ระยะ A : ระยะห่างระหว่างพื้นของกำบังโลหะกับปลายด้านล่างของชั้นทดสอบประมาณ 50 มิลลิเมตร

รูปที่ ข.2 การจัดชั้นทดสอบเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ

### ข.3.4 การใช้เปลวไฟ

ข้อควรระวังด้านความปลอดภัย

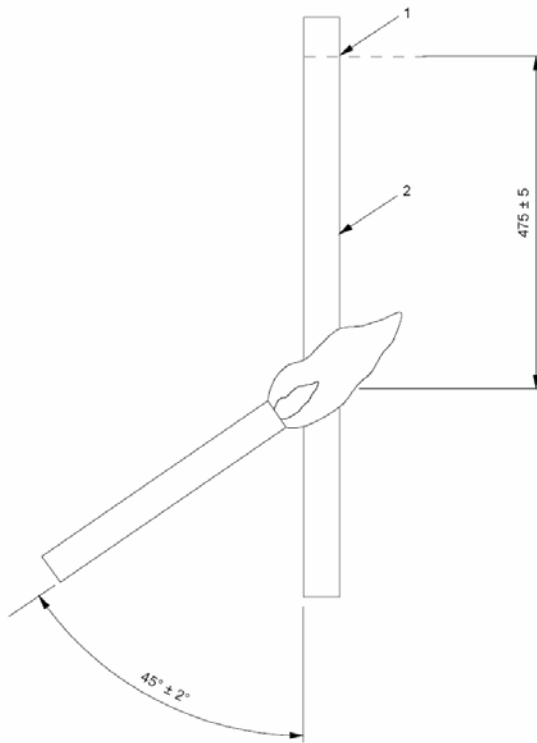
ควรมีการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นแก่บุคคลขณะทดสอบดังนี้

- ความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้หรือการระเบิด
- การสูดดมควันหรือสารพิษ โดยเฉพาะเมื่อวัสดุที่มีส่วนผสมของสารประกอบฮาโลเจนถูกเผาไหม้
- ของเหลือที่เป็นอันตราย

#### ช.3.4.1 ตำแหน่งของเปลวไฟ

ใช้หัวเผาแก๊สที่มีลักษณะตามที่ระบุในข้อ ช.2.2 ต้องจุดไฟหัวเผาแก๊สและปรับอัตราการไหลของแก๊สและอากาศตามข้อแนะนำ โดยวางหัวเผาแก๊สให้ปลายของเปลวไฟชั้นในรูปกรวยสีน้ำเงินสัมผัสกับผิวชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งห่างจากขอบล่างของแขนยึดตัวบน ( $475 \pm 5$ ) มิลลิเมตร และหัวเผาแก๊สทำมุม ( $45 \pm 2$ ) องศา กับแนวตั้งของชิ้นทดสอบตามรูปที่ ช.3

สำหรับสายไฟฟ้าชนิดสายแบน จุดสัมผัสของเปลวไฟชั้นในรูปกรวยสีน้ำเงินต้องอยู่บนกึ่งกลางของด้านแบนของสายไฟฟ้า



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

- 1 ขอบล่างของแขนยึดตัวบน
- 2 ชิ้นทดสอบ

รูปที่ ช.3 การจัดวางเปลวไฟกับชิ้นทดสอบ

#### ช.3.4.2 ระยะเวลาทดสอบ

เปลวไฟต้องมีความต่อเนื่องตลอดระยะเวลาทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟฟ้าตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ระยะเวลาที่ใช้เปลวไฟทดสอบ

เส้นผ่านศูนย์กลางเบ็ดเสร็จของชิ้นทดสอบ <sup>๓</sup> mm	ระยะเวลาที่ใช้เปลวไฟทดสอบ s
$D \leq 25$	$60 \pm 2$
$25 < D \leq 50$	$120 \pm 2$
$50 < D \leq 75$	$240 \pm 2$
$D > 75$	$480 \pm 2$

<sup>๓</sup> กรณีสายไฟฟ้าที่ทดสอบมีภาคตัดขวางไม่เป็นวงกลม เช่นสายแบน ให้วัดเส้นรอบวงของภาคตัดขวางแล้วคำนวณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางจากเส้นรอบวงเสมือนว่ามีภาคตัดขวางเป็นวงกลม

เมื่อทดสอบครบตามระยะเวลาที่กำหนด ให้นำหัวเผาแก๊สออกและดับไฟที่หัวเผาแก๊ส

#### ข.3.4.3 การประเมินผลการทดสอบ

การบ่งชี้ส่วนที่ไหม้ไฟ (charring)

- หลังจากไฟดับแล้ว ให้เช็ดทำความสะอาดชิ้นทดสอบ
- คราบเขม่าที่สามารถเช็ดออกได้ซึ่งเป็นผิวชิ้นทดสอบที่ยังไม่เสียหาย รวมถึงวัสดุโลหะที่อ่อนตัวหรือเสียรูป ไม่นำมาพิจารณา
- พิจารณาส่วนที่ไหม้ไฟโดยใช้วัดอุณหภูมิก่อน เช่น โบรมิเดคดลงบนผิวของสายไฟฟ้าจุดที่ผิวสายไฟฟ้าในส่วนใด ๆ ที่เปลี่ยนจากยึดหยุ่นเป็นเปราะแตกเมื่อถูกกด

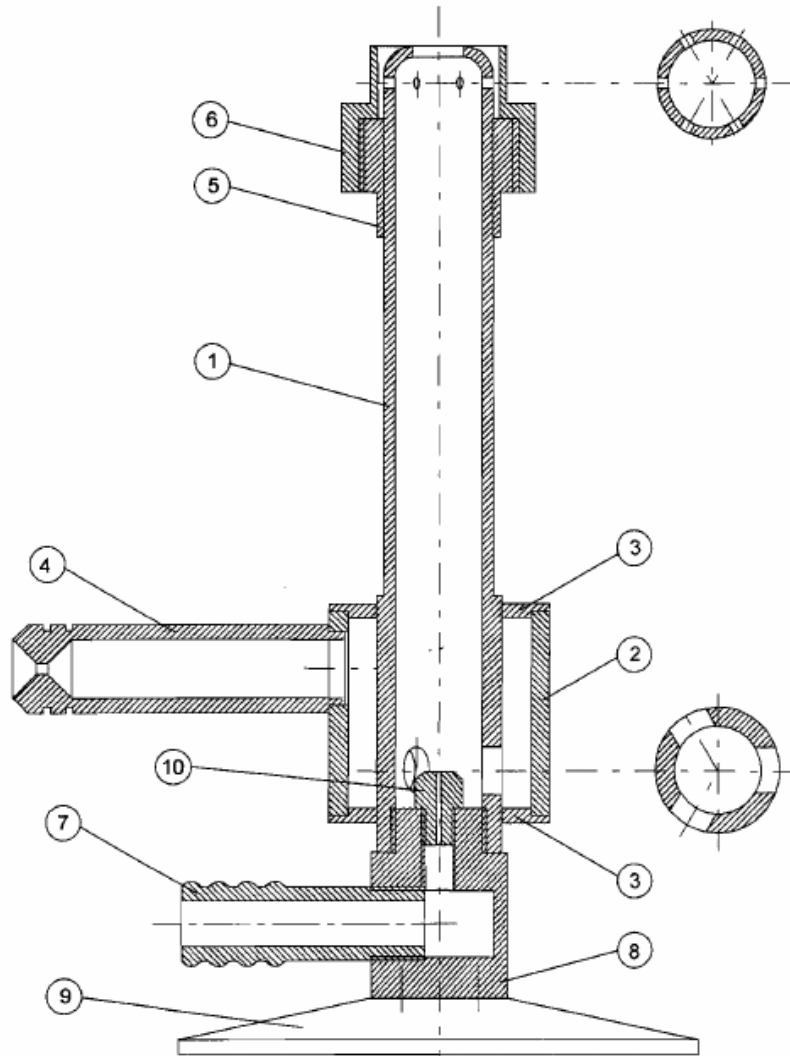
วัดระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของส่วนที่ไหม้ไฟ และระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดล่างสุดของส่วนที่ไหม้ไฟ ใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร

#### ข.3.4.4 เกณฑ์กำหนด

หากมิได้กำหนดไว้ในมาตรฐานเฉพาะของสายไฟฟ้าให้ใช้เกณฑ์ตัดสินดังนี้

ถ้าระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดบนสุดของส่วนที่ไหม้ไฟมากกว่า 50 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างขอบล่างของแขนยึดตัวบนกับจุดล่างสุดของส่วนที่ไหม้ไฟไม่เกิน 540 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐาน

หากผลการทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด ให้ทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้ง ถ้าผลการทดสอบของทั้ง 2 ครั้งผ่านเกณฑ์กำหนดให้ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐาน

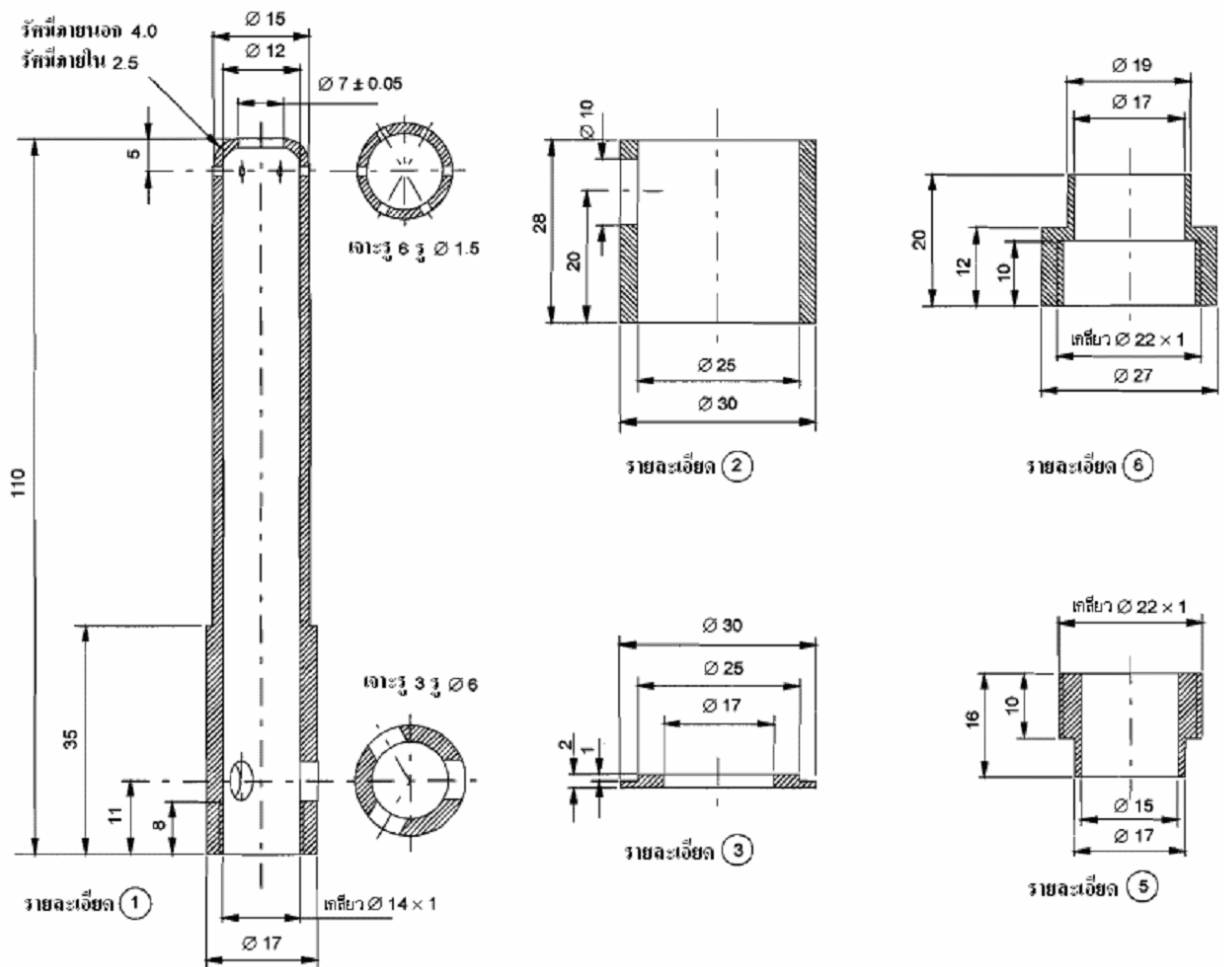


- 1 กระบอกหัวเผาแก๊ส
- 2, 3 ท่อร่วมอากาศ
- 4 ท่อจ่ายอากาศ
- 5, 6 ตัวคงสภาพเปลวไฟ
- 7 ท่อจ่ายแก๊ส
- 8 ข้องอ
- 9 ฐานหัวเผาแก๊ส
- 10 หัวฉีดแก๊ส

- ส่วนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ประกอบด้วยการบัดกรีแข็ง
- ส่วนที่ 7 และ 8 อาจใช้วิธีบัดกรีแข็งเข้าด้วยกันถ้าจำเป็น เพื่อป้องกันแก๊สรั่ว
- ส่วนที่ 8 และ 9 อาจขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียวกัน หรือผนึกแน่นเป็นชิ้นเดียวกันเพื่อป้องกันแก๊สรั่ว
- ส่วนที่ 1, 2, 3, 5 และ 6 รายละเอียดดังรูปที่ ข.5
- ส่วนที่ 8 และ 9 รายละเอียดดังรูปที่ ข.6
- ส่วนที่ 7 และ 10 รายละเอียดดังรูปที่ ข.7
- ส่วนที่ 4 รายละเอียดดังรูปที่ ข.8

รูปที่ ข.4 การประกอบทั่วไป\*

\* แปลมาจาก IEC 60695-11-2 (2003) รูป A.1



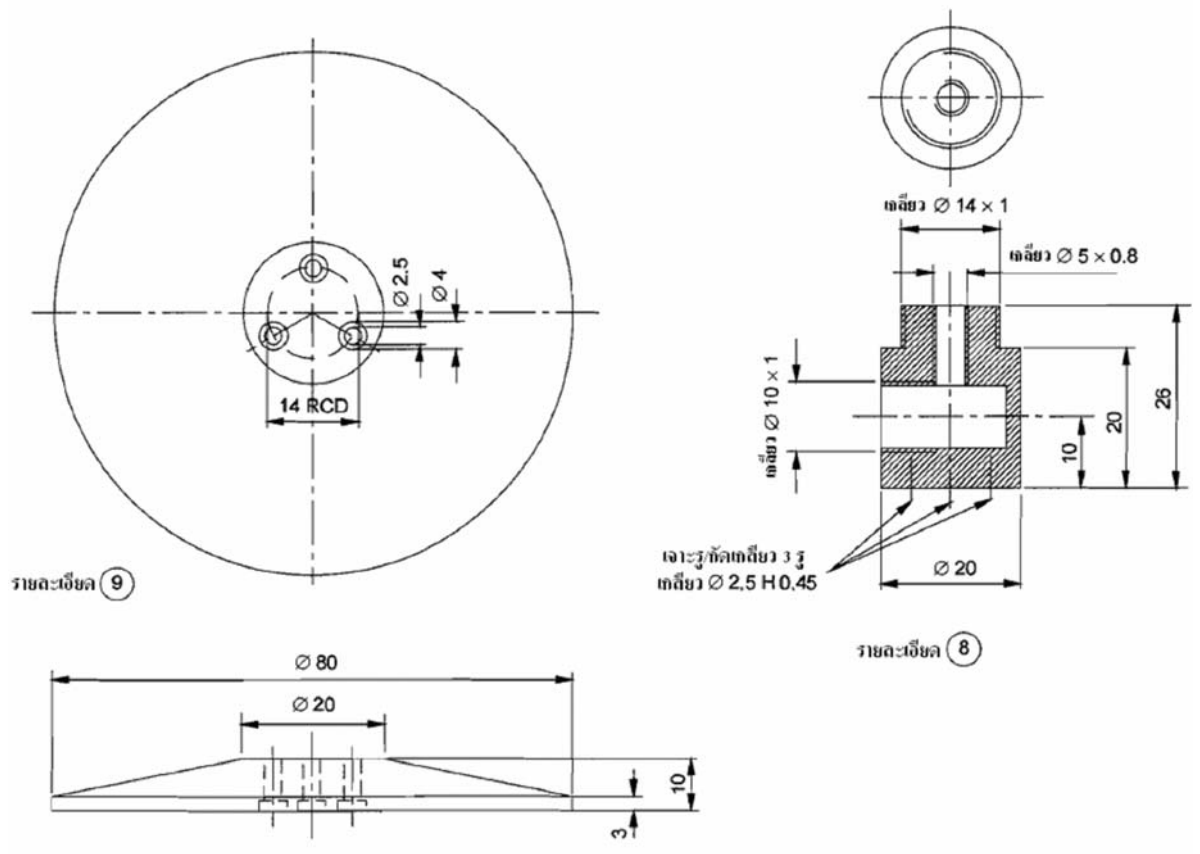
วัสดุ: ทองเหลือง

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.1$  นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น

รูปที่ ข.5 รายละเอียดส่วนประกอบของหัวเผาเกิด\*

\* แปลมาจาก IEC 60695-11-2 (2003) รูป A.2

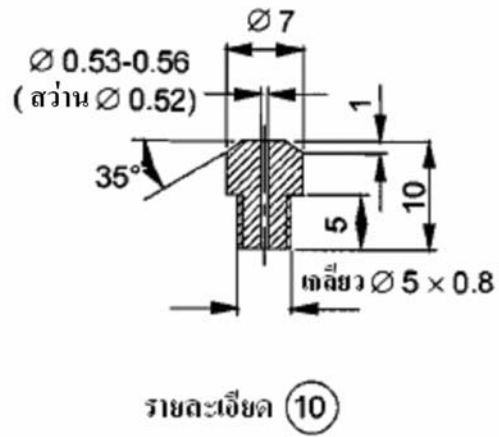
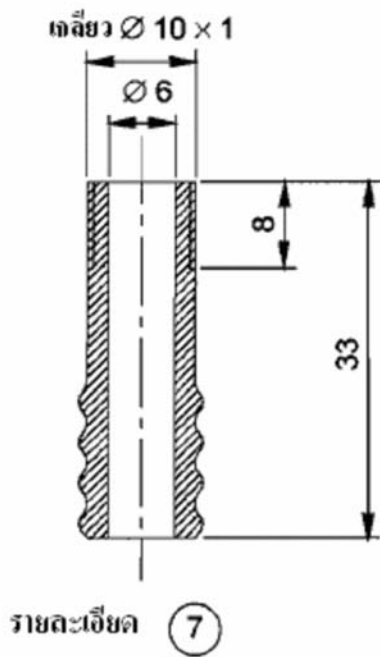


หมายเหตุ รูปร่างของส่วน 9 ให้ไว้เป็นตัวอย่าง  
 วัสดุ: ทองเหลือง หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

หน่วยเป็นมิลลิเมตร  
 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.1$  นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น

รูปที่ ข.6 รายละเอียดส่วนประกอบของหัวเผาแก๊ส\*

\* แปลมาจาก IEC 60695-11-2 (2003) รูป A.3



หัวฉีดแก๊ส

วัสดุ: ทองเหลือง

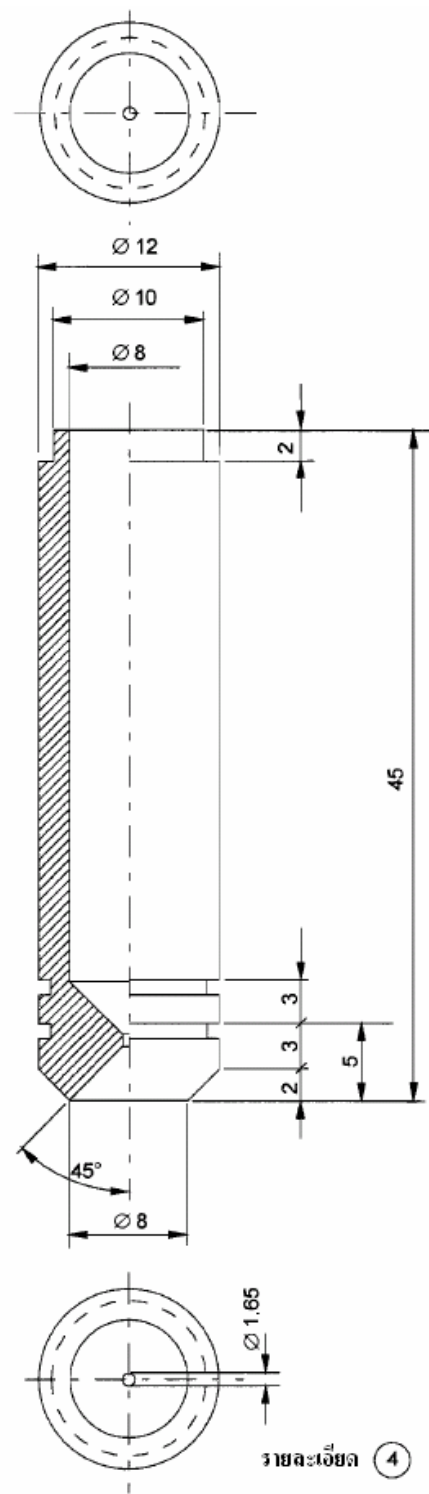
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เกณฑ์คลาดเคลื่อน  $\pm 0.1$  และ  $30'$  (มุม) นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น

รูปที่ ซ.7 รายละเอียดส่วนประกอบของหัวเผาแก๊ส\*

\* แปลมาจาก IEC 60695-11-2 (2003) รูปที่ A.4





วัสดุ: ทองเหลือง

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เกณฑ์คลาดเคลื่อน  $\pm 0.1$  และ 30' (มุม) นอกจากกำหนดเป็นอย่างอื่น

**รูปที่ ข.8 รายละเอียดส่วนประกอบของหัวเผาแก๊ส\***

\* แปลมาจาก IEC 60695-11-2 (2003) รูปที่ A.5

## ภาคผนวก ข.

## วิธีการหาค่าความหนาแน่น

## ข.1 วิธีแขวนลอย (วิธีทั่วไป)

## ข.1.1 วัสดุทดสอบ และบริภัณฑ์ทดสอบ

- 1) เอทานอล (เอทิลแอลกอฮอล์) ชั้นคุณภาพสำหรับการวิเคราะห์ หรือของเหลวอื่น ที่เหมาะสม สำหรับใช้หาความหนาแน่นที่มีค่าต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- 2) สารละลายสังกะสีคลอไรด์สำหรับใช้หาความหนาแน่นที่มีค่ามากกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- 3) น้ำกลั่น หรือ น้ำขจัดไอออนแล้ว (deionized)
- 4) กระบอกลมผสม (mixing cylinder)
- 5) เทอร์มอสแตต
- 6) ไฮโดรมิเตอร์ ที่สอบเทียบที่อุณหภูมิ  $(23.0 \pm 0.1)$  องศาเซลเซียส
- 7) เทอร์มอมิเตอร์ที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส

## ข.1.2 วิธีดำเนินการ

ข.1.2.1 จากฉนวนหรือเปลือกที่ทดสอบ ต้องตัดตัวอย่างตั้งฉากกับแกนกลางของตัวนำไฟฟ้า และตัดเป็นชิ้นเล็ก โดยมีความยาว 1 มิลลิเมตรถึง 2 มิลลิเมตร หาความหนาแน่น โดยใส่ตัวอย่างให้แขวนลอยในของเหลวที่ไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุที่เป็นชิ้นทดสอบ

ของเหลวที่เหมาะสมมีดังนี้

- เอทานอลผสมกับน้ำสำหรับชิ้นทดสอบที่คาดว่าความหนาแน่นต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- สังกะสีคลอไรด์ผสมกับน้ำสำหรับชิ้นทดสอบที่คาดว่าความหนาแน่นสูงกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ข.1.2.2 วางชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้นในของเหลวที่อุณหภูมิ  $(23.0 \pm 0.5)$  องศาเซลเซียส ต้องไม่มีฟองอากาศ เติมน้ำกลั่นจนกระทั่งชิ้นทดสอบแขวนลอยได้อย่างอิสระในของเหลวที่อยู่ในกระบอกลมผสม ส่วนผสมของเหลวต้องเป็นเนื้อเดียวกันและต้องรักษาอุณหภูมิตามที่กำหนดได้

ใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่อ่านค่าสนิยมได้ 3 ตำแหน่ง วัดค่าความหนาแน่นของส่วนผสมของของเหลว ความหนาแน่นที่วัดได้คือความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ

## ช.2 วิธีพิกโนมิเตอร์ (วิธีอ้างอิง)

### ช.2.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบสำหรับวิธีนี้ประกอบด้วย

- เครื่องชั่งที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- พิกโนมิเตอร์ขนาดความจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- อ่างของเหลวที่มีตัวควบคุมอุณหภูมิ
- เอทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 96

### ช.2.2 ชี้นทดสอบ

ตัดชี้นทดสอบให้มีมวลไม่น้อยกว่า 1 กรัม และไม่มากกว่า 5 กรัม จากตัวอย่างฉนวนหรือเปลือก แล้วตัดชี้นทดสอบเป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าตัวอย่างฉนวนและเปลือกเป็นท่อขนาดเล็กต้องตัดตามแนวยาวออกเป็น 2 ชิ้นหรือมากกว่า เพื่อป้องกันเป็นที่กักเก็บฟองอากาศ

### ช.2.3 การทำภาวะของชี้นทดสอบ

ชี้นทดสอบต้องอยู่ที่อุณหภูมิโดยรอบ  $(23 \pm 2)$  องศาเซลเซียส

### ช.2.4 วิธีดำเนินการ

- ชั่งพิกโนมิเตอร์เปล่าและแห้ง
- ชั่งน้ำหนักชี้นทดสอบในปริมาณเหมาะสม โดยให้ชั่งชี้นทดสอบในพิกโนมิเตอร์
- เติมน้ำในพิกโนมิเตอร์ให้ท่วมชี้นทดสอบ
- ขจัดฟองอากาศออกจากผิวชี้นทดสอบ ตัวอย่าง เช่น การใช้สูญญากาศกับพิกโนมิเตอร์ที่วางในเคซิเคเตอร์
- เติมน้ำในพิกโนมิเตอร์ซึ่งควบคุมอุณหภูมิที่  $(23 \pm 0.5)$  องศาเซลเซียส ด้วยอ่างของเหลว จนเต็มความจุของพิกโนมิเตอร์
- เช็ดพิกโนมิเตอร์ให้แห้งและชั่งน้ำหนัก
- หลังจากนั้นเอาสิ่งที่ยังมีฟองอยู่ทั้งหมด และเติมน้ำในพิกโนมิเตอร์ ขจัดฟองอากาศออก
- ชั่งน้ำหนักพิกโนมิเตอร์พร้อมกับเอทิลแอลกอฮอล์ที่ยังมีฟองอยู่ (23 ± 0.5) องศาเซลเซียส

### ช.2.5 การคำนวณ

ความหนาแน่นของฉนวนและเปลือกคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นที่ 23 องศาเซลเซียส} = \frac{m}{m_1 - m_2} \times d$$

โดยที่

$m$  คือ มวลของชิ้นทดสอบ มีหน่วยเป็นกรัม

$m_1$  คือ มวลของเอทิลแอลกอฮอล์ที่เติมในพิกโนมิเตอร์ มีหน่วยเป็นกรัม

$m_2$  คือ มวลของเอทิลแอลกอฮอล์ที่เติมในพิกโนมิเตอร์ เมื่อมีชิ้นทดสอบบรรจุอยู่ มีหน่วยเป็นกรัม

$d$  คือ ความหนาแน่นของเอทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 96 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.7988 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

### ช.3 วิธีมวลปรากฏ (apparent mass)

#### ช.3.1 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบสำหรับวิธีนี้ประกอบด้วย

- เครื่องชั่งที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม ที่เหมาะสมสำหรับใช้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ถูกแขวนลอย
- อ่างของเหลว
- ของเหลวสำหรับจุ่ม: น้ำจืดไอออนแล้ว (หรือน้ำกลั่น) หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 96

#### ช.3.2 ชิ้นทดสอบ

ตัดชิ้นทดสอบให้มีมวลไม่น้อยกว่า 1 กรัม และไม่มากกว่า 5 กรัม จากตัวอย่างฉนวนหรือเปลือก แล้วตัดชิ้นทดสอบจำนวน 1 ชิ้นหรือมากกว่า ถ้าตัวอย่างฉนวนและเปลือกเป็นท่อขนาดเล็กต้องตัดตามแนวยาวออกเป็น 2 ชิ้น หรือมากกว่า เพื่อป้องกันเป็นที่กักเก็บฟองอากาศ

#### ช.3.3 การทำภาวะของชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบต้องอยู่ที่อุณหภูมิโดยรอบ ( $23 \pm 2$ ) องศาเซลเซียส

#### ช.3.4 วิธีดำเนินการ

ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบในอากาศ ยึดติดชิ้นทดสอบด้วยตะขอที่เหมาะสม และแขวนตะขอกับชิ้นทดสอบเข้ากับเครื่องชั่ง จากนั้นจุ่มชิ้นทดสอบในน้ำกลั่นหรือน้ำจืดไอออนแล้ว (หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 96 ถ้าคาดว่าความหนาแน่นของชิ้นทดสอบต่ำกว่า 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ที่อุณหภูมิ ( $23 \pm 5$ ) องศาเซลเซียส ต้องใช้ความระมัดระวังในการจุ่มชิ้นทดสอบทั้งหมดในของเหลว และพื้นผิวต้องปราศจากฟองอากาศ อาจจำเป็นต้องเติมสารลดแรงตึงผิวในปริมาณเล็กน้อยเพื่อแน่ใจว่ากำจัดฟองอากาศทั้งหมด บันทึกค่ามวลชิ้นทดสอบในของเหลว (มวลปรากฏ)

## มอก.11 เล่ม 2-2553

มวลขึ้นทดสอบในของเหลวที่บันทึก ต้องลบออกด้วยมวลของตะขอเปล่าในของเหลว

### ช.3.5 การคำนวณ

ความหนาแน่นของฉนวนและเปลือกมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นที่ 23 องศาเซลเซียส} = \frac{m}{m - m_a} \times d$$

โดยที่

$m$  คือ มวลของขึ้นทดสอบในอากาศ มีหน่วยเป็นกรัม

$m_a$  คือ มวลขึ้นทดสอบในของเหลวมีหน่วยเป็นกรัม

$d$  คือ ความหนาแน่นของเหลว กรณีเป็นน้ำมีค่าเท่ากับ 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และถ้าเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ ความบริสุทธิ์ร้อยละ 96 มีค่าเท่ากับ 0.7988 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

## ภาคผนวก ก.

## การเร่งอายุใช้งานของเปลือกโดยการจุ่มในน้ำมันแร่

## ก.1 การสุ่มตัวอย่าง และการเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้เตรียมชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น โดยปฏิบัติตาม ภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.2.2 และ ข้อ ก.2.2.3

## ก.2 การหาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ให้ปฏิบัติตาม ภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.2.4

## ก.3 น้ำมันที่ใช้

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น น้ำมันที่ใช้ต้องมีสมบัติตามตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 สมบัติของน้ำมัน \*\*

สมบัติ	หน่วย	ข้อกำหนด
จุดแอนิลีน	°C	93 ± 3
ความหนืดจลน์(kinematic viscosity) วัดที่อุณหภูมิ 99 °C	m <sup>2</sup> /s(×10 <sup>-6</sup> )	20 ± 1
จุดวาบไฟต่ำสุด	°C	240
ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 15 °C	g/cm <sup>3</sup>	0.933 ± 0.006
ค่าคงตัว ความหนืด-แรงโน้มถ่วง	-	0.865 ± 0.005
ปริมาณเนฟทีนิก (naphthenic), c <sub>N</sub>	%	≥ 35
ปริมาณพาราฟิน (paraffinic), c <sub>P</sub>	%	≤ 50
จุดเริ่มไหล (pour point)	°C	-12
ดัชนีหักเหที่อุณหภูมิ 20 °C	-	1.5105
ปริมาณสารแอโรแมติก, c <sub>A</sub>	%	12

## ก.4 วิธีดำเนินการ

จุ่มชิ้นทดสอบลงในอ่างน้ำมันที่ถูกให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิทดสอบที่กำหนด และต้องแช่ไว้ตลอดระยะเวลาที่กำหนด (ดูมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง)

\*\* สมบัติของน้ำมันอ้างอิงมาจากน้ำมัน No. 2 (IRM 902) ของ ISO 1817: 2005

## มอก.11 เล่ม 2-2553

เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำชิ้นทดสอบขึ้นจากอ่างน้ำมัน ชับน้ำมันที่ติดมาออกอย่างเบา ๆ และแขวนชิ้นทดสอบในอุณหภูมิโดยรอบไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่มากกว่า 24 ชั่วโมง เว้นแต่มาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น เมื่อครบเวลาให้ชั่งน้ำมันที่เหลือออกจากชิ้นทดสอบอย่างเบา ๆ

### ฉ.5 การหาสมบัติทางกล

ให้ปฏิบัติตาม ภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.7

### ฉ.6 การแสดงผล

การคำนวณหาความต้านแรงดึงต้องใช้พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบที่วัดก่อนการจุ่มในอ่างน้ำมัน (ดูข้อ ฉ.2)

ความแตกต่างระหว่างค่ามัธยฐานที่ได้จากชิ้นทดสอบที่จุ่มในน้ำมัน 5 ชิ้น กับค่ามัธยฐานที่ได้จากชิ้นทดสอบที่ไม่ผ่านกรรมวิธี (ดูภาคผนวก ก. ข้อ ก.2.1.2) แสดงผลเป็นร้อยละเทียบกับผลทดสอบที่ไม่ผ่านกรรมวิธี ค่าที่ได้ต้องไม่มากกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง