

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แบตเตอรี่ (battery)¹

แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บพลังงานเคมี และเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ในวงจรภายนอกได้ตามต้องการ ซึ่งพลังงานไฟฟ้า ได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นได้เองภายในแบตเตอรี่ ได้แก่ปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox reaction) สารที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์จะไม่เกิดปฏิกิริยากันโดยตรง แต่จะถูกใช้แยกเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และรีดักชัน (reduction) ที่ขั้วแอโนดและแคโทดในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสอิเล็กตรอนไหลผ่านวงจรภายนอกระหว่างแบตเตอรี่แต่ละตัว โดยทั่วไปแบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 2 ประเภท² ได้แก่

1.1.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (primary batteries)

แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อใช้แล้วไม่สามารถนำมาอัดไฟใหม่ได้ (non-rechargeable batteries) สามารถใช้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น โดยปฏิกิริยาเคมีที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่นั้น เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ (irreversible reaction) เซลล์ของแบตเตอรี่ประเภทนี้นิยมใช้ลิเทียมเป็นแอโนด ตัวอย่างเช่น ระบบลิเทียม/แมงกานีสออกไซด์ (Li/MnO₂) ระบบลิเทียม/ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Li/SO₂) และระบบลิเทียม/ไทโอนิลคลอไรด์ (Li/SOCl₂) เป็นต้น

1.1.2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (secondary batteries)

แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อใช้แล้วสามารถนำมาอัดไฟใหม่ได้เรื่อย ๆ แม้ไฟยังไม่หมด (rechargeable batteries) โดยปฏิกิริยาเคมีที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่นั้น เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (reversible reaction) ตัวอย่างเซลล์ของแบตเตอรี่ประเภทนี้ได้แก่ ตะกั่วกรดแบตเตอรี่ (lead-acid batteries) นิกเกิลแคดเมียมแบตเตอรี่ (nickel-cadmium batteries) นิกเกิลเมทัลไฮไดรไรด์แบตเตอรี่ (nickel-metal hydride batteries) เป็นต้น

1.2 ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ (lithium-ion batteries)

ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ถูกผลิตขึ้นครั้งแรกในปีค.ศ. 1990 โดยบริษัท sony energitic โดยลิเทียมไอออนแบตเตอรี่นี้เป็นแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ^{3,4} ดังนี้

1. มีความหนาแน่นของพลังงานสูง (high energy density)

ถ้าเทียบขนาด และน้ำหนักที่เท่ากัน ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่สามารถเก็บไฟได้มากกว่าแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอื่น ๆ

2. มีความต่างศักย์สูง

ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ให้ค่าความต่างศักย์สูงกว่าแบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอื่น ๆ ประมาณสามเท่า จึงเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพกพาได้

3. ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากโลหะลิเทียมสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำและอากาศเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนซึ่งอาจเกิดอันตรายแต่สำหรับลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ไม่มีโลหะลิเทียมเป็นส่วนประกอบจึงปราศจากปัญหานี้ นอกจากนี้ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ยังไม่มีการใช้โลหะหนักที่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม เช่น แคดเมียม และตะกั่ว

4. ไม่มีผลกระทบต่อหน่วยความจำ (memory effect)

ผลกระทบต่อหน่วยความจำนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการอัดไฟใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยที่ไม่มีการปล่อยกระแสไฟฟ้าที่ตกค้างอยู่ภายในให้หมดไปเสียก่อน ซึ่งการกระทำเช่นนี้บ่อยครั้งจะทำให้แบตเตอรี่มีประสิทธิภาพในการเก็บไฟได้น้อยลงเรื่อย ๆ ดังนั้นผู้ใช้แบตเตอรี่ทุติยภูมิชนิดอื่น จำเป็นที่จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าให้หมดก่อนที่จะอัดไฟใหม่ ขณะที่แบตเตอรี่ทุติยภูมิ ชนิดลิเทียมไอออนแบตเตอรี่นั้นสามารถอัดไฟใหม่ได้บ่อยเท่าที่ต้องการโดยไม่ต้องรอให้กระแสไฟฟ้าหมด

5. มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน (long cycle life)

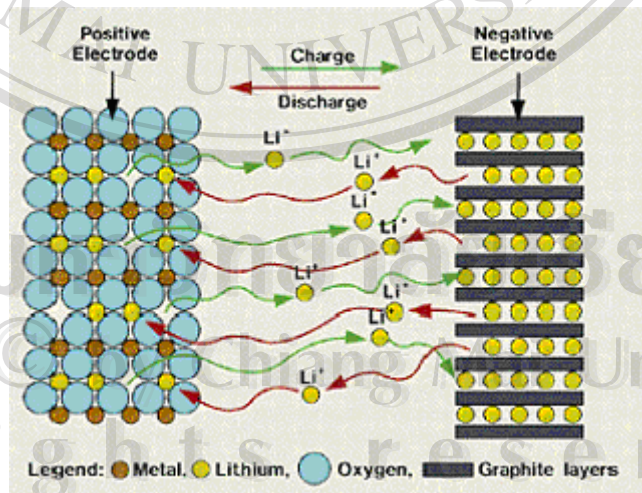
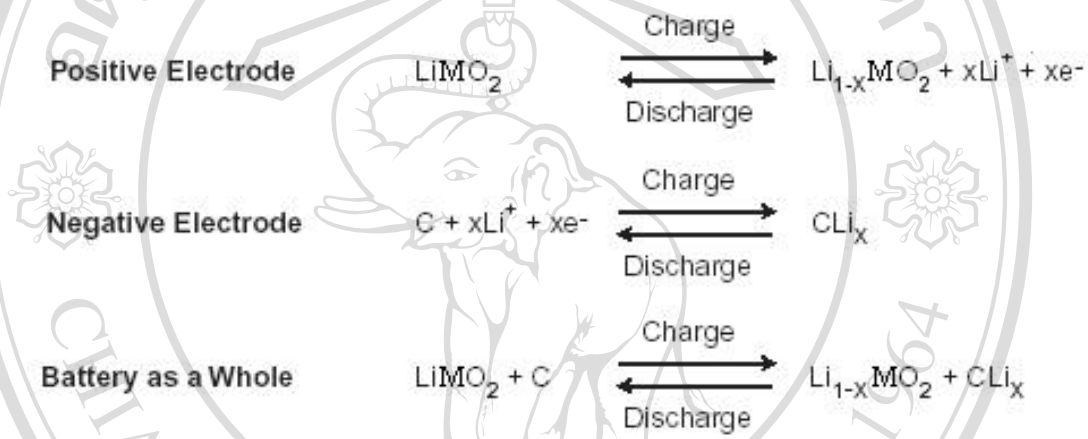
ลิเทียมไอออนแบตเตอรี่สามารถอัดไฟใหม่ได้มากกว่า 500 รอบ

1.3 หลักการทำงานของลิเทียมไอออนแบตเตอรี่^{3,5}

ภายในตัวแบตเตอรี่ ประกอบด้วยขั้วแอโนด (ขั้วไฟฟ้าลบ) คือคาร์บอนที่มีความเป็นผลึกสูง เช่นแกรไฟต์ และปิโตรเลียมโค้กซึ่งได้จากการทำให้น้ำมันยางปิโตรเลียมร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 900-1,000 องศาเซลเซียส แต่ปัจจุบันนิยมใช้แกรไฟต์ เพราะมันมีความจุให้ลิเทียมไอออนเข้าไปแทรกตัวอยู่ได้สูงกว่า ซึ่งทำให้ความจุไฟฟ้ามีเพิ่มขึ้น ส่วนขั้วแคโทด (ขั้วไฟฟ้าบวก) คือ

ลิเทียมทรานซิชันเมทัลออกไซด์ เช่น ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO₂) ลิเทียมนิกเกิลออกไซด์ (LiNiO₂) และลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (LiMn₂O₄) เป็นต้น สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์มักจะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในลิเทียมไอออนแบตเตอรี่ เมื่อมีการอัดประจุหรือเรียกว่าสภาวะ charge ลิเทียมไอออนจากวัสดุขั้วแคโทดจะหลุดออกและเคลื่อนที่แทรกตัวเข้าไปในวัสดุขั้วแอโนด สำหรับการคายประจุหรือเรียกว่าสภาวะ discharge นั้นปฏิกิริยาจะเกิดตรงกันข้าม

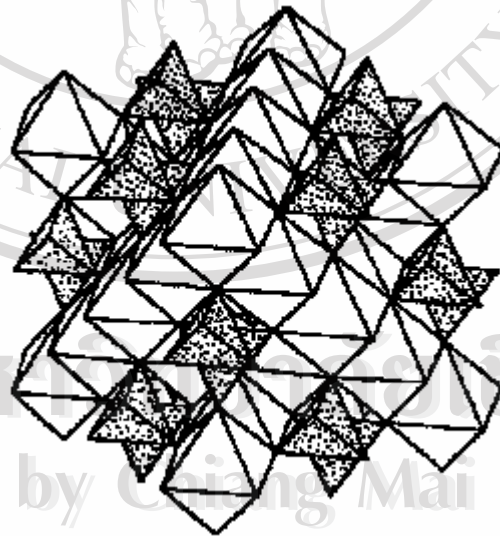


รูป 1.1 กลไกการเกิด charge และ discharge ในลิเทียมไอออนแบตเตอรี่⁶

1.4 วัสดุขั้วแคโทดลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ (LiNiVO₄)

วัสดุขั้วแคโทดที่นิยมใช้ในทางการค้าสำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน ได้แก่ ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ ลิเทียมนิกเกิลออกไซด์ และลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ ซึ่งวัสดุขั้วแคโทดทั้งสามชนิดนี้ให้ค่าความต่างศักย์แก่แบตเตอรี่ในช่วง 4.1-4.5 โวลต์ นอกจากนี้วัสดุขั้วแคโทดทั้งสามชนิดนี้แล้ว ยังพบว่าลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์เป็นวัสดุขั้วแคโทดที่น่าสนใจ เพราะมีค่าความต่างศักย์แก่แบตเตอรี่สูงถึง 4.8 โวลต์ ซึ่งการใช้วัสดุขั้วแคโทดที่มีความต่างศักย์สูง จะทำให้ความหนาแน่นของพลังงานสูง⁷ นอกจากนี้ลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ยังเป็นวัสดุขั้วแคโทดชนิดแรกที่มีโครงสร้างเป็นแบบอินเวิร์สสปินเนล (inverse spinel structure) ขณะที่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์และลิเทียมนิกเกิลออกไซด์มีโครงสร้างเป็นแบบชั้น (layer structure) ส่วนลิเทียมแมงกานีสออกไซด์มีโครงสร้างเป็นแบบสปินเนล (spinel structure) ซึ่งการที่มีค่าความต่างศักย์สูงนี้อาจสัมพันธ์กับโครงสร้างผลึกด้วย⁸

โครงสร้างแบบอินเวิร์สสปินเนลของ LiNiVO₄ จะจัดตัวอยู่ในลักษณะ V_{tetra}(LiNi)_{octa}O₄ โดยอะตอมของลิเทียมและนิกเกิลกระจายอยู่ที่ตำแหน่ง octahedral site ขณะที่อะตอมของวานาเดียมอยู่ที่ตำแหน่ง tetrahedral site⁹



รูป 1.2 ภาพจำลองโครงสร้างของ LiNiVO₄ แสดง V tetrahedral (แรเงา) และ Li/Ni octahedra¹⁰

1.5 สมบัติทางกายภาพ¹¹

สูตรโมเลกุล	LiNiVO ₄
ชื่อ	Lithium nickel vanadium oxide
โครงสร้างผลึก	Cubic
Space group	Fd3m
สี	เหลือง
Theoretical capacity	148 mAhg ⁻¹

1.6 การเตรียมสารประกอบลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์

ในการเตรียมสารประกอบลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

1.6.1 ปฏิกริยาในสถานะของของแข็ง (solid state reaction)^{8, 12-13}

วิธีนี้สามารถเตรียมได้โดยการนำสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง ซึ่งให้ได้สัดส่วนตามต้องการ แล้วนำมาบดและผสมเข้าด้วยกัน แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิที่ต้องการ วิธีนี้เตรียมง่ายและค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อเสียหลายประการ ได้แก่ ขนาดของอนุภาคมีขนาดใหญ่ มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคกว้าง สารตั้งต้นอาจทำปฏิกิริยากันได้ไม่สมบูรณ์ ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และมีสิ่งเจือปนซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพทางไฟฟ้า (electrochemical performance) ของวัสดุขั้วแคโทด นอกจากนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ต้องการ จะต้องเผาที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาในการเผาที่ยาวนาน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

Lu และ Liou⁸ ทำการศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยา (formation mechanism) และโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ของกระบวนการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่เตรียมจากปฏิกิริยาในสถานะที่เป็นของแข็ง

Fey และ Perng¹² ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์โดยปฏิกิริยาของของแข็งจากการบดและผสมของสารตั้งต้นระหว่างลิเทียมนิกเกิลออกไซด์ (LiNiO₂) และวานาเดียมออกไซด์ (V₂O₅) ทำการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และยังคงศึกษาเงื่อนไขที่มีผลต่อการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ เช่น ชนิดของสารตั้งต้น ปริมาณสัมพันธของสารตั้งต้น อุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียม และบรรยากาศแวดล้อมที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเตรียม

1.6.2. กระบวนการทางเคมีแบบอ่อน (soft chemical processes)

การเตรียมเริ่มจากการทำสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของสารละลายก่อน แล้วผสมให้เข้ากันเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์และเกิดในระดับโมเลกุล จากนั้นทำการเผาที่อุณหภูมิ ไม่สูงมากนัก และใช้ช่วงเวลาในการเผาที่เหมาะสม พบว่าสามารถเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กและสามารถควบคุมให้มีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกัน มีความบริสุทธิ์สูง และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำ และระยะเวลาในการเผาสั้นกว่าเดิม

1.6.2.1) กระบวนการตกตะกอน (precipitation process)

กระบวนการตกตะกอน เป็นเทคนิคการแยกไอออนหรือโมเลกุลของสารที่สนใจในเฟสของสารละลาย แล้วทำให้กระจายตัวมาอยู่ในเฟสของของแข็ง หรือที่เรียกว่าตะกอน โดยเพิ่มคุณสมบัติที่เหมาะสม การตกตะกอนจะทำให้บริสุทธิ์เพียงใด จะพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่างผลคูณของไอออน (ion product) กับค่าคงที่การละลาย, K_{sp}

Fey และ Chen¹⁴ ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์โดยวิธีตกตะกอน โดยใช้ลิเทียมไนเตรต (LiNO_3) นิกเกิลไนเตรต ($\text{Ni(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) และวานาเดียมอะเซทิลอะเซโทเนต ($\text{V(C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_3$) เป็นสารตั้งต้น และศึกษาผลของพีเอช (pH) ที่มีต่อความบริสุทธิ์ขนาดของอนุภาค ปริมาณสัมพัทธ์ของลิเทียม และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่เตรียมได้ พบว่าที่พีเอชเท่ากับ 3 ซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จะได้ผงลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่บริสุทธิ์ และมีขนาดของอนุภาคประมาณ 0.34 ไมโครเมตร ส่วนพีเอชเท่ากับ 7 และ 11 ซึ่งเผาที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่ามีสารเจือปน คือ นิกเกิลออกไซด์ (NiO) และมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.36-0.54 ไมโครเมตร

1.6.2.2) กระบวนการเผาไหม้ (combustion process)¹⁵

ในการสังเคราะห์พวกวัสดุออกไซด์ (oxide material) ด้วยวิธีนี้ จะมีใช้ความร้อนเป็นตัวช่วยให้เกิดการเผาไหม้ โดยความร้อนนี้ได้เกิดมาจากปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ระหว่างเชื้อเพลิงกับตัวออกซิไดซ์ โดยมากจะใช้สารตั้งต้นพวก metal nitrates เป็นตัวออกซิไดซ์ และใช้สารประกอบอินทรีย์เป็นตัวรีดิวซ์ เช่น ไกลซีน ซูโครส และแป้ง ซึ่งสารประกอบอินทรีย์เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงช่วยในการเผาไหม้

Prabaharan และคณะ¹⁰ ได้ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์โดยกระบวนการเผาไหม้ โดยใช้สารตั้งต้นคือ ลิเทียมไนเตรด (LiNO_3) นิกเกิลไนเตรด ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) และแอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) ผสมกับไกลซีน (glycine) ซึ่งทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิง (nitrogenous fuel) ในการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ พบว่าสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำถึง 320 องศาเซลเซียส และผลผลิตที่ได้มีขนาดของอนุภาคขนาดเล็กในระดับไมโครเมตร

Kalyani และคณะ¹⁶ ได้ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ โดยใช้ลิเทียมไนเตรด (LiNO_3) นิกเกิลไนเตรด ($\text{NiNO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) และแอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) เป็นสารตั้งต้น และใช้แป้ง (starch) ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (carbonaceous fuel) พบว่าสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และยังได้ศึกษาปริมาณของแป้งที่มีผลต่อการเกิดเป็นผลึก (crystallinity) ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์

Vivekanandhan และคณะ¹⁷ ได้ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ โดยวิธีคล้ายคลึงกับ Kalyani และคณะ แต่ใช้กรดซิตริก และกลีเซอรอล (glycerol) เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ และยังได้ศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างไอออนของโลหะทั้งหมดกับกลีเซอรอลที่มีต่อการเกิดผลึกของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์

1.6.2.3) กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล (hydrothermal process)¹⁸

การเตรียมโดยวิธีนี้ เริ่มจากการทำสารตั้งต้นให้อยู่ในรูปของสารละลายก่อน แล้วใส่ไว้ใน reactor ที่มีความดันสูง และมีการให้ความร้อนเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้สามารถเตรียมได้ในขั้นตอนการเตรียมเพียงขั้นตอนเดียวที่อุณหภูมิต่ำโดยไม่ต้องผ่านการเผา

Lu และ Liou²⁹ ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ โดยเทคนิคไฮโดรเทอร์มอล เช่น สารตั้งต้น ตัวทำละลาย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา พบว่าสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำ และยังได้ผลผลิตที่มีขนาดของอนุภาคเล็ก

Lu และคณะ¹⁸ ทำการศึกษาการก่อเกิด และโครงสร้างจุลภาคของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่เตรียมโดยเทคนิคไฮโดรเทอร์มอล โดยใช้สารตั้งต้น คือ ลิเทียมไฮดรอกไซด์ ($\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$) นิกเกิลอะซิเตตเตตระไฮเดรต ($(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) และแอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) พบว่าสามารถเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ได้ที่อุณหภูมิ 200 องศา

เซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง และมีขนาดของอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.2-0.3 ไมโครเมตร นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของอุณหภูมิของการเผาที่มีต่อความเป็นผลึก พบว่าความเป็นผลึกเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 500 องศาเซลเซียส

1.6.2.4) กระบวนการซอล – เจล (sol – gel process)

กระบวนการซอล – เจล นั้น มีขั้นตอนเริ่มจากตัวทำละลายอินทรีย์จะทำปฏิกิริยากับธาตุในระดับโมเลกุล แล้วทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เป็นสารสายโซ่ยาว หรือเป็นอนุภาคเล็ก ๆ กระจายเป็นสารแขวนลอยอยู่ในของเหลว ซึ่งเรียกว่าซอล (sol) เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดสูงขึ้นจนกระทั่งเกิดเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi - rigid solid) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากผลผลิตของสายโซ่โมเลกุลได้หุ้มเอาของเหลวไว้ภายใน มีลักษณะเป็นโครงตาข่าย เรียกลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ว่าเจล (gel) ซึ่งเป็นสารแขวนลอยที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากคล้ายกับเจลาติน หรือวุ้น และเจลนี้สามารถสลายตัวทางความร้อน เพื่อให้เกิดเป็นสารอิเล็กโทรเซรามิกได้

Liu และคณะ²⁰ ทำการศึกษาโครงสร้างผลึก (crystal structure) และโครงสร้างอิเล็กตรอน (electronic structure) ของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่เตรียมโดยวิธีซอลเจล พบว่าผลึกลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่เตรียมได้มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบอินเวิร์สสปินเนล (inverse spinel) และมีเวเลนซ์ของวานาเดียมและนิกเกิลเป็น 5+ และ 2+ ตามลำดับ

Lai และคณะ³² ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์จากสารตั้งต้นคือ ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3) แอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) และนิกเกิลคาร์บอเนต (NiCO_3) โดยใช้กรดออกซาลิก (oxalic acid) เป็นตัวทำให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อน (complex agent) และเป็นตัวตกตะกอน (precipitant agent) พบว่าสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

Liu และคณะ⁷ ทำการศึกษาการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์โดยวิธีทำให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อนของซิเตรต (citrate complex) โดยใช้สารตั้งต้น คือ ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3) แอมโมเนียมเมตาวานาเดต (NH_4VO_3) และนิกเกิลคาร์บอเนต (NiCO_3) ซึ่งสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำ ใช้เวลาน้อย และได้ผลผลิตที่มีขนาดของอนุภาคน้อยกว่า 0.5 ไมโครเมตร และได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการเตรียมที่มีผลต่อความบริสุทธิ์ และขนาดของอนุภาคของลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์

จากการศึกษาดังกล่าวนำไปสู่สมมติฐานถึงความเป็นไปได้ ในการนำกรดคาร์บอกซิลิกชนิดต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ และคาดว่า

จะทำให้ได้ผงลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์ มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีอนุภาคนาขนาดเล็ก

ทั้งนี้การที่วัสดุมีอนุภาคนาขนาดเล็กจนมีขนาดเพียงไม่กี่นาโนเมตร จะส่งผลให้สัดส่วนของจำนวนอะตอมที่อยู่บริเวณผิวหน้า (surface) และผิวสัมผัส (interfaces) ของวัสดุเพิ่มมากขึ้น โดยที่การเพิ่มของจำนวนอะตอมที่อยู่บริเวณผิวสัมผัสของวัสดุเหล่านี้จะมีผลโดยตรงต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของวัสดุ²¹ ในกรณีของวัสดุขั้วแคโทด การที่วัสดุขั้วแคโทดมีอนุภาคนาเล็กนั้นส่งผลให้วัสดุมีพื้นที่ผิวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการหลุดออกของลิเทียมไอออนจากวัสดุขั้วแคโทดเคลื่อนที่แทรกตัวเข้าไปในวัสดุขั้วแอโนดในสถานะ charge - discharge ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการอัดและคายประจุของวัสดุขั้วแคโทดในลิเทียมไอออนแบตเตอรี่¹⁹

1.7 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยกระบวนการทางเคมีในรูปสารละลาย (wet chemical process) โดยใช้คาร์บอกซิเลตไอออนชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ซิเตรต (citrate) มาเลต (malate) และทาร์เทรต (tartrate) เป็นตัวทำให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อน
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมลิเทียมนิกเกิลวานาเดียมออกไซด์ให้ได้ขนาดของอนุภาคในระดับนาโนเมตร