

กฎกระทรวง  
กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิ  
สำหรับการใช้งานแบบพกพา ระบบลิเทียม  
ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน  
พ.ศ. ....

---

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๗ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๘) พ.ศ. ๒๕๖๒ และมาตรา ๕๘ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งรวมแบบพกพาและและแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งรวมแบบพกพา สำหรับการใช้งานแบบพกพา ระบบลิเทียม ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กทรอนิกส์แอลคาไลน์หรืออิเล็กทรอนิกส์อื่นที่ไม่เป็นกรด-ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งรวมแบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งรวมแบบพกพา สำหรับการใช้งานแบบพกพา – เล่ม ๒ ระบบลิเทียม มาตรฐานเลขที่ มอก. ๖๒๑๓๓ เล่ม ๒ - ๒๕XX ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ..... (พ.ศ. ๒๕๖๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง ..... ลงวันที่ ..... พ.ศ. ....

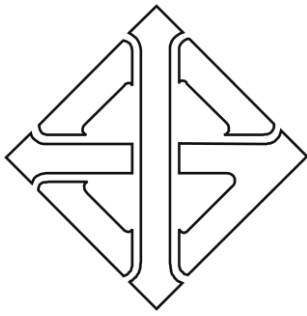
ข้อ ๓ กฎกระทรวงนี้ไม่ใช้บังคับแก่ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ทุติยภูมิสำหรับใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในทางการแพทย์ และสำหรับใช้ในยานพาหนะ

ให้ไว้ ณ วันที่

พ.ศ. ....

(นายสุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม



มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 62133 เล่ม 2-2565

IEC 62133-2:2021

เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์  
หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด –

ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิผนึกกันรั่ว  
แบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิ  
ผนึกกันรั่วแบบพกพาสำหรับการใช้งานแบบพกพา –

เล่ม 2 ระบบลิเทียม

SECONDARY CELLS AND BATTERIES CONTAINING

ALKALINE OR OTHER NON-ACID ELECTROLYTES –

SAFETY REQUIREMENTS FOR PORTABLE SEALED SECONDARY CELLS, AND

FOR BATTERIES MADE FROM THEM,

FOR USE IN PORTABLE APPLICATIONS –

PART 2: LITHIUM SYSTEMS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.220.30

ISBN

ห้ามใช้หรือคัดลอกร่างนี้เป็นมาตรฐาน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์  
หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด –  
ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิผนึกกันรั่ว  
แบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิ  
ผนึกกันรั่วแบบพกพาสำหรับใช้งานแบบพกพา –  
เล่ม 2 ระบบลิเทียม

มอก. 62133 เล่ม 2-2565

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กระทรวงอุตสาหกรรมถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400  
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศและงานทั่วไปเล่มตอนพิเศษ  
วันที่พุทธศักราช 2565

**คณะผู้จัดทำร่างมาตรฐาน คณะที่ ๔**  
**มาตรฐานแบตเตอรี่**

**ประธาน**

นายสุวิน เลหาประสิทธิ์

ผู้ทรงคุณวุฒิ

**กรรมการ**

นายเจนจบ สุขสด

กรมควบคุมมลพิษ

นางสาวจรินทร์ภรณ์ ตีพพะมงคล

นางสาวสุจิตรา กันยาวิลาส

พลอากาศตรี ทองเต็ม ชื่นแสงเนตร

นายชุตติเดช บุญโกสุมภ์

นายอธิวัฒน์ เอี่ยมดีลวงค์

นายศรีรัฐพัฒน์ มณีนพรัตน์

นายประภาส ไทยประยูร

นายทรงธรรม กิตติกุล

นายขวลิต มโนวิลาส

นางสาวทิวกาล แซ่ตั้ง

กรมสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ทหารอากาศ

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และ

กิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

บริษัท พานาโซนิค ชีว เซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด

บริษัท โฟเซรา จำกัด

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

**กรรมการและเลขานุการ**

นายอาทิตย์ วัฒนมงคล

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

นายภาวัต สุวรรณภูมิ

**กรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 76**  
**แบตเตอรี่**

**ประธาน**

นางสาวพิมพ์ ลิ้มทองกุล

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

**กรรมการ**

นายณัฐนันท์ โชติหิรัญศัณฑ์

การไฟฟ้านครหลวง

นายสุริยะ ประชุมเมือง

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายสิทธิพงษ์ มีโส

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

นายสมภพ ผลไม้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายอาทิตย์ วัฒนมงคล

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

-

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายกมล ตรีบูลย์

สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย

นายขลิท มโนวิลาส

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

นายศพงษ์ ลอนนวล

สมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย

นายอนุวัฒน์ สิทธิกร

สมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมไทย

นายอุษิณ วิโรจน์เดชะ

สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

**กรรมการและเลขานุการ**

นางสาวบุษบา แซ่ลิ้ม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

**กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ**

นางสาวอนรรฆวี สิงห์ล่อ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิ ระบบลิเทียมรวมเซลล์เหรียญ ได้มีการพัฒนาเป็นอันมากทั้งทางด้านการผลิตและเทคโนโลยี ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน คณะกรรมการจึงได้พิจารณาเห็นสมควรกำหนดมาตรฐานเดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ ขึ้น ซึ่งอยู่ภายใต้อนุกรมมาตรฐาน เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด – ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพา สำหรับการใช้งานแบบพกพาอันประกอบด้วย

เล่ม 1 ระบบนิเกิล

เล่ม 2 ระบบลิเทียม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ จัดทำขึ้นตามความร่วมมือด้านการกำหนดมาตรฐานระหว่างสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ตั้งอยู่ที่ อาคารกรมโรงงานอุตสาหกรรม ชั้น 6 เลขที่ 57 ถนนพระสุเมรุ (บางลำภู) แขวงชนะสงคราม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200 โทรศัพท์ 0 2280 7272 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยรับ IEC 62133-2 Edition 1.1 (2021-07) Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications – Part 2: Lithium systems มาใช้โดยวิธีแปล (translation) ในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical)

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

## สารบัญ

	หน้า
1. ขอบข่าย	1
2. เอกสารอ้างอิง	1
3. บทนิยาม	1
4. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนการวัดพารามิเตอร์	4
5. ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยทั่วไป	5
6. การทดสอบเฉพาะแบบและจำนวนตัวอย่างทดสอบ	8
7. ข้อกำหนดจำเพาะและการทดสอบ	9
8. สารสนเทศสำหรับความปลอดภัย	20
9. การทำเครื่องหมาย	21
10. บรรจุภัณฑ์และการขนส่ง	22
ภาคผนวก ก.	23
ภาคผนวก ข.	45
ภาคผนวก ค.	47
ภาคผนวก ง.	49
ภาคผนวก จ.	50
ภาคผนวก ฉ.	51
บรรณานุกรม	52



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ผังเวลาการปล่อยประจุบังคับ	15
รูปที่ 2 อุปกรณ์นำแนวสำหรับกดอัด	19
รูปที่ 3 เกจการกลิ้งกิน	21
รูปที่ ก.1 การแสดงตัวอย่างย่านทำงานของเซลล์ลิเทียมไอออนสำหรับการประจุ	24
รูปที่ ก.2 การแสดงตัวอย่างย่านทำงานของเซลล์ลิเทียมไอออนสำหรับการปล่อยประจุ	30
รูปที่ ก.3 รูปทรงของอนุภาคนิกเกิล	31
รูปที่ ก.4 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วลบ ของเซลล์ทรงกระบอก	32
รูปที่ ก.5 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วลบของเซลล์ทรงกระบอก	33
รูปที่ ก.6 การแยกส่วนประกอบของเซลล์ทรงกระบอก	34
รูปที่ ก.7 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก ของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม	36
รูปที่ ก.8 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ ของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม	37
รูปที่ ก.9 การแยกส่วนประกอบของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม	38
รูปที่ ก.10 มิติของอนุภาคนิกเกิลที่เสร็จสมบูรณ์	40
รูปที่ ก.11 การจัดวางตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิลเมื่อไม่สามารถวางในพื้นที่ระบุ	41
รูปที่ ก.12 เซลล์ทรงกระบอก	41
รูปที่ ก.13 อัตราส่วนระยะทาง/เวลาของอุปกรณ์กดอัดหลายชนิด	44

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ	9
ตารางที่ 2 ภาวะวิธีดำเนินการประจุ	10
ตารางที่ 3 ภาวะสำหรับการทดสอบการสั้น	16
ตารางที่ 4 ซี้อกพารามิเตอร์	17
ตารางที่ 5 อุณหภูมิโดยรอบสำหรับการทดสอบเซลล์ <sup>ก</sup>	18
ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างพารามิเตอร์เสริมประจุยานทำงาน	25
ตารางที่ ก.2 ข้อกำหนดจำเพาะที่แนะนำของอุปกรณ์กดอัด	43
ตารางที่ ฉ.1 อ้างอิงมาตรฐานส่วนประกอบตัวอย่าง	51

ห้ามใช้หรือคัดลอกร่างนี้เป็นมาตรฐาน



## ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ (พ.ศ. 2554)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด -

ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพาและ  
สำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพาสำหรับการใช้งานแบบพกพา -

เล่ม 2 ระบบลิเทียม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด - ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิชนิดกึ่งแห้งแบบพกพา สำหรับการใช้งานแบบพกพา - เล่ม 2 ระบบลิเทียม มาตรฐานเลขที่ มอก. 62133 เล่ม 2-2565 ขึ้นใหม่ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้  
ทั้งนี้ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่

พ.ศ. 2554

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ห้ามใช้หรือคัดลอกร่างนี้เป็นมาตรฐาน

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิบรรจุอิเล็กโทรไลต์แอลคาไลน์ หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่เป็นกรด – ข้อกำหนดความปลอดภัยสำหรับเซลล์ทุติยภูมิผนึกกันรั่ว แบบพกพาและสำหรับแบตเตอรี่ทำจากเซลล์ทุติยภูมิ ผนึกกันรั่วแบบพกพาสำหรับการใช้งานแบบพกพา – เล่ม 2 ระบบลิเทียม

## 1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ข้อกำหนดและการทดสอบ สำหรับการทำงานที่ปลอดภัยของเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิแบบผนึกกันรั่วแบบพกพา บรรจุอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่เป็นกรด ภายใต้การใช้งานตามเจตนาและการใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

## 2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารดังต่อไปนี้ (ทั้งหมดหรือบางส่วน) ประกอบด้วยเอกสารที่จำเป็นสำหรับการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ สำหรับเอกสารอ้างอิงฉบับที่ระบุที่พิมพ์ ให้ใช้ฉบับที่มีการระบุไว้เท่านั้น ส่วนเอกสารอ้างอิง (รวมถึงฉบับแก้ไขปัจจุบัน) ที่ไม่ระบุปีที่พิมพ์นั้น ให้ใช้ฉบับล่าสุด

IEC 60050-482:2004, International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and secondary cells and batteries (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 61960, Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Secondary lithium cells and batteries for portable applications

ISO/IEC Guide 51, Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards

## 3. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ให้เป็นไปตาม IEC 60050-482, ISO/IEC Guide 51 และดังนี้

### 3.1 ความปลอดภัย (safety)

ความปลอดภัยจากความเสียหายที่ยอมรับไม่ได้

### 3.2 ความเสี่ยง (risk)

การรวมกันของความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น (probability of occurrence) ของภัยกับความรุนแรงของภัยนั้น

3.3 ภัย (harm)

การทำให้เสียหายแก่ร่างกาย (physical injury) หรือความเสียหายแก่สุขภาพคน แก่ทรัพย์สิน หรือแก่สิ่งแวดล้อม

3.4 อันตราย (hazard)

แหล่งกำเนิดภัยที่อาจเกิดขึ้นได้

3.5 การใช้งานตามเจตนา (intended use)

การใช้ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการตามข้อกำหนดจำเพาะ ข้อปฏิบัติ และสารสนเทศที่จัดให้โดยผู้ส่งมอบ

3.6 การใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล (reasonably foreseeable misuse)

การใช้ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการที่ไม่เป็นไปตามเจตนาของผู้ส่งมอบ แต่อาจเป็นผลจากพฤติกรรมมนุษย์ที่คาดการณ์ได้ไม่ยาก

3.7 เซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell)

หน่วยผลิตขั้นมูลฐานซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าโดยการแปลงผันโดยตรงของพลังงานเคมี ซึ่งประกอบด้วยอิเล็กโทรด แผ่นกั้น (separator) อิเล็กโทรไลต์ ภาชนะบรรจุ และขั้วต่อ ซึ่งออกแบบให้ประจุด้วยไฟฟ้า

3.8 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (secondary battery)

ชุดประกอบสำเร็จของเซลล์ทุติยภูมิเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ ซึ่งอาจรวมทั้งวงจรควบคุม วงจรความปลอดภัย และปลอก พร้อมใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีคุณลักษณะเฉพาะเป็นแรงดันไฟฟ้า ขนาด การจัดวาง ขั้วต่อ ความจุไฟฟ้า และความสามารถด้านอัตราการประจุและปล่อยประจุ (rate capability)

หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำ : หมายความว่ารวมถึง แบตเตอรี่เซลล์เดียว

3.9 การรั่ว (leakage)

การเล็ดรอดซึ่งไม่ได้วางแผนไว้ (unplanned) ของอิเล็กโทรไลต์เหลวที่มองเห็นได้

3.10 การระบาย (venting)

การปล่อย (release) ความดันเกินจำเป็นภายในออกจากเซลล์หรือแบตเตอรี่ ในลักษณะตามเจตนาที่ออกแบบ เพื่อให้ไม่มีการแตกฉีกหรือการระเบิด

3.11 การแตกฉีก (rupture)

ความเสียหายทางกลของภาชนะบรรจุเซลล์หรือปลอกแบตเตอรี่ (battery case) โดยเหตุภายนอกหรือภายใน ทำให้เกิดการเผยแผ่ (exposure) หรือการลั่นอกแต่ไม่มีวัสดุพุ่งออก

3.12 การระเบิด (explosion)

ความเสียหายซึ่งเกิดขึ้นเมื่อภาชนะบรรจุเซลล์หรือปลอกแบตเตอรี่เปิดอย่างรุนแรง และส่วนประกอบหลักกระเด็นออก

## 3.13 การลุกเป็นไฟ (fire)

การปล่อยเปลวไฟออกจากเซลล์หรือแบตเตอรี่

## 3.14 แบตเตอรี่พกพา (portable battery)

แบตเตอรี่สำหรับใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งนำพาด้ามมือสะดวก

## 3.15 เซลล์พกพา (portable cell)

เซลล์ซึ่งมีเจตนาให้ประกอบในแบตเตอรี่พกพา

## 3.16 เซลล์ลิเทียมไอออนพอลิเมอร์ (lithium ion polymer cell)

เซลล์ใช้อิเล็กโทรไลต์พอลิเมอร์เจล (gel polymer electrolyte) หรืออิเล็กโทรไลต์พอลิเมอร์แข็ง (solid polymer electrolyte) ไม่ใช้อิเล็กโทรไลต์เหลว

## 3.17 ความจุไฟฟ้าที่กำหนด (rated capacity)

ค่าความจุไฟฟ้าของเซลล์หรือแบตเตอรี่ซึ่งกำหนดภายใต้ภาวะที่ระบุและแจ้งโดยผู้ทำ

หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำ : ความจุไฟฟ้าที่กำหนด คือ ปริมาณไฟฟ้า  $C_5$  Ah (แอมแปร์-ชั่วโมง) ที่ผู้ทำแจ้ง ซึ่งเซลล์หนึ่งเซลล์สามารถปล่อยออกเมื่อปล่อยประจุที่กระแสไฟฟ้าทดสอบอ้างอิง  $0.2 I_t$  A ถึงแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ระบุ (specified final voltage) หลังจากการประจุ การเก็บรักษา และการปล่อยประจุในภาวะที่ระบุ

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-03-15, แก้ไขเพิ่มเติม – หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำเพิ่ม]

3.18 กระแสไฟฟ้าทดสอบอ้างอิง,  $I_t$  (reference test current)

กระแสไฟฟ้าประจุหรือปล่อยประจุ ซึ่งแสดงเป็นพหุคูณของ  $I_t$  A เมื่อ  $I_t$  A =  $C_5$  Ah/1 h ตามนิยามใน IEC 61434 และตามความจุไฟฟ้าที่กำหนด ( $C_5$  Ah) ของเซลล์หรือแบตเตอรี่

## 3.19 แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน (upper limit charging voltage)

แรงดันไฟฟ้าประจุสูงสุดในย่านทำงานของเซลล์ที่ผู้ทำเซลล์ระบุ

## 3.20 กระแสไฟฟ้าประจุสูงสุด (maximum charging current)

กระแสไฟฟ้าประจุสูงสุดในย่านทำงานของเซลล์ที่ผู้ทำเซลล์ระบุ

## 3.21 เซลล์เหรียญ, เซลล์กระดุม, แบตเตอรี่เหรียญ (coin cell, button cell, coin battery)

เซลล์ทรงกลมขนาดเล็กหรือแบตเตอรี่ทรงกลมขนาดเล็ก ซึ่งมีความสูงโดยรวมน้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง

หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำ : ในภาษาอังกฤษคำว่า “coin cell” หรือ “coin battery” ใช้สำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมเท่านั้น แต่คำว่า “button cell” หรือ “button battery” ใช้เฉพาะแบตเตอรี่ไม่เป็นลิเทียมเท่านั้น ในภาษาอื่นที่ไม่เป็นภาษาอังกฤษคำว่า “coil” และ “button” มักใช้แทนกันได้โดยไม่เกี่ยวกับระบบเคมีไฟฟ้า

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-02-40, แก้ไขเพิ่มเติม – เพิ่มคำว่า “coin battery” และแทนที่หมายเหตุว่า “In practice terms, the term coin is used exclusively for non-aqueous lithium cells” ด้วยหมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำ)]



3.22 เซลล์ทรงกระบอก (cylindrical cell)

เซลล์ที่มีรูปทรงกระบอกซึ่งมีความสูงโดยรวมเท่ากับหรือมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-02-39]

3.23 เซลล์ทรงสี่เหลี่ยม (prismatic cell)

เซลล์ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานซึ่งมีผิวหน้า (face) เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำ : เซลล์ทรงสี่เหลี่ยมอาจมีทั้งปลอกโลหะแข็ง (rigid metal case) หรือปลอกฟิล์มอ่อนชั้นบางอัดซ้อน (flexible laminante film case)

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-02-38, แก้ไขเพิ่มเติม – คำที่มาก็คือ “prismatic” (บุพพท) ในบทนิยาม แทนที่คำว่า “qualifies a cell or a battery” ด้วยคำว่า “cell”, หมายเหตุ 1 เพื่อตั้งคำเพิ่ม]

3.24 ก้อนกลุ่มเซลล์, การต่อขนาน (cell block, parallel connection)

การจัดวางเซลล์หรือแบตเตอรี่ในที่ซึ่งขั้วต่อบวกทุกขั้วและขั้วต่อลบทุกขั้วต่อวงจรเข้าด้วยกัน ตามลำดับ

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-02-39, แก้ไขเพิ่มเติม – เพิ่มคำว่า “cell block”]

3.25 ความปลอดภัยตามการทำงาน (functional safety)

ส่วนของความปลอดภัยทั้งหมดซึ่งขึ้นอยู่กับหน่วยการทำงาน (functional unit) และหน่วยทางกายภาพ (physical unit) ทำงานอย่างถูกต้องตอบสนองกับสัญญาณด้านเข้าของหน่วยนั้น ๆ

[ที่มา: IEC 60050-351: 2013, 351-57-06]

3.26 แรงดันไฟฟ้าปล่อยประจุสุดท้าย, แรงดันไฟฟ้าถึงที่สุด (end-of-discharge voltage, final voltage)

แรงดันไฟฟ้าที่ระบุของแบตเตอรี่ซึ่งแบตเตอรี่นั้นปล่อยประจุสิ้นสุด

[ที่มา: IEC 60050-482: 2004, 482-03-30, แก้ไขเพิ่มเติม – ตัดคำว่า “cut-off voltage” และคำว่า “end-point voltage”]

#### 4. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนการวัดพารามิเตอร์

ความแม่นยำโดยรวมของค่าวัดหรือค่าควบคุม ซึ่งสัมพันธ์กับพารามิเตอร์จริง (actual parameters) หรือพารามิเตอร์ที่ระบุ (specified parameter) ต้องอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนดังนี้

ก) สำหรับแรงดันไฟฟ้า	$\pm 1 \%$
ข) สำหรับกระแสไฟฟ้า	$\pm 1 \%$
ค) สำหรับอุณหภูมิ	$\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
ง) สำหรับเวลา	$\pm 0.1 \%$
จ) สำหรับมิติ	$\pm 1 \%$
ฉ) สำหรับความจุไฟฟ้า	$\pm 1 \%$

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ประกอบด้วยความแม่นยำที่รวมกันของเครื่องมือวัด เทคนิคที่ใช้วัด และแหล่งกำเนิดความผิดพลาด (sources of error) อื่น ๆ ทั้งหมดในวิธีดำเนินการทดสอบ (test procedure)

ต้องแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ไว้ในรายงานผล

## 5. ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยทั่วไป

### 5.1 ทั่วไป

ความปลอดภัยของเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิต้องพิจารณาภาวะการใช้ 2 ภาวะ ดังนี้

- ก) การใช้งานตามเจตนา
- ข) การใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

ต้องออกแบบและสร้างเซลล์และแบตเตอรี่ให้มีความปลอดภัยสำหรับภาวะทั้งการใช้งานตามเจตนาและการใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล เป็นที่คาดว่าการใช้งานผิดอาจทำให้การทำหน้าที่ของเซลล์และแบตเตอรี่เสียไปตามการใช้ผิดนั้น อย่างไรก็ตามเซลล์และแบตเตอรี่ต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายอย่างมีนัยสำคัญ และยังสามารถได้อีกว่าเซลล์และแบตเตอรี่ที่ใช้งานตามเจตนาต้องไม่เพียงแต่ปลอดภัยเท่านั้น แต่ยังต้องทำหน้าที่ต่อเนื่องในทุกกรณี

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ได้แก่:

- ก) การลุกเป็นไฟ
- ข) การปะทุ/การระเบิด
- ค) การรั่วของอิเล็กโทรไลต์เซลล์
- ง) การระบาย
- จ) แผลไฟลวก (burn) จากอุณหภูมิภายนอกที่สูงเกิน
- ฉ) การแตกฉีกของเปลือกแบตเตอรี่มีการเผยแผ่ชิ้นส่วนประกอบภายใน

การเป็นไปตามข้อ 5.2 ถึงข้อ 5.7 สำหรับเซลล์และแบตเตอรี่ที่ไม่เป็นเซลล์เหรียญมีความต้านทานภายในเกิน  $3\ \Omega$  ให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยการทดสอบตามข้อ 7 และตามมาตรฐานที่เหมาะสม (ดูข้อ 2 และตารางที่ 1) ให้วัดความต้านทานภายในตามภาคผนวก ง.

### 5.2 ฉนวนและการเดินสายไฟฟ้า

ความต้านทานฉนวนระหว่างขั้วต่อบวกกับพื้นผิวโลหะเผยแผ่ภายนอกของแบตเตอรี่โดยไม่รวมถึงพื้นผิวสัมผัสทางไฟฟ้า ต้องไม่ต่ำกว่า  $5\ M\Omega$  ที่  $500\ V\ DC$  เมื่อวัดหลังจากจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นเวลา  $60\ s$

ฉนวนและการเดินสายไฟฟ้าภายใน (internal wiring) ควรพอเพียงแก่การทนต่อข้อกำหนดแรงดันไฟฟ้า ข้อกำหนดกระแสไฟฟ้า และข้อกำหนดอุณหภูมิที่คาดไว้สูงสุด การจัดทิศทางเดินสายไฟฟ้าควรมีระยะห่างในอากาศ (clearance) พอเพียงและมีระยะห่างตามผิวฉนวน (creepage distance) คงระยะตลอดระหว่างตัวนำต่าง ๆ ความมั่นคงทางกล (mechanical integrity) ของการเชื่อมต่อภายในควรพอเพียงที่จะรองรับภาวะการใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล (นั่นคือ บัดกรีเพียงอย่างเดียว ไม่ถือว่าเป็นวิธีการเชื่อมต่อวงจรที่เชื่อถือได้)

## 5.3 การระบาย

เซลล์และปลอกแบตเตอรี่ต้องมีกลไกระบายความดัน (pressure relief mechanism) รวมอยู่ หรือต้องสร้างให้ระบายความดันภายในที่เกินจำเป็นที่ค่าและอัตราหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ไม่มีการแตกฉีก การระเบิด และการจุดติดไฟเอง ถ้าใช้วิธีการหุ้ม (encapsulation) เพื่อรองรับเซลล์ไว้ในปลอกชั้นนอก (outer case) ชนิดปลอกหุ้มหรือวิธีหุ้มต้องไม่ทำให้แบตเตอรี่เกิดความร้อนเกินในการทำงานปกติ (normal operation) และไม่ขัดขวางการระบายความดันด้วย

## 5.4 การจัดการอุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

ต้องออกแบบแบตเตอรี่ให้มีการป้องกันภาวะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ (abnormal temperature-rise) โดยให้อยู่ภายในขีดจำกัดกระแสไฟฟ้า ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้า และขีดจำกัดอุณหภูมิที่ผู้ทำเซลล์ระบุ แบตเตอรี่ต้องมีข้อกำหนดเฉพาะและข้อปฏิบัติการประจุ (charging instructions) สำหรับผู้ทำบริษัทเพื่อออกแบบตัวประจุที่ระบุ (specified charger) ให้คงการประจุไว้ในขีดจำกัดอุณหภูมิ ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าและขีดจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ผู้ทำเซลล์ระบุ

## 5.5 ส่วนสัมผัสชั่วคราว

ขนาดและรูปร่างของส่วนสัมผัสชั่วคราว (terminal contacts) ต้องทำให้แน่ใจว่าสามารถนำพากระแสไฟฟ้าที่คาดหวังสูงสุด พื้นผิวภายนอกของส่วนสัมผัสชั่วคราวต้องขึ้นรูปจากวัสดุนำกระแสไฟฟ้ามีความแข็งแรงทางกลที่ดีและความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี ส่วนสัมผัสชั่วคราวต้องจัดเรียงให้ลดความเสี่ยงภัยต่อวงจรลัด (short circuit) ลงต่ำสุด

## 5.6 การประกอบเซลล์เข้าเป็นชุดแบตเตอรี่

## 5.6.1 ทั่วไป

แบตเตอรี่แต่ละก้อนควรมีการป้องกันและการควบคุมอิสระสำหรับกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และพารามิเตอร์อื่นที่ต้องมีเพื่อความปลอดภัยและเพื่อให้เซลล์ทั้งหลายทำงานภายในย่านทำงานของเซลล์ แต่การป้องกันเช่นนี้อาจจัดไว้ภายนอกแบตเตอรี่ เช่น ภายในตัวประจุหรือภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าสุดท้าย เป็นต้น ถ้าการป้องกันอยู่ภายนอกแบตเตอรี่ ผู้ทำแบตเตอรี่ต้องจัดสารสนเทศเกี่ยวกับความปลอดภัยนี้ให้แก่ผู้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกเพื่อนำไปปฏิบัติ

ถ้ามีแบตเตอรี่มากกว่า 1 หน่วย บรรจุในปลอกแบตเตอรี่ปลอกเดียว แบตเตอรี่แต่ละหน่วยควรมีวงจรไฟฟ้าป้องกัน ซึ่งสามารถทำให้เซลล์ทั้งหลายทำงานภายในย่านทำงานของเซลล์เหล่านั้น

ผู้ทำเซลล์ต้องระบุขีดจำกัดกระแสไฟฟ้า ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้า และขีดจำกัดอุณหภูมิจนทำให้ผู้ออกแบบ/ผู้ทำแบตเตอรี่สามารถออกแบบและประกอบเป็นชุดได้อย่างเหมาะสม (ดูภาคผนวก ก.)

แบตเตอรี่ซึ่งออกแบบให้เลือกปล่อยประจุได้บางส่วน of เซลล์ที่ต่ออนุกรมกันอยู่ ต้องมีวงจรไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้เซลล์ทำงานนอกขีดจำกัดที่ผู้ทำเซลล์ระบุ

ควรเพิ่มส่วนประกอบวงจรป้องกัน (protective circuit component) ให้เหมาะสมโดยคำนึงถึงการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าสุดท้าย ผู้ทำแบตเตอรี่ควรจัดให้มีการวิเคราะห์ความปลอดภัย (safety analysis) ของวงจรไฟฟ้าความปลอดภัยแบตเตอรี่ (battery safety circuitry) ไว้กับรายงานการทดสอบ รวมทั้ง

การวิเคราะห์ความผิดปกติ (fault analysis) ของวงจรป้องกันนั้นทั้งในภาวะประจุและภาวะปล่อยประจุ เพื่อยืนยันการเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

#### 5.6.2 ข้อเสนอแนะการออกแบบ

แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แต่ละเซลล์หรือก้อนกลุ่มเซลล์แต่ละก้อนประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ต่อขนานกัน ไม่ควรเกินแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ 2 ยกเว้นกรณีที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพาหรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่คล้ายกันมีหน้าที่เทียบเท่า

ควรพิจารณาที่ระดับแบตเตอรี่และโดยผู้ออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนี้

- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์เดี่ยว (single cell) หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์เดี่ยว (single cell block) แนะนำว่าแรงดันไฟฟ้าประจุ (charging voltage) ของเซลล์ควรไม่เกินแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ 2
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์เดี่ยวหลายเซลล์ต่ออนุกรม (series-connected plural single cell) หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์หลายก้อนต่ออนุกรม (series-connected plural cell block) แนะนำว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์เดี่ยวใดเซลล์หนึ่งหรือก้อนกลุ่มเซลล์เดี่ยวใดก้อนหนึ่งควรไม่เกินแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ 2 โดยการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าประจุของเซลล์เดี่ยวทุกเซลล์หรือก้อนกลุ่มเซลล์เดี่ยวทุกก้อน
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์เดี่ยวหลายเซลล์ต่ออนุกรม หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์หลายก้อนต่ออนุกรม แนะนำว่าควรหยุดประจุเมื่อแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนเกินสำหรับเซลล์เดี่ยวใดเซลล์หนึ่งหรือก้อนกลุ่มเซลล์เดี่ยวใดก้อนหนึ่ง โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าประจุของเซลล์เดี่ยวทุกเซลล์หรือก้อนกลุ่มเซลล์เดี่ยวทุกก้อน
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์ต่ออนุกรม (series-connected cell) หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์ต่ออนุกรม (series-connected cell block) ต้องไม่ถือว่าแรงดันไฟฟ้าประจุนาม (nominal charge voltage) เป็นการป้องกันการประจุเกิน (overcharge protection)
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์ต่ออนุกรม หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์ต่ออนุกรม เซลล์ควรมีความจุไฟฟ้าเข้ากันอย่างใกล้ชิด เป็นการออกแบบเดียวกัน มีเคมีเดียวกัน และทำจากผู้ทำเดียวกัน
- แนะนำว่าเซลล์และก้อนกลุ่มเซลล์ ไม่ควรปล่อยประจุเกินแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ผู้ทำเซลล์ระบุ
- สำหรับแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย เซลล์ต่ออนุกรม หรือ ก้อนกลุ่มเซลล์ต่ออนุกรม ควรมีวงจรไฟฟ้าปรับดุลเซลล์ (cell balancing circuitry) รวมอยู่ในระบบจัดการแบตเตอรี่ (battery management system)

#### 5.6.3 การป้องกันทางกลสำหรับเซลล์และส่วนประกอบของแบตเตอรี่

การป้องกันทางกลสำหรับเซลล์ สิ่งต่อวงจรเซลล์ และวงจรควบคุมภายในแบตเตอรี่ ควรจัดให้มีเพื่อป้องกันความเสียหายจากการใช้งานตามเจตนาและการใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล การป้องกันทางกลสามารถจัดให้มีโดยปลอกแบตเตอรี่หรือโดยเปลือกหุ้มผลิตภัณฑ์สุดท้าย (end product enclosure) สำหรับแบตเตอรี่ที่มีเจตนาสร้างไว้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ปลอกแบตเตอรี่และช่องแบตเตอรี่บรรจุเซลล์ ควรออกแบบให้เหมาะสมแก่เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทางมิติของเซลล์ในการบรรจุและการปล่อยประจุที่ผู้ทำเซลล์แนะนำ

สำหรับแบตเตอรี่ที่มีเจตนาสร้างไว้ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายพกพา (portable end product) เมื่อทำการทดสอบทางกล (mechanical test) ควรพิจารณาทดสอบทางกลกับแบตเตอรี่ที่ติดตั้งทางไฟฟ้าภายในผลิตภัณฑ์สุดท้ายพกพานั้น

#### 5.7 แผนคุณภาพ

ผู้ทำต้องเตรียมแผนคุณภาพ (quality plan) ซึ่งกำหนดวิธีดำเนินการและนำไปปฏิบัติในการตรวจพินิจวัสดุ ส่วนประกอบ เซลล์และแบตเตอรี่ และซึ่งครอบคลุมกระบวนการผลิตโดยรวมในการผลิตเซลล์หรือแบตเตอรี่แต่ละชนิด และผู้ทำควรเข้าใจวิสัยสามารถกระบวนการของตน และควรมีการควบคุมกระบวนการที่จำเป็นเกี่ยวกับความปลอดภัยผลิตภัณฑ์

#### 5.8 ส่วนประกอบความปลอดภัยแบตเตอรี่

ดูภาคผนวก ฉ.

### 6. การทดสอบเฉพาะแบบและจำนวนตัวอย่างทดสอบ

ให้ทดสอบเซลล์หรือแบตเตอรี่ตามจำนวนในตารางที่ 1 โดยการใช้เซลล์หรือแบตเตอรี่ที่มีอายุไม่เกิน 6 เดือน หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ทดสอบในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ให้วัดความต้านทานภายในของเซลล์เหรียญตามภาคผนวก ง. เซลล์เหรียญมีความต้านทานภายในต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $3\text{ }\Omega$  ต้องทดสอบตามตารางที่ 1

**หมายเหตุ** ภาวะการทดสอบใช้เฉพาะในการทดสอบเฉพาะแบบ (type test) เท่านั้นและไม่ได้รวมถึงการใช้งานตามเจตนา ในทำนองเดียวกันกับที่เสนอให้ใช้เวลาจำกัด 6 เดือน ก็เพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งกัน และไม่ได้หมายความว่าความปลอดภัยแบตเตอรี่ลดลงหลัง 6 เดือน

## ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบเฉพาะแบบ

(ข้อ 5.1 ข้อ 6. ข้อ ๗.1 และข้อ ๗.2)

การทดสอบ	เซลล์ <sup>ก,๗</sup>	แบตเตอรี่
7.2.1 การประจุต่อเนื่อง	5	-
7.2.2 ความเค้นของบล็อก	-	3
7.3.1 การลัดวงจรภายนอก	5 เซลล์ต่ออุณหภูมิ	-
7.3.2 การลัดวงจรภายนอก	-	5
7.3.3 การตกอิสระ	3	3
7.3.4 การใช้ผิดทางความร้อน	5 เซลล์ต่ออุณหภูมิ	-
7.3.5 การบดอัด	5 เซลล์ต่ออุณหภูมิ	-
7.3.6 การประจุเกิน	-	5
7.3.7 การปล่อยประจุบังคับ	5	-
7.3.8 ทางกล		
- 7.3.8.1 การสั่น	-	3
- 7.3.8.2 การช็อกทางกล	-	3
7.3.9 การลัดวงจรภายในบังคับ <sup>ข,ค</sup>	5 เซลล์ต่ออุณหภูมิ	-
๗.2 การวัดความต้านทาน AC ภายในของเซลล์เหรียญ	3	-
<sup>ก</sup> ไม่ใช้กับเซลล์เหรียญที่มีความต้านทานภายในสูงกว่า 3 Ω <sup>ข</sup> การทดสอบจำเพาะประเทศ: เฉพาะประเทศที่กำหนดรายการเท่านั้น <sup>ค</sup> ไม่ใช้กับเซลล์เหรียญและเซลล์ลิเทียมไฮดรอกไซด์ <sup>๗</sup> สำหรับการทดสอบกำหนดวิธีดำเนินการประจุตามข้อ 7.1.2 (วิธีดำเนินการที่สอง): ทดสอบจำนวน 5 เซลล์ต่ออุณหภูมิ		

การวิเคราะห์ความปลอดภัยตามข้อ 5.6.1 ควรชี้บ่งส่วนประกอบของวงจรป้องกันซึ่งสำคัญยิ่ง (critical) ต่อการป้องกันวงจรลัด การป้องกันการประจุเกิน และการป้องกันปล่อยประจุเกิน เมื่อทำการทดสอบการลัดวงจร (short-circuit test) ควรพิจารณากำหนดภาวะจำลองผิดพ่วงครั้งละ 1 ภาวะ ที่น่าจะเกิดขึ้นในวงจรป้องกันทำให้อาจเกิดผลเสียในการทดสอบการลัดวงจรครั้งนั้น

## 7. ข้อกำหนดจำเพาะและการทดสอบ

## 7.1 วิธีดำเนินการประจุสำหรับการทดสอบ

## 7.1.1 วิธีดำเนินการที่หนึ่ง

วิธีดำเนินการประจุนี้ใช้กับข้ออื่น ๆ นอกจากข้อ 7.1.2

หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ทำโดยวิธีดำเนินการประจุในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ตามวิธีที่ผู้ทำแจ้ง

ก่อนการประจุ ให้แบตเตอรี่ปล่อยประจุที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่กระแสไฟฟ้าคงตัว  $0.2\text{ I}_t\text{ A}$  ลดลงถึงแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ระบุ

## 7.1.2 วิธีดำเนินการที่สอง

วิธีดำเนินการประจุนี้ใช้เฉพาะกับข้อ 7.3.1 ข้อ 7.3.4 ข้อ 7.3.5 และข้อ 7.3.9 เท่านั้น

หลังจากการรักษาเสถียรภาพไว้เป็นเวลา 1 h ถึง 4 h ที่อุณหภูมิโดยรอบของอุณหภูมิทดสอบสูงสุดและอุณหภูมิทดสอบต่ำสุดตามตารางที่ 2 ตามลำดับ ให้ประจุเซลล์โดยใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและกระแสไฟฟ้าประจุสูงสุดจนกระทั่งกระแสไฟฟ้าประจุลดลงถึง  $0.05 I_t$  A และโดยการใช้วิธีประจุกระแสไฟฟ้าคงตัวกับแรงดันไฟฟ้าคงตัว (constant current to constant voltage charging method)

**หมายเหตุ** แรงดันไฟฟ้าประจุและกระแสไฟฟ้าประจุสามารถแปรผันโดยตรงขึ้นอยู่กับพิสัยอุณหภูมิ (เช่น ระหว่าง  $T_2$  กับ  $T_3$  หรือระหว่าง  $T_1$  กับ  $T_4$  ตามรูปที่ ก.1)

ในกรณีที่เป็นไปได้ ควรยอมให้มีเวลาการรักษาเสถียรภาพเพื่อให้ได้ความสมดุลทางความร้อนภายในพิสัยเวลาที่ระบุ

## ตารางที่ 2 ภาวะวิธีดำเนินการประจุ

(ข้อ 5.6.2 ข้อ 7.1.2 และตารางที่ 5)

แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน	กระแสไฟฟ้าประจุสูงสุด	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดบน	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดล่าง
ตามที่ทำเซลล์ระบุ	ตามที่ทำเซลล์ระบุ	ตามที่ทำเซลล์ระบุ	ตามที่ทำเซลล์ระบุ

ให้ดูรูปที่ ก.1 และรูปที่ ก.2 แสดงตัวอย่างย่านทำงานสำหรับการประจุและการปล่อยประจุ ให้ดูตารางที่ ก.1 แสดงรายการของเคมีไอออนลิเทียมต่าง ๆ และตัวอย่างพารามิเตอร์ย่านทำงาน

**คำเตือน:** การทดสอบเหล่านี้ ใช้วิธีดำเนินการที่อาจทำให้เกิดภัยถ้าไม่ระมัดระวังเพียงพอ ควรให้ช่างเทคนิคที่มีคุณสมบัติและประสบการณ์เท่านั้นทำการทดสอบโดยมีการป้องกันที่เพียงพอ เพื่อไม่ให้เกิดแผลไฟลวกควรระวังเซลล์หรือปลอกของแบตเตอรี่อาจร้อนเกิน  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  จากการทดสอบ

## 7.2 การใช้งานตามเจตนา

## 7.2.1 การประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงตัวต่อเนื่อง (เซลล์)

## ก) ข้อกำหนด

การประจุที่แรงดันไฟฟ้าคงตัวต่อเนื่อง ต้องไม่ทำให้เกิดการรั่ว การลุกเป็นไฟและการระเบิด

## ข) การทดสอบ

ให้ประจุเซลล์ที่ประจุเต็ม (fully charged cell) โดยการใช้วิธีประจุ (charging method) สำหรับแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานและกระแสไฟฟ้าที่ผู้ทำระบุ เป็นเวลา 7 วัน

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด ไม่มีการรั่ว

## 7.2.2 ความเค้นของปลอกที่อุณหภูมิโดยรอบสูง (แบตเตอรี่)

## ก) ข้อกำหนด

ส่วนประกอบภายในของแบตเตอรี่ ต้องไม่เสียหายในการใช้ที่อุณหภูมิสูง ข้อกำหนดนี้ใช้เฉพาะกับแบตเตอรี่มีปลอกหล่อ (moulded case) เท่านั้น

## ข) การทดสอบ

ให้เหยียดแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มในอุณหภูมิสูงพอประมาณเพื่อประเมินค่าความมั่นคงของปลอกโดยวิธีดำเนินการที่หนึ่งตามข้อ 7.1.1 ให้วางแบตเตอรี่นั้นในเตาอบ (oven) มีอากาศหมุนเวียนที่อุณหภูมิ  $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 7 h หลังจากเอาแบตเตอรี่นั้นออกจากเตาอบแล้วปล่อยให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ปลอกแบตเตอรี่ต้องไม่มีการผิดรูปทางกายภาพ (physical distortion) จนเกิดการเหยียดเซลล์และส่วนประกอบป้องกันภายใน

## 7.3 การใช้งานผิดที่คาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผล

## 7.3.1 การลัดวงจรภายนอก (เซลล์)

## ก) ข้อกำหนด

การลัดวงจรของขั้วต่อบวกและขั้วต่อกลบของเซลล์ที่อุณหภูมิสูง ต้องไม่ทำให้เกิดการลุกเป็นไฟหรือการระเบิด

## ข) การทดสอบ

ให้เก็บรักษาเซลล์ที่ประจุเต็มแต่ละเซลล์ไว้ในอุณหภูมิโดยรอบ  $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  โดยวิธีดำเนินการที่สองตามข้อ 7.1.2 หลังจากการรักษาเสถียรภาพไว้เป็นเวลา 1 h ถึง 4 h และขณะที่ยังอยู่ในอุณหภูมิโดยรอบ  $55^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ให้ลัดวงจรเซลล์นั้นโดยการต่อวงจรขั้วต่อกลบและขั้วต่อบวกด้วยความต้านทานภายนอกโดยรวม  $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$  ให้เซลล์นั้นคงอยู่ในสภาพทดสอบต่อไปเป็นเวลา 24 h หรือจนอุณหภูมิพื้นผิวลดลง 20 % ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุดแล้วแต่อย่างใดถึงก่อน

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

## 7.3.2 การลัดวงจรภายนอก (แบตเตอรี่)

## ก) ข้อกำหนด

การลัดวงจรของขั้วต่อบวกและขั้วต่อกลบของแบตเตอรี่ ต้องไม่ทำให้เกิดการลุกเป็นไฟหรือการระเบิด

## ข) การทดสอบ

ให้เก็บรักษาแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มไว้ในอุณหภูมิโดยรอบ  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  โดยวิธีดำเนินการที่หนึ่งตามข้อ 7.1.1 ให้ลัดวงจรแบตเตอรี่นั้นโดยการต่อวงจรขั้วต่อกลบและขั้วต่อบวกด้วยความต้านทานภายนอกโดยรวม  $80\text{ m}\Omega \pm 20\text{ m}\Omega$  ให้แบตเตอรี่นั้นคงอยู่ในสภาพทดสอบต่อไปเป็นเวลา 24 h



หรือจนอุณหภูมิปลูกของแบตเตอรี่ลดลง 20 % ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุดแล้วแต่อย่างใดถึงก่อน แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าวงจรลัดลดลงเร็ว ควรให้แบตเตอรี่นั้นคงอยู่ในสภาพทดสอบต่อไปเป็นเวลาเพิ่มอีก 1 h หลังจากกระแสไฟฟ้าวงจรลัดถึงภาวะสถานะคงตัวสุดท้ายต่ำ (low end steady state condition) ซึ่งโดยปกติเป็นภาวะที่แรงดันไฟฟ้าต่อเซลล์ (เฉพาะเซลล์อนุกรมเท่านั้น) ของแบตเตอรี่ นั้นต่ำกว่า 0.8 V และกำลังลดลงน้อยกว่า 0.1 V ในคาบ 30 min

ความผิดพลาดเดียวในวงจรป้องกันการปล่อยประจุ ควรทดสอบตัวอย่างทดสอบ (sample) จำนวน 1 ตัวอย่าง ถึง 4 ตัวอย่าง (ขึ้นอยู่กับวงจรป้องกันการปล่อยประจุ) จากจำนวน 5 ตัวอย่าง ก่อนทำการทดสอบการลัดวงจร โดยการทำ ความผิดพลาดเดียวแก่ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรป้องกัน เช่น MOSFET (metal oxide semiconductor field-effect transistor) พิวส์ เทอร์มอส-แตต หรือ เทอร์มิสเตอร์สัมประสิทธิ์อุณหภูมิบวก (PTC) thermistor)

**หมายเหตุ** ภาวะความผิดพลาดเดียวในวงจรป้องกันการปล่อยประจุสามารถหมายความรวมถึง เช่น การลัดวงจร MOSFET ปล่อยประจุ หรือ การลัดวงจรพิวส์หรืออุปกรณ์ป้องกันอื่น เป็นต้น และอุปกรณ์ป้องกันที่พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานส่วนประกอบที่ใช้ได้ เช่น อุปกรณ์ป้องกันตามแนวภาคผนวก ฉ. หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประเมินค่าความปลอดภัยตามหน้าที่แล้วไม่เป็นภาวะความผิดพลาดเดียว

ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

7.3.3 การตกอิสระ

ก) ข้อกำหนด

การปล่อยให้เซลล์หรือแบตเตอรี่หล่น (เช่น จากบนโต๊ะ) ต้องทำให้ไม่เกิดการลุกเป็นไฟหรือการระเบิด

ข) การทดสอบ

ให้ทำการทดสอบการตกอิสระ (free fall test) ในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  โดยการใช้เซลล์หรือแบตเตอรี่ซึ่งถูกประจุเต็มโดยวิธีดำเนินการที่หนึ่งตามข้อ 7.1.1 ให้ปล่อยเซลล์หรือแบตเตอรี่แต่ละก้อนหล่นจากที่สูง 1.0 m ลงบนพื้นคอนกรีตหรือพื้นโลหะแบนราบจำนวน 3 ครั้ง โดยให้เซลล์หรือแบตเตอรี่นั้นกระทบพื้นในทิศทางสุ่ม หลังจากการทดสอบ ให้วางเซลล์หรือแบตเตอรี่นั้นพักไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 1 h แล้วจึงตรวจพินิจด้วยตาเปล่า

ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

7.3.4 การใช้ผิดทางความร้อน (เซลล์)

ก) ข้อกำหนด

อุณหภูมิสูงสุดขีด (extremely high temperature) ต้องไม่ทำให้เกิดการลุกเป็นไฟหรือการระเบิด

## ข) การทดสอบ

ให้วางเซลล์ที่ประจุเต็มแต่ละเซลล์ในเตาอบมีอากาศหมุนเวียนด้วยความโน้มถ่วงหรือการพา ในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 1 h โดยวิธีดำเนินการที่สองตามข้อ 7.1.2 ให้เพิ่มอุณหภูมิเตาอบขึ้นที่อัตรา  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  จนถึง  $130\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ให้เซลล์นั้นยังคงอยู่ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 min ก่อนการทดสอบสิ้นสุด

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลวกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

## 7.3.5 การบดอัด (เซลล์)

## ก) ข้อกำหนด

การบดอัด (crushing) เซลล์อย่างรุนแรง ต้องไม่ทำให้เกิดการลวกเป็นไฟหรือการระเบิด

## ข) การทดสอบ

พื้นที่ที่ย้ายเซลล์ที่ประจุเต็มแต่ละเซลล์ซึ่งถูกประจุโดยวิธีดำเนินการที่สองตามข้อ 7.1.2 ให้บดอัดเซลล์แต่ละเซลล์ระหว่างพื้นผิวแบนราบ 2 พื้นผิวในอุณหภูมิโดยรอบ ด้วยอุปกรณ์ให้แรงบดอัด  $13\text{ kN} \pm 0.78\text{ kN}$  เมื่อแรงบดอัดสูงสุดหรือพื้นที่ที่แรงดันไฟฟ้าตกลง  $1/3$  ของแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นแล้ว จึงปล่อยแรงบดอัด

ให้บดอัดเซลล์ทรงกระบอกหรือเซลล์ทรงสี่เหลี่ยมตามแกนยาวของเซลล์ขนานกับพื้นผิวแบนราบของเครื่องบดอัด (crushing apparatus) ให้ทำเฉพาะด้านกว้างของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม

ให้บดอัดเซลล์เหรียญบนพื้นผิวแบนราบของเซลล์เหรียญ

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลวกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

## 7.3.6 การประจุเกินของแบตเตอรี่

## ก) ข้อกำหนด

ถ้าจัดให้มีวงจรไฟฟ้าป้องกันแบตเตอรี่ไม่ให้ประจุเกินไว้ในแบตเตอรี่ ต้องมีวิสัยสามารถป้องกันเซลล์ไม่ให้เกิดการลวกเป็นไฟหรือการระเบิด

## ข) การทดสอบ

ให้ทดสอบในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ให้ปล่อยประจุแบตเตอรี่ที่ทดสอบแต่ละก้อนที่กระแสไฟฟ้าคงตัว  $0.2\text{ I}_\text{A}$  จนถึงแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ผู้ทำระบุ แล้วจึงประจุแบตเตอรี่ตัวอย่างทดสอบที่กระแสไฟฟ้าคงตัว  $2.0\text{ I}_\text{A}$  โดยการใช้แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย ดังนี้

- 1.4 เท่าของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ ก.1 (แต่ไม่เกิน  $6.0\text{ V}$ ) สำหรับแบตเตอรี่เซลล์เดี่ยว/แบตเตอรี่ก้อนกลุ่มเซลล์ หรือ
- 1.2 เท่าของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ ก.1 ต่อเซลล์ สำหรับแบตเตอรี่แบบหลายเซลล์ต่ออนุกรม (series connected multi-cell battery) และ

- พอเพียงแก่การคงค่ากระแสไฟฟ้า  $2.0 I_t$  A ตลอดช่วงเวลาทดสอบหรือจนกระทั่งถึงค่าแรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย

ให้ติดเทอร์มอคัปเปิลกับแบตเตอรี่ทดสอบแต่ละก้อน

สำหรับแบตเตอรี่มีปลอก ให้วัดอุณหภูมิบนปลอกแบตเตอรี่ ให้วัดต่อเนื่องจนกระทั่งอุณหภูมิของปลอกขึ้นนอกถึงภาวะสถานะคงตัว (เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ในคาบ  $30\text{ min}$ ) หรือกลับถึงอุณหภูมิโดยรอบ

- ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด

### 7.3.7 การปล่อยประจุบังคับ (เซลล์)

- ก) ข้อกำหนด

เซลล์ต้องทนต่อการกลับสภาพขั้วไฟฟ้าโดยไม่ทำให้เกิดการลุกเป็นไฟหรือการระเบิด โดยการปรับใช้อุปกรณ์ป้องกันในแบตเตอรี่หรือในระบบก็ได้

- ข) การทดสอบ

ให้ปล่อยประจุเซลล์เดียวถึงแรงดันไฟฟ้าปล่อยประจุขีดจำกัดล่าง (lower limit discharge voltage) ที่ผู้ทำเซลล์ระบุ

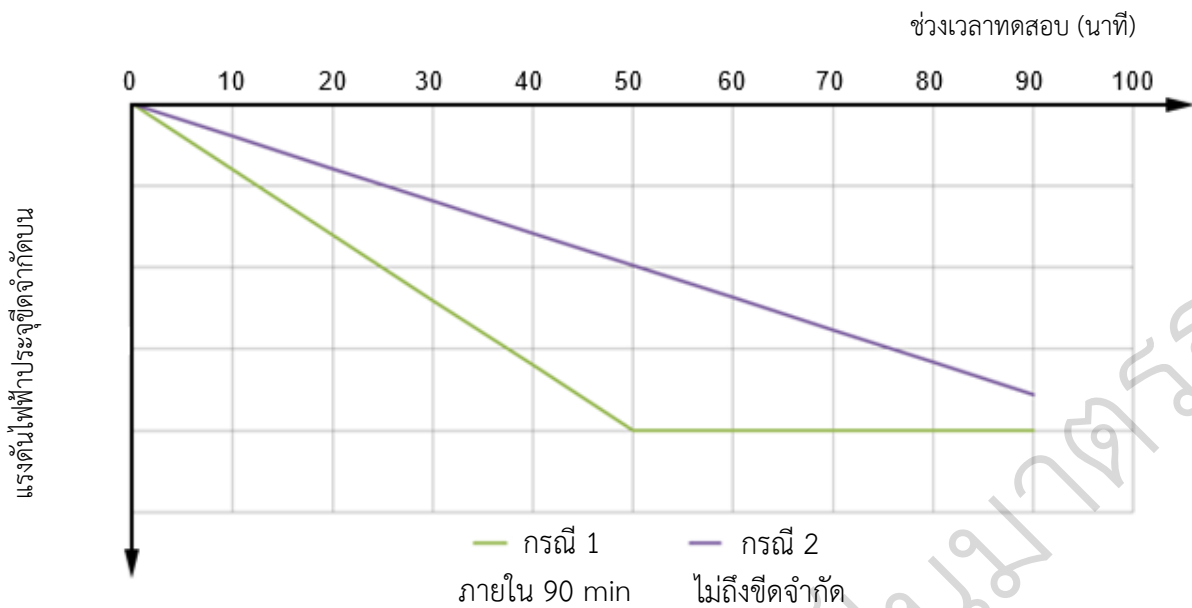
แล้วให้ปล่อยประจุเซลล์ที่ปล่อยประจุแล้วนั้นที่กระแสไฟฟ้าปล่อยประจุบังคับ (forced discharge current)  $1 I_t$  A ถึงค่าลบของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน ช่วงเวลารวมทั้งสิ้นในการทดสอบการปล่อยประจุบังคับ คือ  $90\text{ min}$

ถ้าแรงดันไฟฟ้าปล่อยประจุถึงค่าลบของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนภายในช่วงเวลาทดสอบดังกล่าว ให้คงค่าลบของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนนั้นไว้โดยการลดกระแสไฟฟ้าลง เป็นเวลาที่เหลือของช่วงเวลาทดสอบ (กรณี 1 ตามรูปที่ 1)

ถ้าแรงดันไฟฟ้าปล่อยประจุไม่ถึงค่าลบของแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนภายในช่วงเวลาทดสอบดังกล่าว ให้การทดสอบสิ้นสุดที่ปลายช่วงเวลาทดสอบ (กรณี 2 ตามรูปที่ 1)

- ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด



หมายเหตุ รูปที่ 1 แสดงเส้นที่เป็นเพียงเส้นตัวอย่าง (ยกเว้นเส้นส่วนแนวราบ) อาจไม่เป็นแบบตรงหรือแบบเชิงเส้น

### รูปที่ 1 ระยะเวลาการปล่อยประจุบังคับ

(ข้อ 7.3.7)

#### 7.3.8 การทดสอบทางกล (แบตเตอรี่)

##### 7.3.8.1 การสั่น

##### ก) ข้อกำหนด

การสั่นซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งและการใช้ ต้องไม่ทำให้เกิดการรั่ว การลุกเป็นไฟ หรือ การระเบิด

##### ข) การทดสอบ

ให้ทดสอบแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มโดยวิธีดำเนินการที่หนึ่งตามข้อ 7.1.1 ให้ยึดแบตเตอรี่อย่างมั่นคงกับแท่นของเครื่องสั่น (vibration machine) โดยไม่ทำให้เสียรูปแบบการสั่นของแบตเตอรี่ ให้เกิดลักษณะที่ส่งผ่านการสั่นอย่างถูกต้อง ให้ทดสอบด้วยการสั่นรูปไซน์ตามตารางที่ 3 จำนวน 12 วัฏจักร เป็นเวลาโดยรวมประมาณ 3 h สำหรับตำแหน่งติดตั้งแต่ละตำแหน่ง จำนวน 3 ตำแหน่งตั้งฉากซึ่งกันและกันอย่างร่วมกัน โดยให้ทิศทางหนึ่งตั้งฉากกับผิวหน้าขั้วต่อ (terminal face)

##### ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ไม่มีการระเบิด ไม่มีการรั่วหรือการระบาย

## ตารางที่ 3 ภาวะสำหรับการทดสอบการสั่น

(ข้อ 7.3.8.1)

พิสัยความถี่ (Hz)		แอมพลิจูด	ช่วงเวลาวัฏจักร กวาดลอการิทึม (7 Hz – 200 Hz – 7 Hz)	แกน	จำนวนวัฏจักร
จาก	ถึง				
$f_1 = 7 \text{ Hz}$	$f_2$	$A1 = 1 \text{ g}_n$	ประมาณ 15 min	X	12
$f_2$	$f_3$	$S = 0.8 \text{ mm}$		Y	12
$f_3$	$f_4 = 200 \text{ Hz}$	A2		Z	12
และกลับไป $f_1 = 7 \text{ Hz}$				โดยรวม	36
<b>หมายเหตุ</b> แอมพลิจูดการสั่น คือ ค่าการกระจัดสัมบูรณ์สูงสุด (maximum absolute value of displacement) หรือค่าความเร่งสัมบูรณ์สูงสุด (maximum absolute value of acceleration) เช่น ค่าแอมพลิจูดการกระจัด 0.8 mm สมพันธ์กับค่าการกระจัดพิก-ถึง-พิก 1.6 mm					
เมื่อ	$f_1, f_4$	ความถี่บนและความถี่ล่าง			
	$f_2, f_3$	ความถี่ไขว้เปลี่ยน			
		- $f_2 \approx 17.62 \text{ Hz}$			
		- $f_3 \approx 49.84 \text{ Hz}$			
	A1, A2	แอมพลิจูดความเร่ง			
		- $A2 = 8 \text{ g}_n$			
	S	แอมพลิจูดการกระจัด			

## 7.3.8.2 การช็อกทางกล

## ก) ข้อกำหนด

การช็อกที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งและการใช้ ต้องไม่ทำให้เกิดการร้าว การลุกเป็นไฟ หรือการระเบิด การทดสอบนี้จำลองการเคลื่อนย้ายอย่างสมบุกสมบันด้วยมือในการขนส่งและการใช้

## ข) การทดสอบ

ให้ทดสอบแบตเตอรี่ที่ประจุเต็มโดยวิธีดำเนินการที่หนึ่งตามข้อ 7.1.1 ให้ยึดแบตเตอรี่กับเครื่องทดสอบ (testing machine) อย่างมั่นคงด้วยตัวติดตั้งที่แข็งแรง (rigid mount) ซึ่งรองรับพื้นผิวติดตั้งทั้งหมดของแบตเตอรี่ที่ทดสอบแต่ละก้อน ให้ช็อกแบตเตอรี่แต่ละก้อนนั้นจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละทิศทางเป็นจำนวนทั้งหมด 18 ครั้ง สำหรับตำแหน่งติดตั้งแต่ละตำแหน่งจำนวน 3 ตำแหน่งตั้งฉากซึ่งกันและกันอย่างร่วมกัน ให้ช็อกแต่ละครั้งด้วยพารามิเตอร์เสริมตามตารางที่ 4

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการร้าว ไม่มีการระบาย ไม่มีการแตกฉีก ไม่มีการระเบิด และไม่มีการลุกเป็นไฟ ตลอดเวลาการทดสอบ

## ตารางที่ 4 ข้อผิดพลาดในตัว

(ข้อ 7.3.8.2)

	รูปแบบคลื่น	ความถี่	ช่วงเวลาพัลส์	จำนวนข้อผิดพลาดต่อครั้ง
แบตเตอรี่	ครึ่งไซน์	150 g <sub>n</sub>	6 ms	3

## 7.3.9 การประเมินค่าการออกแบบ – การลัดวงจรภายในบังคับ (เซลล์)

## ก) ข้อกำหนด

การทดสอบการลัดวงจรภายในบังคับ (forced internal short-circuit test) สำหรับเซลล์ทรงกระบอกและเซลล์ทรงสี่เหลี่ยมต้องไม่ทำให้เกิดการลุกเป็นไฟ ผู้ทำเซลล์ต้องเก็บบันทึกตามข้อกำหนด การประเมินค่าการออกแบบใหม่ต้องทำโดยผู้ทำเซลล์หรือห้องปฏิบัติการทดสอบบุคคลที่สาม

**หมายเหตุ** การทดสอบนี้เป็นการทดสอบจำเพาะประเทศ ใช้เฉพาะฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลี และสวีเดนเท่านั้น และไม่ได้กำหนดให้ใช้กับเซลล์ลิเทียมไอออนพอลิเมอร์

## ข) การทดสอบ

ให้ทำการลัดวงจรภายในบังคับในห้องทดสอบ โดยวิธีดำเนินการดังนี้

## 1) จำนวนตัวอย่างทดสอบ

ให้ทดสอบเซลล์ลิเทียมไอออนจำนวน 5 เซลล์ต่ออุณหภูมิทดสอบ (test temperature)

## 2) วิธีดำเนินการประจักษ์

## i) การทำภาวะการประจักษ์และการปล่อยประจักษ์

ให้ประจักษ์ตัวอย่างทดสอบตามที่ผู้ทำแนะนำที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  แล้วปล่อยประจักษ์ตัวอย่างทดสอบที่กระแสไฟฟ้าคงตัว  $0.2\text{ } I_t\text{ A}$ , ลดลงถึงแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ผู้ทำระบุที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

## ii) วิธีดำเนินการเก็บรักษา

ให้เก็บรักษาที่อุณหภูมิโดยรอบตามตารางที่ 5 ไว้เป็นเวลา 1 h ถึง 4 h

## iii) อุณหภูมิโดยรอบ

ตารางที่ 5 อุณหภูมิโดยรอบสำหรับการทดสอบเซลล์<sup>ก</sup>

(ข้อ 7.3.9)

รายการการทดสอบ	การทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบต่ำที่สุด °C	การทดสอบที่อุณหภูมิทดสอบสูงที่สุด °C
b) 2) ii)	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดล่าง $\pm 2$	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดบน $\pm 2$
b) 2) iv)	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดล่าง $\pm 2$	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดบน $\pm 2$
b) 3) i) ก	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดล่าง $\pm 2$	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดบน $\pm 2$
b) 3) ii) ก	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดล่าง $\pm 2$	อุณหภูมิประจุขีดจำกัดบน $\pm 2$
<sup>ก</sup> ให้ทำโดยการใช้ภาวะตามตารางที่ 2		

## iv) วิธีดำเนินการประจุสำหรับการทดสอบการลัดวงจรภายในบังคับ

ให้ประจุเซลล์ทดสอบที่อุณหภูมิโดยรอบตามตารางที่ 5 ที่แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนที่กระแสไฟฟ้าคงตัวที่ผู้ทำระบุ เมื่อถึงแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนให้ประจุต่อไปที่แรงดันไฟฟ้าคงตัวจนถึงกระแสไฟฟ้าประจุตกลงถึง  $0.05 I_n A$

## 3) การกดอัดแกนขดลวดไฟฟ้าด้วยอนุภาคนิกเกิล

ในการทดสอบจำเป็นต้องใช้ห้องทดสอบควบคุมอุณหภูมิ (temperature-controlled chamber) และเครื่องกดอัดพิเศษ (special press equipment)

ส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องกดอัด ต้องสามารถเคลื่อนที่ที่ความเร็วคงตัวและหยุดทันทีที่ตรวจพบการลัดวงจรภายใน

## i) การเตรียมการทดสอบ

ก ให้ควบคุมอุณหภูมิของห้องทดสอบตามตารางที่ 5 ให้เตรียมตัวอย่างทดสอบตามการแนะนำข้อ ก.5 รูปที่ ก.6 และรูปที่ ก.9 ให้ใส่ถุงเคลือบอะลูมิเนียม (aluminium laminated bag) ที่มีแกนขดลวดไฟฟ้า (winding core) และอนุภาคนิกเกิลเข้าไปในห้องทดสอบเป็นเวลา  $45 \text{ min} \pm 15 \text{ min}$

ข ให้เอาแกนขดลวดไฟฟ้าออกจากบรรจุภัณฑ์ผนึก (sealed package) แล้วติดขั้วต่อไว้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า และติดเทอร์มอคัปเปิลไว้สำหรับวัดอุณหภูมิบนพื้นผิวของแกนขดลวดไฟฟ้า ให้วางแกนขดลวดไฟฟ้าไว้ใต้เครื่องกดอัดในลักษณะที่แน่ใจว่าตำแหน่งของจุดที่อนุภาคนิกเกิลอยู่นั้นอยู่ใต้อุปกรณ์นำแนวกดอัด (pressing jig) พอดี

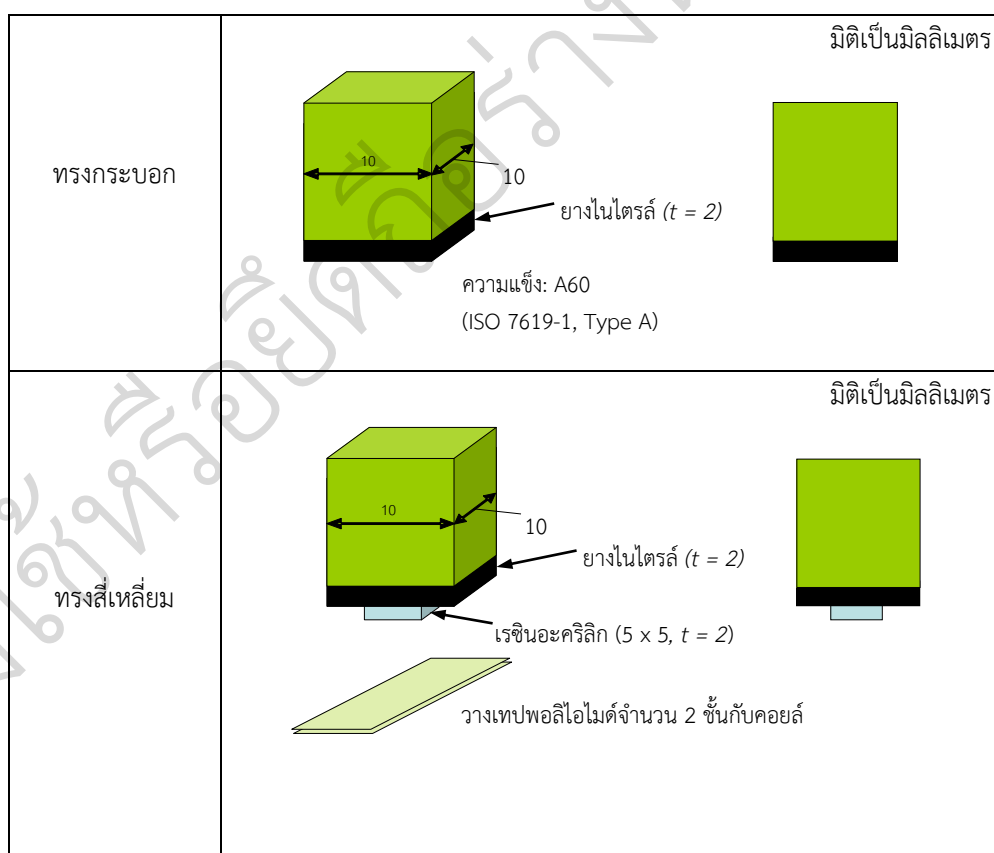
เพื่อไม่ให้อิเล็กทรอนิกส์กระเหย ต้องทำงานให้เสร็จสิ้นภายใน 10 min นับจากที่เอาแกนขดลวดไฟฟ้าออกจากห้องทดสอบสำหรับการทำภาวะอุณหภูมิ จนถึงตอนปิดประตูห้องทดสอบที่ซึ่งเครื่องกดอัดนั้นตั้งอยู่

ค ให้เอาแผ่นฉนวนออกแล้วปิดประตูห้องทดสอบ

## ii) การลัดวงจรภายใน

- ก เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวแกนขดลวดไฟฟ้าตรงตามตารางที่ 5 จึงเริ่มทดสอบ
- ข พื้นผิวด้านล่างของส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องกดอัด (นั่นคือ อุปกรณ์นำแนวกดอัด) ทำจากยางไนไตรล์ (nitrile rubber) หรือเรซินอะคริลิก (acrylic resin) ซึ่งวางอยู่บนก้านเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 10 mm x 10 mm รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์นำแนวกดอัด ใช้พื้นผิวด้านล่างยางไนไตรล์สำหรับการทดสอบเซลล์กระบอก แต่ในการทดสอบเซลล์ทรงสี่เหลี่ยมใช้เรซินอะคริลิกขนาด 5 mm x 5 mm (หนา 2 mm) วางอยู่บนยางไนไตรล์

ให้เคลื่อนตัวจับยึด (fixture) ลงที่ความเร็ว 0.1 mm/s และสังเกตแรงดันไฟฟ้าเซลล์ให้หยุดทันทีที่แรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากตรวจพบการลัดวงจรภายในและให้ค้างอุปกรณ์นำแนวกดอัดไว้ที่ตำแหน่งนั้นเป็นเวลา 30 s แล้วจึงปล่อยแรงกดอัด ให้สังเกตแรงดันไฟฟ้าเซลล์ที่อัตราการมากกว่า 100 ครั้งต่อวินาที ถ้าแรงดันไฟฟ้านั้นตกมากกว่า 50 mV เทียบกับแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น นั่นคือ ได้เกิดการลัดวงจรภายในขึ้นแล้ว ให้หยุดเคลื่อนที่ตัวจับยึดทันที ถ้าแรงกดอัดถึง 800 N สำหรับเซลล์ทรงกระบอกหรือถึง 400 N สำหรับเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม ก่อนแรงดันไฟฟ้าตก 50 mV



รูปที่ 2 อุปกรณ์นำแนวสำหรับกดอัด

(ข้อ 7.3.9)



ค) เกณฑ์การยอมรับ

ไม่มีการลุกเป็นไฟ ถ้าไม่มีการลุกเป็นไฟให้บันทึกแรงกดอัดเมื่อเกิดการลัดวงจรภายใน

## 8. สารสนเทศสำหรับความปลอดภัย

### 8.1 ทัวไป

การใช้และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ผิดของเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่ผสมผสานกันร่วพกพา อาจทำให้เกิดอันตรายและอาจทำให้เกิดภัย ผู้ทำเซลล์ทุติยภูมิต้องแน่ใจว่าได้จัดให้มีสารสนเทศเกี่ยวกับขีดจำกัดกระแสไฟฟ้า ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้า และขีดจำกัดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ของตน ผู้ทำแบตเตอรี่ต้องแน่ใจว่าผู้ทำบริษัทและผู้ใช้คนสุดท้าย (end-user) ในกรณีขายตรง ได้รับสารสนเทศเพื่อบรรเทาอันตรายให้เหลือน้อยที่สุดแล้ว

เป็นความรับผิดชอบของผู้ทำบริษัทต้องแจ้งผู้ใช้คนสุดท้ายทราบถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้บริษัทบรรจุเซลล์ทุติยภูมิหรือแบตเตอรี่ทุติยภูมิ ผู้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าควรวิเคราะห์ความปลอดภัย เพื่อแน่ใจว่าการออกแบบแบตเตอรี่นั้นมีการป้องกันการเกิดอันตรายในการใช้ผลิตภัณฑ์ และควรจัดสารสนเทศเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงอันตรายซึ่งมาจากการวิเคราะห์ความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้คนสุดท้ายตามความเหมาะสม

IEC TR 62188 มีคำแนะนำด้านการออกแบบและด้านการทำแบตเตอรี่พกพา และมีรายการคำแนะนำที่ดีส่วนหนึ่งที่ให้สารสนเทศไว้ในภาคผนวก ข. และภาคผนวก ค.

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจสอบเอกสารของผู้ทำ

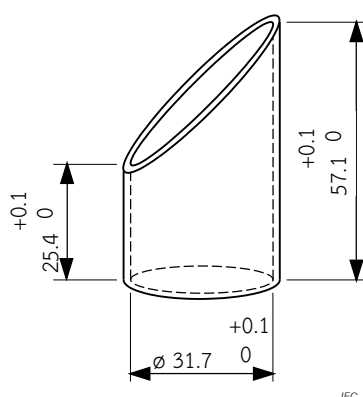
อย่าให้เด็กเปลี่ยนแทนที่แบตเตอรี่โดยไม่มีผู้ใหญ่ควบคุมดูแล

### 8.2 สารสนเทศด้านความปลอดภัยเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก

เซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก และบริษัทที่ใช้เซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ต้องจัดสารสนเทศเกี่ยวกับอันตรายการกลืนกินเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการกลืนกิน คือ สิ่งที่สามารถใส่ภายในขีดจำกัดของเกจการกลืนกินตามรูปที่ 3 ได้

ต้องมีสารสนเทศคำเตือนดังนี้ บรรจุในบรรจุภัณฑ์พร้อมกับเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก หรือบริษัทที่ใช้เซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก

- เก็บเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่ถือว่ากลืนได้ให้พ้นมือเด็ก
- การกลืนอาจทำให้เกิดแผลไฟลวก เนื้อเยื่ออ่อนทะลุ และความตาย และการกลืนกินสามารถทำให้เกิดแผลไฟลวกรุนแรงภายใน 2 h
- ขอรับความช่วยเหลือทางการแพทย์ทันที ถ้ากลืนกินเซลล์หรือแบตเตอรี่



หมายเหตุ เกจนี้นิยมส่วนประกอบที่กลั่นได้ตาม ISO 8124-1

### รูปที่ 3 เกจการกลั่นกิน

(ข้อ 8.2 และข้อ 10.)

## 9. การทำเครื่องหมาย

### 9.1 การทำเครื่องหมายเซลล์

เซลล์ต้องทำเครื่องหมายตาม IEC 61960 ยกเว้นเซลล์เหรียญ เซลล์เหรียญซึ่งมีพื้นที่พื้นผิวภายนอกขนาดเล็กเกินไปไม่เหมาะสมแก่การทำเครื่องหมายบนเซลล์ต้องแสดงชื่อแบบ (designation) และสภาพขั้วไฟฟ้า

โดยความตกลงระหว่าง ผู้ทำเซลล์ กับ ผู้ทำแบตเตอรี่และ/หรือผลิตภัณฑ์สุดท้าย เซลล์ส่วนประกอบซึ่งใช้ในการทำแบตเตอรี่ไม่จำเป็นต้องทำเครื่องหมาย แต่สามารถแสดงเครื่องหมายเซลล์ไว้กับแบตเตอรี่ ข้อปฏิบัติและ/หรือข้อกำหนดจำเพาะก็ได้

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจพินิจ

### 9.2 การทำเครื่องหมายแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ต้องทำเครื่องหมายตาม IEC 61960 ยกเว้นแบตเตอรี่เหรียญ แบตเตอรี่เหรียญซึ่งมีพื้นที่พื้นผิวภายนอกขนาดเล็กเกินไปไม่เหมาะสมแก่การทำเครื่องหมายบนแบตเตอรี่ต้องแสดงชื่อแบบและสภาพขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี่ต้องมีเครื่องหมายพร้อมคำเตือนที่เหมาะสมด้วย

ขั้วต่อต้องมีเครื่องหมายสภาพขั้วไฟฟ้าชัดเจนบนพื้นผิวภายนอกแบตเตอรี่

ยกเว้น: แบตเตอรี่มีตัวต่อภายนอกแบบสลัก (keyed external connector) ซึ่งออกแบบสำหรับต่อวงจรกับผลิตภัณฑ์สุดท้ายจำเพาะ (specific end product) ไม่จำเป็นต้องทำเครื่องหมายสภาพขั้วไฟฟ้า ถ้าการออกแบบของตัวต่อภายนอกแบบสลักนั้นต่อวงจรกลับสภาพขั้วไฟฟ้ากับสิ่งต่อวงจร (connections) ไม่ได้

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจพินิจ

9.3 ข้อควรระวังสำหรับการกลั่นกินเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็ก

เซลล์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็กซึ่งวัดแล้วขนาดเล็กตามข้อ 8.2 ต้องมีข้อควรระวังเกี่ยวกับอันตรายการกลั่นกินตามข้อ 8.2 ด้วย

ถ้าเซลล์ขนาดเล็กและแบตเตอรี่ขนาดเล็กมีเจตนาให้ขายตรงสำหรับการใช้งานที่ผู้บริโภคสามารถเปลี่ยนแทนได้เอง (consumer-replaceable application) ต้องมีข้อควรระวังการกลั่นกินบนบรรจุภัณฑ์

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจพินิจ

9.4 สารสนเทศอื่น

สารสนเทศต่อไปนี้ต้องมีเครื่องหมายบนแบตเตอรี่หรือจัดมอบให้พร้อมกับแบตเตอรี่

- ข้อปฏิบัติการเก็บรักษาและข้อปฏิบัติการกำจัด
- ข้อปฏิบัติแนะนำการประจุ

การเป็นไปตามข้อกำหนดให้ทำโดยการตรวจสอบเอกสารของผู้ทำและเครื่องหมาย

## 10. บรรจุภัณฑ์และการขนส่ง

บรรจุภัณฑ์สำหรับเซลล์หรือแบตเตอรี่ต้องมีขนาดเล็กจนใส่ภายในขีดจำกัดของเกจการกลั่นกินตามรูปที่ 3 ได้

สำหรับสารสนเทศเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ ดูภาคผนวก จ.

## ภาคผนวก ก.

(ข้อกำหนด)

พิธีประจัญและปล่อยประจัญของ  
เซลล์ทุติยภูมิลิเทียมไอออนสำหรับการใช้ปลอดภัย

(ข้อ 5.6.1)

## ก.1 ทัวไป

ภาคผนวก ก. เพิ่มเติมรายละเอียดที่กล่าวไว้ในทั้งส่วนประธานและภาคผนวก และเป็นข้อกำหนดส่วนหนึ่งของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

## ก.2 ความปลอดภัยของแบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออน

เพื่อให้แน่ใจสำหรับใช้แบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออนอย่างปลอดภัย ผู้ทำซึ่งออกแบบและผลิตเซลล์ทุติยภูมิลิเทียมไอออนหรือแบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออนต้องพิจารณาข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้อย่างเคร่งครัด ถ้าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนต่างออกไป (นั่นคือ ไม่เป็นระบบตามหมายเหตุในตารางที่ ก.1) อาจพิจารณาปรับแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและอุณหภูมิประจุขีดจำกัดบนให้สอดคล้องเหมาะสมแก่เกณฑ์การยอมรับของการทดสอบ

## ก.3 ข้อพิจารณาด้านแรงดันไฟฟ้าประจุ

## ก.3.1 ทัวไป

ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าประจุประจุเซลล์ทุติยภูมิเพื่อก่อเกิด (promote) ปฏิกิริยาเคมี แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าประจุสูงเกินไป เกิดปฏิกิริยาเคมีเกินจำเป็นหรือปฏิกิริยาเคมีข้างเคียง (chemical side reaction) และแบตเตอรี่เสียเสถียรทางความร้อน (อาจร้อนเกินและอาจเกิดการเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบควบคุมไม่อยู่ (thermal runaway) ด้วยเหตุดังกล่าว ความสำคัญยิ่งก็คือแรงดันไฟฟ้าประจุจึงต้องไม่เกินค่าที่ผู้ทำแบตเตอรี่ระบุ หรืออีกนัยหนึ่งคือผู้ทำแบตเตอรี่ต้องทวนสอบความปลอดภัยของเซลล์ทุติยภูมิซึ่งถูกประจุที่แรงดันไฟฟ้าประจุที่ผู้ทำระบุ

## ก.3.2 แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน

## ก.3.2.1 ทัวไป

แบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออนซึ่งโดยทั่วไปใช้ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (lithium cobalt oxide) เป็นอิเล็กโทรดบวก และคาร์บอนเป็นอิเล็กโทรดลบ ในแบตเตอรี่เช่นนี้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ ก.1 ระบุมีพื้นฐานมาจากข้อกำหนดจำเพาะของผู้ทำเซลล์ เช่น 4.25 V สำหรับเซลล์ลิเทียมไอออน เป็นต้น ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนที่ยอมให้ได้จากมุมมองความปลอดภัย รูปที่ ก.1 แสดงย่านทำงานขึ้นพื้นฐานสำหรับการประจุ

## ก.3.2.2 การอธิบายมุมมองความปลอดภัย

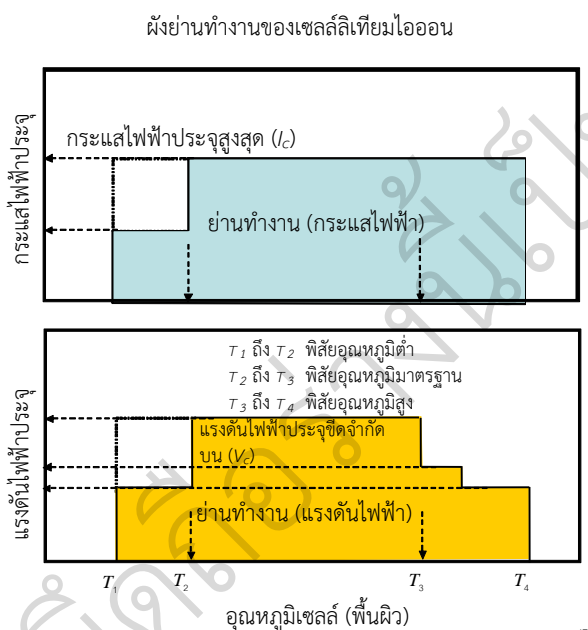
เมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนถูกประจุที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน ไอออนลิเทียมจะถูกดึงออกมาในปริมาณเกินจำเป็นและมักทำให้โครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกยุบตัว

ผลลัพธ์ คือ ง่ายต่อการเกิดออกซิเจนและเกิดการสะสมโลหะลิเทียมบนพื้นผิวคาร์บอนที่ใช้เป็นวัสดุขั้วลบ

ในภาวะเหล่านี้ เมื่อเกิดการลัดวงจรภายในการเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบควบคุมไม่อยู่สามารถเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อแบตเตอรี่ดังกล่าวถูกประจุในภาวะที่ระบุ

ด้วยเหตุดังกล่าว แบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออนจึงไม่ควรประจุที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนที่แนะนำนี้เลย ยังต้องจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันเหมาะสมอีกด้วย โดยการสมมุติความผิดพลาดที่เป็นไปได้ของการควบคุมการประจุโดยตัวประจุ

ในกรณีที่กระแสไฟฟ้าสลับมีความถี่มากกว่า 50 kHz ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นกระแสไฟฟ้าระลอก (ripple) ข้อความข้างต้นจะไม่ถูกใช้เนื่องจากไอออนลิเทียมในแบตเตอรี่จะไม่ตอบสนอง



รูปที่ ก.1 การแสดงตัวอย่างย่านทำงานของเซลล์ลิเทียมไอออนสำหรับการประจุ

(ข้อ 7.1.2 ข้อ ก.3.2.1 ข้อ ก.4.1 ข้อ ก.4.3.4 และข้อ ก.4.4.4)

## ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างพารามิเตอร์เสริมประจำงาน

(ข้อ 7.1.2 ข้อ 7.3.6 ข้อ ก.2 ข้อ ก.3.2.1 และข้อ ก.3.2.3)

ชนิดเซลล์	อิเล็กโทรดบวก	อิเล็กโทรไลต์	อิเล็กโทรดลบ	แรงดันไฟฟ้า ประจุ ขีดจำกัดบน	พิสัยอุณหภูมิที่ แนะนำ ( $T_2$ ถึง $T_3$ )
เซลล์ ลิเทียม ไอออน	โลหะแทรนซิชันของ ลิเทียม (เช่น นิกเกิล, โคบอลต์, แมงกานีส) ออกไซด์	สารละลาย ไม่มีน้ำ มีเกลือลิเทียม	คาร์บอน	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 4.25 V/ เซลล์)	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 10 °C ถึง 45 °C)
			สารประกอบ ที่เป็นต่างดึก	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 4.25 V/ เซลล์)	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ
			ไทเทเนียม ออกไซด์	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 2.85 V/ เซลล์)	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ
	เหล็กฟอสเฟตลิเทียม		คาร์บอน	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 3.80 V/ เซลล์)	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ
เซลล์ ลิเทียม ไอออน พอลิเมอร์	โลหะแทรนซิชันของ ลิเทียม (เช่น นิกเกิล, โคบอลต์, แมงกานีส) ออกไซด์	พอลิเมอร์เจล มีเกลือลิเทียม	คาร์บอน	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 4.25 V/ เซลล์)	ตามที่ทำเซลล์ ระบุ (เช่น 10 °C ถึง 45 °C)

ก.3.2.3 ข้อกำหนดความปลอดภัย, เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนต่างออกไป

ในบางครั้งจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนต่างออกไปจากค่าตามหมายเหตุในตารางที่ ก.1 สำหรับเซลล์ลิเทียมไอออน เช่น

- อิเล็กโทรดบวก ไม่ได้ใช้ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์
- อัตราส่วนของความจุไฟฟ้าของอิเล็กโทรดบวกและความจุไฟฟ้าของอิเล็กโทรดลบ เปลี่ยนไปจากมุมมองการออกแบบ

เมื่อแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนต่างออกไปจากค่าตามหมายเหตุในตารางที่ ก.1 สำหรับเซลล์ทุติยภูมิลิเทียมไอออน ให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 โดยการใช้เซลล์ซึ่งถูกประจุที่แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนที่ต่างออกไปนั้น และต้องเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนเพื่อใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนใหม่นั้นได้

ตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการประจุที่แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน ดังนี้

- ก) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของวัสดุอิเล็กโทรดบวก เมื่อเซลล์ถูกประจุที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าค่าตามตารางที่ ก.1 ว่ามีเสถียรภาพโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกเทียบเท่ากับหรือสูงกว่าเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ค่าระบุ
- ข) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบการรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่าค่าตามตารางที่ ก.1 ว่ามีการรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบเทียบเท่ากับหรือสูงกว่าการรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ค่าระบุ
- ค) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่าเซลล์นั้นถูกทดสอบโดยวิธีทดสอบ (test method) ที่ขีดจำกัดบนของพิสัยอุณหภูมิสูง โดยการประจุที่ค่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนใหม่ (สูงกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนตามตารางที่ ก.1) และเป็นไปตามข้อกำหนดจำเป็น
- ง) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่าเซลล์นั้นถูกทดสอบโดยวิธีทดสอบที่ขีดจำกัดบนของพิสัยอุณหภูมิสูง โดยการประจุที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าค่าตามตารางที่ ก.1 และเป็นไปตามข้อกำหนดจำเป็น

#### ก.4 ข้อพิจารณาด้านอุณหภูมิและกระแสไฟฟ้าประจุ

##### ก.4.1 ทั่วไป

การประจุทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและเกิดผลเสียโดยอุณหภูมิ จำนวนของปฏิกิริยาข้างเคียงหรือภาวะของผลิตภัณฑ์ประจุขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แม้ว่าเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและกระแสไฟฟ้าประจุอย่างเดียวกัน

ด้วยเหตุดังกล่าว จึงจำเป็นต้องลดแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและ/หรือกระแสไฟฟ้าประจุสูงสุดที่ทั้งพิสัยอุณหภูมิต่ำและพิสัยอุณหภูมิสูง ภาวะเหล่านี้ถือว่ารุนแรงกว่าพิสัยอุณหภูมิมาตรฐานจากมุมมองความปลอดภัย

รูปที่ ก.1 แสดงตัวอย่างงานชิ้นพื้นฐานซึ่งสามารถประจุเซลล์ลิเทียมไอออนธรรมดาได้อย่างปลอดภัย

##### ก.4.2 พิสัยอุณหภูมิแนะนำ

###### ก.4.2.1 ทั่วไป

ภายในพิสัยอุณหภูมิมาตรฐานตามมุมมองความปลอดภัยระบุว่า เซลล์ทุติยภูมิสามารถถูกประจุที่ทั้งแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและกระแสไฟฟ้าประจุสูงสุด

ขีดจำกัดบนของอุณหภูมิทดสอบและขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิทดสอบระบุเป็น ขีดจำกัดสูงสุดและขีดจำกัดต่ำที่สุดของอุณหภูมิมาตรฐาน ตามลำดับ เช่น แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนบางชนิดซึ่งใช้ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์เป็นอิเล็กโทรดบวกและใช้คาร์บอนเป็นอิเล็กโทรดลบ ระบุพิสัยอุณหภูมิแนะนำเป็น 10 °C ถึง 45 °C

#### ก.4.2.2 ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยเมื่อใช้พัลส์อุณหภูมิแนะนำต่างออกไป

ในเซลล์ทุติยภูมิบางชนิด ใช้พัลส์อุณหภูมิแนะนำต่างออกไปจาก 10 °C ถึง 45 °C เนื่องจากความแตกต่างของเสถียรภาพทางความร้อนของอิเล็กโทรไลต์และปัจจัยอื่น ๆ เมื่อใช้พัลส์อุณหภูมิแนะนำใหม่ ให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 โดยการใช้เซลล์ซึ่งถูกประจุที่อุณหภูมิทดสอบต่างออกไปนั้น และต้องเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิทดสอบเพื่อใช้อุณหภูมิต่างออกไปนั้นได้

ตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการประจุที่อุณหภูมิทดสอบดังนี้

- ก) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของวัสดุอิเล็กโทรดบวกเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดบนใหม่ของอุณหภูมิทดสอบสูงกว่า 45 °C (ขีดจำกัดสูงสุดของพัลส์อุณหภูมิมาตรฐานสำหรับเซลล์ลิเทียมไอออนธรรมดา) ว่ามีเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวก เทียบเท่ากับหรือสูงกว่า เสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ 45 °C
- ข) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่า เซลล์นั้นถูกทดสอบโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 โดยการประจุที่ขีดจำกัดบนใหม่ของอุณหภูมิทดสอบ (สูงกว่า 45 °C + 5 °C) และโดยการใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน
- ค) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบการรับลิเทียมเข้าในวัสดุอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดล่างใหม่ของอุณหภูมิทดสอบต่ำกว่า 10 °C ว่าเทียบเท่ากับหรือสูงกว่าการรับลิเทียมเข้าในอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ 10 °C
- ง) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่า เซลล์นั้นถูกทดสอบโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 โดยการประจุที่ขีดจำกัดล่างใหม่ของอุณหภูมิทดสอบ (ต่ำกว่า 10 °C ถึง 5 °C) และโดยการใช้แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบน

#### ก.4.3 พัลส์อุณหภูมิสูง

##### ก.4.3.1 ทัวไป

ภายในพัลส์อุณหภูมิสูงมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายในพัลส์อุณหภูมิมาตรฐาน ภายในพัลส์อุณหภูมิสูงนั้นยอมให้ประจุได้โดยการประจุที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนซึ่งระบุสำหรับพัลส์อุณหภูมิมาตรฐาน

##### ก.4.3.2 การอธิบายมุมมองความปลอดภัย

เมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนถูกประจุที่อุณหภูมิสูงกว่าที่ภาวะเดียวกันกับภาวะสำหรับพัลส์อุณหภูมิมาตรฐาน ไอออนลิเทียมจะถูกดึงออกมาในปริมาณมากจากอิเล็กโทรดบวกเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไอออนลิเทียมที่ถูกดึงออกมาส่งผลให้เกิดการลดลงของเสถียรภาพของโครงสร้างผลึก สมรรถนะความปลอดภัยของแบตเตอรี่ดังกล่าวมักลดลง

นอกจากนี้ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพัลส์อุณหภูมิสูงกับพัลส์อุณหภูมิที่ซึ่งเกิดการเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบควบคุมไม่อยู่จึงต่างกันอย่างสัมพัทธ์เล็กน้อย ด้วยเหตุดังกล่าว ถ้าบังเอิญมีการลัดวงจรภายใน อุณหภูมิแบตเตอรี่นั้นจึงขึ้นถึงอุณหภูมิดังกล่าวได้ง่ายกว่า



ผลลัพธ์ คือ ระบุภาวะประจุต่างกันภายในพัลส์อุณหภูมิสูง ดังนี้

- เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวของเซลล์ลิเทียมไอออนสูงกว่าขีดจำกัดบนของอุณหภูมิทดสอบ ให้ใช้ภาวะประจุต่างกันซึ่งระบุเป็นพิเศษสำหรับพัลส์อุณหภูมิสูง
- เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวของเซลล์ลิเทียมไอออนสูงกว่าขีดจำกัดบนของพัลส์อุณหภูมิสูง แบตเตอรี่ดังกล่าวต้องไม่ถูกประจุที่กระแสไฟฟ้าประจุใดเลย

#### ก.4.3.3 ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยเมื่อระบุภาวะประจุภายในพัลส์อุณหภูมิสูง

ภาวะประจุในพัลส์อุณหภูมิสูงบางครั้งถูกระบุจากพื้นฐานด้านเสถียรภาพทางความร้อนของอิเล็กโทรไลต์และปัจจัยอื่น ๆ เมื่อต้องระบุภาวะประจุภายในพัลส์อุณหภูมิสูง เซลล์ทดสอบต้องถูกประจุในภาวะประจุเหล่านี้และให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3

#### ก.4.3.4 ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยเมื่อระบุขีดจำกัดบนใหม่ภายในพัลส์อุณหภูมิสูง

ในบางกรณี ใช้ขีดจำกัดบนภายในพัลส์อุณหภูมิสูงต่างออกไปจากที่แสดงตามรูปที่ ก.1 เนื่องจากความแตกต่างของเสถียรภาพทางความร้อนของอิเล็กโทรดบวกและปัจจัยอื่น ๆ เมื่อต้องปรับใช้ขีดจำกัดบนใหม่ภายในพัลส์อุณหภูมิสูง ให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 และต้องเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงค่าพัลส์อุณหภูมิสูงเพื่อใช้พัลส์อุณหภูมิสูงต่างออกไปนั้นได้

ตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการระบุของพัลส์อุณหภูมิสูง ดังนี้

- ก) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของวัสดุอิเล็กโทรดบวกเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดบนใหม่ของพัลส์อุณหภูมิสูง ว่ามีเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกเทียบเท่ากับหรือสูงกว่า เสถียรภาพของโครงสร้างผลึกของอิเล็กโทรดบวกเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดสูงสุดของพัลส์อุณหภูมิสูงที่แสดง
- ข) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่า เมื่อทดสอบโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 เซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดบนใหม่ของพัลส์อุณหภูมิสูง + 5 °C เป็นไปตามข้อกำหนด

#### ก.4.4 พัลส์อุณหภูมิต่ำ

##### ก.4.4.1 ทั่วไป

ภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในพัลส์อุณหภูมิมาตรฐาน ภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำนั้นยอมให้ประจุได้โดยการประจุที่แรงดันไฟฟ้าประจุขีดจำกัดบนและ/หรือกระแสไฟฟ้าประจุสูงสุดซึ่งระบุสำหรับพัลส์อุณหภูมิมาตรฐาน

##### ก.4.4.2 การอธิบายมุมมองความปลอดภัย

เมื่อแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนถูกประจุภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ อัตราการถ่ายโอนมวลลดลงและอัตราการแทรกไอออนลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบก็ต่ำด้วย ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเกิดการสะสมโลหะลิเทียมบนพื้นผิวอิเล็กโทรดลบง่าย ในภาวะนี้แบตเตอรี่นั้นจึงไม่เสถียรทางความร้อนและอาจร้อนเกินแล้วนำไปสู่การเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบควบคุมไม่อยู่ (thermal runaway)

นอกจากนี้ ภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ การรับไอออนลิเทียมขึ้นอยู่อย่างสูงกับอุณหภูมิ ด้วยเหตุดังกล่าว ในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนซึ่งประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ต่ออนุกรมกัน การรับไอออนลิเทียมโดยเซลล์เหล่านี้อาจแตกต่างกันออกไปเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในกรณีนี้จึงไม่อาจแน่ใจในความปลอดภัยพอเพียง

ผลลัพธ์ คือ ระบุภาวะประจุอย่างต่างกันภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ ดังนี้

- เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวของเซลล์ลิเทียมไอออนต่ำกว่าขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิทดสอบ ให้ใช้ภาวะประจุต่างกันซึ่งระบุเป็นพิเศษสำหรับพัลส์อุณหภูมิต่ำ
- เมื่ออุณหภูมิพื้นผิวของเซลล์ลิเทียมไอออนต่ำกว่าขีดจำกัดล่างของพัลส์อุณหภูมิต่ำ แบตเตอรี่นั้นต้องไม่ถูกประจุที่กระแสไฟฟ้าใดเลย

#### ก.4.4.3 ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยเมื่อระบุภาวะประจุภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ

บางครั้งการระบุภาวะประจุภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำมีพื้นฐานมาจากปัจจัยการออกแบบ เช่น การรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบ เมื่อต้องระบุภาวะประจุภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ เซลล์ทดสอบต้องถูกประจุภายในภาวะประจุเหล่านี้และให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 และเป็นไปตามข้อกำหนด

#### ก.4.4.4 ข้อพิจารณาด้านความปลอดภัยเมื่อระบุขีดจำกัดล่างใหม่ภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ

ในบางกรณี ใช้ขีดจำกัดล่างภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำต่างออกไปจากที่แสดงตามรูปที่ ก.1 เนื่องจากความแตกต่างของการรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบและปัจจัยอื่น ๆ เมื่อต้องปรับใช้ขีดจำกัดล่างใหม่ภายในพัลส์อุณหภูมิต่ำ ให้ทำโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 และเป็นไปตามข้อกำหนด และต้องเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงค่าพัลส์อุณหภูมิต่ำ

ตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวข้องที่อธิบายเหตุผลในการประจุของพัลส์อุณหภูมิต่ำ ดังนี้

- ก) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบการรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดล่างใหม่ของพัลส์อุณหภูมิต่ำ ว่าเทียบเท่ากับหรือสูงกว่า การรับลิเทียมเข้าไปในอิเล็กโทรดลบเมื่อเซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดต่ำสุดของพัลส์อุณหภูมิต่ำที่แสดง
- ข) ผลทดสอบซึ่งทวนสอบว่า เมื่อทดสอบโดยวิธีทดสอบตามข้อ 7.2 ถึงข้อ 7.3 เซลล์ถูกประจุที่ขีดจำกัดล่างใหม่ของพัลส์อุณหภูมิต่ำ - 5 °C เป็นไปตามข้อกำหนด

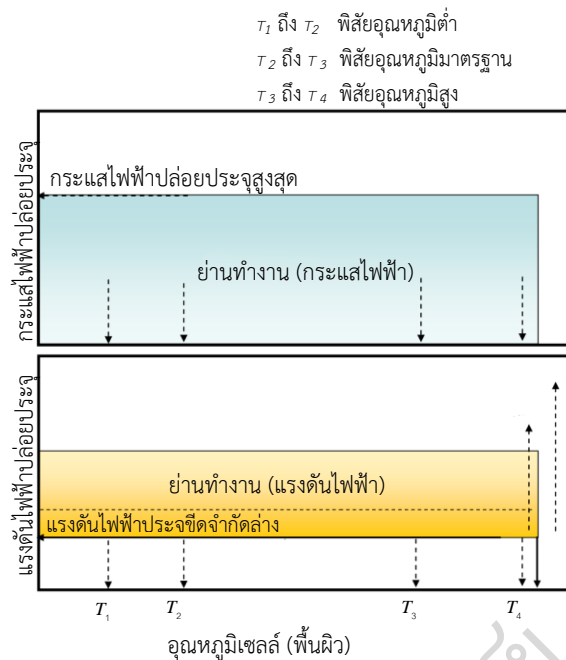
#### ก.4.5 ขอบข่ายของการใช้งานกระแสไฟฟ้าประจุ

กระแสไฟฟ้าประจุดังกล่าวข้างต้น ไม่ใช้กับกระแสไฟฟ้าสลับที่มีความถี่มากกว่า 50 kHz ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นกระแสไฟฟ้าระลอกและผลกระทบอื่น เนื่องจากไอออนลิเทียมในแบตเตอรี่ทุติยภูมิลิเทียมไอออนไม่ตอบสนองต่อผลกระทบดังกล่าว (กระแสไฟฟ้าระลอกที่มีความถี่มากกว่า 50 kHz ยอมรับได้)

#### ก.4.6 ข้อพิจารณาด้านการปล่อยประจุ

##### ก.4.6.1 ทัวไป

รูปที่ ก.2 แสดงย่านทำงานทั่วไปของเซลล์ลิเทียมไอออนสำหรับการปล่อยประจุ



รูปที่ ก.2 การแสดงตัวอย่างย่านทำงานของเซลล์ลิเทียมไอออนสำหรับการปล่อยประจุ

(ข้อ 7.1.2 และข้อ ก.4.6.1)

ก.4.6.2 แรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดและการอธิบายมุมมองความปลอดภัย

ไม่ควรให้เซลล์ปล่อยประจุเกินแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ผู้ทำระบุ ถ้าเซลล์ปล่อยประจุเกินแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุด โลหะตัวรับ (collector metal) อาจจะละลาย (leach) จากอิเล็กโทรดลบและสะสมเป็นแห่ง ๆ ระหว่างการประจุ การสะสมนี้อาจขยายขึ้นไปยังอิเล็กโทรดบวกและเกิดการลัดวงจรภายในและการรั่ว

ถ้าแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าถึงที่สุดที่ผู้ทำระบุ ควรหลีกเลี่ยงไม่ประจุเซลล์นั้นต่อเนื่อง

ก.4.6.3 กระแสไฟฟ้าปล่อยประจุและพิสัยอุณหภูมิ

อุณหภูมิปล่อยประจุไม่ควรเกินอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างการปล่อยประจุ ถ้าอุณหภูมิเกินอุณหภูมิปล่อยประจุที่สูงสุด (highest discharge-start temperature) ก่อนการปล่อยประจุ ก็ไม่ควรเริ่มปล่อยประจุ กระแสไฟฟ้าปล่อยประจุสูงสุดไม่ควรเกินค่าสูงสุดในระหว่างการปล่อยประจุ

ก.4.6.4 ขอบข่ายการใช้งานของกระแสไฟฟ้าปล่อยประจุ

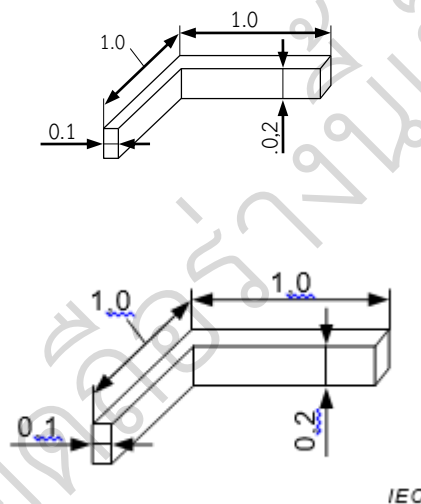
กระแสไฟฟ้าปล่อยประจุตามที่ระบุข้างต้นไม่ใช้กับองค์ประกอบกระแสไฟฟ้าสลับ (เช่น ระเบิด) ที่ความถี่ 50 kHz หรือสูงกว่าซึ่งไอออนลิเทียมไม่ทำปฏิกิริยาภายในของเซลล์

ก.5 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ก.5.1 ทั่วไป

เพื่อให้มีสารสนเทศมากขึ้นเกี่ยวกับการเตรียมตัวอย่างทดสอบสำหรับการทดสอบตามข้อ 7.3.9 จึงเพิ่มรายละเอียด ดังนี้

- ก.5.2 วิธีดำเนินการสอดใส่สำหรับอนุภาคนิกเกิลเพื่อให้เกิดการลัดวงจรภายใน  
ให้ทำวิธีดำเนินการสอดใส่ที่อุณหภูมิ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point) ต่ำกว่า  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ก.5.3 การแยกส่วนประกอบของเซลล์ที่ประจุแล้ว  
ให้เอาแกนขดลวดไฟฟ้า (คอยล์ ลูกม้วน และ อิเล็กโทรด/แผ่นกั้น ที่ประกอบเข้าเป็นชุด) ออกจากเซลล์ที่ประจุแล้ว (ดูรูปที่ ก.6 และรูปที่ ก.9)
- ก.5.4 รูปทรงของอนุภาคนิกเกิล  
รูปทรงของอนุภาคนิกเกิลต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.3  
มิติ: ความสูง 0.2 mm ความหนา 0.1 mm  
รูปทรง L (มุม  $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ): ด้านข้างแต่ละด้าน 1.0 mm มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน 5 %  
วัสดุ: นิกเกิลบริสุทธิ์กว่า 99 % (เศษส่วนมวล)



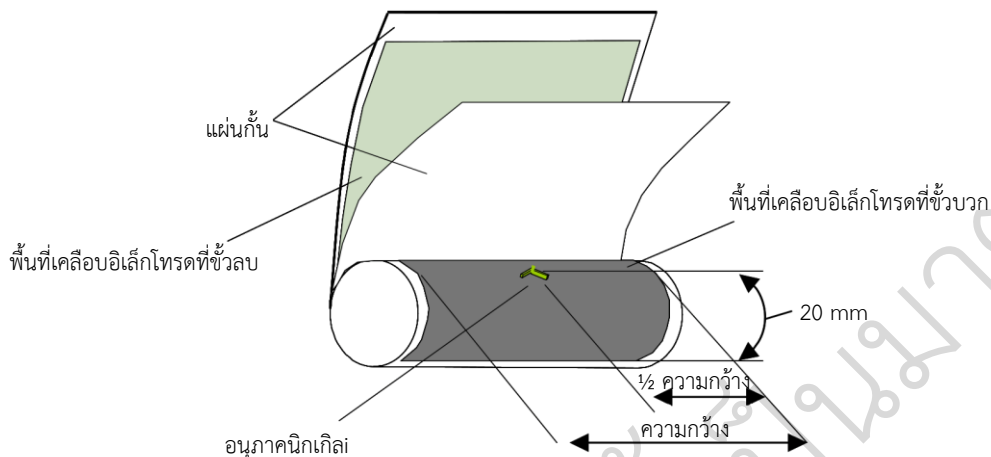
มิติเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ก.3 รูปทรงของอนุภาคนิกเกิล

(ข้อ ก.5.4)

- ก.5.5 การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลในเซลล์ทรงกระบอก
- ก.5.5.1 การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลในแกนขดลวดไฟฟ้า
- ก) การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ สำหรับเซลล์ทรงกระบอก (ดูรูปที่ ก.4)
- 1) ถัอรอบชั้นนอก (outer turn) ของแผ่นรองขั้วบวก (positive substrate) เป็นแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil) ให้ตัดแผ่นอะลูมิเนียมเปลวออกที่เส้นแบ่งระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ กับ อิเล็กโทรด เพื่อทำการทดสอบการลัดวงจร (short-circuit test) ระหว่าง อิเล็กโทรดบวก กับ อิเล็กโทรดลบ

- 2) ให้สอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง อิเล็กโทรดบวก กับ แผ่นกั้น การปรับแนวของอนุภาคนิกเกิลต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.4 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลต้องห่างจากขอบของแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ตัด 20 mm ทิศทางของมุมรูปทรง-L (L-shape corner) หันไปตามทิศทางของการพันลวดไฟฟ้า



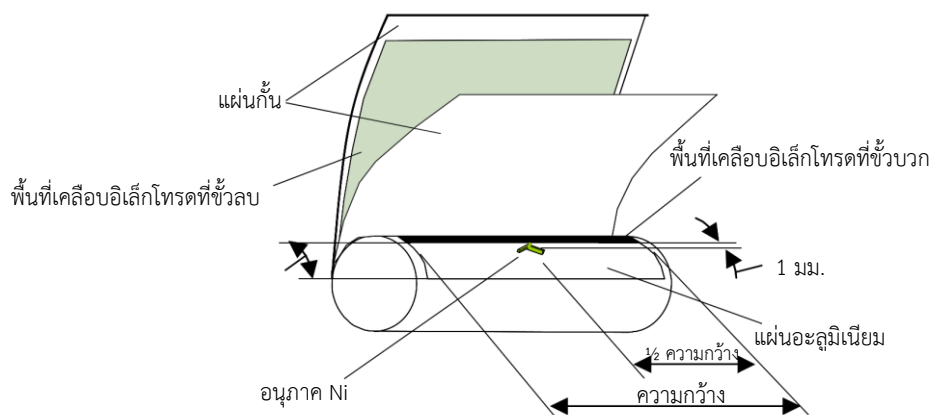
รูปที่ ก.4 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง  
พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วลบ ของเซลล์ทรงกระบอก

(ข้อ ก 5.5.1)

- ข) การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ขั้วบวก (พื้นที่ที่ไม่เคลือบ) กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบสำหรับเซลล์ทรงกระบอก

เมื่อแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ของอิเล็กโทรดบวกเผยผิงที่รอบชั้นนอกและแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์นั้นหันหน้าเข้าหาอิเล็กโทรดลบที่เคลือบ ให้ใช้วิธีดำเนินการดังนี้

- 1) เมื่อแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ของอิเล็กโทรดบวกเผยผิงที่รอบชั้นนอก ให้ตัดแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ออก 10 mm จากเส้นแบ่งระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์กับอิเล็กโทรด
- 2) ให้สอดใส่อนุภาค Ni ระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์กับแผ่นกั้น การจัดแนวอนุภาคนิกเกิลต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.5 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลต้องห่าง 1.0 mm จากขอบของอิเล็กโทรดบวกที่เคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์



รูปที่ ก.5 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง  
แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบอิเล็กโทรดที่ขั้วลบของเซลล์ทรงกระบอก

(ข้อ ก.5.5.1)



รูปที่ ก.6 การแยกส่วนประกอบของเซลล์ทรงกระบอก

(ข้อ 7.3.9 และข้อ ก.5.3)

ก.5.5.2 การทำเครื่องหมายตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิลบนปลายทั้งสองของแกนขดลวดไฟฟ้าของแผ่นกั้น  
ให้ใช้วิธีดำเนินการดังนี้

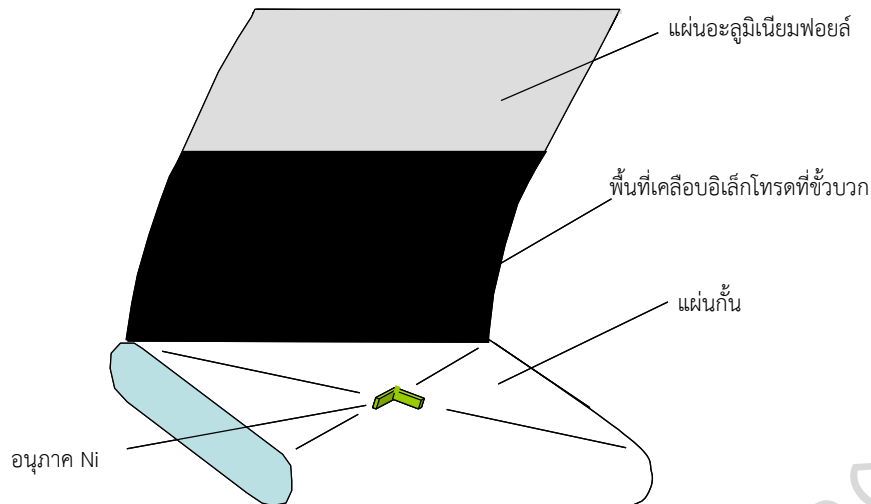
- ก) ให้วางแผ่นฉนวนระหว่าง แผ่นกั้นซึ่งหันหน้าเข้าหาอนุภาคนิกเกิล กับ อิเล็กโทรดลบ เพื่อป้องกันการลัดวงจร
- ข) ให้ม้วนอิเล็กโทรดและแผ่นกั้นกลับ โดยรักษาอนุภาคนิกเกิลไว้ให้อยู่กับที่ด้วยมือ แล้วใช้แถบ กาวพันแกนขดลวดไฟฟ้า
- ค) ให้ทำเครื่องหมายตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิลคร่อมแกนขดลวดไฟฟ้า
- ง) ให้ใส่แกนขดลวดไฟฟ้าเข้าในถุงพอลิเอทิลีนมีซิปปนิก (sealing zipper) แล้วรัดซิปปิด ให้ใส่ถุง พอลิเอทิลีนนั้นเข้าในถุงเคลือบอะลูมิเนียมเพื่อไม่ให้แห้ง

หมายเหตุ วิธีดำเนินการต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 30 min

ก.5.6 การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลในเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม

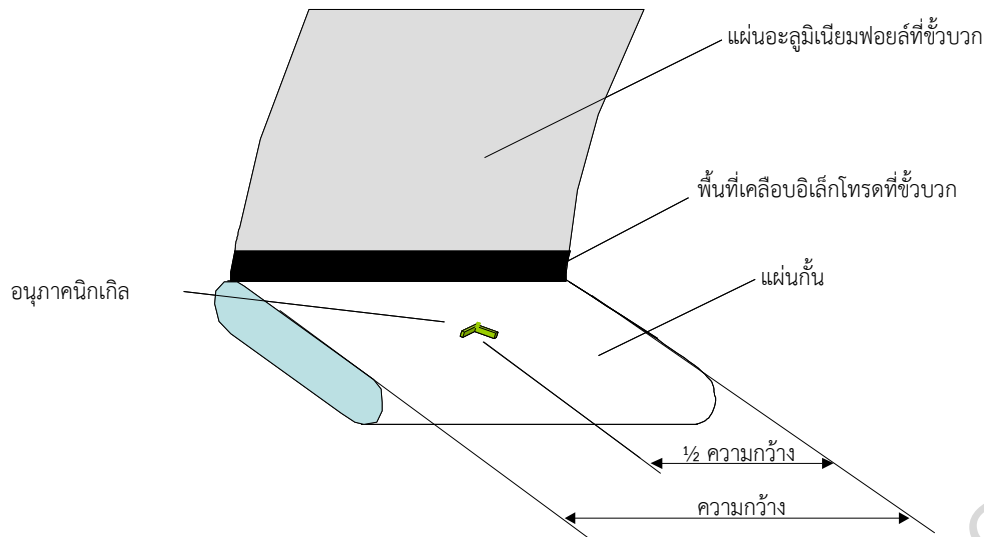
- ก) ก่อนการสอดใส่อนุภาคนิกเกิล ให้สอดใส่แผ่นฉนวนระหว่าง อิเล็กโทรดลบ กับ แผ่นกั้นซึ่งอยู่ใต้ อนุภาคนิกเกิลและอิเล็กโทรดลบตามรูปที่ ก.7 เพื่อป้องกันการลัดวงจร
- ข) การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลในแกนขดลวดไฟฟ้า
  - 1) การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ สำหรับเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม (ดูรูปที่ ก.9)
    - i) ให้สอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก กับ แผ่นกั้น หรือ ระหว่าง แผ่นกั้น กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ แต่ถ้าเป็นเปลือกเซลล์อะลูมิเนียม ให้สอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก กับ แผ่นกั้น
    - ii) ให้สอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง อิเล็กโทรดบวก กับ แผ่นกั้น การปรับแนวของอนุภาคนิกเกิลต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.7 ให้วางอนุภาคนิกเกิลตรงศูนย์กลาง (อย่างทแยงมุม) ของ แกนขดลวดไฟฟ้า ทิศทางของมุมรูปทรง-L อนุภาคนิกเกิล (nickel particle L-shape corner) หันไปตามทิศทางของการพันลวดไฟฟ้า





รูปที่ ก.7 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง  
พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วบวก ของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม  
(ข้อ ก.5.6)

- 2) การสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์บวก (พื้นที่ที่ไม่เคลือบ) กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบสำหรับเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม เมื่อแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ของอิเล็กโทรดบวก ผยผึ่งที่รอบชั้นนอกและแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์นั้นหันหน้าเข้าหาอิเล็กโทรดลบที่เคลือบ ให้ใช้วิธีดำเนินการดังนี้
  - i) เมื่อแผ่นอะลูมิเนียมเปลวของอิเล็กโทรดบวกผยผึ่งที่รอบชั้นนอกและแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์นั้นหันหน้าเข้าหาอิเล็กโทรดลบที่เคลือบ ให้สอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ กับ แผ่นกั้น
  - ii) การจัดแนวของอนุภาคนิกเกิลต้องเป็นไปตามรูปที่ ก.8 ให้วางอนุภาคนิกเกิลตรงศูนย์กลางของพื้นผิวแบนราบของแกนขดลวดไฟฟ้า (flat winding core surface) ทิศทางของมุมรูปทรง-L อนุภาคนิกเกิล (nickel particle L-shape corner) หันไปตามทิศทางของการพันลวดไฟฟ้า



รูปที่ ก.8 การจัดตำแหน่งของการสอดใส่อนุภาคนิกเกิลระหว่าง  
แผ่นอะลูมิเนียมพอยล์ที่ขั้วบวก กับ พื้นที่เคลือบ (อิเล็กโทรด) ที่ขั้วลบ ของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม

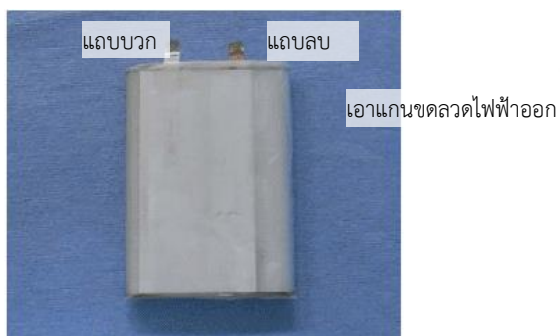
(ข้อ ก.5.6)

- iii) ให้ม้วนอิเล็กโทรดและแผ่นกั้นโดยรักษาอนุภาคนิกเกิลไว้ให้อยู่กับที่ด้วยมือ แล้วใช้แถบ  
กาวพันแกนขดลวดไฟฟ้า
- iv) ให้ทำเครื่องหมายตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิลคร่อมแกนขดลวดไฟฟ้า
- v) ให้วางเทปพอลิไอมิด (polyimide tape) จำนวน 2 ชั้น (ความกว้าง 10 mm ความหนา  
25  $\mu\text{m}$ ) ตรงตำแหน่งเครื่องหมาย
- vi) ให้ใส่แกนขดลวดไฟฟ้าเข้าในถุงพอลิเอทิลีนมีซิปปนิก (sealing zipper) แล้วรัดซิปปิด  
ให้ใส่ถุงพอลิเอทิลีนนั้นเข้าในถุงเคลือบอะลูมิเนียมเพื่อไม่ให้แห้ง

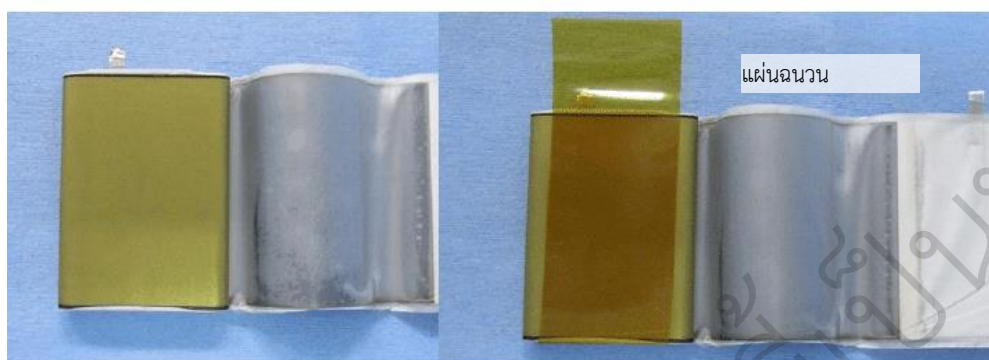
หมายเหตุ วิธีดำเนินการต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 30 min

มอก. 62133 เล่ม 2-2565

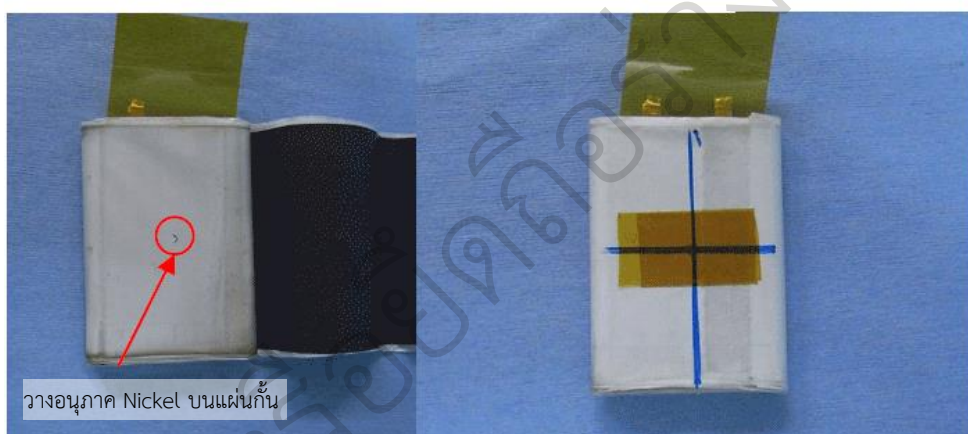
IEC 62133-2:2021



เอาชิ้นนอกออกแล้วใส่แผ่นฉนวนบนพื้นผิวลบ



หลังจากม้วนแผ่นกันกลับ วางอนุภาคนิกเกิลตรงศูนย์กลางของแกนขดลวดไฟฟ้า



ม้วนอิเล็กโทรดและแผ่นกันกลับ แล้ววางเทปพอลิไอมายด์จำนวน 2 ชั้น ตรงตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิล

### รูปที่ ก.9 การแยกส่วนประกอบของเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม

(ข้อ 7.3.9 ข้อ ก.5.3 และข้อ ก.5.6)

## ก.6 วิธีดำเนินการทดลองของการทดสอบการลัดวงจรภายในบังคับ

### ก.6.1 วัสดุและเครื่องมือสำหรับการเตรียมอนุภาคนิกเกิล

รายการวัสดุและเครื่องมือที่จำเป็นต้องเตรียม ดังนี้

- ก) ชี้นิกเกิล : ให้เตรียมแผ่นนิกเกิล (อบอ่อน; ISO 6208, NW2200 (Ni 99.0) หรือ NW2201 (Ni 99.0, 0-LC) หนา  $0.10 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$  ทำเป็นชั้นกว้าง  $0.02 \pm_{0.03}^{0.05} \text{ mm}$  และยาว  $2.00 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$  โดยกระบวนการเฉือน (slit processing) หรือโดยการใช้กดอัดเจาะ (punching press)
- ข) กล้องจุลทรรศน์สามมิติ
- ค) มีดตัด
- ง) แผ่นแก้ว (2 แผ่น: หนาไม่น้อยกว่า 1 mm มีมุมฉาก)
- จ) กระดาษกราฟ (จัดรหัสหนา 1 mm)
- ฉ) ภาชนะบรรจุเก็บรักษาสำหรับอนุภาคนิกเกิล

### ก.6.2 ตัวอย่างวิธีดำเนินการเตรียมอนุภาคนิกเกิล

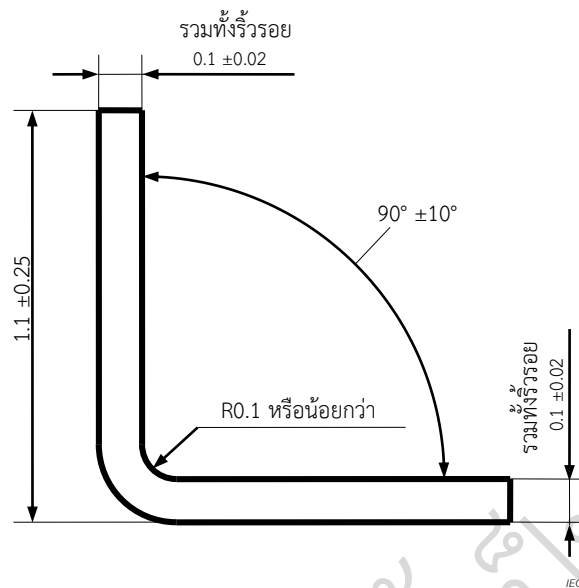
ให้ทำตามขั้นดังนี้

- ก) ให้วางกระดาษกราฟบนแท่นของกล้องจุลทรรศน์สามมิติแล้วปรับโฟกัสกล้องจุลทรรศน์บนเส้นของกระดาษกราฟ
- ข) ขณะมองดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ ให้วางชี้นิกเกิลขนานกับเส้นของกระดาษกราฟ ควรวางชี้นิกเกิลตามแนวราบ ให้ด้านข้างของชี้นิกเกิลยื่นลงอย่างตั้งฉาก  $0.20 \text{ mm}$  จากกระดาษกราฟ และด้านข้าง  $2.00 \text{ mm}$  ของชี้นิกเกิลทอดขนาน (running parallel) กับเส้นบนกระดาษกราฟ
- ค) ให้วางแผ่นแก้วตามแนวตั้งเหนือครึ่งซ้าย ( $1.0 \text{ mm}$ ) ของชี้นิกเกิล ให้ใช้เส้นของกระดาษกราฟเป็นแนวทางเพื่อจัดตำแหน่งขอบของแผ่นแก้ว
- ง) ขณะใช้นิ้วถือแผ่นแก้วไว้ในตำแหน่ง ให้พับและยกครึ่งขวา ( $1.0 \text{ mm}$ ) ของชี้นิกเกิลขึ้นโดยการใช้มีดตัด
- จ) ให้วางแผ่นแก้วอีกแผ่นหนึ่งไว้ตรงขวาของชี้นิกเกิลเพื่อประกบส่วนที่ยกขึ้น ให้กดแผ่นแก้วอย่างเบา ๆ ยึดกับส่วนที่ยกขึ้นในลักษณะที่ชี้นิกเกิลนั้นงอถึงมุม  $90^\circ$
- ฉ) ให้เก็บรักษาอนุภาคนิกเกิลที่เสร็จสมบูรณ์ไว้ในภาชนะบรรจุเก็บรักษาเพื่อป้องกันอนุภาคนิกเกิลไม่ให้เสียรูปก่อนการทดสอบ

**หมายเหตุ** อนุภาคนิกเกิลที่เสร็จสมบูรณ์ยังสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องกดอัด

รูปที่ ก.10 แสดงวัสดุทนิกเกลหลังจากพับเป็นอนุภาคนิกเกล

มิติเป็นมิลลิเมตร



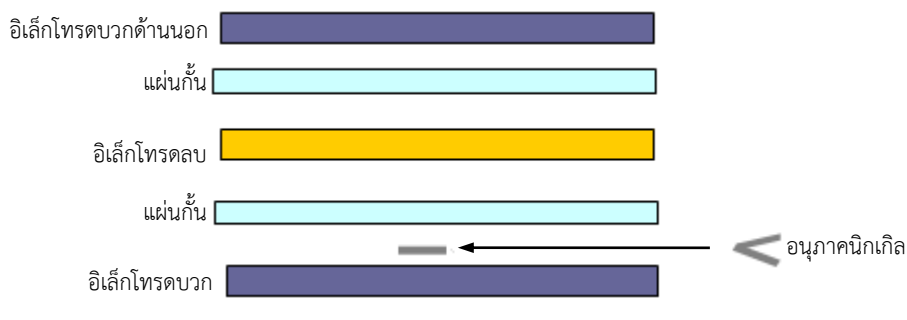
รูปที่ ก.10 มิติของอนุภาคนิกเกลที่เสร็จสมบูรณ์

(ข้อ ก.6.2)

ก.6.3 การจัดตำแหน่ง (หรือการเปลี่ยนแทนที่) ของอนุภาคนิกเกล

ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำบางประการด้านวิธีวางตำแหน่งอนุภาคนิกเกล

- ก) ถ้าไม่สามารถวางอนุภาคนิกเกลในตำแหน่งตามข้อ ก.5 ก็สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้
- ข) สำหรับเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม อาจวางอนุภาคนิกเกลในพื้นที่แบนราบ แต่ต้องอยู่ที่ตำแหน่งตรงศูนย์กลางของพื้นผิวรับแรงกดอัด (pressurized surface) ถ้ายากที่จะวางอนุภาคนิกเกลได้ชั้นนอกสุดก็อาจวางได้ชั้นในตามรูปที่ ก.11 ก็ได้
- ค) ต้องไม่วางอนุภาคนิกเกลในพื้นที่ที่อิเล็กโทรดบวกได้ถูกลอกออกจากแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ ถ้าอิเล็กโทรดบวกนั้นได้ถูกลอกออกในพื้นที่ที่ระบุดังกล่าวก็ให้วางอนุภาคนิกเกลในพื้นที่อีกแห่งหนึ่งซึ่งมีอิเล็กโทรดบวกอยู่ตรงที่ซึ่งสามารถถูกกดกับศูนย์กลางของอุปกรณ์นำแนวกดอัด
- ง) ตำแหน่งของอนุภาคนิกเกลอาจหาได้จากผู้ทำเซลล์และตัวแทนการทดสอบ (test agent)



รูปที่ ก.11 การจัดวางตำแหน่งของอนุภาคนิกเกิลเมื่อไม่สามารถวางในพื้นที่ระบุ

(ข้อ ก.6.3)

#### ก.6.4 การระมัดระวังแผ่นกั้นที่เสียหาย

เมื่อแผ่นกั้นเสียหายในการเตรียม เช่น แผ่นกั้นฉีก เป็นต้น ต้องไม่ใช่ตัวอย่างทดสอบนั้นในการประเมินค่า

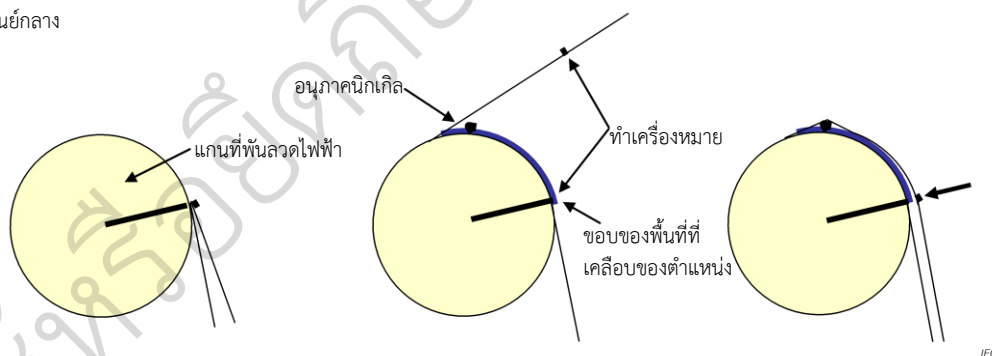
เมื่อแผ่นกั้นเสียหาย เช่น แผ่นเยื่อฉีก เป็นต้น ต้องไม่ใช่เซลล์นั้นเป็นตัวอย่างทดสอบในการประเมินค่า

#### ก.6.5 ข้อควรระวังสำหรับการพันลวดไฟฟ้าเข้าของแผ่นกั้นและอิเล็กโทรด

ในระหว่างการพันลวดไฟฟ้ากลับเข้าที่ช่องแกนถึงตำแหน่งเดิม (original position) โดยการดึงอิเล็กโทรดบวก อิเล็กโทรดลบ และแผ่นกั้น ให้หลีกเลี่ยงการคลายหลวมของแกนที่พันลวดไฟฟ้านั้น

รูปที่ ก.12 แสดงตัวอย่างเซลล์ทรงกระบอก

1. ให้คลายลวดไฟฟ้าของแกนที่พันลวดไฟฟ้าออก จนถึงขอบของพื้นที่เคลือบของอิเล็กโทรดบวก ให้ลากเส้นจากแผ่นกั้นด้านนอกถึงศูนย์กลาง
2. ให้พันลวดไฟฟ้าของแกนกลับเข้าที่ หลังจากการสอดใส่อนุภาคนิกเกิล
3. เมื่อพันลวดไฟฟ้าของแกนกลับเข้าที่แล้ว, ให้นำพื้นที่ที่ทำเครื่องหมาย (marked area) กลับยังตำแหน่งเดิม



รูปที่ ก.12 เซลล์ทรงกระบอก

(ข้อ ก.6.5)

#### ก.6.6 फिल्मฉนวนสำหรับป้องกันการลัดวงจร

เพื่อป้องกันการลัดวงจรก่อนการทดสอบ แนะนำให้สอดใส่ฟิล์มฉนวนมีความหนาไม่เกิน 25  $\mu\text{m}$

#### ก.6.7 ข้อควรระวังเมื่อแยกส่วนประกอบเซลล์

ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำบางประการด้านวิธีแยกส่วนประกอบเซลล์

- ก) ควรแยกส่วนประกอบเซลล์ในห้องทดสอบแห้งแบบเปิด (open-type dry chamber) หรือห้องแห้งที่มีอุณหภูมิ  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิจุดน้ำค้างต่ำกว่า  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - ข) ระยะเวลาที่เซลล์ลัดวงจรตลอดเวลาการแยกส่วนประกอบ เช่น ใช้เครื่องมือซึ่งมีขอบทำจากเซรามิกหรือหุ้มฉนวน เป็นต้น ระยะเวลาที่ให้มากในการแยกส่วนประกอบโดยเฉพาะตรงบริเวณฉนวนกันรั่วของเซลล์
  - ค) จากที่โครงสร้างเซลล์มีความหลากหลาย จึงแนะนำให้ตรวจสอบกับผู้ทำสำหรับโครงสร้างเหมาะสมที่สุดและส่วนซึ่งอาจเกิดการลัดวงจรได้ง่าย
  - ง) ไม่ควรใช้เซลล์ที่วงจรลัด ในการแยกส่วนประกอบเพื่อการทดสอบ
- ก.6.8 อุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัย
- ควรสวมใส่เสื้อผ้าป้องกันที่มีปลอกแขนยาว แว่นตาป้องกัน หน้ากาก และถุงมือ
- ก.6.9 ข้อควรระวังเมื่อเกิดการลัดวงจรเป็นไฟในการแยกส่วนประกอบ
- ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำบางประการด้านวิธีการจัดการการลัดวงจรเป็นไฟ
- ก) ไม่ควรวางวัสดุไวไฟไม่จำเป็นในพื้นที่ทำงาน เพื่อป้องกันการลัดวงจรเป็นไฟลามออกไป
  - ข) ให้วางมาตรการแก้ไขเพื่อป้องกันสิ่งที่บรรจุอยู่ในเซลล์กระจัดกระจาย เมื่อเซลล์ลัดวงจรเป็นไฟ ควรมีสิ่งจำเป็น เช่น ผ้ากันเพลิง ทราบ เป็นต้น ไว้พร้อมใช้ในพื้นที่ทำงาน และควรระบายก๊าซออกอย่างมีประสิทธิภาพ
- ก.6.10 ข้อควรระวังในกระบวนการแยกส่วนประกอบและการกดอัดแก๊สอิเล็กโทรด
- ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำบางประการด้านวิธีจัดทำแก๊สที่พันลวดไฟฟ้า
- ก) ให้ใส่แก๊สที่พันลวดไฟฟ้าจำนวน 1 แก๊ส ลงในถุงพอลิเอทิลีนซีปล็อก (zip-lock polyethylene bag) จำนวน 1 ถุง แล้วใส่ลงในถุงเคลือบอะลูมิเนียมจำนวน 1 ถุง เพื่อให้อิเล็กโทรดระเหยน้อยที่สุด ให้ใช้ถุงขนาดเล็กสุดเท่าที่เป็นไปได้ เช่น ใช้ถุงพอลิเอทิลีนขนาด 100 mm (กว้าง) x 140 mm (สูง) x 0.04 mm (หนา) และถุงอัดซ้อนแผ่นอะลูมิเนียมขนาด 120 mm (กว้าง) x 180 mm (สูง) x 0.11 mm (หนา)
  - ข) ให้ทำงานภายใน 30 min นับจากการแยกส่วนประกอบเซลล์ถึงการใส่ลงในถุงเคลือบอะลูมิเนียม
  - ค) ควรเก็บรักษาในถุงเคลือบอะลูมิเนียมไว้ไม่เกินคาบ 12 h
- 1) ควรวางแก๊สที่พันลวดไฟฟ้านั้นบนเครื่องทดสอบภายใน 2 min หลังจากเอาแก๊สที่พันลวดไฟฟ้าออกจากถุง
  - 2) เมื่ออุณหภูมิของแก๊สที่พันลวดไฟฟ้าถึงอุณหภูมิทำการทดสอบ ให้เริ่มกดอัด
  - 3) เมื่อทดสอบที่อุณหภูมิสูง ให้เริ่มกดอัดภายใน 3 min หลังจากวางแก๊สที่พันลวดไฟฟ้านั้นบนเครื่องทดสอบ เพื่อให้อิเล็กโทรดระเหยน้อยที่สุด แต่ถ้าทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ ให้เริ่มทดสอบภายใน 10 min

## ก.6.11 ข้อกำหนดจำเพาะที่แนะนำสำหรับอุปกรณ์กดอัด

แนวเคลื่อนที่ (locus) ของการกดอัดมอเตอร์เซอร์โว (servo-motor press) เคลื่อนที่อย่างเส้นตรง แต่กลไกการกดอัดไฮดรอลิก (hydraulic press mechanism) ไม่เป็นเช่นนั้น เมื่อเกิดการลัดวงจรภายในอุปกรณ์กดอัด (pressing device) ต้องหยุดทันทีโดยการตรวจพบแรงดันไฟฟ้าเซลล์ตก การกดอัดมอเตอร์เซอร์โวสามารถหยุดทันที แต่การกดอัดไฮดรอลิก (hydraulic press) ไม่เป็นเช่นนั้น ดังนั้นจึงแนะนำการกดอัดมอเตอร์เซอร์โวสำหรับอุปกรณ์กดอัด

ข้อกำหนดจำเพาะที่แนะนำของการกดอัดมอเตอร์เซอร์โวตามตารางที่ ก.2

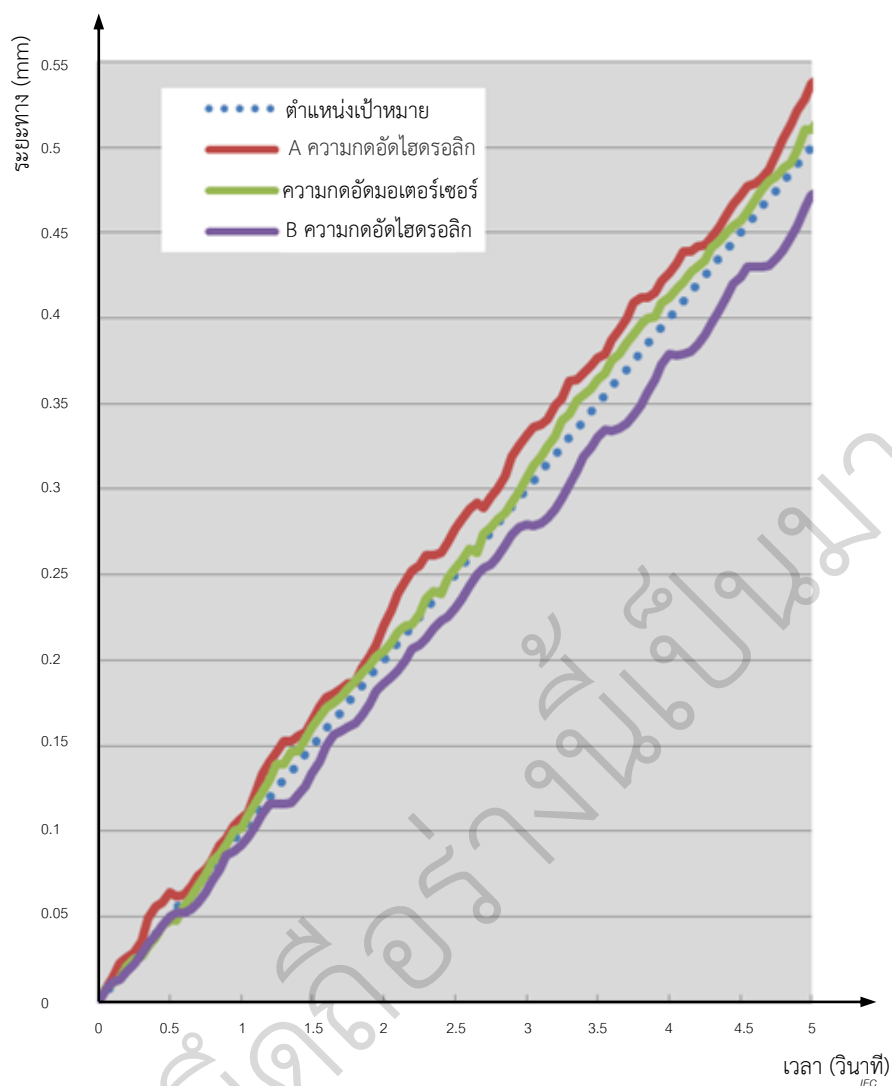
ตารางที่ ก.2 ข้อกำหนดจำเพาะที่แนะนำของอุปกรณ์กดอัด

(ข้อ ก.6.11)

รายการ	ข้อกำหนดจำเพาะ ตาม IEC 62133: 2012	ข้อแนะนำ
วิธีการอัด	-	การกดอัดมอเตอร์เซอร์โว
อัตราเร็วความกดอัด	0.1 mm/s	(0.1 ± 0.01 ) mm/s
เสถียรภาพตำแหน่งหลังจากการกดอัด	-	± 0.02 mm
วิสัยสามารถความกดอัดสูงสุด	ทรงกระบอก: สูงสุด 800 N.	1 000 N หรือมากกว่า (วิสัยสามารถความกดอัดที่แนะนำ เพื่อให้ได้ข้อกำหนดจำเพาะ ในสดมภ์ซ้าย)
	ทรงสี่เหลี่ยม: สูงสุด 400 N.	
วิธีวัดความกดอัด	-	วัดโดยตรงด้วยเซลล์โหลด
คาบวัดความกดอัด	-	5 ms หรือน้อยกว่า
เวลาเพื่อหยุดหัวกดอัด (pressure head) หลังตรวจพบส่วนเปลี่ยน 50 mV	-	100 ms หรือน้อยกว่า



รูปที่ ก.13 แสดงจุดต่าง ๆ ตามระยะทางจากจุดเริ่มต้นของอุปกรณ์กักอัด



รูปที่ ก.13 อัตราส่วนระยะทาง/เวลาของอุปกรณ์กักอัดหลายชนิด

(ข้อ ก.6.11)

## ภาคผนวก ข.

(ข้อแนะนำ)

ข้อแนะนำสำหรับผู้ทำผลิตภัณฑ์และผู้ประกอบแบตเตอรี่

(ข้อ 8.1)

ต่อไปนี้เป็นรายการแสดงรายการคำแนะนำที่ตีส่วนหนึ่งแต่ไม่จำกัดที่ผู้ทำเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิต้องจัดให้ผู้ทำผลิตภัณฑ์และผู้ประกอบชุดแบตเตอรี่

- ก) อย่ารื้อถอด เปิด หรือแยกเซลล์ออกเป็นส่วน ๆ การรื้อถอดแบตเตอรี่ควรกระทำโดยผู้ฝึกอบรมแล้วเท่านั้น ควรออกแบบปลอกแบตเตอรี่แบบหลายเซลล์ให้สามารถเปิดปลอกได้โดยการใช้เครื่องมือช่วยเท่านั้น
- ข) ควรออกแบบช่องใส่แบตเตอรี่ (compartment) เพื่อป้องกันเด็กเข้าถึงแบตเตอรี่โดยง่าย
- ค) อย่าลัดวงจรเซลล์หรือแบตเตอรี่ อย่าเก็บรักษาเซลล์หรือแบตเตอรี่อย่างละเลยขาดความระมัดระวังไว้ในกล่องหรือลิ้นชักที่ซึ่งอาจลัดวงจรซึ่งกันและกัน หรือลัดวงจรโดยวัสดุนำกระแสไฟฟ้า
- ง) อย่านำเอาเซลล์หรือแบตเตอรี่ออกจากบรรจุภัณฑ์เดิมจนกว่าจะใช้
- จ) อย่าให้เซลล์หรือแบตเตอรี่ได้รับความร้อนหรือถูกเพลิงไหม้ หลีกเลี่ยงการเก็บรักษาที่โดนแสงแดดโดยตรง
- ฉ) อย่าให้เซลล์หรือแบตเตอรี่ได้รับการช็อกทางกล
- ช) ถ้าเซลล์รั่ว อย่าให้ของเหลวสัมผัสผิวหนังหรือตา ถ้าสัมผัสให้ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วยน้ำปริมาณมากและขอคำปรึกษาทางการแพทย์
- ซ) ควรออกแบบผลิตภัณฑ์ให้ไม่อาจสอดใส่เซลล์หรือแบตเตอรี่ไม่ถูกต้อง และควรมีเครื่องหมายสภาพชั่วไฟฟ้าชัดเจน สังเกตเครื่องหมายสภาพชั่วไฟฟ้าบนเซลล์ แบตเตอรี่ และบรรจุภัณฑ์ทุกครั้งและแน่ใจว่าใช้ถูกต้อง
- ฌ) อย่าปะปนเซลล์ที่ทำจากผู้ทำต่างกัน ความจุไฟฟ้าต่างกัน ขนาดต่างกัน ชนิดต่างกัน หรือแบบต่างกันในแบตเตอรี่
- ญ) ขอคำปรึกษาทางการแพทย์ทันที ถ้ากลืนเซลล์หรือแบตเตอรี่
- ฎ) ปรึกษาผู้ทำเซลล์หรือแบตเตอรี่เกี่ยวกับจำนวนเซลล์มากที่สุดที่อาจประกอบเข้าเป็นชุดในแบตเตอรี่ และเกี่ยวกับวิธีที่ปลอดภัยที่สุดที่อาจต้องวงจรเซลล์เข้าเป็นชุด
- ฏ) ควรจัดให้มีตัวประจุเฉพาะงาน (dedicated charger) สำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละเครื่อง ควรจัดให้มีข้อปฏิบัติการประจุนับสมบูรณ์ (complete charging instructions) สำหรับเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิทั้งหมดที่เสนอขาย
- ฐ) รักษาเซลล์และแบตเตอรี่ให้แห้งและสะอาด
- ฑ) เช็ดขั้วต่อเซลล์หรือขั้วต่อแบตเตอรี่ด้วยผ้าแห้งสะอาด ถ้าขั้วต่อสกปรก
- ฒ) จำเป็นต้องประจุเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิก่อนใช้ ทำตามข้อปฏิบัติของผู้ทำแบตเตอรี่และใช้วิธีดำเนินการประจุนับสมบูรณ์ต้องเสมอ
- ณ) อย่าคงเซลล์ทุติยภูมิและแบตเตอรี่ทุติยภูมิประจุค้างไว้เมื่อไม่ใช้

- ด) หลังจากการเก็บรักษาไว้นาน อาจจำเป็นต้องประจุและปล่อยประจุเซลล์หรือแบตเตอรี่หลายครั้ง เพื่อให้ได้สมรรถนะสูงสุด
- ต) เก็บรักษาเอกสารข้อมูลต้นฉบับของเซลล์และแบตเตอรี่ไว้ใช้อ้างอิงภายนอก
- ถ) เมื่อกำจัดเซลล์ทุติยภูมิหรือแบตเตอรี่ทุติยภูมิ ให้เก็บเซลล์หรือแบตเตอรี่ที่มีระบบเคมีไฟฟ้าต่างกันแยกกัน

## ภาคผนวก ค.

(ข้อแนะนำ)

ข้อแนะนำสำหรับผู้ใช้งานสุดท้าย

(ข้อ 8.1)

ต่อไปนี้เป็นรายการแสดงรายการคำแนะนำที่ดีส่วนหนึ่งแต่ไม่จำกัดที่ผู้ทำบริษัทต้องจัดให้ผู้ใช้งานสุดท้าย

- ก) อย่ารื้อถอด เปิด หรือแยกเซลล์ทุติยภูมิหรือแบตเตอรี่ทุติยภูมิออกเป็นส่วน ๆ
- ข) เก็บแบตเตอรี่ให้พ้นมือเด็ก  
เด็กใช้แบตเตอรี่ ควรอยู่ในการควบคุมดูแล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเก็บแบตเตอรี่ขนาดเล็กให้พ้นมือเด็ก
- ค) ขอคำปรึกษาทางการแพทย์ทันที ถ้ากลิ่นเซลล์หรือแบตเตอรี่
- ง) อย่าให้เซลล์หรือแบตเตอรี่ได้รับความร้อนหรือถูกเพลิงไหม้ หลีกเลี่ยงการเก็บรักษาที่โดนแสงแดดโดยตรง
- จ) อย่าลัดวงจรเซลล์หรือแบตเตอรี่ อย่าเก็บรักษาเซลล์หรือแบตเตอรี่อย่างละเลยขาดความระมัดระวังไว้ในกล่องหรือลิ้นชักที่ซึ่งอาจลัดวงจรซึ่งกันและกันหรือลัดวงจรโดยวัตถุโลหะอื่น
- ฉ) ยานำเซลล์หรือแบตเตอรี่ออกจากบรรจุภัณฑ์เดิมจนกว่าจะใช้
- ช) อย่าให้เซลล์หรือแบตเตอรี่ได้รับการช็อกทางกล
- ซ) ถ้าเซลล์รั่ว อย่าให้ของเหลวสัมผัสผิวหนังหรือตา ถ้าสัมผัสให้ล้างบริเวณที่สัมผัสด้วยน้ำปริมาณมาก และขอคำปรึกษาทางการแพทย์
- ฌ) อย่าใช้ตัวประจุที่ไม่ได้จัดไว้ให้โดยเฉพาะสำหรับใช้กับบริษัท
- ญ) สังเกตเครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (-) บนเซลล์ แบตเตอรี่ และบริษัท และแน่ใจว่าใช้ถูกต้อง
- ฎ) อย่าใช้เซลล์หรือแบตเตอรี่ซึ่งไม่ได้ออกแบบให้ใช้กับบริษัท
- ฏ) อย่าปะปนเซลล์ของผู้ทำต่างกัน ความจุไฟฟ้าต่างกัน ขนาดต่างกัน ชนิดต่างกัน หรือแบบต่างกันในอุปกรณ์ไฟฟ้า
- ฐ) ชื้อแบตเตอรี่ที่ผู้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้าแนะนำให้ใช้กับบริษัท เสมอ
- ฑ) รักษาเซลล์และแบตเตอรี่ให้แห้งและสะอาด
- ฒ) เช็ดขั้วต่อเซลล์หรือขั้วต่อแบตเตอรี่ด้วยผ้าแห้งสะอาด ถ้าขั้วต่อสกปรก
- ณ) จำเป็นต้องประจุเซลล์ทุติยภูมิหรือแบตเตอรี่ทุติยภูมิก่อนใช้ ใช้ตัวประจุถูกต้องและทำตามข้อปฏิบัติของผู้ทำหรือตามคู่มือบริษัทหรือตามข้อปฏิบัติที่เหมาะสม เสมอ
- ด) อย่าปล่อยแบตเตอรี่ประจุทิ้งค้างไว้เมื่อไม่ใช้
- ต) หลังจากการเก็บรักษาไว้นาน อาจจำเป็นต้องประจุและปล่อยประจุเซลล์หรือแบตเตอรี่หลายครั้ง เพื่อให้ได้สมรรถนะสูงสุด
- ถ) เก็บรักษาเอกสารข้อมูลต้นฉบับของเซลล์และแบตเตอรี่ไว้ใช้อ้างอิงภายนอก
- ท) ใช้เฉพาะเซลล์หรือแบตเตอรี่ที่เจตนาให้ใช้เท่านั้น

มอก. 62133 เล่ม 2-2565

IEC 62133-2:2021

- ธ) นำแบตเตอรี่ออกจากบริเวณที่เมื่อไม่ใช้บริเวณที่ ถ้าทำได้
- น) กำจัดอย่างถูกต้อง

ห้ามใช้หรือยัดเยียดร่างนี้เป็นมาตรฐาน

## ภาคผนวก ง.

(ข้อกำหนด)

การวัดความต้านทาน AC ภายในของเซลล์เหรียญ

(ข้อ 5.1 และข้อ 6.)

## ง.1 ทัวไป

ภาคผนวก ง. กำหนดวิธีในการวัดหาความต้านทานภายในของเซลล์เหรียญ ถ้าต้องทดสอบตามตารางที่ 1

## ง.2 วิธี

## ก) ข้อกำหนด

ต้องวัดหาความต้านทานภายในของเซลล์เหรียญ ถ้าความต้านทานภายในของเซลล์เหรียญต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $3\ \Omega$  แล้วต้องทดสอบตามตารางที่ 1

ดูข้อ 6.

## ข) การทดสอบ

ต้องใช้เซลล์เหรียญจำนวน 3 เซลล์ ในการวัด

ขั้น 1 – ให้ประจุเซลล์เหรียญในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$  โดยการใช้วิธีที่ผู้ทำแจ้ง

ขั้น 2 – ให้เก็บรักษาเซลล์เหรียญไว้ในอุณหภูมิโดยรอบ  $20\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$  เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 h และไม่เกิน 4 h

ขั้น 3 – ให้วัดความต้านทาน AC ภายในของเซลล์เหรียญ ดังนี้

วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ r.m.s. ( $U_a$ ) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ r.m.s. ( $I_a$ ) แก่เซลล์เหรียญที่ความถี่  $1.0\ \text{kHz} \pm 0.1\ \text{kHz}$  เป็นคาบ 1 s ถึง 5 s

สูตรหาความต้านทาน AC ภายใน คือ

$$R_{ac} = \frac{U_a}{I_a} \quad [\Omega]$$

เมื่อ  $U_a$  คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ r.m.s. $I_a$  คือ กระแสไฟฟ้าสลับ r.m.s.

หมายเหตุ 1 ให้เลือกกระแสไฟฟ้าสลับให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่อยู่ที่ต่ำกว่า 20 mV

หมายเหตุ 2 วิธีนี้จะวัดอิมพีแดนซ์ซึ่งเท่ากับความต้านทานโดยประมาณ ภายในพิสัยความถี่ระบุ

หมายเหตุ 3 ต้องทำสิ่งต่อวงจรต่อถึงขั้วต่อแบตเตอรี่ให้มีส่วนสัมผัสการวัดแรงดันไฟฟ้าแยกจากส่วนสัมผัสที่ใช้นำพากระแสไฟฟ้า

## ค) เกณฑ์การยอมรับ

เซลล์เหรียญมีความต้านทานภายในต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $3\ \Omega$  ต้องทดสอบตามข้อ 6. และตารางที่ 1 เซลล์เหรียญมีความต้านทานภายในสูงกว่า  $3\ \Omega$  ไม่มีการทดสอบต่อไป

## ภาคผนวก จ.

(ข้อแนะนำ)

บรรจุภัณฑ์และการขนส่ง

(ข้อ 10.)

วัตถุประสงค์ของบรรจุภัณฑ์สำหรับเซลล์สุริยะและแบตเตอรี่สุริยะสำหรับขนส่ง คือ ไม่ให้มีโอกาสเกิดการลัดวงจร ความเสียหายทางกล และโอกาสที่ความชื้นอาจเข้าไป ควรเลือกใช้การออกแบบการบรรจุและวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อไม่ให้มีโอกาสเกิดการนำทางไฟฟ้า การกัดกร่อนของขั้วต่อ และสิ่งปนเปื้อนโดยรอบเข้าไป โดยบังเอิญ

เซลล์ลิเทียมไอออนและแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO, International Civil Aviation Organization), สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (IATA, International Air Transport Association), องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO, International Maritime Organization) และหน่วยงานอื่นของรัฐบาลเป็นผู้วางกฎระเบียบ

กฎระเบียบเกี่ยวกับการขนส่งระหว่างประเทศว่าด้วยแบตเตอรี่สุริยะลิเทียมขึ้นอยู่กับข้อแนะนำสหประชาชาติ (UN Recommendations): ด้านการขนส่งสินค้าอันตราย (Transport of Dangerous Goods) ข้อกำหนดทดสอบมีบทนิยามในคู่มือสหประชาชาติว่าด้วยหลักเกณฑ์และการทดสอบ (UN Manual of Test & Criteria) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบจึงควรปรึกษาฉบับล่าสุด

สำหรับการอ้างอิง, การทดสอบการขนส่ง (transportation test) ยังมีกำหนดตาม IEC 62281 ด้วย

## ภาคผนวก ฉ.

(ข้อแนะนำ)

## อ้างอิงมาตรฐานส่วนประกอบ

(ข้อ 5.8 และข้อ 7.3.2)

ส่วนประกอบที่ส่งผลต่อความปลอดภัยของแบตเตอรี่ ควรเป็นไปตามมาตรฐานส่วนประกอบที่เหมาะสมแก่ส่วนประกอบนั้น ๆ ถ้าใช้ได้ ตารางที่ ฉ.1 แสดงมาตรฐานส่วนประกอบบางฉบับซึ่งอาจใช้กับส่วนประกอบแบตเตอรี่ไม่อาจพิจารณาใช้รายการตามตารางที่ ฉ.1 เป็นรายการครบแล้วตามมาตรฐานความปลอดภัยส่วนประกอบฉบับที่สามารถเป็นไปได้ทุกฉบับ ทั้งนี้ อาจพิจารณาใช้มาตรฐานความปลอดภัยส่วนประกอบฉบับระดับ ภูมิภาคและระดับประเทศได้เช่นเดียวกับมาตรฐานความปลอดภัยส่วนประกอบฉบับระดับนานาชาติ ถ้าเหมาะสมแก่ส่วนประกอบที่กล่าวถึงและส่วนประกอบนั้นใช้ในวงจรแบตเตอรี่ตามข้อกำหนดเฉพาะของส่วนประกอบป้องกัน

ตารางที่ ฉ.1 อ้างอิงมาตรฐานส่วนประกอบตัวอย่าง

ส่วนประกอบ	อ้างอิงมาตรฐาน IEC
ฟิวส์	IEC 60127 (ทุกเล่ม), <i>Miniature fuses</i>
อุปกรณ์ PTC	IEC 60378-1, <i>Thermistors – Directly heated positive temperature coefficient</i> – <i>Part 1: Generic specification</i>
ตัวเชื่อมทางความร้อน	IEC 60691, <i>Thermal-links – Requirements and application guide</i>



### บรรณานุกรม

IEC 60050-351:2013, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 351: Control technology*

IEC 60051 (all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60664 (all parts), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*

IEC 61434, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

IEC TR 61438, *Possible safety and health hazards in the use of alkaline secondary cells and batteries – Guide to equipment manufacturers and users*

IEC TR 62188, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Design and manufacturing recommendations for portable batteries made from sealed secondary cells*

IEC 62281, *Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport*

IEC TR 62914, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Experimental procedure for the forced internal short-circuit test of IEC 62133:2012*

ISO 6208, *Nickel and nickel alloy plate, sheet and strip*

ISO 7619-1, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of indentation hardness – Part 1: Durometer method (Shore hardness)*

ISO 8124-1, *Safety of toys – Part 1: Safety aspects related to mechanical and physical properties*

United Nations, New York & Geneva, *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, Chapter 38.3*

---