

1. ชื่อเทคโนโลยี (Technology Title) :

เทคโนโลยีการรีไซเคิลแบตเตอรี่แห่งชนิดลิเทียมไอออน (Li-ion)

2. ประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial Sector) :

อุตสาหกรรมแร่	อุตสาหกรรมโลหการ	X	อุตสาหกรรมรีไซเคิล
---------------	------------------	---	--------------------

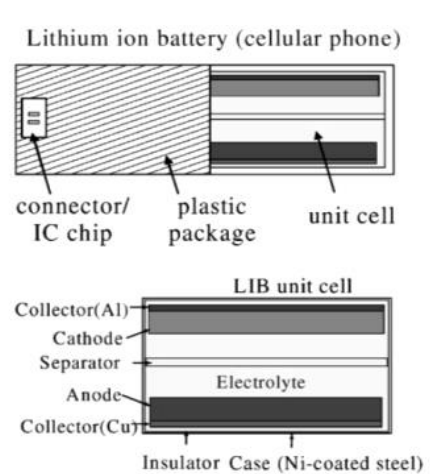
3. ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Levels) :

ระดับต่ำ								ระดับสูง
TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
Basic principle observed and reported	Technology concept and/or application formulated	Concepts demonstrated analytically or experimentally	Key elements demonstrated in laboratory environment	Key elements demonstrated in simulated environment	Representative of the deliverable demonstrated in relevant environments	Final development version of the deliverable demonstrated in operational environment	Actual deliverable qualified through test and demonstration	Operational use of deliverable
องค์ความรู้และทฤษฎีพื้นฐาน			ต้นแบบห้องปฏิบัติการ		ต้นแบบภาคสนาม		ต้นแบบภาคสนามที่ผ่านมาตรฐาน	เทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์ถูกนำไปใช้งานจริงโดยลูกค้า

4. รายละเอียดโดยสังเขป (Details Description) :

แนวคิด : เทคโนโลยีรีไซเคิลแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การนำโลหะลิเทียมและโคบอลต์กลับมา เนื่องจากลิเทียมเป็นโลหะที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมหลายประเภท ส่วนโคบอลต์เป็นโลหะมีค่าที่หายาก และมีมูลค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับโลหะชนิดอื่นในแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

ลักษณะและองค์ประกอบของวัสดุตั้งต้น : แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นแบตเตอรี่แบบประจุไฟใหม่ได้ที่มีส่วนแบ่งตลาดสูงที่สุดในกลุ่มของอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น Notebook Netbook เป็นต้น ลิเทียมเป็นวัสดุองค์ประกอบการผลิตแบตเตอรี่ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ข้อดีของลิเทียมไอออน แบตเตอรี่ เช่น ความหนาแน่นของพลังงานสูง อายุการใช้งานและวงจรการใช้งานนานกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น ส่วนข้อเสีย เช่น ราคาสูงเมื่อเทียบกับชนิดนิกเกิลแคดเมียมและชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ มีการเสื่อมอายุตามเวลาแม้จะไม่มีการใช้งาน เป็นต้น



ส่วนประกอบหลักภายในเซลล์ของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประกอบด้วยขั้วแคโทด ขั้วแอโนด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ กรอบที่ทำจากเหล็กกล้า และ Separator ที่ใช้

กั้นระหว่างขั้วแคโทดกับขั้วแอโนด ชนิดและสัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน สามารถสรุปได้ดังตาราง

ชนิดของโลหะ	สัดส่วน (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)
Lithium	10.0
Cobalt	11.0
Aluminum	14.3
Copper	9.8
Nickel	14.9
Steel	15.0-30.0

ที่มา: Chang และคณะ, 2009

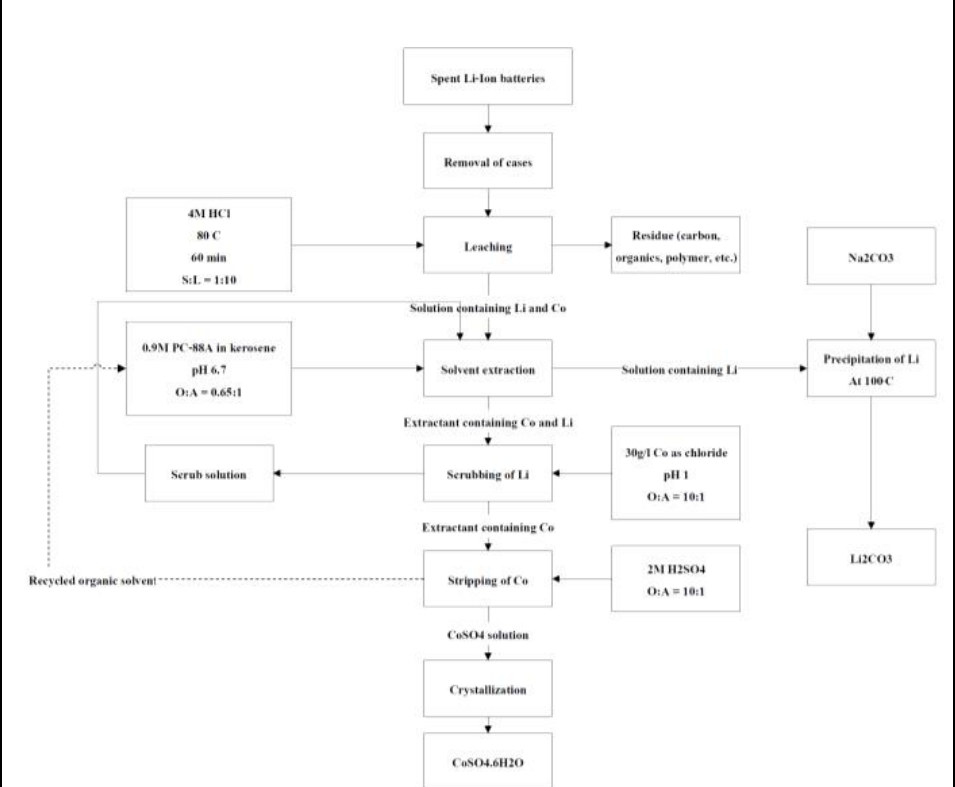
ลักษณะและ องค์ประกอบของ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ :

ชนิดของเทคโนโลยี : การนำโลหะลิเทียมและโคบอลต์กลับคืนมาจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน สามารถทำได้ด้วยกระบวนการทางโลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgical process)

5. การรวบรวมองค์ความรู้และการวิจัยพื้นฐาน (Literature Review)

กระบวนการทางโลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgical process) :

กระบวนการทางโลหวิทยาสารละลายในการนำโลหะลิเทียมและโคบอลต์กลับคืนมาจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีขั้นตอนดังแสดงในรูปด้านล่าง



รูปแสดงแผนผังการไหลของกระบวนการนำโลหะลิเทียมและโคบอลต์กลับคืนมาจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยอาศัยกระบวนการทางโลหวิทยาสารละลาย และมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Zhang และคณะ, 1988 และ Jinqiu และคณะ, 2008)

1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

โดยการนำแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนทั้งหมดอายุการใช้งานแล้วมาแยกชิ้นส่วนที่เป็นกรอบของแบตเตอรี่ออก ด้วยการตัดแยกทางกายภาพวิธีต่าง ๆ เช่น การลดขนาด การตัดแยกด้วยอำนาจแม่เหล็ก และการตัดแยกด้วยกระแสการเคลื่อนที่ของอากาศ เป็นต้น โดยเซลล์แบตเตอรี่ที่แตกเคาะเมี่ยมที่ตัดแยกได้จะถูกนำมาลดขนาดอีกครั้งให้มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคมีที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับวัสดุของแบตเตอรี่ในการชะละลายขั้นตอนที่ 2

ทำการแยกขั้วแคโทดออกจากอะลูมิเนียมฟอยล์ และแยกขั้วแอโนดออกจากทองแดงฟอยล์ โดยอาจใช้สารเคมีที่สามารถทำลายความสามารถในการยึดติดของสาร Binders เช่น Polyvinylidene fluoride: PVDF ซึ่งสารที่ใช้ในการทำลาย Binder เช่น N-methylpyrrolidone (NMP) ซึ่งลักษณะของอะลูมิเนียมฟอยล์ และทองแดงฟอยล์

2) ขั้นตอนการชะละลาย

ขั้วแคโทดและขั้วแอโนดที่ผ่านการลดขนาดและแยกอะลูมิเนียมฟอยล์และทองแดงฟอยล์ออกแล้วจะถูกลำเลียงเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อทำการชะละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid: HCl) ในอัตราส่วนของแข็งต่อของเหลวเท่ากับ 10 ต่อ 1 ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยการชะละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกจะเป็นผลให้ลิเทียมและโคบอลต์ถูกชะละลายออกมาอยู่ในสารละลาย จากนั้นจึงทำการกรองแยกสารละลายที่มีลิเทียมและโคบอลต์ปนอยู่ออกจากส่วนที่ไม่ทำปฏิกิริยา

โดยถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการชะละลายมักทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือสแตนเลสสตีล (Stainless steel) หรือปูผนังภายในถังปฏิกรณ์ด้วยพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride: PVC) เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และมีการติดตั้งไบกวนเพื่อให้วัสดุป้อนสามารถสัมผัสกับสารละลายได้ดีขึ้น

3) ขั้นตอนการเก็บโลหะกลับคืน

โคบอลต์ที่ปนอยู่ในสารละลายจากขั้นตอนที่ 2 สามารถเก็บกลับคืนด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction) เช่น Bis-(2, 4, 4-tri-methyl-pentyl) phosphinic acid (Cyanex 272) Trioctylamine (TOA) Diethylhexyl phosphoric acid (DEHPA) หรือ 2-ethylhexyl hydrogen 2-ethylhexyl phosphonate (PC-88A) เป็นต้น ในอัตราส่วนตัวทำละลายต่อสารละลายเท่ากับ 0.65 ต่อ 1 จากนั้นจึงทำการแยกโลหะออกจากตัวทำละลาย (Stripping) ด้วยกรดซัลฟิวริก ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารละลายโคบอลต์ซัลเฟต (Cobalt sulfate: CoSO_4) ซึ่งจะถูกนำไปผ่านกระบวนการตกผลึกต่อไป

ส่วนสารละลายที่มีไอออนของโลหะลิเทียมปนอยู่สามารถเก็บกลับคืนด้วยวิธีการตกตะกอน (Precipitation) ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate: Na_2CO_3) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นลิเทียมคาร์บอเนต (Lithium carbonate: Li_2CO_3) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแก้วและเซรามิก

6. การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Scale) :

วัสดุ/อุปกรณ์ /สารเคมี :	-
ขั้นตอนการทดลอง :	-
ผลการทดลอง :	-
7. การทดลองในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot Scale) :	
วัสดุ/อุปกรณ์ /สารเคมี :	-
ขั้นตอนการทดลอง :	-
ผลการทดลอง :	-
8. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Feasibility Study) :	
จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นสำหรับการนำแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ใช้งานแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ พบว่าโครงการนี้จะเริ่มลงทุนในปีที่ 4 และโครงการดังกล่าวมีอัตราผลตอบแทน (Internal Rate of Return: IRR) เท่ากับร้อยละ 26 ของเงินลงทุน เมื่อโครงการมีอายุ 10 ปี	
NPV :	-
B/C :	-
IRR :	ร้อยละ 26 ของเงินลงทุน ในปีที่ 10
9. กฎหมายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง :	
ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายที่ว่าด้วยการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ ดังนั้นการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วจึงอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ที่ให้อำนาจองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว	
10. เอกสารอ้างอิง (References) :	
1) Jinqiu Xu, H.R. Thomas, Rob W.Francis, Ken R. Lum, Jingwei Wang and Bo Liang. 2008. <u>Review: A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries</u> . Journal of power sources, Vol.177, pp. 512-527.	
2) Zhang, P., Yokoyama, T., Itabashi, O., Suzuki, T., and Inoue, K. 1988. Hydrometallurgical process for recovery of metal values from spent lithium-ion secondary batteries, <u>Hydrometall.</u> 47. 259-271.	