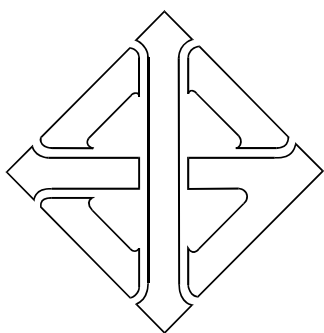




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก.308-2555

ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป

ทางไฟฟ้า : ลวดกลม

COPPER AND COPPER ALLOYS FOR GENERAL

ELECTRICAL PURPOSES : ROUND WIRE

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 77.150.30

ISBN 978-616-231-441-4

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป
ทางไฟฟ้า : ลวดกลม

มอก.308-2555

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 7ง
วันที่ 18 มกราคม พุทธศักราช 2556

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 276
มาตรฐานทองแดงสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า

ประธานกรรมการ

นายชาญชาญ โปธิสาร

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

กรรมการ

นายเสน่ห์ ตรีจันทร์

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายธีระเดช วงศ์สุบรรณ

การไฟฟ้านครหลวง

นายสมเกียรติ วิรุพท์เวศม์กุล

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นางสุนิดา แดงรัตนวงศ์

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

นางนิภา สุนทรชนโสภณ

บริษัท จรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิล จำกัด (มหาชน)

นายเจริญ ร่มเพชร

บริษัท ที ไอ ซี โมดูลาร์ ซิสเต็ม จำกัด

นายกฤษณะ มากทรัพย์

บริษัท เฟลปส์ คอร์ดจ อินเตอร์เนชั่นแนล (ไทยแลนด์) จำกัด

นายสมชาย จันท

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด

นายวิโรจน์ กมลเดชเดชา

บริษัท โอเรียนเต็ลคอปเปอร์ จำกัด

นายมงคล รูปพรหม

กรรมการและเลขานุการ

นายพุฒิพงศ์ คงเจริญ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค้ทั่วไปทางไฟฟ้า : ลวดกลม นี้ได้ประกาศใช้ครั้งแรกเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงสำหรับจุดประสงค้ทางไฟฟ้า : ลวดกลม มาตรฐานเลขที่ มอก.308-2522 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 96 ตอนที่ 143 วันที่ 17 สิงหาคม พุทธศักราช 2522 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ทันสมัยและเป็นไปตามเอกสารอ้างอิง ฉบับล่าสุด จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยการยกเลิกมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นเล่มหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงและทองแดงเจือ
สำหรับจุดประสงค์ทั่วไปทางไฟฟ้า อันประกอบด้วย

มอก.308-2554 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค
ทั่วไปทางไฟฟ้า : ลวดกลม

มอก.408-2553 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค์
ทั่วไปทางไฟฟ้า : เส้น และแท่ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการตาม

BS EN 13602 (2002) Copper and copper alloys – Drawn, round copper wire for the manufacture of electrical conductors

BS EN 610 (1996) Tin and tin alloys – Ingot tin

และกำหนดการทดสอบตาม

BS EN 13603 (2002) Copper and copper alloys – Test methods for assessing protective tin coatings on drawn round copper wire for electrical purposes

ISO 7801 (1984) Metallic materials – Wire – Reverse bend test

ISO 7802 (1983) Metallic materials – Wire – Wrapping test

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4490 (2555)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ทองแดงสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้า : ลวดกลม

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงคทั่วไปทางไฟฟ้า : ลวดกลม

โดยที่เป็นการสมควรแก้ไขปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้า : ลวดกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 308-2522

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 408 (พ.ศ. 2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทองแดงสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้า : ลวดกลม ลงวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2522 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงคทั่วไปทางไฟฟ้า : ลวดกลม มาตรฐานเลขที่ มอก.308-2555 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 270 วัน นับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2555

พงษ์สวัสดิ์ สวัสดิวัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ทองแดงและทองแดงเจือสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป

ทางไฟฟ้า : ลวดกลม

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดองค์ประกอบ คุณลักษณะที่ต้องการ รวมถึงสมบัติทางไฟฟ้า และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของขนาดและรูปร่างของลวดทองแดงกลมดัดรีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.04 mm ถึง 5.0 mm สำหรับการนำไฟฟ้าที่เจือมาใช้สำหรับการผลิตสายไฟฟ้าเปลือย สายไฟฟ้าหุ้มฉนวน และสายอ่อนโค้งงอได้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมถึงลวดไม่ชุบดีบุกหรือชุบดีบุก เส้นเดียวหรือหลายเส้น อบอ่อนหรือรีดแข็ง ไม่รวมถึงลวดสำหรับการเคลือบ (ลวดสำหรับพันเป็นขดลวด ลวดทำแม่เหล็ก) สำหรับการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ และลวดสัมผัสสำหรับการลากจูงที่ใช้ไฟฟ้า

นอกจากนี้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ยังกำหนดวิธีการดำเนินการชักตัวอย่าง วิธีการทดสอบเพื่อทวนสอบการเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้ และสภาพการส่งมอบ

หมายเหตุ เนื่องจากกระบวนการทางความร้อน และ/หรือ ทางกลที่ใช้ในการทำสายไฟฟ้า สมบัติของดัดนำในสายไฟฟ้าสำเร็จอาจต่างกับสมบัติของลวดเดิม ข้อกำหนดสำหรับดัดนำที่มาจากสายไฟฟ้าหรือสายอ่อนอยู่ในมาตรฐานสายไฟฟ้าที่เหมาะสม

2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่ระบุต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดซึ่งใช้อ้างอิงในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ เอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับที่ระบุเท่านั้น อย่างไรก็ตามผู้ที่เกี่ยวข้องอาจตกลงกัน เพื่อตรวจสอบว่าสามารถใช้เอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุดได้เพียงใด ส่วนเอกสารอ้างอิงฉบับที่ไม่ได้ระบุที่พิมพ์ให้ใช้ฉบับล่าสุด

EN 610, *Tin and tin alloys – Ingot tin.*

EN 1655, *Copper and copper alloys – Declarations of conformity.*

EN 1976, *Copper and copper alloys – Cast unwrought copper products.*

EN 10002-1, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test (at ambient temperature).*

EN 10204, *Metallic products – Types of inspection documents.*

EN 13603, *Copper and copper alloys – Test methods for assessing protective tin coatings on drawn round copper wire for electrical purposes.*

IEC 60468, *Method of measurement of resistivity of metallic materials.*

ISO 1811-2, *Copper and copper alloys – Selection and preparation of samples for chemical analysis – Part 2: Sampling of wrought products and castings.*

ISO 4739, *Wrought copper and copper alloy products – Selection and preparations of specimens and test pieces for mechanical testing.*

ISO 7801, *Metallic materials – Wire – Reverse bend test.*

ISO 7802, *Metallic materials – Wire – Wrapping test.*

3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 3.1 ลวด (wire) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปเป็นภาคตัดขวางกลมเท่ากันตลอดทั้งความยาว จัดให้มาเป็นขดลวด หรือหลอด หรือม้วน หรือลื้อ
- 3.2 ลวดหลายเส้น (multiline wire) หมายถึง ลวดหลายเส้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุและสภาพวัสดุเหมือนกัน พันในเวลาเดียวกันบนหลอดหรือม้วนเดียวกัน โดยลวดมีการบิดสูงสุด 1 ครั้งต่อรอบของหลอดหรือม้วน โดยทั่วไปลวดดังกล่าวจะถูกรีดในเวลาเดียวกันบนเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน
- 3.3 ความกลม (ลวด) (circularity (wire)) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดกับต่ำสุด วัดที่ภาคตัดขวางใด ๆ

4. การระบุชื่อ

4.1 วัสดุ

4.1.1 ทั่วไป

การระบุชื่อวัสดุทำได้โดยใช้สัญลักษณ์หรือหมายเลข (ดูตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

4.1.2 สัญลักษณ์

การระบุสัญลักษณ์ของวัสดุให้ยึดถือดังนี้

การระบุสัญลักษณ์ต้องประกอบด้วยสัญลักษณ์ของธาตุทองแดง (Cu) ตามด้วยตัวอักษรระบุชนิดของทองแดง (ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่) โดยมีเครื่องหมาย (-) คั่น เช่น Cu-ETP คือ ทองแดงชนิดอิเล็กโทรไลติกทฟพิทช์ (electrolytic tough pitch) Cu-FRHC คือ ทองแดงชนิดไฟร์-รีไฟน์ทฟพิทช์ (fire-refined tough pitch) Cu-OF คือ ทองแดงชนิดปราศจากออกซิเจน (oxygen-free) เป็นต้น (ดูภาคผนวก ก.)

4.1.3 หมายเลข

การระบุหมายเลขของวัสดุให้เป็นดังนี้

หมายเลขประกอบด้วยตัวอักษร 6 ตำแหน่ง

- ตำแหน่งที่ 1 คือ C หมายถึง ทองแดง
- ตำแหน่งที่ 2 คือ W หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูป
- ตำแหน่งที่ 3 ถึง 6 คือตัวเลข 3 หลักและตัวอักษร 1 ตัว ซึ่งแสดงชนิดของทองแดง (ดูตารางที่ 1)

เช่น CW004A คือ ทองแดงชนิดอิเล็กโทรไลติกทฟพิทช์ (Cu-ETP)

4.2 สภาพวัสดุ

สำหรับจุดประสงค์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ให้ใช้การระบุชื่อดังต่อไปนี้

Rxxx สภาพวัสดุที่ระบุโดยค่าความต้านแรงดึงต่ำสุดสำหรับผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดด้านความต้านแรงดึง

Ayyy สภาพวัสดุที่ระบุโดยค่าความยืดต่ำสุดสำหรับผลิตภัณฑ์ ตามข้อกำหนดด้านความยืด

หมายเหตุ xxx คือตัวเลขแสดงค่าความต้านแรงดึงต่ำสุด yyy คือตัวเลขแสดงค่าความยืดต่ำสุด

ไม่สามารถใช้การแปลงค่าที่แน่นอนระหว่างการระบุชื่อสภาพวัสดุ Rxxx กับการระบุสภาพวัสดุ Ayyy ได้

ให้ระบุชื่อสภาพวัสดุอย่างใดอย่างหนึ่งในการระบุชื่อสภาพวัสดุดังกล่าวข้างต้น

4.3 ผลิตภัณฑ์

การระบุชื่อผลิตภัณฑ์ได้กำหนดเป็นรูปแบบมาตรฐาน เพื่อสื่อถึงรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนและรวดเร็ว ทำให้เกิดความเข้าใจร่วมกันในระดับระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

การระบุชื่อผลิตภัณฑ์สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ต้องประกอบด้วย

ก) ประเภท (ลวดกลม)

ข) หมายเลข มอก.

ค) การระบุชื่อวัสดุ โดยการใช้สัญลักษณ์หรือหมายเลข (ดูตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

ง) การระบุชื่อสภาพวัสดุ (ดูตารางที่ 3 และตารางที่ 4)

จ) สภาพพื้นผิว : ไม่ชุบดีบุก (P) หรือชุบดีบุก (เกรด A เกรด B หรือเกรด C ดูตารางที่ 7)

ฉ) มิติระบุ

– ลวดเส้นเดียว (S): เส้นผ่านศูนย์กลาง

– ลวดหลายเส้น (M): จำนวนลวดและเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดแต่ละเส้น

ช) รูปแบบการบรรจุ : ขดลวด (Y) หรือล่อ (Z)

การอธิบายการระบุชื่อผลิตภัณฑ์ดังแสดงไว้ในตัวอย่างที่ 1 ถึงตัวอย่างที่ 4

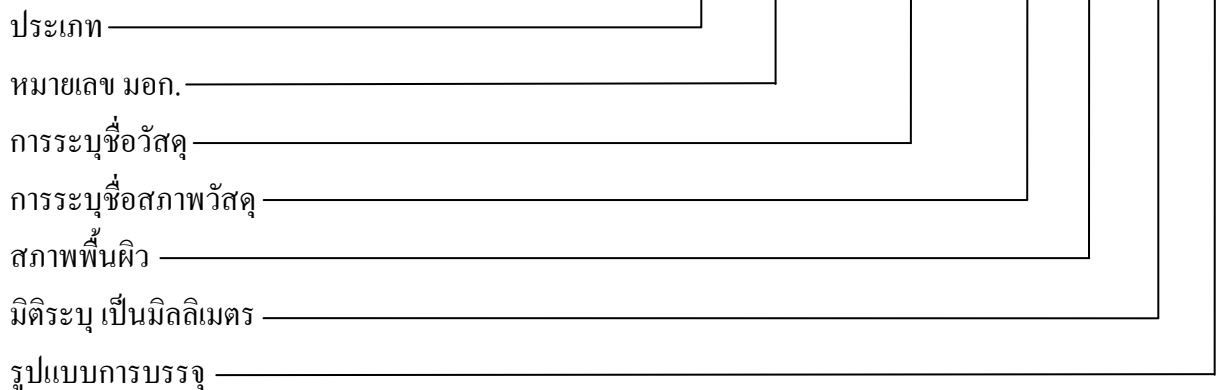
ตัวอย่างที่ 1 ลวดไม่ชุบดีบุกเส้นเดียว

ลวดกลมดิ่งรีดสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีวัสดุเป็น Cu-ETP1 หรือ CW003A สภาพวัสดุเป็น A022 ผลิตเป็นลวดไม่ชุบดีบุกเส้นเดียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 0.4 mm เป็นขดลวด ต้องระบุชื่อผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

Wire TIS 308 – Cu-ETP1 – A022 – P – S0.4 – Y

หรือ

Wire TIS 308 – CW003A – A022 – P – S0.4 – Y



ตัวอย่างที่ 2 ลวดไม่ชุบดินบุกหลายเส้น

ลวดกลมดิ่งรีดสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีวัสดุเป็น Cu-ETP หรือ CW004A สภาพวัสดุเป็น A020 ผลิตเป็นลวดไม่ชุบดินบุกชนิดหลายเส้น จำนวน 7 เส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 0.4 mm เป็นขดลวด ต้องระบุชื่อผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

Wire TIS 308 – Cu-ETP – A020 – P – M7 × 0.4 – Y

หรือ

Wire TIS 308 – CW004A – A020 – P – M7 × 0.4 – Y

ตัวอย่างที่ 3 ลวดชุบดินบุกเส้นเดียว

ลวดกลมดิ่งรีดสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีวัสดุเป็น Cu-OF1 หรือ CW007A สภาพวัสดุเป็น A024 ผลิตเป็นลวดชุบดินบุกเกรด B เส้นเดียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 1.2 mm เป็นขดลวด ต้องระบุชื่อผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

Wire TIS 308 – Cu-OF1 – A024 – B – S1.2 – Y

หรือ

Wire TIS 308 – CW007A – A024 – B – S1.2 – Y

ตัวอย่างที่ 4 ลวดชุบดินบุกหลายเส้น

ลวดกลมดิ่งรีดสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีวัสดุเป็น Cu-FRHC หรือ CW005A สภาพวัสดุเป็น A018 ผลิตเป็นลวดชุบดินบุกเกรด C ชนิดหลายเส้น จำนวน 10 เส้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 0.5 mm เป็นลวด ต้องระบุชื่อผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

Wire TIS 308 – Cu-FRHC – A018 – C – M10 × 0.5 – Z

หรือ

Wire TIS 308 – CW005A – A018 – C – M10 × 0.5 – Z

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของ Cu-ETP1 (CW003A) และ Cu-OF1 (CW007A)

(ข้อ 4.1.1 ข้อ 4.1.3 ข้อ 4.3 ข้อ 6.1 ข้อ ๖.4 และภาคผนวก ข. ข้อ ง))

การระบุชื่อวัสดุ		ร้อยละขององค์ประกอบ (โดยมวล)																						
สัญลักษณ์	หมายเลข	ธาตุ	ทองแดง	เงิน	สารหนู	บิสมัท	แคดเมียม	โคบอลต์	โครเมียม	เหล็ก	แมงกานีส	นิกเกิล	ออกซิเจน	ฟอสฟอรัส	ตะกั่ว	กำมะถัน	พลวง	ซิลิเนียม	ซิลิคอน	ดีบุก	เทลลูเรียม	สังกะสี	ธาตุอื่นๆ (ดูหมายเหตุ)	
																							รวม	ไม่นับ
Cu-ETP1	CW003A	ต่ำสุด	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ออกซิเจน
		สูงสุด	—	0.002 5	0.000 5 ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	— ^ก	— ^ก	0.001 0 ^ก	— ^ก	— ^ก	0.040	— ^ก	0.000 5	0.001 5	0.000 4 ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	— ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	0.006 5	
Cu-OF1	CW007A	ต่ำสุด	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ออกซิเจน
		สูงสุด	—	0.002 5	0.000 5 ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	— ^ก	— ^ก	0.001 0 ^ก	— ^ก	— ^ก	— ^ก	— ^ก	0.000 5	0.001 5	0.000 4 ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	— ^ก	0.000 20 ^ข	— ^ก	0.006 5	
หมายเหตุ ปริมาณรวมของธาตุอื่น ๆ (นอกเหนือจากทองแดง) คือ ปริมาณรวมของเงิน สารหนู บิสมัท แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ออกซิเจน ฟอสฟอรัส ตะกั่ว กำมะถัน พลวง ซิลิเนียม ซิลิคอน ดีบุก เทลลูเรียม และสังกะสี																								
^ก (สารหนู+แคดเมียม+โครเมียม+แมงกานีส+ฟอสฟอรัส+พลวง) สูงสุด 0.001 5 %																								
^ข (บิสมัท+ซิลิเนียม+เทลลูเรียม) สูงสุด 0.000 3 % โดยที่ (ซิลิเนียม+เทลลูเรียม) สูงสุด 0.000 30 %																								
^ก (โคบอลต์+เหล็ก+นิกเกิล+ซิลิคอน+ดีบุก+สังกะสี) สูงสุด 0.002 0 %																								
^จ ปริมาณออกซิเจนต้องเป็นในลักษณะที่วัสดุเป็นไปตามข้อกำหนดด้านความไม่แปรเนื่องจากไฮโดรเจนตามข้อ 6.5 ของ มอก.408																								

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของ Cu-ETP (CW004A) Cu-FRHC (CW005A) และ Cu-OF (CW008A)

(ข้อ 4.1.1 ข้อ 4.3 ข้อ 6.1 และภาคผนวก ซ. ข้อ ง))

การระบุชื่อวัสดุ		ร้อยละขององค์ประกอบ (โดยมวล)						
สัญลักษณ์	หมายเลข	ธาตุ	ทองแดง ^ก	บิสมีท์	ออกซิเจน	ตะกั่ว	ธาตุอื่นๆ (ดูหมายเหตุ)	
							รวม	ไม่นับ
Cu-ETP	CW004A	ต่ำสุด	99.90	—	—	—	—	เงิน
		สูงสุด	—	0.000 5	0.040 ^ข	0.005	0.03	ออกซิเจน
Cu-FRHC	CW005A	ต่ำสุด	99.90	—	—	—	—	เงิน
		สูงสุด	—	—	0.040 ^ข	—	0.04	ออกซิเจน
Cu-OF	CW008A	ต่ำสุด	99.95	—	—	—	—	เงิน
		สูงสุด	—	0.000 5	— ^ก	0.005	0.03	
หมายเหตุ ปริมาณรวมของธาตุอื่น ๆ (นอกเหนือจากทองแดง) คือ ปริมาณรวมของเงิน สารหนู บิสมีท์ แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม เหล็ก แมงกานีส นิกเกิล ออกซิเจน ฟอสฟอรัส ตะกั่ว กำมะถัน พลวง ซีลีเนียม ซิลิคอน ดีบุก เทลลูเรียม และสังกะสี								
ก รวมธาตุเงิน ปริมาณสูงสุดจนถึง 0.015 %								
ข ยอมให้มีปริมาณออกซิเจนจนถึง 0.060 % ตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย								
ก ปริมาณออกซิเจนต้องเป็นในลักษณะที่วัสดุเป็นไปตามข้อกำหนดด้านความไม่แปรเนื่องจากไฮโดรเจนตามข้อ 6.5 ของ มอก.408								

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของลวดไม่ชุบดินบุก

(ข้อ 4.3 ง) ข้อ 6.2.1 และภาคผนวก ข. ข้อ จ))

การระบุชื่อ				เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm		ความต้าน แรงดึง R_m N/mm ²	ความยืด ^ข A_t หรือ $A_{200\text{ mm}}$		
วัสดุ		สภาพวัสดุ ^ก					ลวดเส้นเดียว	ลวดหลายเส้น	
							%	%	
สัญลักษณ์	หมายเลข	ลวดเส้นเดียว	ลวดหลายเส้น	มากกว่า	จนถึง	ต่ำสุด	ต่ำสุด	ต่ำสุด	
Cu-ETP1 Cu-ETP Cu-FRHC Cu-OF1 Cu-OF	CW003A	A010	A008	0.04 ^ก	0.08	(200)	10 ^ข	8 ^ข	
		A015	A013	0.08	0.16	(200)	15 ^ข	13 ^ข	
		A021	A019	0.16	0.32	(200)	21 ^ข	19 ^ข	
		A022	A020	0.32	0.50	(200)	22	20	
		A024	A022	0.50	1.00	(200)	24	22	
		A026	A024	1.00	1.50	(200)	26	24	
		A028	A026	1.50	3.00	(200)	28	26	
	Cu-ETP	CW004A	A033	—	3.00	5.00	(200)	33	—
	Cu-FRHC	CW005A	R460	—	0.16	1.12	460	—	—
	Cu-OF1	CW007A	R440	—	1.12	1.50	440	—	—
	Cu-OF	CW008A	R430	—	1.50	2.00	430	—	—
			R420	—	2.00	2.40	420	—	—
			R400	—	2.40	3.00	400	—	—
			R390	—	3.00	3.55	390	—	—
			R380	—	3.55	4.00	380	—	—
			R370	—	4.00	4.50	370	—	—
		R360	—	4.50	5.00	360	—	—	
หมายเหตุ 1 1 N/mm ² เท่ากับ 1 MPa									
หมายเหตุ 2 ตัวเลขในวงเล็บไม่ใช่ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แต่ให้ไว้เป็นข้อเสนอแนะเท่านั้น									
^ก สภาพวัสดุที่ระบุเป็น Ayyy สมัยกับ “อบอ่อน” และที่ระบุเป็น Rxxx สมัยกับ “รีดแข็ง”									
^ข ค่าความยืดที่ระบุอยู่บนพื้นฐานของความยาวพิักัดเดิมตามภาคผนวก ข. ของ มอก.408									
— A_t = ความยืดรวม (ความยืดพลาสติกบวกความยืดอีลาสติก) ของความยาวพิักัดสุดท้าย L_u เป็นร้อยละของความยาวพิักัดเดิม L_0 ($11.3\sqrt{S_0}$) ของชิ้นทดสอบที่ได้สัดส่วนสำหรับลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 1 mm									
— $A_{200\text{ mm}}$ = ความยืดถาวรของความยาวพิักัดสุดท้าย L_u เป็นร้อยละของความยาวพิักัดเดิม L_0 (200 mm) ของชิ้นทดสอบที่ไม่เป็นสัดส่วนกัน									
^ก รวมถึง 0.04									

ตารางที่ 4 สมบัติทางกลของลวดชุบดีบุก
(ข้อ 4.3 ง) ข้อ 6.2.2 และภาคผนวก ข. ข้อ จ))

การระบุชื่อ				เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm		ความต้าน แรงดึง R_m N/mm ²	ความยืด ^ข	
วัสดุ	สภาพวัสดุ ^ก	A_t หรือ $A_{200\text{ mm}}$						
		ลวดเส้นเดียว %	ลวดหลายเส้น %					
สัญลักษณ์	หมายเลข	ลวดเส้นเดียว	ลวดหลายเส้น	มากกว่า	จนถึง	ต่ำสุด	ต่ำสุด	ต่ำสุด
Cu-ETP1 Cu-ETP Cu-FRHC Cu-OF1 Cu-OF	CW003A	A007	A005	0.04 ^ก	0.08	(200)	7 ^ข	5 ^ข
		A013	A011	0.08	0.16	(200)	13 ^ข	11 ^ข
		A019	A017	0.16	0.32	(200)	19 ^ข	17 ^ข
		A020	A018	0.32	0.50	(200)	20	18
		A022	A020	0.50	1.00	(200)	22	20
		A024	A022	1.00	1.50	(200)	24	22
	A026	—	1.50	3.00	(200)	26	—	
	CW004A	A031	—	3.00	5.00	(200)	31	—
	CW005A	R460	—	0.16	1.12	460	—	—
	CW007A	R440	—	1.12	1.50	440	—	—
	CW008A	R430	—	1.50	2.00	430	—	—
		R420	—	2.00	2.40	420	—	—
		R400	—	2.40	3.00	400	—	—
		R390	—	3.00	3.55	390	—	—
		R380	—	3.55	4.00	380	—	—
		R370	—	4.00	4.50	370	—	—
	R360	—	4.50	5.00	360	—	—	
หมายเหตุ 1 1 N/mm ² เท่ากับ 1 MPa								
หมายเหตุ 2 ตัวเลขในวงเล็บไม่ใช่ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แต่ให้ไว้เป็นข้อแนะนำเท่านั้น								
^ก สภาพวัสดุที่ระบุเป็น Ayyy สมัยกับ “อบอ่อน” และที่ระบุเป็น Rxxx สมัยกับ “รีดแข็ง”								
^ข ค่าความยืดที่ระบุอยู่บนพื้นฐานของความยาวพิกัดเดิมตามภาคผนวก ข. ของ มอก.408								
— A_t = ความยืดรวม (ความยืดพลาสติกบวกความยืดอีลาสติก) ของความยาวพิกัดสุดท้าย L_u เป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม L_0 ($11.3\sqrt{S_0}$) ของชิ้นทดสอบที่ได้สัดส่วนสำหรับลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 1 mm								
— $A_{200\text{ mm}}$ = ความยืดถาวรของความยาวพิกัดสุดท้าย L_u เป็นร้อยละของความยาวพิกัดเดิม L_0 (200 mm) ของชิ้นทดสอบที่ไม่เป็นสัดส่วนกัน								
^ก รวมถึง 0.04								

5. ข้อมูลการสั่งซื้อ

ดูภาคผนวก ข.

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 องค์ประกอบ

องค์ประกอบต้องเป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับวัสดุที่เหมาะสมซึ่งระบุไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

หมายเหตุ สำหรับลักษณะเฉพาะของทองแดงสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า ดูภาคผนวก ก.

6.2 สมบัติทางกล

6.2.1 ลวดไม่ชุบดีบุก

สมบัติทางกลของลวดไม่ชุบดีบุกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เหมาะสมซึ่งให้ไว้ในตารางที่ 3 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.2

6.2.2 ลวดชุบดีบุก

สมบัติทางกลของลวดชุบดีบุกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เหมาะสมซึ่งให้ไว้ในตารางที่ 4 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.2

6.3 สมบัติทางไฟฟ้า

สมบัติทางไฟฟ้าของลวดไม่ชุบดีบุกและลวดชุบดีบุกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่เหมาะสมซึ่งให้ไว้ในตารางที่ 5 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.4

6.4 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

สมบัติทางเรขาคณิตของลวดกำหนดโดยเส้นผ่านศูนย์กลางซึ่งต้องเป็นไปตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ให้ไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 สมบัติทางไฟฟ้า (ที่ 20 องศาเซลเซียส)
(ข้อ 6.3)

การระบุชื่อวัสดุ		เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm		สภาพวัสดุ	สภาพต้านทาน ไฟฟ้าเชิงปริมาตร	สภาพต้านทาน ไฟฟ้าเชิงมวล ^ก	สภาพนำไฟฟ้า	
สัญลักษณ์	หมายเลข	มากกว่า	จนถึง		$\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$ (สูงสุด)	$\frac{\Omega \times \text{g}}{\text{m}^2}$ (สูงสุด)	MS/m (ต่ำสุด)	% IACS ^ข (ต่ำสุด)
Cu-ETP1 Cu-ETP Cu-FRHC Cu-OF1 Cu-OF	CW003A CW004A CW005A CW007A CW008A	ลวดไม่ชุบตีบุก P						
		0.04 ^ก	0.08	Axxx (อบอ่อน)	0.017 24	0.153 3	58.0	100.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.08	0.16	Axxx (อบอ่อน)	0.017 24	0.153 3	58.0	100.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.16	0.32	Axxx (อบอ่อน)	0.017 24	0.153 3	58.0	100.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.018 45	0.164 0	54.2	93.4
		0.32	1.50	Axxx (อบอ่อน)	0.017 24	0.153 3	58.0	100.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.017 93	0.159 4	55.8	96.2
		1.50	5.00	Axxx (อบอ่อน)	0.017 24	0.153 3	58.0	100.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.017 76	0.157 9	56.3	97.1
		ลวดชุบตีบุก เกรด A และเกรด C						
		0.04	0.08	Axxx (อบอ่อน)	0.018 62	0.165 5	53.7	92.6
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.08	0.16	Axxx (อบอ่อน)	0.017 93	0.159 4	55.8	96.2
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.16	0.32	Axxx (อบอ่อน)	0.017 59	0.156 4	56.9	98.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.018 82	0.167 3	53.1	91.6
		0.32	1.50	Axxx (อบอ่อน)	0.017 41	0.154 8	57.4	99.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.018 11	0.161 0	55.2	95.2
		1.50	5.00	Axxx (อบอ่อน)	0.017 41	0.154 8	57.4	99.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.017 93	0.159 4	55.8	96.2
		ลวดชุบตีบุก เกรด B						
		0.04	0.08	Axxx (อบอ่อน)	0.019 31	0.171 7	51.8	89.3
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.08	0.16	Axxx (อบอ่อน)	0.018 27	0.162 4	54.7	94.4
				Ryyy (รีดแข็ง)	—	—	—	—
		0.16	0.32	Axxx (อบอ่อน)	0.017 76	0.157 9	56.3	97.1
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.019 01	0.169 0	52.6	90.7
		0.32	1.50	Axxx (อบอ่อน)	0.017 59	0.156 4	56.9	98.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.018 29	0.162 6	54.7	94.3
		1.50	5.00	Axxx (อบอ่อน)	0.017 41	0.154 8	57.4	99.0
				Ryyy (รีดแข็ง)	0.017 93	0.159 4	55.8	96.2
หมายเหตุ 1 % IACS คือ ค่าที่คำนวณจากร้อยละของค่ามาตรฐานสำหรับทองแดงอบอ่อนสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า โดยทองแดงที่มีสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงปริมาตร 0.017 24 μΩ × m ที่อุณหภูมิ 20 °C สอดคล้องกับสภาพนำไฟฟ้า 100 %								
หมายเหตุ 2 1 MS/m เท่ากับ 1 m/(Ω × mm ²)								
^ก คำนวณด้วยความหนาแน่นทองแดง 8.89 g/cm ³								
^ข IACS: International Annealed Copper Standard								
^ก รวมถึง 0.04								

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลาง
(ข้อ 6.4)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm		เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	ความกลม (สูงสุด)
มากกว่า	จนถึง		
—	0.08	± 0.002 mm	0.004 mm
0.08	0.25	± 0.003 mm	0.006 mm
0.25	0.4	± 0.004 mm	0.008 mm
0.4	5.0	± 1 %	2 %

6.5 สภาพดึงยืดยึดได้ (ductility)

ลวดในสภาพวัสดุ Rxxx ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.5 mm จนถึง 5.0 mm ต้องไม่ขาดหรือร้าว เมื่อทดสอบตามข้อ 8.3.1 และตรวจสอบโดยไม่ใช้อุปกรณ์ที่มีกำลังขยายเชิงแสง

จำนวนการตัดโค้งก่อนการขาดต้องอย่างน้อยเท่ากับค่าที่ให้ในตารางที่ 8 สำหรับลวดอ่อน และตารางที่ 9 สำหรับลวดรีดแข็ง การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.3.2

6.6 สภาพพื้นผิว

6.6.1 ทั่วไป

ลวดต้องจัดส่งเป็นแบบไม่ชุบดีบุก (P) หรือชุบดีบุก เกรดความหนาของการชุบดีบุกที่ปราศจากการเจือมี 3 เกรด ได้แก่ เกรด A หรือเกรด B หรือเกรด C ดูในตารางที่ 7

6.6.2 ลวดไม่ชุบดีบุก

ลวดต้องสะอาดปราศจากข้อบกพร่องที่เป็นอันตราย โดยต้องระบุอยู่ในข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย หากมิได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นผลิตภัณฑ์แบบขึ้นรูปเย็นอาจมีฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นตกค้างอยู่บนผิวได้ การเปลี่ยนสีอาจเกิดขึ้นได้แต่ต้องไม่ทำให้สมบัติการใช้งานเสียไป

คุณลักษณะที่ต้องการพิเศษเกี่ยวกับคุณภาพพื้นผิวต้องเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย (ดูภาคผนวก ข. ข้อ ฐ))

6.6.3 ลวดชุบดีบุก

นอกจากข้อ 6.6.2 แล้ว ลวดชุบดีบุกต้องมีชั้นของดีบุกที่เรียบ ต่อเนื่องและติดแน่น ปราศจากสิ่งปนเปื้อนที่ลดความบริสุทธิ์ของดีบุก ต้องใช้เกรดของดีบุกตาม ภาคผนวก ข. การชุบดีบุกต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 7 การทดสอบให้ปฏิบัติตามวิธีทดสอบวิธีใดวิธีหนึ่งในข้อ 8.5

ตารางที่ 7 คุณลักษณะที่ต้องการของการชุบดีบุก
(ข้อ 4.3 จ) ข้อ 6.6.1 ข้อ 6.6.3 และภาคผนวก ซ. ข้อ จ))

เกรด	ความหนาของการชุบดีบุกที่ปราศจากการเจือ (ต่ำสุด) μm	ความต่อเนื่องของ การชุบดีบุก	ความติดแน่นของ การชุบดีบุก
A	0.3	ปริมาณทองแดงสูงสุด 1.0 g ต่อพื้นผิวทดสอบ 1.0 m ²	ไม่มีรอยร้าวดำ
B	0.6		
C	ไม่ระบุ ^ก		
^ก ความหนาของการชุบดีบุกที่ปราศจากการเจือต้องเป็นตามหลักเกณฑ์ของผู้ขาย			

ตารางที่ 8 จำนวนครั้งของการตัดโค้งสำหรับลวดอบอ่อน
(ข้อ 6.5)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ d mm		จำนวนครั้งของการตัดโค้ง	รัศมีของแมนเดรล mm
มากกว่า	จนถึง		
0.5 ^ก	1.0	20	3
1.0	1.5	12	3
1.5	2.5	6	3
2.5	5.0	6	10
^ก รวมถึง 0.5			

ตารางที่ 9 จำนวนครั้งของการตัดโค้งสำหรับลวดรีดแข็ง
(ข้อ 6.5)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ d mm		จำนวนครั้งของการตัดโค้ง	รัศมีของแมนเดรล mm
มากกว่า	จนถึง		
1.0 ^ก	1.5	14	6
1.5	2.5	6	6
2.5	5.0	4	10
^ก รวมถึง 1.0			

7. การชักตัวอย่าง

7.1 ทั่วไป

ในกรณีที่ต้องการ (ตัวอย่างเช่น ถ้าจำเป็นตามวิธีดำเนินการที่ระบุของระบบการจัดการคุณภาพของผู้ขาย หรือเมื่อผู้ซื้อต้องการเอกสารการตรวจที่มีผลการทดสอบ หรือสำหรับใช้ในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง) จำนวนชุดของการชักตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 7.2 และข้อ 7.3

7.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

หากมิได้ตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ชุดตัวอย่างต้องสุ่มเลือกจากผลิตภัณฑ์สำเร็จแต่ละรุ่น และต้องมีปริมาณเพียงพอสำหรับการทดสอบ ต้องเตรียมตัวอย่างทดสอบจากแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาเพื่อนำไปหาลักษณะประกอบตามวิธีการวิเคราะห์ที่เลือกใช้

หมายเหตุ 1 ในการเตรียมตัวอย่างต้องหลีกเลี่ยงการทำให้ตัวอย่างทดสอบปนเปื้อนหรือร้อนเกิน แนะนำให้ใช้เครื่องมือที่ส่วนปลายเป็นคาร์ไบด์ ถ้าใช้เครื่องมือเหล็กกล้าควรทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเพื่อช่วยในการแยกเหล็กปนเปื้อนออก ถ้าตัวอย่างทดสอบอยู่ในรูปที่เป็นขนาดเล็กละเอียด (เช่น เศษจากการเจาะหรือกลึง) ควรใช้แม่เหล็กกำลังแรงเพื่อแยกเศษเหล็กที่เข้าไปปนเปื้อนในระหว่างการเตรียม

หมายเหตุ 2 อาจใช้ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนเบื้องต้นของกระบวนการผลิต เช่น ขั้นตอนการหล่อ มาใช้อ้างอิงได้ ถ้าองค์ประกอบของทองแดงไม่เปลี่ยน และผู้ผลิตได้รับการรับรองระบบบริหารคุณภาพตาม มอก.9001 หรือเทียบเท่า

7.3 การทดสอบทางกล ทางไฟฟ้า และการชุบดินบุก

7.3.1 การตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบต้องไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะของชิ้นตัวอย่างทดสอบนั้น การเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกล ชิ้นทดสอบต้องปราศจากรอยหักและการเสียรูปเกินควรที่เกิดจากการม้วนเก็บแน่นของรุ่นที่ตรวจสอบ

7.3.2 จำนวนลวดที่นำมาจากลวดหลายเส้นสำหรับการหาสมบัติทางกลและการชุบดินบุกต้องเป็นตามหลักเกณฑ์ของผู้ขาย

7.3.3 อัตราการชักตัวอย่างสำหรับลวดคือ ชิ้นทดสอบ 1 ชิ้นต่อ 1 รุ่น สำหรับการทดสอบแต่ละหัวข้อที่อ้างถึงในข้อ 8.2 ถึงข้อ 8.5 ตามความเหมาะสม

8. วิธีทดสอบ

8.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์ต้องทำกับชิ้นทดสอบ หรือส่วนของชิ้นทดสอบที่เตรียมมาจากตัวอย่างทดสอบตามข้อ 7.2 วิธีวิเคราะห์ต้องได้รับการยินยอมจากผู้ขาย ยกเว้นในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง และในกรณีที่มีข้อโต้แย้งวิธีวิเคราะห์ต้องได้รับการตกลงร่วมกันระหว่างผู้ที่ได้แย้ง

8.2 การทดสอบการดึง

การทดสอบการดึงให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ข. ของ มอก.408 โดยเตรียมชิ้นทดสอบจากตัวอย่างทดสอบตามข้อ 7.3 ลวดจากลวดหลายเส้นต้องแยกทดสอบแต่ละเส้น และไม่ทดสอบลวดที่ประกอบเป็นลวดหลายเส้นสมบูรณ์แล้ว

8.3 การทดสอบสภาพดัดยัดได้

8.3.1 การทดสอบการพัน

ลวดในสภาพวัสดุ Rxxx ต้องทดสอบการพันตามภาคผนวก ก. โดยเตรียมชิ้นทดสอบจากตัวอย่างทดสอบตามข้อ 7.3

ต้องพันลวดรอบลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันเป็นเกลียวชิดกัน 8 รอบ แล้วคลายลวดออก 6 รอบ และพันใหม่ให้ชิดกันในทิศทางเดียวกับที่พันครั้งแรก

8.3.2 การทดสอบการดัดโค้งกลับ

การทดสอบให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ง. โดยเตรียมชิ้นทดสอบจากตัวอย่างทดสอบตามข้อ 7.3

สำหรับลวดอ่อน การทดสอบใช้กับลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 0.50 mm เท่านั้น สำหรับลวดรีดแข็ง การทดสอบใช้กับลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1.00 mm เท่านั้น

8.4 การทดสอบสภาพต้านทานไฟฟ้า

สภาพต้านทานไฟฟ้าหรือสภาพนำไฟฟ้าต้องหาโดยการวัดโดยตรงของลวดเส้นเดียวหรือลวดหลายเส้นสมบูรณ์ที่ชักตัวอย่างตามข้อ 7.3

การทดสอบให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ฉ. ของ มอก.408

8.5 การประเมินการชุบตีบ

หากมิได้ตกลงกันไว้เป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย การประเมินการชุบตีบต้องปฏิบัติตามวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้ กับชิ้นทดสอบที่เตรียมจากตัวอย่างทดสอบตามข้อ 7.3

- โดยการหาความหนาของการชุบตีบที่ปราศจากการเจือ (ดูภาคผนวก จ.) และ/หรือ
- โดยการหาความต่อเนื่องของการชุบตีบรวม (ดูภาคผนวก ฉ.) และ/หรือ
- โดยการหาความติดแน่นของการชุบตีบรวม (ดูภาคผนวก ช.)

หมายเหตุ วิธีทางเลือกของการประเมินควรเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

8.6 การทดสอบซ้ำ

หากผลการทดสอบในข้อ 8.1 ถึงข้อ 8.5 มีข้อใดข้อหนึ่งไม่ผ่าน ต้องนำตัวอย่างทดสอบ 2 ตัวอย่าง จากรุ่นการทดสอบเดิมมาทดสอบคุณลักษณะที่ไม่ผ่านซ้ำ โดยต้องนำตัวอย่างทดสอบ 1 ตัวอย่าง มาจากตัวอย่างที่ชักมาเดิมที่ผลการทดสอบไม่ผ่าน เว้นแต่ไม่สามารถหาได้

ถ้าชิ้นทดสอบจากตัวอย่างทดสอบทั้งสอง ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ให้ถือว่ารุ่นทดสอบนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ถ้าชิ้นทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ ให้ถือว่ารุ่นทดสอบนั้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

8.7 การปิดเศษผลการทดสอบ

สำหรับจุดประสงค์ของการเป็นไปตามขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ค่าที่วัดได้หรือคำนวณได้จากการทดสอบต้องปิดเศษเพื่อให้มีจำนวนตำแหน่งหลังจุดทศนิยมเท่ากับจำนวนตำแหน่งหลังจุดทศนิยมของขีดจำกัดที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ยกเว้นความดันแรงดึงช่วงการปิดเศษต้องเป็น 10 N/mm^2 (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร) และค่าความยืดต้องปิดเศษไปที่ร้อยละ 1 ที่ใกล้ที่สุด

ต้องใช้กฎต่อไปนี้ในการปิดเศษ

- ก) ถ้าตัวเลขหลังจากตัวเลขหลักสุดท้ายที่เหลืออยู่น้อยกว่า 5 ตัวเลขหลักสุดท้ายที่เหลืออยู่ต้องไม่เปลี่ยน
- ข) ถ้าตัวเลขหลังจากตัวเลขหลักสุดท้ายที่เหลืออยู่เท่ากับหรือมากกว่า 5 ตัวเลขหลักสุดท้ายที่เหลืออยู่ต้องเพิ่มขึ้นอีก 1

9. เครื่องหมาย การบรรจุ และฉลาก

หากมิได้ระบุโดยผู้ซื้อและตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย เครื่องหมาย การบรรจุ และฉลาก แนะนำให้เป็นตามภาคผนวก ช.

ภาคผนวก ก.

(ข้อแนะนำ)

ลักษณะเฉพาะของทองแดงสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า

(ข้อ 4.1.2 และข้อ 6.1)

ก.1 การจัดกลุ่มทั่วไปของทองแดงชนิดต่าง ๆ

ลักษณะเฉพาะของทองแดงขึ้นอยู่กับสารเจือปนที่มีอยู่ โดยเฉพาะออกซิเจน ฟอสฟอรัส และเงิน

ทองแดงแบ่งเป็น 4 ชนิด ดังต่อไปนี้

- ทองแดงชนิดทฟพิตซ์ (มีออกซิเจน)
- ทองแดงชนิดปราศจากออกซิเจน
- ทองแดงชนิดคือออกไซด์ (ไม่ใช่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้)
- ทองแดงเจือเงิน (ไม่ใช่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้)

ก.2 ลักษณะเฉพาะทั่วไป

โดยทั่วไปทองแดงสามารถขึ้นรูปได้และใช้บัดกรีได้ดีมาก ส่วนความนำไฟฟ้าและความสามารถในการเชื่อมได้ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์และชนิดของทองแดง

ก.3 ลักษณะเฉพาะ

ตารางที่ ก.1 แสดงลักษณะเฉพาะของทองแดงสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า โดยการระบุชื่อวัสดุด้วยสัญลักษณ์และหมายเลขของทองแดงแต่ละชนิด

หมายเหตุ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ได้ระบุทองแดงทุกชนิดไว้ในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ลักษณะเฉพาะของทองแดงสำหรับจุดประสงค์ทางไฟฟ้า
(ข้อ ก.3)

ชนิดของทองแดง	ลักษณะเฉพาะ	การระบุชื่อวัสดุ	
		สัญลักษณ์	หมายเลข
ทองแดงชนิดทฟฟิตซ์ (มีออกซิเจน)	ทองแดงชนิดนี้ผลิตขึ้นโดยการควบคุมปริมาณออกซิเจน และมีความนำไฟฟ้าสูง ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อให้ความร้อน เชื่อม หรือเชื่อมประสานทองแดงชนิดนี้ในบรรยากาศที่มีไฮโดรเจนเพื่อหลีกเลี่ยงความเปราะเนื่องจากไฮโดรเจน	Cu-ETP1 Cu-ETP Cu-FRHC	CW003A CW004A CW005A
ทองแดงชนิดปราศจากออกซิเจน	ทองแดงชนิดนี้ผลิตขึ้นในภาวะแวดล้อมที่ปราศจากออกซิเจน ไม่ใช้สารไดออกไซด์เซอร์ และมีความนำไฟฟ้าสูง ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อให้ความร้อน เชื่อม หรือเชื่อมประสานทองแดงชนิดนี้ในบรรยากาศที่มีไฮโดรเจนเพื่อหลีกเลี่ยงความเปราะเนื่องจากไฮโดรเจน	Cu-OF1 Cu-OF Cu-OFE	CW007A CW008A CW009A
ทองแดงชนิดไดออกไซด์	ทองแดงชนิดนี้ผลิตขึ้นโดยการเติมสารไดออกไซด์เซอร์ซึ่งโดยทั่วไปใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณที่ควบคุมเพื่อให้เหลือสารไดออกไซด์เซอร์ตกค้างในปริมาณน้อย และมีความนำไฟฟ้าสูง ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อให้ความร้อน เชื่อม หรือเชื่อมประสานทองแดงชนิดนี้ในบรรยากาศที่มีไฮโดรเจนเพื่อหลีกเลี่ยงความเปราะเนื่องจากไฮโดรเจน	Cu-PHC Cu-HCP Cu-PHCE	CW020A CW021A CW022A
ทองแดงเจือเงิน	ทองแดงชนิดทฟฟิตซ์ ทองแดงชนิดปราศจากออกซิเจน และทองแดงชนิดไดออกไซด์สามารถเติมธาตุเงินได้จนถึง 0.12 % (โดยมวล) ผลของการเติมธาตุเงินเพื่อเพิ่มสมบัติความต้านทานการอ่อนตัวโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพนำไฟฟ้า	CuAg0.04 CuAg0.07 CuAg0.10 CuAg0.04P CuAg0.07P CuAg0.10P CuAg0.04(OF) CuAg0.07(OF) CuAg0.10(OF)	CW011A CW012A CW013A CW014A CW015A CW016A CW017A CW018A CW019A

ภาคผนวก ข.

เกรดของดีบุก

(ข้อ 6.6.3 ข้อ จ.2.2 และข้อ จ.5.1)

องค์ประกอบทางเคมีและการระบุเกรดของดีบุกแท่งหล่อ (ingot tin) เป็นไปตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 องค์ประกอบทางเคมีและการระบุเกรดของดีบุกแท่งหล่อ

การระบุ เกรดของ ดีบุก	ร้อยละขององค์ประกอบ (โดยมวล)										
	ดีบุก	อะลูมิเนียม	สารหนู	บิสมัท	แคดเมียม	ทองแดง	เหล็ก	ตะกั่ว	พลวง	สังกะสี	สิ่งเจือปน รวมทั้งหมด
	(ต่ำสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)	(สูงสุด)
Sn 99.99	99.99	0.0005	0.0005	0.0001	0.0005	0.0005	0.0001	0.0040	0.0010	0.0005	0.010
Sn 99.95	99.95	0.0005	0.0040	0.0050	0.0005	0.005	0.0025	0.040	0.015	0.0005	0.050
Sn 99.93	99.93	0.0005	0.004	0.005	0.0005	0.010	0.003	0.040	0.040	0.0005	0.070
Sn 99.90	99.90	0.0010	0.030	0.010	0.0010	0.030	0.005	0.010	0.040	0.0010	0.100
Sn 99.85	99.85	0.0010	0.030	0.030	0.0010	0.050	0.010	0.050	0.050	0.0010	0.150

ภาคผนวก ก.
การทดสอบการพัน
(ข้อ 8.3.1)

ก.1 หลักการ

การทดสอบการพันประกอบด้วย การพันลวดเป็นจำนวนรอบที่ระบุ รอบแมนเดรลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ระบุในมาตรฐาน ในลักษณะที่เป็นเกลียวชิดกัน

ก.2 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบต้องสร้างให้สามารถพันลวดรอบแมนเดรลในลักษณะที่เป็นเกลียวชิดกัน ขึ้นของลวดที่นำมาทดสอบอาจใช้แทนแมนเดรลได้ หากมีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ระบุสำหรับแมนเดรลและความแข็งแรงเพียงพอ

ก.3 วิธีทดสอบ

โดยทั่วไปให้ทดสอบที่อุณหภูมิระหว่าง 10 °C ถึง 35 °C แต่ถ้าเป็นการทดสอบในภาวะที่ควบคุมให้ทดสอบที่อุณหภูมิ $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$

พันลวดเป็นเกลียวชิดกันให้แน่นรอบแมนเดรลด้วยความเร็วคงที่ไม่เกิน 1 รอบต่อวินาที โดยไม่เกิดการบิดของลวด ในกรณีที่ทำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่กระทบต่อผลการทดสอบสามารถลดความเร็วในการพันได้เพื่อให้แน่ใจว่าการพันลวดแน่น อาจใช้แรงดึงไม่เกิน 5 % ของความต้านแรงดึงของลวดในการพันลวด

เมื่อคลายลวดออก หรือคลายลวดออกแล้วพันใหม่ อัตราการคลายต้องช้าเพียงพอเพื่อป้องกันอุณหภูมิของลวดเพิ่มขึ้นซึ่งอาจกระทบต่อผลการทดสอบ ในการคลายลวดต้องเหลीलวดอย่างน้อย 1 รอบที่ไม่คลายออก

การตีความผลการทดสอบการพันให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน หากมิได้ระบุไว้ให้ตรวจสอบรอยแตกที่มองเห็นได้โดยไม่ใช้อุปกรณ์ขยาย หากไม่พบรอยแตกให้ถือว่าผ่านการทดสอบ ลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.5 mm ต้องตรวจสอบด้วยอุปกรณ์ที่มีกำลังขยายเชิงแสงประมาณ 10 เท่า

ภาคผนวก ง.

การทดสอบการตัดโค้งกลับ

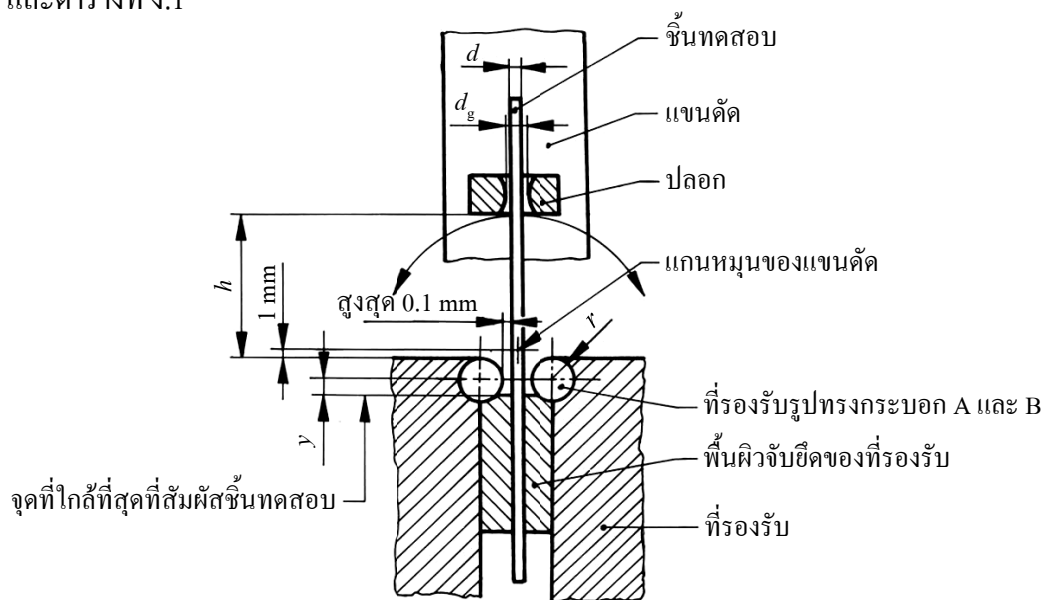
(ข้อ 8.3.2)

ง.1 หลักการ

การทดสอบการตัดโค้งกลับประกอบด้วยการตัดซ้ำด้วยมุม 90 องศาในทิศทางตรงข้ามกัน ซึ่งทำกับชิ้นทดสอบที่ปลายด้านหนึ่งถูกจับยึด โดยการตัดแต่ละครั้งใช้ที่รองรับรูปทรงกระบอกตามที่ระบุในข้อ ง.2

ง.2 สัญลักษณ์และความหมาย

รูปที่ ง.1 และตารางที่ ง.1



รูปที่ ง.1

(ข้อ ง.2 และข้อ ง.5)

ตารางที่ ง.1

(ข้อ ง.2 และข้อ ง.5)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
d	เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดกลม	mm
r	รัศมีของที่รองรับรูปทรงกระบอก	mm
h	ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างระนาบของที่รองรับรูปทรงกระบอกกับผิวด้านล่างของบล็อก	mm
d_g	เส้นผ่านศูนย์กลางของรูปบล็อก	mm
y	ระยะระหว่างระนาบตามแนวแกนของที่รองรับรูปทรงกระบอกกับจุดที่ใกล้ที่สุดที่สัมผัสกับชิ้นทดสอบ	mm
N_b	จำนวนครั้งของการตัดโค้งกลับ	-

ง.3 เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบต้องสร้างให้สอดคล้องกับหลักการดังในรูปที่ ง.1 และมีมิติที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ ง.2

ที่รองรับรูปทรงกระบอกและพื้นผิวจับยึดต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ เพื่อให้สามารถคงรูป และ/หรือ ด้านทานการขีดข่วน

รัศมีของที่รองรับรูปทรงกระบอก r ต้องเป็นไปตามตารางที่ ง.2

แกนของที่รองรับรูปทรงกระบอกต้องตั้งฉากกับระนาบของการตัดโค้ง และต้องขนานกันและอยู่ในระนาบเดียวกันห่างไม่เกิน 0.1 mm

พื้นผิวจับยึดต้องยื่นพ้นจากผิวของที่รองรับรูปทรงกระบอก โดยมีระยะยื่นไม่เกิน 0.1 mm วัดจากระยะห่างระหว่างชั้นทดสอบกับผิวของที่รองรับแต่ละด้าน ตามแนวที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของที่รองรับทั้งสอง

ขอบบนของพื้นผิวจับยึดต้องอยู่ต่ำกว่าศูนย์กลางของที่รองรับเป็นระยะ y ในกรณีที่รัศมีของที่รองรับ r น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.5 mm ให้ระยะ y เท่ากับ 1.5 mm และในกรณีที่รัศมีของที่รองรับ r มากกว่า 2.5 mm ให้ระยะ y เท่ากับ 3 mm

ระยะห่างของแกนจุดหมุนของแขนตัดจากส่วนบนสุดของที่รองรับรูปทรงกระบอกทุกขนาดต้องเท่ากับ 1 mm

รูในปลอกมีเส้นผ่านศูนย์กลางตามตารางที่ ง.2 และต้องบานออกทั้ง 2 ด้าน

ง.4 ชิ้นทดสอบ

ลวดที่นำมาเป็นชิ้นทดสอบควรมีความตรงตลอดความยาวเท่าที่เป็นไปได้ แต่อาจยอมให้มีความโค้งได้เล็กน้อยในระนาบที่ถูกตัดโค้งในระหว่างการทดสอบ

ถ้าจำเป็นต้องตัดให้ตรง ให้ใช้มือตัดหรือใช้ค้อนโดยมีที่รองรับเป็นไม้ พลาสติก หรือทองแดงโดยใช้ค้อนที่เป็นวัสดุอย่างเดียวกับที่รองรับ

ในระหว่างการตัดให้ตรง พื้นผิวของลวดต้องไม่เสียหายและชิ้นทดสอบต้องไม่บิด

ต้องไม่นำลวดในบริเวณที่โค้งเป็นมุมแหลมมาเป็นชิ้นทดสอบ

ตารางที่ ง.2 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องทดสอบ
(ข้อ ง.3 และข้อ ง.5)

เส้นผ่านศูนย์กลางระนาบของลวด d mm	รัศมีของที่รองรับรูปทรงกระบอก r mm	ระยะห่าง h mm	เส้นผ่านศูนย์กลางของรูปดอก* d_g mm
$0.3 \leq d \leq 0.5$	1.25 ± 0.05	15	2.0
$0.5 < d \leq 0.7$	1.75 ± 0.05	15	2.0
$0.7 < d \leq 1.0$	2.5 ± 0.1	15	2.0
$1.0 < d \leq 1.5$	3.75 ± 0.1	20	2.0
$1.5 < d \leq 2.0$	5 ± 0.1	20	2.0 และ 2.5
$2.0 < d \leq 3.0$	7.5 ± 0.1	25	2.5 และ 3.5
$3.0 < d \leq 4.0$	10 ± 0.1	35	3.5 และ 4.5
$4.0 < d \leq 6.0$	15 ± 0.1	50	4.5 และ 7.0
$6.0 < d \leq 8.0$	20 ± 0.1	75	7.0 และ 9.0
$8.0 < d \leq 10.0$	25 ± 0.1	100	9.0 และ 11.0
หมายเหตุ * เพื่อความเหมาะสม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่เล็กกว่าใช้สำหรับลวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระนาบที่เล็กกว่า (คุณสมบัติที่ 1) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่ใหญ่กว่าใช้สำหรับลวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระนาบที่ใหญ่กว่า (คุณสมบัติที่ 1) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในพิสัยที่ให้ไว้ในสมรรถที่ 1 ให้เลือกขนาดรูที่เหมาะสมโดยให้ชิ้นทดสอบสามารถเคลื่อนไหวย้ายโดยอิสระ			

ง.5 วิธีทดสอบ

โดยทั่วไปให้ทดสอบที่อุณหภูมิระหว่าง 10°C ถึง 35°C แต่ถ้าเป็นการทดสอบในภาวะที่ควบคุมให้ทดสอบที่อุณหภูมิ $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

รัศมีของที่รองรับ r ระยะ h และเส้นผ่านศูนย์กลางรู d_g ต้องเลือกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดตามที่ให้ไว้ในตารางที่ ง.2

สอดชิ้นทดสอบเข้าไปในแขนคัดในแนวตั้งผ่านรูของปลอกดังในรูปที่ ง.1 จับยึดปลายด้านล่างของชิ้นทดสอบให้อยู่ระหว่างหัวจับในลักษณะที่ชิ้นทดสอบตั้งฉากกับแกนของที่รองรับรูปทรงกระบอก

ดัดโค้งชิ้นทดสอบเป็นมุม 90 องศา สลับกันในทิศทางตรงข้าม การดัดโค้ง 1 ครั้ง ประกอบด้วยการดัดโค้งปลายด้านที่เป็นอิสระเป็นมุม 90 องศา แล้วดัดกลับยังตำแหน่งเริ่มต้น และดัดซ้ำในทิศทางตรงข้ามดังแสดงในรูปที่ ง.2 โดยไม่มีการหยุดชะงักในระหว่างการดัด

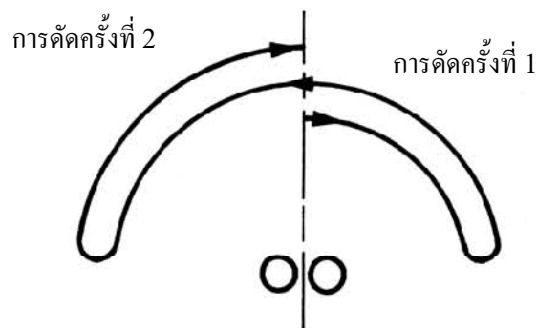
การดัดโค้งต้องมีอัตราที่สม่ำเสมอโดยไม่มีการกระชาก และไม่เกิน 1 ครั้งต่อวินาที ในกรณีที่ทำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่กระทบต่อผลการทดสอบสามารถลดความเร็วในการดัดโค้งได้

เพื่อให้แน่ใจว่ามีการสัมผัสที่ต่อเนื่องระหว่างชิ้นทดสอบกับที่รองรับรูปทรงกระบอกในระหว่างการทดสอบ อาจใช้แรงดึงไม่เกิน 2 % ของความต้านแรงดึงของลวดในการพันลวด เว้นแต่ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบทำต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจำนวนครั้งของการดัดโค้งตามที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง หรือจนกระทั่งเกิดรอยแตกที่มองเห็นได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขยาย

ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอื่นที่เกี่ยวข้องบางเล่มอาจกำหนดให้ทดสอบต่อเนื่องจนกระทั่งชิ้นทดสอบเกิดการแตกหักโดยสมบูรณ์

การนับจำนวนครั้งของการดัดโค้ง N_b จะไม่นับครั้งที่เกิดการล้มเหลวของชิ้นทดสอบในระหว่างการดัด



รูปที่ ง.2 การดัดโค้งกลับ
(ข้อ ง.5)

ภาคผนวก จ.

การทดสอบความหนาของการชุบดินบุกที่ปราศจากการเจือ

(ข้อ 8.5)

จ.1 หลักการ

การละลายที่แอโนดในพื้นที่ของผิวเคลือบที่ปราศจากการเจือที่กำหนดไว้ โดยใช้อิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม จากนั้นตรวจหาการละลายอย่างสมบูรณ์ของผิวเคลือบที่ปราศจากการเจือ โดยตรวจสอบจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า ความหนาของผิวเคลือบที่ปราศจากการเจือคำนวณจากประจุไฟฟ้า (ในหน่วย C (คูลอมบ์)) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

ก) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มการทดสอบจนถึงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าครั้งแรก เมื่อใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าคงที่ หรือ

ข) ประจุไฟฟ้ารวมที่ใช้ในการละลายผิวเคลือบที่ปราศจากการเจือ

จ.2 รีเอเจนต์และวัสดุ

จ.2.1 อิเล็กโทรไลต์

ใช้อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดไฮโดรคลอริกหรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ผู้ผลิตเครื่องวัดแนะนำ

สำหรับอิเล็กโทรไลต์กรดไฮโดรคลอริก ให้เจือจางกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่มีความเข้มข้น 1.18 g/ml (กรัมต่อมิลลิลิตร) จำนวน 170 ml (มิลลิลิตร) ด้วยน้ำที่ขจัดไอออนแล้วให้มีปริมาตร 1 000 ml

หมายเหตุ ประสิทธิภาพการละลายของผิวเคลือบดินบุกที่ปราศจากการเจือที่แอโนดเข้าใกล้ 100 % สำหรับการหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ ให้ดูข้อ จ.5.6

คำเตือน กรดไฮโดรคลอริกทำให้เกิดการไหม้และการระคายเคืองแก่ระบบการหายใจ ให้หลีกเลี่ยงการสูดดมไอระเหยและป้องกันการสัมผัสกับดวงตาและผิวหนัง

อิเล็กโทรไลต์นี้ละลายผิวเคลือบดินบุกที่แรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าต่ำมาก ซึ่งไม่มีผลกัดกร่อนชั้นสเตรตที่แอโนดเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

จ.2.2 ดินบุก

เกรดของดินบุกเป็นไปตามภาคผนวก ข.

จ.3 เครื่องทดสอบ

จ.3.1 ทั่วไป

เครื่องวัดอาจสร้างขึ้นจากส่วนประกอบที่เหมาะสม หรือใช้เครื่องวัดสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากผู้ผลิต

จ.3.2 เครื่องวัดแบบอ่านค่าโดยตรง

เครื่องวัดแบบอ่านค่าโดยตรงใช้ได้กับอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้ผลิตแนะนำ

การคำนวณความหนาของผิวเคลือบดีบุกจากความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องวัดต้องมีวิธีการบ่งชี้เมื่อผิวเคลือบดีบุกละลายหมด

จ.3.3 เครื่องวัดแบบอื่น

เครื่องวัดแบบอื่นที่ไม่ใช่เครื่องวัดแบบอ่านค่าโดยตรงจะบันทึกปริมาณประจุไฟฟ้า (หน่วยเป็น C) ที่ใช้ในการละลายผิวเคลือบที่ปราศจากการเจือในพื้นผิวที่กำหนด ซึ่งความหนาสามารถคำนวณได้โดยใช้ตัวประกอบหรือตาราง

จ.3.4 เซลล์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

เซลล์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยภาชนะบรรจุอิเล็กทรอนิกส์ แคโทด และขั้วทดสอบซึ่งใช้เป็นแอโนด ถ้าภาชนะบรรจุเป็นโลหะ เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม สามารถใช้ภาชนะเป็นแคโทดได้ ถ้าภาชนะบรรจุทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าจำเป็นต้องมีแคโทดแยกต่างหาก

ต้องมีอุปกรณ์สำหรับแขวนขั้วทดสอบ และกลไกสำหรับกวาดสารละลายด้วย ตัวอย่างทดสอบอาจเป็นลวดเส้นตรง หรือถ้าลวดมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กและจำเป็นต้องมีพื้นที่ผิวเพียงพอต้องมีอุปกรณ์รองรับค้ำแสดงในรูปที่ จ.1 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด ต้องใช้เครื่องกวาดแบบแม่เหล็กหรือระบบที่คล้ายกันในการกวาด

จ.4 การเตรียมขั้วทดสอบ

เลือกตัวอย่างทดสอบที่มีความยาวเหมาะสมเพื่อให้ขั้วทดสอบมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอิเล็กทรอนิกส์อย่างเหมาะสม ถ้าจำเป็นให้ทำความสะอาดพื้นผิวทดสอบด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม (ดูข้อ จ.5.4.5)

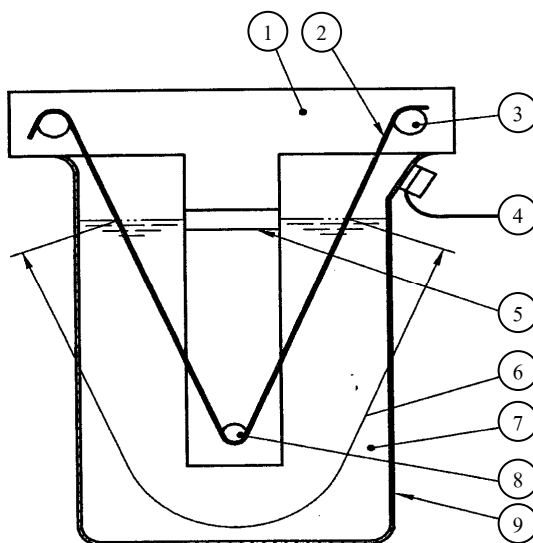
หมายเหตุ ควรระมัดระวังในระหว่างการทำทำความสะอาดเพื่อหลีกเลี่ยงการจัดผิวเคลือบโลหะออก

จ.5 วิธีทดสอบ

จ.5.1 ทั่วไป

ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตเกี่ยวกับขั้นตอนสำหรับการวัด อิเล็กทรอนิกส์ และการสอบเทียบ (ถ้าจำเป็น) ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ระบุในข้อ จ.5.4 ต้องตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องวัดโดยใช้ชิ้นตัวอย่างอ้างอิงที่เป็นลวดดีบุกบริสุทธิ์ เกรดของดีบุกต้องเป็นไปตามภาคผนวก ข. และทดสอบตามข้อ จ.5.6

ถ้าการอ่านค่าจากเครื่องวัดหรือการคำนวณค่า K ได้ค่าประสิทธิภาพของอิเล็กทรอนิกส์เท่ากับหรือมากกว่า 98 % อาจใช้เครื่องวัดดังกล่าวได้โดยไม่ต้องปรับแต่งเพิ่มเติม มิฉะนั้นต้องสอบเทียบเครื่องวัดตามคำแนะนำของผู้ผลิต



คำอธิบาย

- ① โครงรูปตัวที่ที่รองรับชิ้นทดสอบซึ่งทำจากวัสดุไม่นำไฟฟ้า ไนลอน หรือพลาสติกอื่น
- ② ชิ้นทดสอบ
- ③ ขั้วต่อชิ้นทดสอบ (แอนโนด)
- ④ ขั้วต่อแคโทด
- ⑤ ระเบิดอิเล็กโทรไลต์
- ⑥ ความยาวชิ้นทดสอบ L
- ⑦ อิเล็กโทรไลต์
- ⑧ หมุดโลหะ
- ⑨ แคโทด (เหล็กกล้าไร้สนิมหรือตะกั่ว) ภาชนะบรรจุ (บีกเกอร์)

รูปที่ จ.1 วิธีทางเลือกสำหรับการยึดลวดเส้นเล็กหรือลวดซึ่งไม่สามารถยึดให้ตรงได้
(ข้อ จ.3.4)

จ.5.2 การหาพื้นที่ที่ได้จากการวัด

การหาพื้นที่ที่ได้จากการวัดของชิ้นทดสอบที่มีความยาว L (หน่วยเป็น mm) ต้องมีความแม่นยำ 1 % และเส้นผ่านศูนย์กลาง d ของชิ้นทดสอบสำหรับลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุน้อยกว่า 0.6 mm ต้องมีความแม่นยำ 1 % และสำหรับลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.6 mm ต้องมีความแม่นยำ 0.5 % พื้นที่ที่กำหนด A (หน่วยเป็น cm^2 (ตารางเซนติเมตร)) หาได้จากสูตร

$$A = \frac{d \times L \times \pi}{100}$$

หมายเหตุ พื้นที่ที่แท้จริงของการละลายผิวเคลือบเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความแม่นยำและสาเหตุหลักของความผิดพลาดเกิดจากความโค้งและสนามกระแสไฟฟ้าที่ผิวอิเล็กโทรไลต์

จ.5.3 การแยกสลายด้วยไฟฟ้า (การละลายผิวเคลือบสีนุกที่ปราศจากการเจือ)

อิเล็กโทรไลต์ (ข้อ จ.2.1) และชิ้นทดสอบต้องอยู่ในเซลล์ไฟฟ้า ในลักษณะที่ทราบพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ ต้องใช้กลไกการกวนเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฟองก๊าซเกิดขึ้นบนพื้นที่ที่กำหนด ต่อขั้วไฟฟ้าและให้เครื่องกวนทำงาน การแยกสลายด้วยไฟฟ้าต้องทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผิวเคลือบสีนุกที่ปราศจากการเจือละลายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งบ่งชี้ด้วยการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของศักย์ไฟฟ้าที่แอโนดหรือแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า หรือด้วยการทำงานของเครื่องตรวจจับอัตโนมัติ

หลังจากการทดสอบเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ต้องนำชิ้นทดสอบออกจากเซลล์ไฟฟ้า ล้างด้วยน้ำ และตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าการละลายของผิวเคลือบสีนุกที่ปราศจากการเจือเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ตลอดพื้นที่ที่กำหนด (ดูข้อ จ.5.4.9)

จ.5.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบกับความแม่นยำในการวัด

จ.5.4.1 ความหนาของผิวเคลือบ

ความแม่นยำที่เหมาะสมที่สุดได้จากผิวเคลือบที่มีความหนาในพิสัย $0.2\ \mu\text{m}$ (ไมโครเมตร) ถึง $50\ \mu\text{m}$

จ.5.4.2 การแปรผันของกระแสไฟฟ้า

สำหรับเครื่องวัดที่ใช้เทคนิคการจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่และวิธีการจับเวลา การแปรผันของกระแสไฟฟ้าอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน สำหรับเครื่องวัดที่ใช้การหาปริพันธ์ของกระแสไฟฟ้า-เวลา (current-time integrator) การแปรผันกระแสไฟฟ้าในปริมาณมากสามารถเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการนำกระแสไฟฟ้าที่แอโนดหรือมีผลกระทบกับจุดสิ้นสุดของการทดสอบทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน

จ.5.4.3 การแปรผันของพื้นที่

การวัดความหนาจะมีความแม่นยำไม่ดีกว่าความแม่นยำในการวัดพื้นที่ที่กำหนด พื้นที่ของลวดที่สัมผัสสารละลายอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากระดับอิเล็กโทรไลต์ (เกิดจากการกวนมากเกินไป) เป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการวัด ในบางกรณีเพื่อให้ผลที่ดีกว่าอาจวัดความยาวของชิ้นทดสอบ หลังจากการแยกสลายด้วยไฟฟ้าเสร็จสมบูรณ์และคำนวณพื้นที่อีกครั้ง

จ.5.4.4 การกวน

การกวน (อัตราการกวน) ต้องเพียงพอเพื่อที่จะกำจัดฟองก๊าซที่เกิดขึ้นและอาจเกาะอยู่ที่ชิ้นทดสอบหรือแคโทด ในระหว่างการทดสอบได้ ต้องหลีกเลี่ยงการกวนมากเกินไปเพื่อป้องกันความผิดพลาดของความยาวชิ้นทดสอบส่วนที่จุ่มในอิเล็กโทรไลต์

จ.5.4.5 ภาวะของพื้นผิวขึ้นทดสอบ

น้ำมัน จาระบี สี สารกัดกร่อน การข้อมสี หรือกรรมวิธีทางเคมีอื่นที่พื้นผิว ฯลฯ สามารถมีผลกระทบกับการทดสอบได้

จ.5.4.6 ความสะอาดของเซลล์ไฟฟ้า

ในอิเล็กโทรไลต์บางชนิดอาจทำให้เกิดคราบติดขึ้นที่แคโทดได้ คราบนี้มีผลกระทบกับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้แคโทดสะอาด

จ.5.4.7 ความสะอาดของการต่อทางไฟฟ้า

ในกรณีของเครื่องวัดแบบอื่นที่ไม่ใช่แบบกระแสไฟฟ้าคงที่ จุดต่อทางไฟฟ้าที่ไม่สะอาดจะมีผลกระทบกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าและได้จุดสิ้นสุดการทดสอบ (end-point) ที่ผิดพลาด

จ.5.4.8 มาตรฐานการสอบเทียบ

การวัดที่ใช้มาตรฐานการสอบเทียบต้องพิจารณาความคลาดเคลื่อนของมาตรฐานการสอบเทียบเพิ่มเติมด้วย

จ.5.4.9 การละลายไม่สม่ำเสมอ

ถ้าอัตราการละลายไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่ที่กำหนด จุดสิ้นสุดการทดสอบอาจถึงก่อนกำหนดและมีค่าต่ำกว่าค่าที่แท้จริง การตรวจสอบพื้นผิวต้องทำหลังจากการทดสอบ (ดูข้อ 4.5.3) เพื่อทวนสอบว่าผิวเคลือบส่วนใหญ่ละลาย

การปรากฏของวัสดุอื่นในผิวเคลือบ รูพรุนในผิวเคลือบ และความหยาบของผิวเคลือบ อาจทำให้เกิดการผันผวนของแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้า การผันผวนนั้นมีผลกระทบต่อจุดสิ้นสุดการทดสอบ

จ.5.4.10 ประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์

การหาความหนาของฟิล์มด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ K ซึ่งมีอย่างน้อย 98 % ค่าของ K ควรหาเป็นระยะๆ ดูข้อ จ.5.6

จ.5.5 ความไม่แน่นอนของการวัด

อุปกรณ์ทดสอบและขั้นตอนการทดสอบต้องสามารถวัดความหนาผิวเคลือบได้โดยมีความไม่แน่นอนของการวัดไม่เกิน 5.0 % ตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- กระแสไฟฟ้าต้องควบคุมให้อยู่ภายใน 10 mA
- เวลาต้องควบคุมให้อยู่ภายใน 1 วินาที
- พื้นที่ต้องควบคุมให้มีความแม่นยำตามข้อ จ.5.2
- ประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ K ต้องมากกว่า 98 % (ดูข้อ จ.5.6)

จ.5.6 การหาประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์

เมื่อผู้ผลิตอุปกรณ์แนะนำให้ใช้อิเล็กโทรไลต์เฉพาะสำหรับการหาความหนาของดีบุกบนลวดทองแดง การควบคุมประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ต้องเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต ในกรณีอื่นๆ ค่า K ต้องหาเป็นระยะๆ โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

- ก) แอโนดทดสอบที่เหมาะสมต้องทำจากลวดที่มีพิสัยของเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 mm ถึง 2.00 mm มีความยาวเหมาะสม เคลือบด้วยดีบุกที่ปราศจากการเจือ (ข้อ จ.2.2) ให้มีความหนาน้อยกว่า 4 μm
- ข) แอโนดทดสอบต้องแช่น้ำหนักอย่างแม่นยำและบันทึกค่าไว้
- ค) แอโนดทดสอบต้องจุ่มลงในเซลล์ไฟฟ้าที่มีอิเล็กโทรไลต์โดยใช้ความยาวเดียวกับที่ผู้ผลิตเครื่องวัดแนะนำหรือที่ใช้ในการหาความหนาดีบุกประจำ
- ง) กระแสไฟฟ้าต้องเท่ากับที่ผู้ผลิตเครื่องวัดแนะนำหรือที่ใช้ในการหาความหนาดีบุกประจำ
- จ) ระยะเวลาทดสอบต้องเพียงพอเพื่อให้แน่ใจว่าจัดดีบุกออกได้อย่างมีนัยสำคัญแต่ต้องไม่นานเกินไปจนกระทั่งผิวเคลือบดีบุกถูกขจัดออกอย่างสมบูรณ์
- ฉ) ต้องบันทึกระยะเวลาทดสอบในหน่วยวินาที และกระแสไฟฟ้าในหน่วย A
- ช) ต้องนำแอโนดออก ล้าง และทำให้แห้งโดยไม่ใช้การเช็ด
- ซ) ต้องชั่งน้ำหนักแอโนดซ้ำโดยมีความแม่นยำเดียวกับที่ทำก่อนหน้านี้
- ณ) ประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ K ต้องคำนวณดังต่อไปนี้

$$K = \frac{m}{E \times I \times t}$$

เมื่อ

m คือ การสูญเสียมวลของแอโนด เป็น mg

E คือ สมมูลเคมีไฟฟ้าเท่ากับ 0.615 2 mg Sn/C (มิลลิกรัมดีบุกต่อคูลอมบ์)

I คือ กระแสไฟฟ้า เป็น A

t คือ ระยะเวลา เป็นวินาที

หมายเหตุ 1 เพื่อรักษาความเที่ยงในการชั่งน้ำหนัก อัตราส่วนของมวลแอโนดต่อมวลดีบุกที่หายไปควรเป็น 1 000 : 1

หมายเหตุ 2 ค่าสมมูลเคมีไฟฟ้า 0.615 2 อยู่บนพื้นฐานของความจริงที่ว่าประจุไฟฟ้า 96 485 C จะจัดดีบุก (Sn^{++}) ได้ 59.35 g ที่ประสิทธิภาพของอิเล็กโทรไลต์ 100 %

ถ้าค่า K ที่ได้น้อยกว่า 98 % ต้องเปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์

จ.5.7 การแสดงผลการทดสอบ

ความหนาผิวเคลือบดินบุกที่ปราศจากการเจือ d ในหน่วย μm หาได้จากสมการ

$$d = 100 \times K \times \frac{Q \times E}{A \times \rho} \quad \text{หรือ} \quad 100 \times K \times \frac{I \times t \times E}{A \times \rho}$$

เมื่อ

K คือ ประสิทธิภาพการนำกระแสไฟฟ้าของกระบวนการละลายและในกรณีที่ประสิทธิภาพ 100 % (ดูข้อ จ.5.6)

ต้องถือว่า K เท่ากับ 100

E คือ สมมูลเคมีไฟฟ้าเท่ากับ 0.615 2 mg Sn/C

A คือ พื้นที่ที่กำหนด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ผิวเคลือบละลาย เป็น cm^2

ρ คือ ความหนาแน่นของผิวเคลือบ สำหรับดินบุกที่ปราศจากการเจือมีค่าเท่ากับ 7.29 g/cm^3

Q คือ ประจุไฟฟ้า (เป็น C) ที่ใช้ในการละลายผิวเคลือบดินบุกที่ปราศจากการเจือ ในกรณีที่เครื่องวัดไม่สามารถอ่านค่า Q ได้โดยตรงให้คำนวณ Q ได้จากสมการ

$$Q = I \times t$$

เมื่อ

I คือ กระแสไฟฟ้า เป็น A

t คือ ระยะเวลา เป็นวินาที

จะได้

$$d = 0.00844 \times K \times \frac{Q}{A} \quad \text{นั่นคือ} \quad d = 0.844 \times \frac{Q}{A}$$

ภาคผนวก ฉ.
การทดสอบความต่อเนื่องของการหุบดินุก
(ข้อ 8.5)

ฉ.1 หลักการ

เตรียมลวดยาวเพียงพอที่จะมีพื้นที่ผิว $5\,000\text{ mm}^2$ พันรอบแมนเดรล ทำความสะอาด และจุ่มในสารละลายทดสอบ การเปลี่ยนสีของสารละลายทดสอบเนื่องจากการละลายของทองแดงต้องนำไปเปรียบเทียบกับสารละลายอ้างอิงที่ทราบความเข้มข้นของทองแดง

ฉ.2 สารละลายทดสอบ

ละลายแอมโมเนียมเพอร์ซัลเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$ จำนวน 10 g ในน้ำที่จัดให้อ่อนแล้ว เติมสารละลายแอมโมเนีย (NH_4OH) ที่มีความเข้มข้น 0.88 g/ml ถึง 0.91 g/ml จำนวน 20 ml และเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 000 ml

หมายเหตุ สารละลายทดสอบไม่สามารถเก็บได้เพราะจะทำให้สูญเสียเพอร์ออกไซด์แอคทีวิตี

ฉ.3 สารละลายอ้างอิง

ละลายคอปเปอร์ซัลเฟตบริสุทธิ์ $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ จำนวน 0.10 g ในน้ำที่จัดให้อ่อนแล้ว เติมสารละลายแอมโมเนีย (NH_4OH) ที่มีความเข้มข้น 0.88 g/ml ถึง 0.91 g/ml จำนวน 50 ml และเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 000 ml สารละลายที่เตรียมได้ดังกล่าวจะมีความเข้มข้นของทองแดง 0.025 g/l (กรัมต่อลิตร)

ฉ.4 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบอย่างถาวรเพื่อแสดงความยาวพิคัด L ซึ่งหาได้จากตารางที่ ฉ.1 โดยให้มีปลายสำหรับแขวนชิ้นทดสอบทั้ง 2 ด้าน ห่างจากความยาวพิคัดด้านละ 50 mm ความแม่นยำของการทำเครื่องหมายต้องไม่เกิน 0.5 % ของความยาวพิคัด ลวดส่วนที่เป็นความยาวพิคัดต้องพันเป็นเกลียวบนแมนเดรลที่มีผิวเรียบและมีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ระบุ (ดูตารางที่ 1) ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการบิดหรือความเสียหายของเคลือบดินุกปลายทั้ง 2 ด้านที่มีความยาว 50 mm ต้องอยู่ในตำแหน่งที่เมื่อทดสอบจะมีเพียงส่วนที่เป็นความยาวพิคัดเท่านั้นที่จุ่มลงในสารละลายทดสอบ

ตารางที่ จ.1 พารามิเตอร์ทดสอบ
(ข้อ จ.4)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวด		เส้นผ่านศูนย์กลางแมนเดรล	ความยาวพิกัด
D mm			
มากกว่า	จนถึง	mm	mm
0.04 ^ก	0.08	ตามข้อตกลง	ข
0.08	0.16	15 ± 0.2	
0.16	0.315	20 ± 0.2	
0.315	0.5	25 ± 0.2	$L = \frac{1\ 592}{D}$
0.5	1.0	30 ± 0.2	
1.0	1.5	40 ± 0.2	
1.5	3.0	50 ± 0.2	
3.0	5.0	60 ± 0.2	
^ก รวมถึง 0.04			
^ข ถ้าต้องทดสอบลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.04 mm จนถึง 0.315 mm ต้องเป็นการตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย และจำเป็นต้องตกลงเกี่ยวกับความยาวชิ้นทดสอบและปริมาณทองแดงที่ละลายในหน่วย g/m ² ซึ่งเป็นเกณฑ์ ผ่าน/ไม่ผ่าน ของการทดสอบด้วย (ดูข้อ จ.7) หากข้อตกลงให้ใช้เกณฑ์แตกต่างจากที่ระบุจำเป็นต้องกำหนดและตกลงเกี่ยวกับความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายอ้างอิงด้วย (ดูข้อ จ.3)			

จ.5 การทำความสะอาดชิ้นทดสอบ

ก่อนจุ่มชิ้นทดสอบลงในสารละลายทดสอบ ต้องทำความสะอาดชิ้นทดสอบในตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่เหมาะสม อาจกวนตัวทำละลายได้แต่ต้องไม่ใช่ชิ้นทดสอบในการกวน ชิ้นทดสอบต้องทำให้แห้งด้วยลมร้อนหรือเช็ดด้วยผ้าสะอาดที่แห้งก่อนจุ่มลงในสารละลายทดสอบ

จ.6 การจุ่มเพื่อทดสอบ

หลังจากทำความสะอาดชิ้นทดสอบและทำให้แห้ง ต้องจุ่มชิ้นทดสอบลงในสารละลายทดสอบ 200 ml ทันที โดยจุ่มเฉพาะส่วนที่เป็นความยาวพิกัด L เท่านั้น เป็นเวลา 10 นาที ในระหว่างช่วงเวลาที่ชิ้นทดสอบจุ่มอยู่ในสารละลายต้องไม่มีการกวนสารละลาย ทั้งนี้ต้องคงอุณหภูมิไว้ที่ $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$

ฉ.7 การหาความเข้มข้น

ฉ.7.1 ทัวไป

ต้องตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายทดสอบด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งในข้อ ฉ.7.2 หรือข้อ ฉ.7.3

ฉ.7.2 การเปรียบเทียบด้วยกระบอกเนสเลอร์

ต้องใช้กระบอกเนสเลอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่เหมือนกัน 1 คู่ กระบอกหนึ่งเติมด้วยสารละลายทดสอบที่ไม่เจือจาง อีกกระบอกหนึ่งเติมด้วยสารละลายอ้างอิงในปริมาตรที่เท่ากัน ความเข้มข้นของสารละลายทั้ง 2 ในกระบอกเนสเลอร์ต้องเปรียบเทียบกับเนสเลอร์ไรเซอร์ ความเข้มข้นของสารละลายทดสอบต้องไม่มากกว่าความเข้มข้นของสารละลายอ้างอิง หลังจากการหาความเข้มข้นต้องไม่นำสารละลายทดสอบกลับมาใช้อีก

หมายเหตุ ข้อกำหนดที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ปริมาณของทองแดงสูงสุดที่ละลายได้คือ $1 \text{ g} : 1 \text{ m}^2$ เมื่อพื้นที่ผิวของชั้นทดสอบเท่ากับ $5\,000 \text{ mm}^2$ (0.005 m^2) ปริมาณทองแดงที่ละลายสูงสุดคือ 0.005 g เมื่อทองแดง 0.005 g ละลายในสารละลายทดสอบ 200 ml จะมีความเข้มข้นของทองแดง 0.025 g/l

เปรียบเทียบสารละลายทดสอบกับสารละลายอ้างอิง (ดูข้อ ฉ.3) โดยตรงด้วยการคำนวณหรือวิธีการวัดสีโดยไม่ต้องเจือจาง ความเข้มของสีน้ำเงินอาจจางแต่เปรียบเทียบกับกระบอกเนสเลอร์ที่บรรจุด้วยน้ำจะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน

ฉ.7.3 วิธีการวัดสี

ใช้อุปกรณ์วัดแสงที่เหมาะสม เปรียบเทียบความทึบแสงของสารละลายทดสอบกับของสารละลายอ้างอิง (ดูข้อ ฉ.3) ความทึบแสงของสารละลายทดสอบต้องไม่มากกว่าความทึบแสงของสารละลายอ้างอิง

ถ้าต้องการผลลัพธ์เชิงปริมาณ ให้หาจากกราฟความสัมพันธ์ของความทึบแสงกับร้อยละของทองแดง โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของทองแดงต่าง ๆ กัน

ภาคผนวก ข.

การทดสอบความตึงเครียดของการชุบดีบุก

(ข้อ 8.5)

ข.1 หลักการ

นำลวดมาบิดและพันรอบตัวเองหรือแมนเดรลเป็นเกลียวชิดติดกันและจุ่มในน้ำยาทดสอบเพื่อหารอยแตกใดๆ ที่อาจเกิดขึ้น หลังจากที่น่าออกจากน้ำยาทดสอบต้องตรวจสอบหาหลักฐานของรอยแตกค่า

ข.2 สารละลายเพื่อใช้ (stock solution)

สารละลายทดสอบโซเดียมซัลไฟด์อิมมัตต้องเตรียมโดยการละลายโซเดียมโมโนซัลไฟด์บริสุทธิ์ (Na_2S) ในน้ำที่จัดไอออนแล้วจนกระทั่งสารละลายอิมมัต ต้องเติมกำมะถันบริสุทธิ์ (ผงกำมะถัน) ลงในสารละลายเป็นปริมาณมากกว่า 250 g/l ต้องเก็บสารละลายเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้

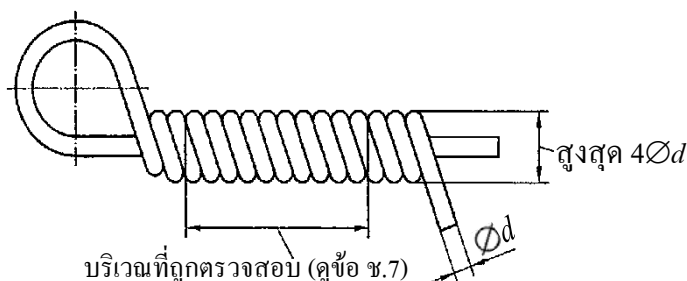
ข.3 สารละลายทดสอบ

สารละลายทดสอบต้องประกอบด้วยส่วนของสารละลายเพื่อใช้เจือจางด้วยน้ำที่จัดไอออนแล้วให้ได้ความถ่วงจำเพาะ ρ เท่ากับ 1.142 g/ml ที่อุณหภูมิ $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

ข.4 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบต้องมีความยาวเพียงพอที่จะสามารถพันรอบตัวเองได้ 14 รอบต่อเนื่อง (ดูรูปที่ ข.1) ในกรณีที่ลวดมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.32 mm อาจพันรอบแมนเดรลที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

หลังจากที่พันลวดแล้ว 2 รอบ ลวดส่วนที่เหลือต้องพันตามแนวแกนอีก 12 รอบ ให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในคงที่ประมาณ 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางลวด โดยให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางลวด (ดูรูปที่ ข.1)



คำอธิบาย

 d เส้นผ่านศูนย์กลางของลวด

รูปที่ ข.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

(ข้อ ข.4 และข้อ ข.7)

ข.5 การทำความสะอาดชิ้นทดสอบ

ก่อนจุ่มชิ้นทดสอบลงในสารละลายทดสอบ ต้องทำความสะอาดชิ้นทดสอบในตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่เหมาะสม อาจกวนตัวทำละลายได้แต่ต้องไม่ใช่ชิ้นทดสอบในการกวน ชิ้นทดสอบต้องทำให้แห้งด้วยลมร้อนหรือเช็ดด้วยผ้าสะอาดที่แห้งก่อนจุ่มลงในสารละลายทดสอบ

ข.6 การจุ่มเพื่อทดสอบ

ส่วนของชิ้นทดสอบที่พ้นแล้วทั้งหมดต้องจุ่มลงในสารละลายโซเดียมพอลิซัลไฟด์เจือจางที่มีความถ่วงจำเพาะ ρ เท่ากับ 1.142 g/ml ที่อุณหภูมิระหว่าง 16 °C ถึง 21 °C เป็นเวลา 30 วินาที ทั้งนี้ตลอดช่วงเวลาที่ชิ้นทดสอบจุ่มอยู่ในสารละลายต้องไม่มีการกวนสารละลาย

หลังจาก 30 วินาที ต้องนำชิ้นทดสอบออกมาล้างด้วยน้ำและค่อย ๆ ซับให้แห้งเพื่อจะจัดกราบหรือตะกอนสีเทาที่อาจเกิดขึ้น

สารละลายทดสอบอาจนำมาใช้ซ้ำได้อีกจนกระทั่งไม่สามารถทำให้ลวดทองแดงไม่ชุบดินบุกเปลี่ยนเป็นสีดำได้ภายใน 5 วินาที

ข.7 การตรวจสอบ

ให้ตรวจสอบบริเวณพื้นที่ด้านนอกของลวด 10 รอบ ตรงกลางของลวดที่พ้นทั้งหมด (ดูรูปที่ ข.1)

รอยแตกซึ่งเกิดขึ้นระหว่างบริเวณที่เผยให้เห็นทองแดงกับส่วนที่พ้นจะเป็นสีดำ รอยแตกอื่นหรือข้อบกพร่องอื่นหรือบริเวณทองแดงส่วนที่ไม่ชุบดินบุก หรือบริเวณที่เป็นสีเทาไม่นำมาพิจารณา

การปรากฏรอยแตกสีดำบ่งชี้ว่าชิ้นทดสอบไม่ผ่าน ยกเว้นลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.32 mm ชิ้นทดสอบจะถูกตรวจสอบด้วยตาเปล่า ลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 0.32 mm ชิ้นทดสอบอาจตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์ที่มีกำลังขยายเชิงแสงไม่เกิน 5 เท่า

ภาคผนวก ช.

(ข้อเสนอแนะ)

ข้อมูลการสั่งซื้อ

(ข้อ 5, ข้อ 6.6.2 และข้อ 9.)

เพื่อความชัดเจนในการสั่งซื้อและการยืนยันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ผู้ซื้อควรระบุข้อมูลดังต่อไปนี้ในใบสอบถามราคาและคำสั่งซื้อ

ก) ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (มวล หรือจำนวนของชุด ม้วน หรือหลอด)

ข) ประเภท (ลวดกลม)

ค) หมายเลข มอก.

ง) การระบุชื่อวัสดุ (ดูตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

จ) การระบุชื่อสภาพวัสดุ (ดูข้อ 4.2 และตารางที่ 3 และตารางที่ 4)

ฉ) สภาพพื้นผิว (ดูข้อ 6.6)

– ไม่ชุบดัด หรือ

– ชุบดัด (เกรด A เกรด B หรือเกรด C ดูตารางที่ 7)

ช) มิติระบุ

– ลวดเส้นเดียว: เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

– ลวดหลายเส้น: จำนวนลวด $\times$ เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดแต่ละเส้น

ซ) รูปแบบการบรรจุ: ชุดลวด (Y) หรือม้วนหรือหลอด (Z)

ณ) ขนาดของชุดลวดหรือแบบของม้วนหรือหลอด

ญ) ลวดหลายเส้นต้องพันแบบพลวัตหรือแบบสถิตหรือไม่

หมายเหตุ แนะนำให้ใช้การระบุชื่อผลิตภัณฑ์ตามที่ระบุไว้ในข้อ 4.3 สำหรับข้อ ข) ถึงข้อ ช)

นอกจากนั้นผู้ซื้ออาจระบุข้อมูลดังต่อไปนี้ในใบสอบถามราคาหรือคำสั่งซื้อได้ถ้าต้องการ

ฎ) สภาพผิวพิเศษที่ต้องการ (ดูข้อ 6.6)

ฏ) รูปแบบการทดสอบสภาพดึงยึดได้ที่ต้องการ (ดูข้อ 6.5)

ฐ) วิธีทดสอบที่ต้องการสำหรับการประเมินการชุบดีบุก (ดูข้อ 8.5) และความต่อเนื่องของการชุบดีบุกต้องทดสอบ
ลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.04 mm จนถึง 0.315 mm หรือไม่ ถ้าทดสอบ ความยาวขึ้นทดสอบ และ
เกณฑ์การผ่าน/ไม่ผ่าน ต้องเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

ท) ต้องการน้ำหนักหรือความยาว ต่อชุด หรือต่อม้วน หรือหลอดเป็นพิเศษหรือไม่

ค) การทำเครื่องหมาย การบรรจุ หรือฉลากใด ๆ เป็นพิเศษ (ดูข้อ 9.)

ตัวอย่างที่ ซ.1 รายละเอียดการสั่งซื้อลวดกลมดิ่งรีดสำหรับจุดประสงคทางไฟฟ้าที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรมนี้ จำนวน 1 500 kg วัสดุเป็น Cu-ETP1 หรือ CW003A สภาพวัสดุเป็น A018 ผลิตเป็น
ลวดชุบดีบุกเกรด B ชนิดหลายเส้น มีจำนวน 10 เส้น เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 0.5 mm เป็นขดลวด
พันแบบพลวัต เส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุของขดลวด 500 mm

1 500 kg Wire TIS 308 – Cu-ETP1 – A018 – B – M10 × 0.5 – Y

– พันแบบพลวัต

– เส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุของขด 500 mm

หรือ

1 500 kg Wire TIS 308 – CW003A – A018 – B – M10 × 0.5 – Y

– พันแบบพลวัต

– เส้นผ่านศูนย์กลางภายในระบุของขด 500 mm