

สารพันความรู้ด้านพลังงาน

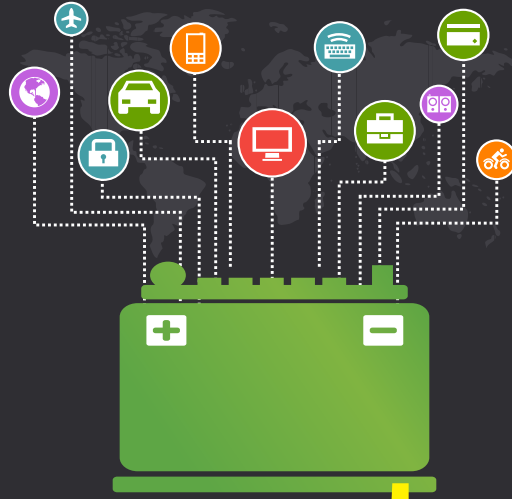
ดร.วราริศ กอปรสิริพัฒน์

ห้องปฏิบัติการวัสดุและงานระบบเพื่อใช้ประโยชน์ทางพลังงานไฟฟ้าเคมี

หน่วยวิจัยวัสดุสำหรับพลังงาน

• ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

e-mail: worawark@mtec.or.th



รู้จักแบตเตอรี่ ตอนที่ 4 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

จากบทความ รู้จักแบตเตอรี่ ตอนที่ 3¹ เราได้ทราบกันว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลมีจุดด้อยประการหนึ่ง คือ แบตเตอรี่มี “ความจำ” หรือปรากฏการณ์ความจำ (memory effect) นอกจากนี้ เทคโนโลยีต่างๆ มีความก้าวหน้ามากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการแบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานที่สูงขึ้นด้วย จึงมีการวิจัยพัฒนาแบตเตอรี่รุ่นใหม่ โดยนักวิจัยได้ศึกษาการใช้ลิเทียมเป็นวัสดุขั้วของแบตเตอรี่ เนื่องจากลิเทียมเป็นธาตุที่มีน้ำหนักน้อยและค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (standard reduction potential) ที่ต่ำ เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุขั้วลบจะได้แบตเตอรี่ที่มีความจุพลังงานสูง

¹ บทความ รู้จักแบตเตอรี่ ตอนที่ 3 วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ฉบับที่ 77 เมษายน-มิถุนายน 2558 หน้า 51-57

ในช่วงทศวรรษที่ 1970 เริ่มมีแบตเตอรี่ปฐมภูมิ (แบตเตอรี่ที่ไม่สามารถประจุไฟใหม่ได้) ชนิดที่มีโลหะลิเทียมเป็นวัสดุขั้วว่างจำหน่าย และได้มีการพัฒนาวัสดุอย่างต่อเนื่องจนได้แบตเตอรี่ทุติยภูมิที่มีโลหะลิเทียมเป็นขั้ว อย่างไรก็ตาม แบตเตอรี่ลิเทียมอาจเกิดเดนไดรต์ของโลหะลิเทียมขึ้นขณะใช้งาน ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรจากภายในได้จึงไม่ปลอดภัย ทำให้มีการพัฒนาวัสดุขั้วที่มีความปลอดภัยสูงขึ้น กระทั่งได้สารประกอบจำพวกลิเทียมเมทัลออกไซด์ (lithium metal oxide) เป็นวัสดุขั้วในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนดังที่ใช้อยู่ทุกวันนี้

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนพัฒนามาตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษที่ 1980 โดยบริษัท Asahi Chemicals และได้วางตลาดในปี 1991 โดยบริษัท Sony ซึ่งแบตเตอรี่รุ่นแรกนี้ได้ใช้ในโทรศัพท์มือถือของ Kyocera [1] จุดเด่นของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนคือความจุพลังงานและกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว นอกจากนี้ยังมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูง มีอัตราการสูญเสียประจุระหว่างไม่ใช้งาน (self-discharge rate) ที่ต่ำ ไม่มีปรากฏการณ์ความจำและมีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเทียมเป็นขั้ว

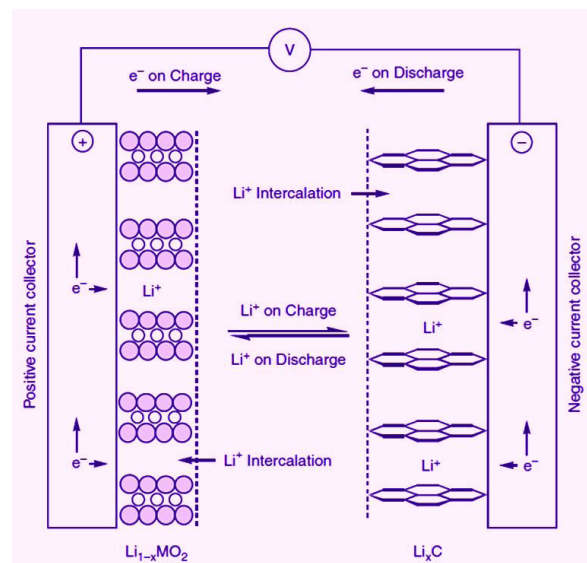
ประเด็นถาม-ตอบต่อไปนี้จะช่วยให้เข้าใจแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนได้ดียิ่งขึ้น

ถาม: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนทำงานอย่างไร?

ตอบ: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

- ขั้วลบ มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุน (เช่น แกรไฟต์) เคลือบบนแผ่นทองแดง
- ขั้วบวกเป็นลิเทียมเมทัลออกไซด์เคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียม
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วยเกลือของลิเทียม เช่น LiPF_6 หรือ LiBF_4 ในตัวทำละลาย เช่น เอทิลีนคาร์บอเนต (ethylene carbonate) ไดเอทิลคาร์บอเนต (diethyl carbonate) และ/หรือ ไดเมทิลคาร์บอเนต (dimethyl carbonate)
- เยื่อเลือกผ่าน (separator) กั้นระหว่างขั้วทั้งสอง ทำจากพอลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) และ/หรือพอลิเอทิลีน (polyethylene, PE)

เมื่อมีการอัดประจุ (charge) ไอออนของลิเทียมจะเคลื่อนออกจากโครงสร้างของขั้วบวก ผ่านเยื่อเลือกผ่าน เข้าสู่ขั้วลบ เกิดเป็นสารประกอบของลิเทียมและคาร์บอน และขณะเดียวกันอิเล็กตรอนจะเคลื่อนจากขั้วบวกสู่ขั้วลบผ่านวงจรภายนอก และขณะเกิดการคายประจุ (discharge) ปฏิกริยาจะเกิดในทางตรงกันข้าม ดังแสดงในภาพที่ 1 กระบวนการที่ไอออนของลิเทียมสอดแทรกเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของวัสดุขั้วบวกหรือขั้วลบ เรียกว่า lithium intercalation หรือ lithium insertion



ภาพที่ 1: แสดงหลักการทำงานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ขณะอัดประจุ Li^+ จะเข้าระหว่างชั้นของแกรไฟต์ในขั้วลบ และขณะคายประจุ Li^+ จะเข้าสู่โครงสร้างของวัสดุขั้วบวก [2]

ถาม: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีกี่ประเภท และแต่ละประเภทมีการใช้งานอะไรบ้าง?

ตอบ: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีใช้ในปัจจุบันมี 6 ประเภทหลัก โดยทั่วไปจะแบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำขั้วบวก ส่วนขั้วลบทำจากแกรไฟต์เป็นหลัก แต่จะมีประเภท LTO (Lithium Titanate) ที่แตกต่างออกไปคือ มีขั้วลบเป็นลิเทียมไททาเนต ทั้งนี้ เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทยังมีสมบัติแตกต่างกัน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานที่แตกต่างกันไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่างๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน [3]

ประเภทที่	วัสดุขั้วบวก	วัสดุขั้วลบ	การใช้งาน
1	Lithium Cobalt Oxide (LiCoO ₂ , LCO)	แกรไฟต์	โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล
2	Lithium Manganese Oxide (LiMn ₂ O ₄ , LMO)	แกรไฟต์	เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า
3	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (Li(Ni,Mn,Co)O ₂ , NMC, NCM)	แกรไฟต์	จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (มักใช้ในรถไฮบริด) ระบบสำรองไฟฟ้า
4	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (Li(Ni,Co,Al)O ₂ , NCA)	แกรไฟต์	อุปกรณ์การแพทย์ ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (เช่นที่พบใน Tesla Model S) ระบบสำรองไฟฟ้า
5	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄ , LFP)	แกรไฟต์	ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า หรือแทนแบตเตอรี่กรดตะกั่วในรถยนต์ (Start-Lighting-Ignition battery) ระบบที่ต้องการกระแสและความทนทานสูง
6	แกรไฟต์ หรือ LMO	Lithium Titanate (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ , LTO)	ระบบสำรองไฟฟ้า ระบบส่งกำลังในยานพาหนะไฟฟ้า (Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit EV)

ถาม: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภทมีสมบัติอะไรบ้าง?

ตอบ: สมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภทแสดงในตารางที่ 2 นอกจากสมบัติของแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นขั้วแล้ว ผู้ผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนยังสามารถออกแบบให้แบตเตอรี่มีสมบัติเด่นด้านความจุพลังงาน กำลังไฟฟ้า หรือจำนวนรอบในการใช้งานได้ด้วย ทำให้สามารถเลือกแบตเตอรี่ที่เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน เช่น ผู้บริโภคต้องการให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาสามารถใช้งานได้ยาวนาน ดังนั้น ผู้ผลิตอุปกรณ์เหล่านี้จะเลือกใช้แบตเตอรี่ที่ออกแบบให้มีความจุพลังงานสูง หรือหากเลือกแบตเตอรี่เพื่อใช้งานในสว่านไฟฟ้าแบบไร้สาย ผู้ผลิตก็ควรเลือกใช้แบตเตอรี่ที่เน้นด้านกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

ตารางที่ 2: เปรียบเทียบสมบัติของแบตเตอรี่แต่ละประเภท (ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง [4, 5, 6])

วัสดุขั้วบวก	หน่วย	LCO หรือ NCA	NMC	LMO		LFP
		แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
วัสดุขั้วลบ						
ออกแบบโดยเน้น		ความจุพลังงาน	ความจุพลังงาน หรือกำลังไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า	จำนวนรอบ ในการใช้งาน	กำลังไฟฟ้า
ช่วงแรงดันในการใช้งาน (Operating voltage range)	V	2.5-4.2	2.5-4.2	2.5-4.2	1.5-2.8	2.0-3.6
แรงดันเฉลี่ย (Nominal cell voltage)	V	3.6-3.7	3.6-3.7	3.7-3.8	2.3	3.3
ความจุพลังงานต่อน้ำหนัก	Wh/kg	175-240 (cylindrical) 130-450 (pouch)	100-240	100-150	70	60-110
ความจุพลังงานต่อปริมาตร	Wh/L	400-640 (cylindrical) 250-450 (pouch)	250-640	250-350	120	125-250
อัตราการคายประจุอย่างต่อเนื่อง (Continuous discharge rate)	C ²	2-3	2-3 สำหรับ แบตเตอรี่ความจุ พลังงานสูง >30 สำหรับ แบตเตอรี่กำลัง ไฟฟ้าสูง	>30	10	10-125
อายุการใช้งาน ³	รอบ	500+	500+	500+	4000+	1000+
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถอัด ประจุได้	°C	0-45	0-45	0-45	-20-45	0-45
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถคาย ประจุได้	°C	-20-60	-20-60	-30-60	-30-60	-30-60
ความปลอดภัย	1-4 (4 = ปลอดภัยที่สุด)	2	3	3	4	4
ราคา	1-4 (4 = ราคา ต่ำที่สุด)	3 (LCO) 2 (NCA)	3	3	1	3

² อัตราการอัดหรือคายประจุ หรือ C-rate คือ ค่ากระแสที่ใช้ในการอัดหรือคายประจุของแบตเตอรี่ โดยเทียบกับความจุ (capacity) ของแบตเตอรี่นั้นๆ ตัวอย่างเช่น สำหรับแบตเตอรี่ที่มีความจุ 100 Ah การอัดหรือคายประจุด้วยอัตรา 1C จะต้องให้กระแสแก่แบตเตอรี่ (ถ้าอัดประจุ) หรือดึงกระแสจากแบตเตอรี่ (ถ้าคายประจุ) เท่ากับ 100 A และกว่าที่จะอัดประจุจนเต็ม (จากแบตเตอรี่ที่หมด) หรือคายประจุจนหมด (จากแบตเตอรี่เต็ม) จะใช้เวลา 1 ชั่วโมง การอัดหรือคายประจุที่อัตรา 2C ต้องใช้กระแส 200 A (100 A × 2) เป็นเวลา 30 นาที (1 ชั่วโมง ÷ 2) ส่วนอัตรา C/4 คือการอัดหรือคายประจุด้วยกระแส 25 A (100 A ÷ 4) โดยใช้เวลา 4 ชั่วโมง (1 ชั่วโมง × 4) เป็นต้น

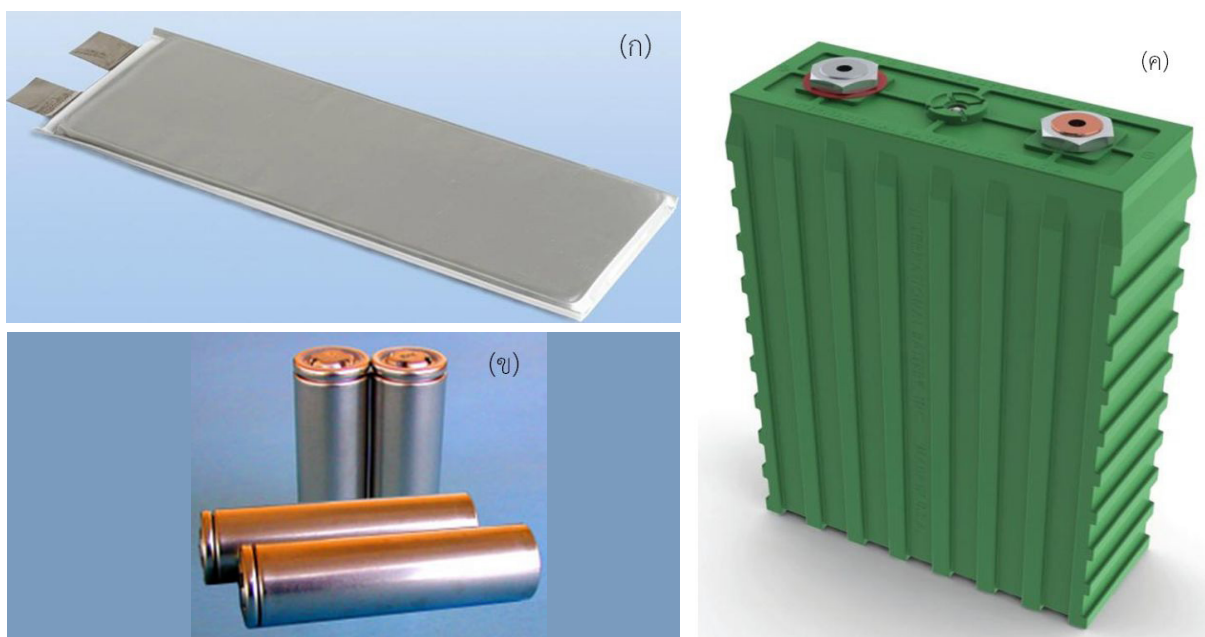
³ จำนวนครั้งการใช้งาน เมื่อมีการคายประจุจนหมดทุกครั้ง และถือว่าแบตเตอรี่หมดอายุเมื่อความจุพลังงานเหลือ 80% ของความจุพลังงานเริ่มต้น

ถาม: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดพอลิเมอร์ หรือมักเรียกว่า ลิโป (LiPo หรือ Li-Po) หรือลิเทียม-พอลิเมอร์ (Lithium-polymer battery) เหมือนหรือต่างจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอย่างไร?

ตอบ: แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดพอลิเมอร์ (Lithium-ion polymer battery หรือบางครั้งเรียก lithium-polymer หรือ LiPo/Li-Po หรือ Li-Poly battery) จัดเป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทหนึ่ง โดยส่วนใหญ่มีวัสดุขั้วเป็น LCO (ขั้วบวก) และแกรไฟต์ (ขั้วลบ) อย่างไรก็ตาม วัสดุขั้วบวกอาจเป็นสารชนิดอื่นก็ได้ แล้วแต่การออกแบบของผู้ผลิต

ข้อแตกต่างที่เด่นชัดของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดพอลิเมอร์จากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอื่นๆ คือ การที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นเกลือของลิเทียมผสมในพอลิเมอร์ เช่น poly (acrylonitrile) (PAN) หรือ poly (ethylene oxide) (PEO) ทำให้อิเล็กโทรไลต์มีลักษณะเป็นเจล แผ่นขั้วบวก เยื่อเลือกผ่านและแผ่นขั้วลบจึงแนบติดกันเป็นชั้นเดียว ส่งผลให้ผู้ผลิตสามารถผลิตแบตเตอรี่ที่บาง น้ำหนักเบาและจัดการง่ายเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอื่นๆ ที่มีอิเล็กโทรไลต์เป็นของเหลว ด้วยสมบัติเหล่านี้ เราจึงมักพบแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิดพอลิเมอร์ในของเล่นวิทยุบังคับ [2, 7]

มีข้อสังเกตว่า คำว่า polymer lithium battery หรือ lithium polymer battery บางครั้งอาจใช้ในความหมายกว้างๆ เพื่อเรียกแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่มีลักษณะคล้ายกระเป๋าหรือถุงเล็กๆ (pouch) (ภาพที่ 2ก) โดยภายในอาจเป็นแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทใดก็ได้ ในที่นี้ คำว่า พอลิเมอร์ อ้างถึงวัสดุบรรจุภัณฑ์ซึ่งก็คือแผ่นอะลูมิเนียมที่เคลือบด้วยสารพอลิเมอร์นั่นเอง แบตเตอรี่ที่มีลักษณะเช่นนี้มักจะมีน้ำหนักเบากว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนทรงกระบอก (cylindrical) (ภาพที่ 2ข) และทรงกล่อง (prismatic) (ภาพที่ 2ค) ทำให้ได้ความจุพลังงานต่อน้ำหนักที่สูง (ตารางที่ 2) จึงนิยมใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ และแท็บเล็ต เป็นต้น



ภาพที่ 2: ลักษณะรูปทรงของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนชนิด (ก) pouch [8] (ข) cylindrical [3] และ (ค) prismatic [9]

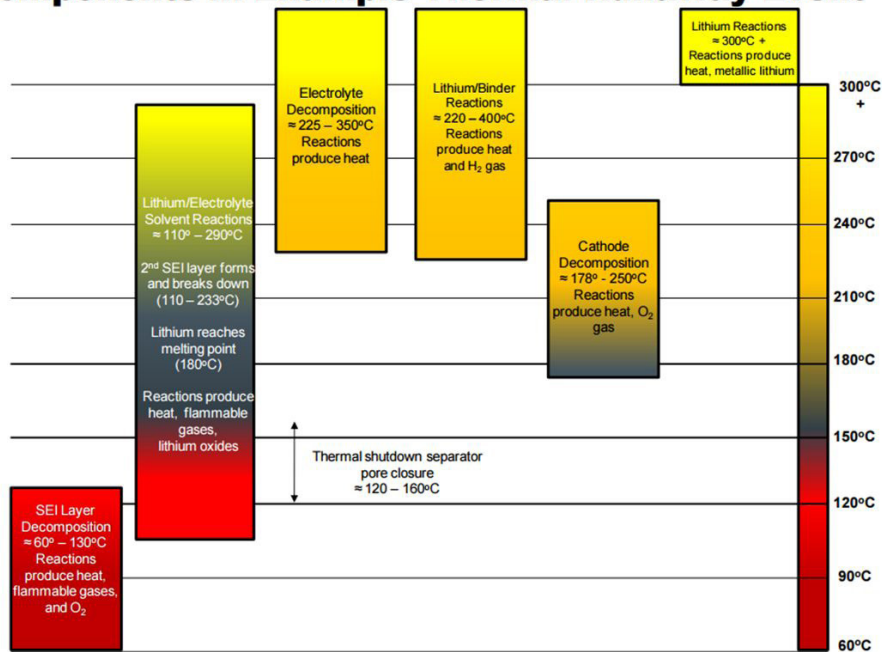
ถาม: เหตุการณ์ไฟไหม้หรือการระเบิดของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่บางครั้งเราได้ยินจากข่าว เกิดขึ้นได้อย่างไร?

ตอบ: แม้ว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะมีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้โลหะลิเทียมเป็นขั้ว แต่บางครั้งก็อาจมีอันตรายได้เช่นกัน แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนอาจเกิดความร้อนสูงได้จากหลายสาเหตุ เช่น การกักเก็บหรือใช้งานแบตเตอรี่ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง การที่แบตเตอรี่ได้รับแรงกระแทกหรือถูกของมีคมเจาะจนทำให้ได้รับความเสียหาย อาจเกิดขึ้นได้ทั้งระหว่างการขนส่งและการใช้งาน หรือแบตเตอรี่อาจมีตำหนิจากขั้นตอนการผลิต เช่น เยื่อเลือกผ่านมีการฉีกขาด หรือมีโลหะปนเปื้อน ทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรจากภายในแบตเตอรี่

นอกจากนี้ ไม่ว่าจะเป็นการอัดหรือคายประจุแบตเตอรี่โดยปกติก็เกิดความร้อนอยู่แล้ว แต่หากแบตเตอรี่หรือเครื่องประจุแบตเตอรี่ (charger) มีความผิดปกติ ก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้ สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟไหม้ได้ คือ การที่แบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุเกินกว่าที่รับได้ (overcharge) ซึ่งอาจเกิดในกรณีเช่นเครื่องประจุแบตเตอรี่มีความบกพร่องทำให้ไม่หยุดการอัดประจุแม้ว่าแบตเตอรี่จะเต็มแล้ว หรือแบตเตอรี่เสื่อมสภาพทำให้รับประจุได้น้อยลง สาเหตุอีกประการคือการใช้งานแบตเตอรี่อย่างหนัก เช่น การอัดหรือคายประจุด้วยกระแสสูงเป็นเวลานาน ยิ่งหากใช้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูงหรือแบตเตอรี่ไม่สามารถระบายความร้อนได้ดีนัก ก็ยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ได้สูง

หากแบตเตอรี่มีอุณหภูมิภายในถึง 60°C จะเริ่มมีความร้อนสูงขึ้นที่ขั้วลบและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ มีปฏิกิริยาข้างเคียงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สต่างๆ ที่อาจติดไฟได้ และเกิดความร้อนขึ้นด้วยส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อเนื่อง จนในที่สุดอาจเกิดไฟลุกไหม้ หรือระเบิดได้ เหตุการณ์ดังกล่าวเรียกว่าการเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับ (thermal runaway) ในบางกรณีอุณหภูมิอาจเพิ่มสูงถึง 900°C ได้ [10] ภาพที่ 3 แสดงลำดับเหตุการณ์ต่างๆ ตามอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

Illustration of Chemical Breakdown of Li-Ion Cell Components in Example Thermal Runaway Event



ภาพที่ 3: ลำดับเหตุการณ์ตามอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน [11]

ถาม: การที่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนบวมเกิดจากสาเหตุอะไร?

ตอบ: แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และไฮโดรคาร์บอน (C_xH_y) เช่น เอทิลีน (C₂H₄) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นปกติอยู่แล้ว ดังนั้น เราจึงมักพบอาการบวมในแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพแล้ว อย่างไรก็ตาม การใช้งานบางลักษณะอาจช่วยเร่งให้เกิดแก๊สได้เร็วหรือในปริมาณที่สูงขึ้น เช่น การใช้หรือเก็บแบตเตอรี่ในที่มีอุณหภูมิสูง การอัดประจุไว้จนเต็มหรือเกือบเต็มตลอดเวลา เช่น เวลาที่เสียบอุปกรณ์ไว้กับเครื่องประจุแบตเตอรี่ตลอด และการอัดประจุเกินกว่าที่แบตเตอรี่รับได้ นอกจากนี้ ผู้ผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนจะต้องทำการปิดผนึกแบตเตอรี่เพื่อป้องกันอากาศและความชื้นเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ หากผู้ผลิตปิดผนึกไม่หนาแน่น หรือผนึกมีการเสื่อมสภาพจากความร้อนหรือความชื้นสูง ก็จะทำให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เสื่อมสภาพ เกิดผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สได้เช่นกัน

ถ้าพบว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนบวมไม่ควรนำมาใช้งานต่อเนื่องจากอาจเกิดอันตรายได้ (เช่น การเกิดความร้อนต่อเนื่องแบบกู่ไม่กลับ) ผู้ใช้ควรนำเทปพันสายไฟปิดที่ขั้วทั้งสองเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร แล้วทิ้งในถังขยะสำหรับซากแบตเตอรี่โดยเฉพาะ เพื่อจะได้มีการนำไปจัดการอย่างปลอดภัยต่อไป

ถาม: ทำอย่างไรจึงจะช่วยให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีอายุยืนยาว?

ตอบ: การที่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีอุณหภูมิภายในที่สูงจะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็ว ดังนั้น จึงไม่ควรเก็บและใช้งานแบตเตอรี่ในที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ไม่ควรเก็บโทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต หรือแล็ปท็อปไว้ในรถยนต์ที่จอดทิ้งไว้ เป็นต้น การเก็บแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนไว้ในสภาพที่อัดประจุจนเต็มหรือเกือบเต็มตลอดเวลาที่เร่งการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ด้วยเช่นกัน ตารางที่ 3 แสดงผลของระดับการประจุ (state of charge) และอุณหภูมิในการกักเก็บแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนต่อความจุพลังงานที่เหลือเมื่อเทียบกับความจุเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ที่เก็บที่อุณหภูมิสูงและอัดประจุจนเต็ม 100% จะตกลงไปมากที่สุด

ตารางที่ 3: ความจุพลังงานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเทียบกับค่าเริ่มต้นเมื่อเก็บที่ระดับการประจุ 40% และ 100% และอุณหภูมิ 0-60°C (ดัดแปลงจาก [3])

อุณหภูมิ (°C)	ความจุที่เหลือหลังจากเก็บแบตเตอรี่ (Remaining Capacity)	
	เก็บที่ระดับการประจุ 40%	เก็บที่ระดับการประจุ 100%
0	98%	94%
25	96%	80%
40	85%	65%
60	75%	60% (หลังเก็บไว้ 3 เดือน)

การใช้งานแบตเตอรี่อย่างหนัก เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือโดยคุยโทรศัพท์ เปิดฟังก์ชันติดตามตำแหน่ง (track location) บลูทูธ 3G และใช้งานหลายๆ แอปพลิเคชันพร้อมกันก็ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมอายุได้ไวขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ ระดับการคายประจุ (Depth of Discharge; DoD) ก็มีผลต่อจำนวนรอบการใช้งานด้วย หากใช้งานแบตเตอรี่ (คายประจุ) ไปเล็กน้อย เช่น จากเต็ม 100% เหลือ 90% (เรียกว่า 10% DoD) แล้วอัดประจุกลับเข้าไปใหม่ และทำเช่นนี้เป็นประจำ จะพบว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีอายุการใช้งานที่ยืนยาวกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้งานแบบคายประจุจนหมด (เรียกว่า 100% DoD) แล้วจึงอัดประจุใหม่ ดังแสดงเป็นตัวอย่างในตารางที่ 4

ตารางที่ 4: ผลของระดับการคายประจุต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (ดัดแปลงจาก [3])

ระดับการคายประจุในแต่ละครั้ง (DoD) (%)	อายุการใช้งาน (ครั้ง)
100	300-500
50	1,200-1,500
25	2,000-2,500
10	3,750-4,700

เอกสารอ้างอิง

- [1] R. Brodd, "Synopsis of the Lithium-Ion Battery Markets," in *Lithium-Ion Batteries: Science and Technologies*, M. Yoshio, R. Brodd and A. Kozawa, Eds., Springer, 2009, pp. 1-2.
- [2] J. Dahn and G. Ehrlich, "Lithium-Ion Batteries," in *Linden's Handbook of Batteries*, 4th ed., T. Reddy and D. Linden, Eds., McGraw-Hill, 2011, pp. 26.1-26.79.
- [3] Battery University, [Online]. Available: www.batteryuniversity.com.
- [4] Lighting Global, "Technical Notes: Lithium-ion Battery Overview," 2012. [Online]. Available: https://www.lightingglobal.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/67_Issue10_Lithium-ionBattery_TechNote_final.pdf.
- [5] I. Buchmann, "Basics about Batteries," [Online]. Available: <http://www.cadex.com/en/batteries/basics-about-batteries>.
- [6] A. Dinger, R. Martin, X. Mosquet, M. Rabl, D. Rizoulls, M. Russo and G. Sticher, "Batteries for Electric Cars: Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020," 2010. [Online]. Available: <https://www.bcg.com/documents/file36615.pdf>.
- [7] B. Scrosati, "Lithium Polymer Electrolytes," in *Advances in Lithium-Ion Batteries*, W. van Schalkwijk and B. Scrosati, Eds., Kluwer Academic Publishers, 2002, pp. 251-266.
- [8] "DIY Trade," [Online]. Available: http://www.diytrade.com/china/pd/8991184/Lithium_ion_Polymer_Battery_LiFePO4.html#normal_img.
- [9] "CNET.com," [Online]. Available: <http://www.cnet.com/news/international-battery-expands-for-utility-storage/>.
- [10] A. Golubkov, D. Fuchs, J. Wagner, H. Wiltsche, C. Stangl, G. Fauler, G. Voitic, A. Thaler and V. Hacker, "Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes," *RSC Advances*, vol. 4, pp. 3633-3642, 2014.
- [11] "SAE," [Online]. Available: <http://www.sae.org/events/gim/presentations/2012/stephensbattelle.pdf>.

