หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ลักษณะทั่วไปของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

ลักษณะของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ได้ถูกประดิษฐ์คิดค้นขึ้นโดย อเลคซานโดร วอลต้า (Alessandro Volta) ในปี ค.ศ.800 ดังผังแสดงในรูปที่ 1 มีหลักการโดยสังเขปว่าเป็นชุดของเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์สาขาไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry) ประกอบด้วยแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีจุ่มอยู่ในอีเล็กโตรไลต์ กรดซัลฟุริคเจือจาง เมื่อแผ่นโลหะทั้งสองนี้ต่อถึงกันด้วยตัวนำ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากแผ่นทองแดงผ่านตัวนำไปยังแผ่นสังกะสี กลไกที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ามีดังนี้

กรดซัลฟุริคเจือจางจะแบ่งออกเป็นไฮโดรเจนไอออน (H^+) และซัลฟุริคไอออน (SO_4^{--}) ซึ่งเรียกว่าอีเล็กโตรไลต์

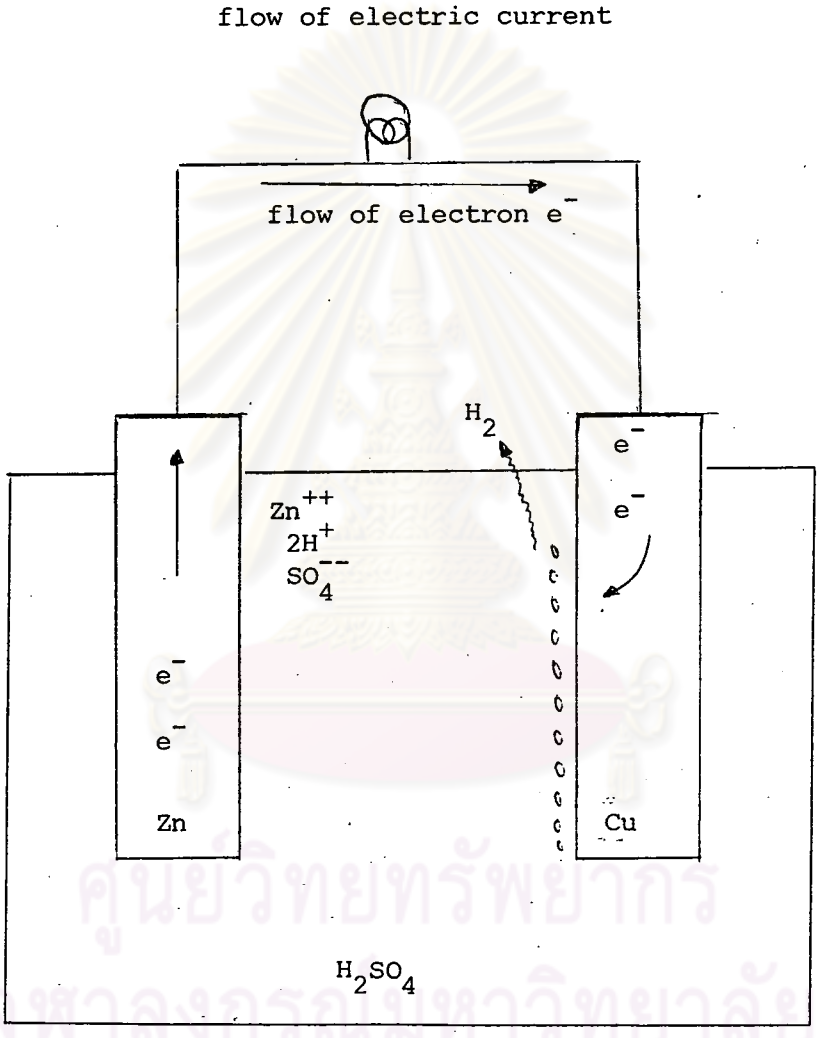
สังกะสีเมื่อเทียบกับทองแดงจะมีคุณสมบัติที่แสดงให้เห็นว่าจะแตกตัวเป็นไอออนได้ง่ายกว่าโดยจะเริ่มปล่อยอีเล็คตรอน กลายเป็นซิงค์ไอออน (Zn^{++}) ละลายออกปนอยู่ในอีเล็คโตร-ไลต์ ในกรณีเช่นนี้ เมื่ออะตอมหรือไอออนปล่อยอีเล็คตรอนออกมา เรียกว่าอะตอมหรือไอออนนั้นถูกเติมออกซิเจน (Oxidized)

ในทางตรงกันข้าม ทองแดงที่ไม่ได้แตกตัวของมันเอง และอีเล็คตรอนซึ่งถูกปล่อยออกจากสังกะสี จะเคลื่อนตัวย้ายที่มาผ่านทางตัวนำเข้าสู่แผ่นทองแดง ขณะนั้นบนผิวทองแดงที่จุ่มอยู่ในอีเล็คตรอนซึ่งมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) ล้อมรอบอยู่ จะรับอีเล็คตรอนทำให้เกิดแกสไฮโดร-เจนขึ้น ในกรณีเช่นนี้เมื่ออะตอมหรือไอออน รับอีเล็คตรอน เราเรียกว่าอะตอมหรือไอออนนั้นถูกลดออกซิเจน (Deoxidized)

ดังวิธีการที่กล่าวมานี้ จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของอีเล็คตรอน เนื่องมาจากปฏิกิริยาของการเติมออกซิเจน และลดออกซิเจนภายในวงจร

รูปที่ 1

ผังการทำงานของแบตเตอรี่แบบวอลต้า



Volta's battery (showing the principle)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กล่าวโดยทั่วไป เมื่อมีโลหะสองชนิดจุ่มอยู่ในอีเล็กโตรไลต์ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นภายใน เกิดความต่างศักย์ระหว่างโลหะทั้งสองนั้น ถ้าต่อวงจรด้วยตัวนำเข้าระหว่างโลหะทั้งสองจะมีกระแสไฟฟ้าไหล ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีไปเป็นรูปของพลังงานไฟฟ้า จึงถูกเรียกว่า แบตเตอรี่ (แบตเตอรี่ทางเคมี Chemical Battery) นอกจากนี้ ยังมีแบตเตอรี่บางชนิดที่เปลี่ยนแปลงพลังงานทางฟิสิกซ์ (ความร้อน, แสง ฯลฯ) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เราเรียกว่า แบตเตอรี่ทางฟิสิกซ์ (Physical Battery) ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึง เพราะเป็นงานอีกสาขาหนึ่ง

ประเภทของแบตเตอรี่สามารถแบ่งได้ตามสาขาวิชาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ คือ

1. แบตเตอรี่ทางเคมี (Chemical Battery) แบ่งออกเป็น 2 อย่าง
   ก. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) ซึ่งเมื่อถูกนำไปใช้งานจนไฟหมดแล้ว ไม่สามารถทำให้ใช้งานได้อีก ต้องทิ้งไป
   ข. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Storage Battery ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน โดยมีปฏิกิริยาซ้ำวนเวียนกันระหว่างการประจุไฟ และคายไฟ
2. แบตเตอรี่ทางฟิสิกซ์ (Physical Battery) ตัวอย่างของแบตเตอรี่ประเภทนี้ ได้แก่ แบตเตอรี่โซล่า (Solar Battery) และ แบตเตอรี่เทอมอล (Thermal Battery)

แบตเตอรี่วอลต้า (Volta) ที่ได้ประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาดังที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น เมื่อใช้งานไปแล้วที่เรียกว่าคายไฟ (Discharge) ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟออกได้อีก แบตเตอรี่ชนิดนี้เรียกกันว่าแบตเตอรี่ปฐมภูมิ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ถ้ามีแบตเตอรี่ที่นำไปคายไฟแล้วเราสามารถป้อนกระแสไฟ (พลังงานไฟฟ้า) ให้ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเรียกว่าประจุไฟฟ้า แล้วเบตเตอรี่นั้นสามารถมีประจุไฟฟ้ากลับคืนสภาพเดิมได้ (charge) แบตเตอรี่เช่นนั้น เรียกว่า แบตเตอรี่-ทุติยภูมิ (Secondary Battery หรือ Storage-Battery) ด้วยเหตุที่แบตเตอรี่ทุติยภูมิสามารถใช้งานเป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้เป็นการประหยัดและเหมาะสมกับภาวะเศรษฐกิจมากกว่า แบตเตอรี่ชนิดปฐมภูมิ ซึ่งในปัจจุบันแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่กล่าวถึง ได้แก่ แบตเตอรี่ชนิด

ตะกั่วกรด และแบตเตอรี่แบบนิเกิ้ลแคดเมี่ยม ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไป

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

1. การแบ่งประเภทและลักษณะการใช้งานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

ก. แบ่งประเภทตามลักษณะการใช้ โดยทั่วไปแบตเตอรี่จะแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ ใช้งานอยู่กับที่และใช้งานเคลื่อนที่ สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้งานอยู่กับที่ ผู้ผลิตต้องการให้ใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน ส่วนแบตเตอรี่ใช้งานเคลื่อนที่ มีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป เช่น ต้องมีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบาและทนทานต่อการสั่นสะเทือน เป็นต้น (รูปที่ 2)

ข. แบ่งประเภทตามลักษณะของแผ่นธาตุที่ใช้ ในบรรดาแผ่นธาตุต่าง ๆ ที่ใช้นี้ ปัจจุบันมีที่นิยมใช้กันแพร่หลายมากที่สุดอยู่สองแบบ คือ แผ่นธาตุแบบหลอด และแผ่นธาตุแบบเพสต์ และโดยเฉพาะสำหรับแผ่นธาตุลบส่วนมาก จะเป็นแผ่นธาตุแบบเพสท์แทบทั้งสิ้น ไม่ว่าแผ่นธาตุบวกจะเป็นชนิดใด (รูปที่ 3)

2. ส่วนประกอบและโครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นตัวอย่างของส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้างของแบตเตอรี่เซลหนึ่ง

2.1 แผ่นธาตุบวก

เป็นแผ่นอีเล็คโตรดที่มีศักย์สูง โดยทั่วไปจะประสานรวมแผ่นธาตุบวกเข้าด้วยกันเป็นกลุ่มแผ่นธาตุบวก โดยมีจำนวนเท่าที่ต้องการให้มีในเซลหนึ่ง พร้อมกับมีขั้วในรวมอยู่ด้วย ในปัจจุบันที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป แผ่นธาตุบวกจะมี 2 แบบ คือ แผ่นธาตุบวกชนิดหลอดกับแผ่นธาตุบวกชนิดเพสท์

แผ่นธาตุบวกชนิดหลอด จะมีค่าความจุสูง และอายุการใช้งานทนทานใช้ได้นานประกอบด้วยถุงใยแก้วและแกนที่ทำจากโลหะผสมของตะกั่ว โดยใส่แกนโลหะผสมไว้ในถุงและมีผงตะกั่วบรรจุใส่ในช่องว่างระหว่างถุงใยแก้วกับแกนโลหะผสมนั้น ส่วนปลายทั้งสองของถุงใยแก้วจะปิดผนึกสนิทและมีแกนต่อเชื่อมแต่ละถุง (หลอด) ให้ต่อวงจรถึงกันได้ เมื่อนำแผ่นธาตุแบบหลอดนี้ไปผ่านขบวนการฟอร์เมชั่น ผงตะกั่วที่ถูกบรรจุอยู่ภายในถุงใยแก้ว (หลอด) จะทำปฏิกิริยาจนกระทั่ง

รูปที่ 2

การแบ่งประเภทแบตเตอรี่ตะกั่ว – กรด ตามลักษณะการใช้งาน

ชื่อประเภท		แหล่งใช้งาน
แบตเตอรี่ชนิดเคลื่อนที่ได้	แบตเตอรี่ชนิดอยู่กับที่	การติดต่อสื่อสาร, โทรคมนาคม เครื่องมือควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และ แหล่งพลังงานสำรองยามฉุกเฉินต่างๆ
	แบตเตอรี่ใช้กับรถยนต์และรถจักรยานยนต์	ติดเครื่องยนต์, จุดระเบิดหัวเทียน และไฟแสงสว่าง
	แบตเตอรี่ใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อน	ขับเคลื่อนรถยก, รถไฟฟ้าชนิดต่างๆ ระบบสัญญาณเตือน, ไฟแสงสว่าง
	แบตเตอรี่รถไฟ	ไฟแสงสว่าง, เครื่องปรับอากาศ, ติดเครื่องยนต์
	แบตเตอรี่ยกเคลื่อนที่ได้	การติดต่อสื่อสาร, งานทดลองค้นคว้า, ระบบสัญญาณเตือนที่ทางแยก, ถนนตัดรางรถไฟ
	แบตเตอรี่เรือ	การติดต่อสื่อสาร, ติดเครื่องยนต์, กำลังสำรองยามฉุกเฉิน
	แบตเตอรี่เรือดำน้ำ	ต้นกำลังขับเคลื่อนขณะที่ดำอยู่ใต้น้ำ
	แบตเตอรี่ใช้กับอากาศยาน	ติดเครื่องยนต์, กำลังสำรองยามฉุกเฉิน
	แบตเตอรี่ใช้กับทุ่น, กระโจมไฟ	ไฟแสงสว่างทุ่น, กระโจมไฟชี้แนวร่องน้ำ และแนวที่วางแหอวนจับปลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3

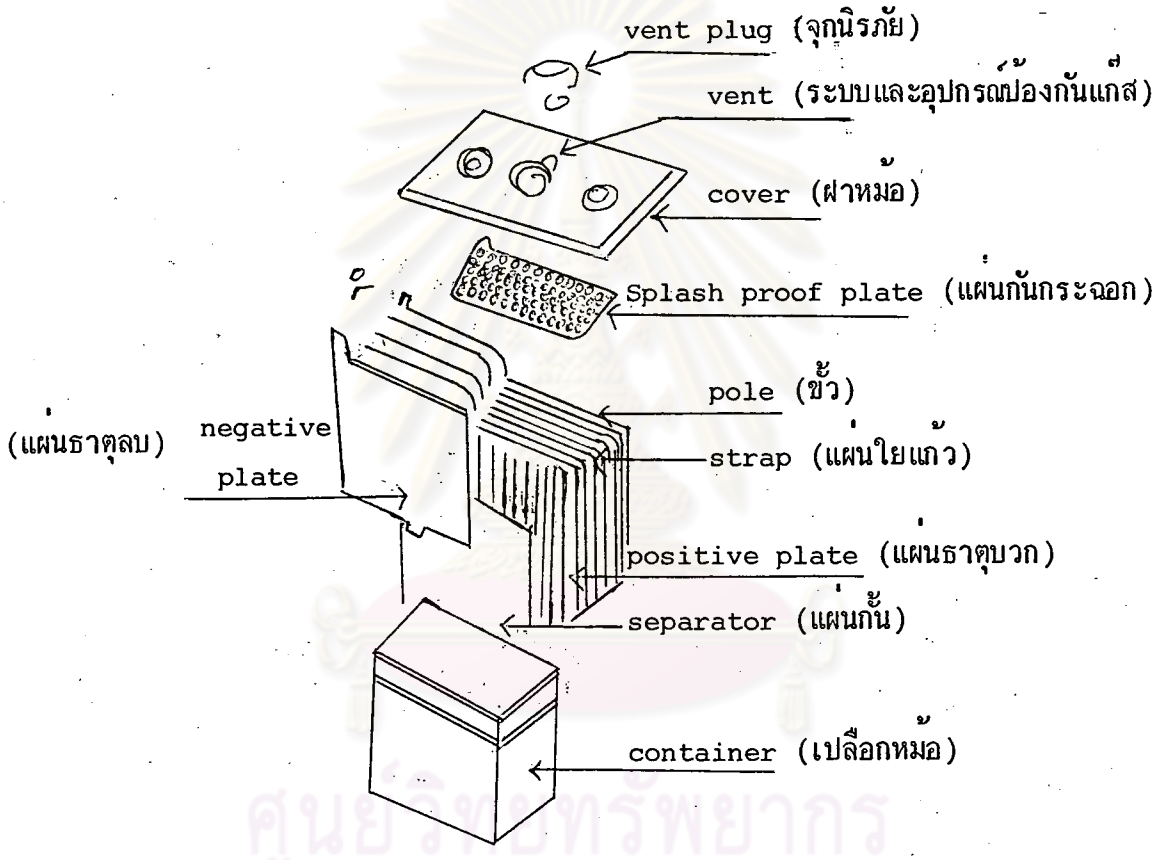
การแบ่งประเภทแบตเตอรี่ตามลักษณะของแผ่นธาตุ

ประเภทแผ่น		แหล่งใช้งาน
แผ่นพลังเต้ แผ่นพลังเต้ Plante Type	แบบพลังเต้ Plante Plate Type แบบคลอไรด์ Chloride Type	 ไม่มีใช้แล้ว
แผ่นกึ่งพลังเต้ Semi plante Type		ใช้สำหรับแบตเตอรี่ทุ่นกระโจมไฟ (buoy use) ความจุ 500 อัมแปร์ - ชั่วโมง
  แผ่นฟูเร Faure Type	แบบอีโบไนท์ Ebonite Type แบบหลอด Tublar plate Type แบบเพสต์ Pasted Type	ไม่มีใช้แล้ว ใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอยู่กับที่ และแบตเตอรี่ต้นกำลังขับเคลื่อน ใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอยู่กับที่ และ แบตเตอรี่รถไฟ , รถยนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4

ส่วนประกอบโครงสร้างของแบตเตอรี่เซลหนึ่ง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พร้อมที่จะนำไปใช้งานได้ แผ่นธาตุบวกชนิดหลอดนี้มี 2 แบบ คือ ไนท์ไทพ์ (Knit Type) กับ แมทไทพ์ (Mat Type) แตกต่างกันที่ลักษณะของใยแก้วที่มาทำเป็นหลอด กล่าวคือ ไนท์ไทพ์ ใช้กับใยแก้วขนาด 9 ไมครอน มาถักให้ยึดกันแน่น ซึ่งจะสามารถทนทานต่อการขยายตัวได้ดี ทำให้เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงสำหรับหลอดอีกชนิดหนึ่ง คือ แมทไทพ์ จะใช้ใยแก้วขนาด 12 ไมครอน พันรอบแกนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร และใช้สารสังเคราะห์ทำหน้าที่เป็นการเชื่อมใยแก้วให้ติดกันเป็นบางส่วน ซึ่งจะต้องระวังไม่ให้กาวไปอุดหรือกั้นใยแก้วที่พันเป็นหลอดทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างแผ่นธาตุบวกชนิดหลอดทั้งสองแบบนี้แล้ว จะเห็นว่าแบบไนท์ไทพ์จะมีความแข็งแรงทนทานกว่าแบบ แมทไทพ์

แผ่นธาตุบวกชนิดเพสต์ ได้จากการนำกริดซึ่งเป็นโลหะผสมของตะกั่วมาละเลงด้วยเพสต์ที่ทำมาจากผงตะกั่วที่ผ่านมาผสมและกวนกับอีเล็กโตรไลต์ กรดซัลฟุริกเจือจางหลังจากที่ได้ละเลงเสร็จเรียบร้อยแล้วผ่านกรรมวิธีเคียวริ่ง (Curing) เพื่อให้แผ่นแห้ง และมีผลของปฏิกิริยาเคมีในแผ่นธาตุดำเนินต่อไปจนสิ้นสุด แล้วนำไปทำการฟอร์มเมชั่นเพื่อให้เป็นแผ่นธาตุที่พร้อมจะใช้งานได้ต่อไป เมื่อเปรียบเทียบกันแผ่นธาตุบวกชนิดหลอมแล้ว มีข้อได้เปรียบที่สามารถผลิตได้ในจำนวนที่มากกว่าในระยะเวลาเท่า ๆ กัน ทั้งยังใช้เครื่องมือ เครื่องจักรน้อยกว่าและเป็นแผ่นธาตุที่มี คุณสมบัติในทางคายไฟอัตราสูงได้ดีอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่นิยมใช้แผ่นธาตุบวกชนิดเพสต์กันแพร่หลาย ทั้งในแบตเตอรี่ใช้งานกับรถยนต์ หรือใช้ติดเครื่องยนต์และแบตเตอรี่ชนิดอยู่กับที่

2.2 <u>แผ่นธาตุลบ</u> (Negative Plate)

เป็นแผ่นธาตุอีเล็กโตรดที่มีศักย์ ต่ำซึ่งจะมีจำนวนมากกว่าแผ่นธาตุบวกอยู่หนึ่งแผ่นในแต่ละเซลและจะถูกประสานรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน เป็นกลุ่มแผ่นธาตุลบมีแรงยึดเหนี่ยวในเนื้อเพสต์มาก โอกาสที่วัตถุไวปฏิกิริยาจะรั่วหล่นจากโครงกริดจึงมีน้อย ทำให้ไม่จำเป็นที่จะทำแผ่นธาตุลบเป็นชนิดหลอด ฉะนั้น จะเห็นได้ว่าแผ่นธาตุลบ สำหรับแบตเตอรี่ทุกชนิดจะเป็นแผ่นธาตุชนิดเพสต์ทั้งสิ้น กรรมวิธีการผลิตแผ่นธาตุลบชนิดเพสต์ จะคล้ายกับการผลิตแผ่นธาตุบวกชนิดเพสต์ทุกประการ คือมีการละเลงเพสต์ ลงในโครงกริดที่เป็นโลหะผสมของตะกั่ว ผ่านการอบแห้งและนำไปฟอร์ม เพื่อให้แผ่นธาตุพร้อมที่จะใช้งานได้ จะมีส่วนแตกต่างกันบ้าง เฉพาะในด้านรายละเอียดปลีกย่อย ส่วนหลักการใหญ่ ๆ จะเหมือนกับการผลิตแผ่นธาตุบวกชนิดเพสต์

2.3 อีเล็กโตรไลต์ (Electrolyte)

เป็นสารละลายซึ่งแตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ทำหน้าที่นำกระแสไฟ นอกจากนี้อีเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่ชนิดทุติยภูมิ ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องต่อเนื่องโดยตรงกับปฏิกิริยาการประจุไฟและคายไฟอีกด้วย อีเล็กโตรไลต์ที่กล่าวถึงนี้เป็นกรดซัลฟูริกเจือจางที่มีความบริสุทธิ์สูงตามมาตรฐานสำหรับความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) อาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของแบตเตอรี่ที่จะนำไปใช้งาน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5 โดยสังเขป

2.4 แผ่นกั้น (Separator)

ใช้สอดใส่ระหว่างแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ เพื่อป้องกันแผ่นธาตุทั้งสองชนิดติดต่อถึงกัน สารที่เป็นตัวฉนวนนี้ จะต้องไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของไอออน ขณะเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่ด้วย แผ่นกั้นยังแบ่งออกตามชนิดของสารที่เป็นส่วนประกอบสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น

แผ่นกั้นยาง ที่มีขนาดของรูพรุนเล็ก แผ่นกั้นชนิดนี้เป็นแผ่นกั้นยางที่มีคุณภาพสูงสุดเท่าที่มีใช้งานในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ กล่าวคือ มีการซึมผ่านของไอออนสูงและยังทนทานต่อการถูกเติมออกซิเจนจากแผ่นธาตุบวก มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ

แผ่นกั้นเส้นใยสังเคราะห์ แผ่นกั้นชนิดนี้ ส่วนผสมที่สำคัญเป็นเยื่อกระดาษและผ่านกรรมวิธีเสริมให้แข็งแรงทนทานด้วยการเคลือบหรืออาบน้ำยาเรซินสังเคราะห์ในปริมาณที่ไม่ถึงกับจะหุ้มเยื่อกระดาษจนมิดไปหมด แผ่นกั้นชนิดนี้นิยมใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์และแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์

แผ่นกั้นไม้ ส่วนใหญ่ทำจากไม้ซีดาร์ขาว มี 2 แบบ คือแบบเปียกและแบบแห้ง แบบเปียก มีคุณสมบัติเหนือกว่าตรงที่มีความต้านทานต่ำ เป็นที่นิยมใช้แพร่หลายมากกว่าแบบแห้ง ปัจจุบันแผ่นกั้นไม้เหล่านี้ไม่ได้ใช้งานในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่อีกต่อไปแล้ว

นอกจากนี้ยังมีแผ่นกั้นที่ทำจากวัสดุชนิดอื่น ๆ อีก เช่น แผ่นกั้นพลาสติกที่มีขนาดของรูพรุนเล็ก เป็นต้น

2.5 แผ่นใยแก้ว (Strap)

ใช้ร่วมกับแผ่นกั้นโดยให้ทำหน้าที่ผิวสัมผัสกับแผ่นธาตุบวกชนิดเพสต์ เพื่อป้องกันการหลุดร่วงของวัสดุไวปฏิกิริยา ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานให้นานขึ้น และมีคุณสมบัติ

ต้านทานความสั่นสะเทือนได้ดี ใยแก้วที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นขนาด 20 ไมครอน ทำเป็นเส้นใยทอสลับกันเป็นแผ่นคล้ายเสื่อ ซึ่งในกลุ่มใยแก้วจะมีส่วนผสมของกาวบางชนิดรวมอยู่ด้วยเพื่อป้องกัน การกระจายของใยแก้ว

2.6 เปลือกหม้อ (Container)

ใช้เป็นภาชนะสำหรับใส่แผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ อีเล็กโตรไลต์ แผ่นกั้น และส่วนประกอบอื่นๆ ของแบตเตอรี่ แบ่งออกตามวัสดุที่ใช้ทำได้เป็น 4 ชนิด คือ พลาสติก ยาง แก้ว และไม้บุแผ่นตะกั่ว ซึ่งในปัจจุบันเปลือกหม้อที่ทำจากแก้วและไม้บุแผ่นตะกั่วเลิกใช้แล้ว ส่วนอีก 2 ชนิด ที่เหลือมีความเหมาะสมทางใช้งานต่างกัน เช่น เปลือกหม้อยาง จะมีความแข็งแรง และน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกหม้อที่ทำจากแก้ว ในอดีตเปลือกหม้อยางเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายแม้ในปัจจุบันซึ่งส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนเป็นเปลือกหม้อพลาสติกแก้ว แต่สำหรับแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุสูง ๆ ก็ยังนิยมใช้เปลือกหม้อยางอยู่ เปลือกหม้อพลาสติกเหมาะสำหรับการผลิตที่ต้องการจำนวนมาก และขนาดของเปลือกหม้อถูกต้องตรงตามที่กำหนด โดยมีค่าความผิดพลาดคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด นอกจากนี้เปลือกหม้อพลาสติกยังมีคุณสมบัติต้านทานต่อกรดได้เป็นอย่างดี พร้อมกับมีความแข็งแรงทนทาน ทั้งยังมีน้ำหนักเบาด้วย เหตุเหล่านี้จึงเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายกว้างขวางในปัจจุบัน สำหรับงานแบตเตอรี่ใช้กับที่ จะใช้เปลือกหม้อพลาสติกชนิดโปร่งใส (Transparent) เพื่อความง่ายและสะดวกในการตรวจสอบดูแลชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่อยู่ภายในเปลือกหม้อ ส่วนแบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้า แบตเตอรี่รถยนต์ และแบตเตอรี่ขนาดเล็กชนิดที่ปิดผนึกสนิทจะใช้เปลือกหม้อที่ทำด้วยพลาสติกอีกชนิดหนึ่งที่ไม่ใช่โปร่งใส แต่เป็นโปร่งแสง ซึ่งมีความทนทานต่อแรงกระแทกสูงแทน

2.7 ฝาหม้อ (Cover)

ทำหน้าที่ป้องกันอีเล็กโตรไลต์กระเด็นจากเซลภายในเปลือกหม้อออกสู่ภายนอก และในเวลาเดียวกันก็จะทำหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ จากภายนอกไม่ให้ตกลงไปในแบตเตอรี่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ ทำจากพลาสติก และทำจากยางซึ่งจะเป็นไปตามชนิดของวัสดุที่ทำเปลือกหม้อ

2.8 จุกใช้ปิดช่องในฝาหม้อ (Plug)

ทำไว้เพื่อการเติมอีเล็กโตรไลต์ หรือการเติมน้ำขณะปฏิบัติ การบำรุงรักษาจุกนี้จะต้องมีช่องสำหรับระบายแก๊สที่เกิดขึ้นภายในแบตเตอรี่ให้ระเหยออกไปได้ด้วย นอก

013528

จากนี้ในงานแบตเตอรี่ใช้งานอยู่กับที่ยังมีจุกนิรภัยชนิดพิเศษ สร้างขึ้นโดยเฉพาะ เพื่อป้องกันการระเบิดและป้องกันการกระเด็นของอีเล็กโตรไลต์อีกด้วย หรือบางแบบอาจจะเป็นชนิดปิดผนึก แต่มีสารเคมีอยู่ภายใน ทำหน้าที่รวมแก๊สที่เกิดขึ้นให้เป็นน้ำกลั่นลงไปในเซลอีก

2.9 ระบบและอุปกรณ์ป้องกันแก๊ส (Vent Plug)

โดยทั่วไปเมื่อทำการประจุไฟแบตเตอรี่บางส่วนของกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานโดยเฉพาะตอนที่แบตเตอรี่กำลังจะมีประจุเต็มที่ จะถูกนำไปแยกน้ำจากอีเล็กโตรไลต์ เกิดแก๊สไฮโดรเจน จากแผ่นลบ และแก๊สออกซิเจนจากแผ่นบวกลอยขึ้นสู่บรรยากาศภายนอกทำให้ปริมาณอีเล็กโตรไลต์ในเซลลดระดับลง จำเป็นต้องมีการเติมน้ำลงไปเพื่อรักษาระดับให้คงที่อยู่เสมอบางครั้งจะเห็นว่าเป็นงานน่าเบื่อสำหรับผู้ปฏิบัติงาน ทั้งยังเป็นต้นเหตุของการกัดกร่อนหรือมีกลิ่นฉุนอันเกิดจากแก๊สที่ระเหยขึ้นนั้น ในบริเวณใกล้เคียงที่ตั้งแบตเตอรี่ เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยใช้ระบบและอุปกรณ์ป้องกันแก๊สที่มีหลายชนิด เช่น

อุปกรณ์ป้องกันแก๊สชนิดระบายได้ (Vented Type) หรือบางทีเรียกว่าจุกนิรภัย (Safety Vent Plug) การระเบิดและการกระเด็นกระจายของไอกรดจะถูกควบคุมและป้องกันด้วยการใช้จุกนิรภัย ซึ่งประกอบด้วย ตัวกรอง ทำจากแท่งเซรามิคที่มีความพรุนและแท่นยึดที่ทำด้วยยางแข็งหรือพลาสติก จุกนิรภัยนี้จะกั้นไม่ให้เปลวไฟที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญเข้าไปภายในเซล ในขณะเดียวกัน แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนจะสามารถระเหยออกมาโดยอิสระและทำการประจุไฟ แท่งเซรามิคพรุนนี้จะกั้นไม่ให้กรดที่อยู่ภายในเซลกระเด็นออกมาได้เลย ฉะนั้นแบตเตอรี่ที่ใช้จุกนิรภัยชนิดนี้จะสามารถติดตั้งรวมอยู่ในพื้นที่เดียวกับเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ได้

อุปกรณ์ป้องกันชนิดปิดผนึก (Sealed Type) ดังได้กล่าวมาแล้วว่าตามทฤษฎีเมื่อมีการประจุไฟให้แก่แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะมีแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนเกิดขึ้น การที่จะทำให้แก๊สทั้งสองชนิดนี้รวมตัวกันใหม่กลับเป็นหยดน้ำโดยวิธีจับรวมกันเฉย ๆ ย่อมเป็นไปไม่ได้ ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นหาวิธีทำและสามารถรวมแก๊สทั้งสองชนิดกลับรวมกันใหม่ได้โดยใช้ตัวเร่ง หรือ แค็ตตาลิส (Catalyst) ซึ่งเป็นธาตุในกลุ่มของโลหะแพลตตินัม ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีอย่างรวดเร็วพร้อมกับมีความร้อนเกิดขึ้น แก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนจะรวมตัวกันกลายเป็นไอน้ำ ดังสมการ

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \text{ ----------> } H_2O \text{ (Vapor)} + 57.8 \text{ K.cal}$$

ไอน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อเย็นลงจะกลายเป็นหยดน้ำไหลกลับลงสู่อีเล็กโตรไลต์ ซึ่งจะช่วยป้องกันการไอน้ำที่เกิดขึ้นของอีเล็กโตรไลต์ไม่ให้เกิดขึ้น การปิดผนึกแบตเตอรี่นี้ในปัจจุบันนอกจากจะใช้ตัวแค็ตตาลิส ดังที่กล่าวแล้วยังมีอีก 2 วิธี คือการให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยาโดยตรงกับวัสดุไวปฏิกิริยาของแผ่นธาตุ กับอีกวิธีหนึ่งให้แก๊สออกซิเจนทำปฏิกิริยากับแผ่นธาตุลบเช่นกันแต่สารละลายใช้ทำเป็นลักษณะของวุ้น (Gel) มีข้อดีที่ว่าเมื่อเปลือกหม้อเกิดแตกหรือเป็นรู จะยังสามารถปฏิบัติงานหรือใช้แบตเตอรี่นั้นไปได้อีก จนกว่าจะมีโอกาสแก้ไขหรือเปลี่ยนแบตเตอรี่ในภายหลัง ไม่จำเป็นต้องหยุดเพื่อเปลี่ยนในทันที เพราะจะไม่มีอีเล็กโตรไลต์ไหลออกมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5

ความหนาแน่นสัมพันธ์ของอีเล็กโตรไลต์สำหรับการใช้งานแต่ละประเภท
(ค่าสูงสุดเมื่อประจุไฟเต็มที่แล้ว)

Charge and discharge reactions of the lead acid battery

Charge and discharge reactions of the lead acid battery

(Positive Plates) (Electrolyte) (Negative Plates)

$$PbO_2 + 2H_2SO_4 + Pb$$

(Positive Plates) (Electrolyte) (Negative Plates)

CHARGE

---------->

$$PbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4$$

<----------

DISCHARGE

ประเภทของการใช้งาน	ความหนาแน่นสัมพันธ์ (ที่ 20 °ซ)
ใช้อยู่กับที่	1.215 - 1.240
รถยนต์และรถจักรยานยนต์	1.260 - 1.280
รถไฟฟ้า	1.280
รถไฟ	1.250 - 1.280
รถยกเคลื่อนที่ได้	1.240
ใช้กับเรือ	1.240
ใช้กับอากาศยาน	1.290
ใช้กับทุ่น,กระโจมไฟ	1.260 - 1.300

หมายเหตุ :- + 0.01 เป็นค่าอนุโลมให้เปลี่ยนแปลงได้ในทางปฏิบัติ และตารางนี้สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาว หากเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน ค่านี้จะต้องลดลงไปอีกตามความเหมาะสมแล้วแต่คำแนะนำของโรงงานผู้ผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระบวนการผลิตแบตเตอรี่

กระบวนการผลิตแบตเตอรี่แบ่งออกได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การหล่อ (Casting)
2. การผลิตออกไซด์ (Oxide manufacture)
3. การผสมเพสท์ (Paste mixing)
4. การละเลง (Pasting)
5. การอบแผ่นและเคียวริ่ง (Plate drying and curing)
6. การฟอร์ม (Formation)
7. การอบแผ่น (Plate Drying)
8. การขัดและตกแต่งแผ่น (Plate preparation
9. การจัดกลุ่มแผ่นธาตุ (Group building)
10. การประสาน (Burning)
11. การบรรจุลงหม้อและตกแต่ง (Boxing and finishing)

การหล่อ (Casting)

วัตถุดิบ

ก. ตะกั่วบริสุทธิ์ในรูปแท่งและตะกั่วก้อน พร้อมด้วยโลหะผสมต่าง ๆ

ข. โลหะผสมของตะกั่วที่นำมาหลอมใหม่ เช่น เศษแผ่นกริด และชิ้นส่วนเล็กๆ ต่างๆ (ขั้ว , สะพาน , ตะกั่วประสาน ฯลฯ)

กรรมวิธีการผลิต

ในห้องหล่อนี้วัตถุดิบต่าง ๆ จะถูกนำมาหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 450 ° ซ. ถึง 500 ° ซ. ในเบ้าหลอมจากนั้นจะถูกหล่อให้เป็นกริดและชิ้นส่วนที่ต้องการต่าง ๆ อาจจะด้วยแรงคน หรือเครื่องจักร ชิ้นส่วนที่มีผงตะกั่วออกไซด์ปนอยู่จะไม่นำมาหลอมรวมในห้องนี้

การผลิตออกไซด์ (Oxide manufacture)

วัตถุดิบ

อาจจะใช้ตะกั่วแท่ง ตะกั่วแท่งตัดเป็นท่อน ๆ ตะกั่วก้อนกลมเล็ก ๆ และตะกั่วรูปครึ่งทรงกลม

กรรมวิธีการผลิต

เปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นตะกั่วออกไซด์โดยวิธีให้ขัดสีกันเองจนเป็นผงที่เรียกว่า บอลมิล (Ball mills) หรือโดยวิธีหลอมให้ตะกั่วละลายแล้วเป่าอากาศลงไปให้เกิดการเติมออกซิเจน (Oxidation of molten lead)

การผสมเพสท์ (Paste mixing)

วัตถุดิบ

ก. ผงตะกั่วออกไซด์

ข. แบเรียมซัลเฟต, คาร์บอนแบล็ก, สารผสมลิกนิน, ฟล็อก (floc) กรด, น้ำกลั่น, สารประกอบซิลิก้า

กรรมวิธีการผลิต

วัตถุดิบเหล่านี้อาจผสมกันโดยวิธีผสมต่อเนื่องติดต่อกันตลอดเวลา หรือผสมทีละครั้งตามขนาดน้ำหนักที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้วิธีผสมที่ละครั้ง แต่มีเครื่องมือกลอัตโนมัติช่วย

การละเลง (Pasting)

วัตถุดิบ

ก. กริด (จากห้องหล่อหรือซื้อกริดมาจากผู้ผลิตอื่น)

ข. เพสท์

กรรมวิธีการผลิต

ตัวกริดจะถูกละเลงเพสท์ใส่ลงไปในช่องว่างด้วยมือหรือเครื่องจักร เพื่อทำให้เป็นแผ่นธาตุ จากนั้นแผ่นธาตุที่ละเลงแล้วนี้จะถูกนำไปทำให้แห้งที่ผิวหน้าอย่างรวดเร็ว (flash dried) ในตู้อบตามแนวนอน แล้วนำไปเก็บไว้ในภาชนะที่เตรียมไว้หรือเรียงในแคร่

การอบและการเคียวริ่ง (Plate drying and curing)

วัตถุดิบ

แผ่นธาตุที่ผ่านการละเลงและอบผิวให้แห้งแล้วจากห้องละเลง

กรรมวิธีการผลิต

นำแผ่นธาตุที่อบแห้งแล้วมาขัด และตกแต่งเพื่อเตรียมสำหรับการประสานเป็นเซลล์หรือเป็นหม้อแบตเตอรี่ต่อไป

ใหญ่จะวางไว้ในภาชนะหรือแคร่ ซึ่งมีล้อเลื่อนสามารถย้ายไปได้โดยรอบบริเวณที่ทำงานเคียวริ่ง

การฟอร์ม (Formation)

วัตถุดิบ

ก. แผ่นที่ผ่านเคียวริ่งและแห้งแล้ว

ข. กรดกำมะถันเจือจาง

กรรมวิธีการผลิต

แผ่นธาตุที่ได้ผ่านเคียวริ่งและแห้งแล้ว จะถูกจุ่มลงในถังฟอร์ม ซึ่งมีกรดกำมะถันเจือจางอยู่เกือบเต็มถัง แล้วผ่านกระแสไฟตรงเพื่อการฟอร์ม แผ่นที่จุ่มในถังฟอร์มนี้ อาจจะต่อวงจรกันด้วยการใช้ตะกั่วเทปประสานที่หู หรือด้วยวิธีที่ไม่ต้องประสานหูแผ่นเลยก็ได้

การอบแผ่น (Plate Drying)

วัตถุดิบ

แผ่นจากห้องฟอร์มที่ผ่านการฟอร์มเสร็จเรียบร้อยแล้ว

กรรมวิธีการผลิต

แผ่นจากห้องฟอร์มจะถูกทำให้แห้งด้วยวิธีอบในตู้หรือห้องอบชนิดที่อยู่กับที่ หรืออาจทำให้แห้งโดยการวางในโซ่เคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์อบหรือวางอบแห้งบนแผ่นความร้อนที่เรียบโดยประกบสองหน้า

การขัดและตกแต่งแผ่น (Plate preparation)

วัตถุดิบ

แผ่นธาตุที่ผ่านการฟอร์มและอบแห้งแล้ว

กรรมวิธีการผลิต

กลุ่มแผ่นธาตุที่ประสานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกบรรจุลงหม้อ จากนั้นก็ปิดฝาทำการประสานขั้ , สะพานส่วนบน ตามลักษณะของเปลือกหม้อแต่ละชนิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดกลุ่มแผ่นธาตุ (Group building)

วัตถุดิบ

แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ อาจจะเป็นชนิดที่ฟอร์มแล้วหรือยังเป็นแผ่นดิบ (ยังไม่ได้ฟอร์ม)

กรรมวิธีการผลิต

นำวัตถุดิบมารวมกันเป็นกลุ่มแผ่นธาตุโดยมีแผ่นกั้นอยู่กลางระหว่างแผ่นบวกและแผ่นลบ หรืออาจจะรวมเฉพาะกลุ่มแผ่นธาตุบวก หรือหวีแผ่นธาตุลบ โดยเฉพาะรอการสอดแผ่นกั้นในภายหลัง

การประสาน (Burning)

วัตถุดิบ

ก. กลุ่มแผ่นธาตุ

ข. ตะกั่วสำหรับการประสานหูแผ่น

กรรมวิธีการผลิต

ในขั้นตอนการประสานนี้ กลุ่มแผ่นธาตุจะถูกลำเลียงจากงานจัดกลุ่มแผ่นธาตุมายังงานประสานเพื่อการสานหูแผ่นธาตุให้รวมกันเซลล์ การประสานอาจทำได้โดยการใช้ออกซิเจนหรือแก๊สอื่นๆ เผาให้หูแผ่นละลายแล้วใช้ตะกั่วประสานเติมให้เต็มตามแบบที่ต้องการ หรืออาจใช้วิธี คาสท์ออนสแตป (Cast-on-strap) โดยการจุ่มหูแผ่นธาตุที่รวมเป็นกลุ่มแล้วนี้ลงในแบบหล่อที่มีตะกั่วประสานหลอมเหลวอยู่แล้ว การใช้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูง จะเป็นเหตุให้มีไอตะกั่วที่เป็นพิษเกิดขึ้น

การบรรจุลงหม้อและตกแต่ง (Boxing and finishing)

วัตถุดิบ

ก. กลุ่มแผ่นธาตุที่ประสานเสร็จเรียบแล้ว

ข. เปลือกหม้อ

กรรมวิธีการผลิต

แผ่นธาตุดังกล่าวจะถูกนำไปไว้ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิอ่อน มีความชื้นสูงเพื่อผลทางปฏิกิริยาเคมีภายในแผ่นธาตุ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านโครงสร้าง และลักษณะทางเคมีของวัสดุไวปฏิกิริยา จากนั้นจะถูกทำให้แห้งหรือปล่อยไว้ให้แห้งโดยวิธีธรรมชาติ ตามปกติขั้นตอนของกรรมวิธีการผลิตนี้ จะไม่มีการยกขนหรือลำเลียงแผ่นธาตุแต่อย่างใด เพราะแผ่นธาตุส่วน

กระบวนการผลิตแบตเตอรี่กล่าวโดยสรุป ของแต่ละแผนกเพื่อประกอบการวางระบบบัญชีต้นทุน

แผนกผลิตผงตะกั่ว

นำผงตะกั่วที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.97 % มาทำการหลอมละลายเป็นของเหลว แล้วปั๊มส่งเข้าเครื่องตัดเป็นก้อนเล็ก ๆ ประมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้ว นำตะกั่วก้อน ใส่เข้าเครื่องบดด้วยเครื่องป้อนอัตโนมัติ ก้อนตะกั่วจะเสียดสีกันที่ผิวของก้อนตะกั่ว ขณะที่เครื่องบดหมุนอยู่ตลอดเวลาเกิดเป็นผงตะกั่วละเอียดขึ้น ในขณะเดียวกันก็ปล่อยกระแสลมอัดเข้าไปตามท่อ เข้าทางเพลาของเครื่องบด ออกซิเจนจากกระแสลมอัดเข้ารวมตัวกับผงตะกั่วละเอียดในเครื่องบดเกิดเป็น "ผงตะกั่วซับออกไซด์" ขึ้นเป็นสีเทาแก่ มีทางเปิดเอาผงตะกั่วซับออกไซด์นี้ออกมาได้ทางท่อตอนส่วนล่างของเครื่องบดซึ่งมีถังเหล็กรองรับผงตะกั่วซับออกไซด์นี้จะต้องหาความหนาแน่น และเปอร์เซนต์ของออกไซด์ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ แล้วจึงส่งผลตะกั่วซับออกไซด์นี้ไปให้แผนกผลิตแผ่นธาตุหมวดละเลง เพื่อผสมเป็นเพสท์ต่อไป (ผังที่ 1)

แผนกผลิตแผ่นธาตุหมวดหล่อ

ใช้วัตถุดิบ คือ ตะกั่วบริสุทธิ์ แอนติโมนี่ (พลวง) และสารประกอบอื่น ๆนำตะกั่วบริสุทธิ์มาหลอมละลายในเบ้าผสมตะกั่วรวมกับแอนติโมนี่ และสารอื่น ๆ ให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ การหลอมละลายเป็นโลหะผสมนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิอัตราส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ ระยะเวลาในการผสมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เมื่อการหลอมละลายเป็นตะกั่วผสมเข้ากันดีแล้ว เทตะกั่วผสมลงแบบหล่อ เพื่อหล่อเป็นโลหะผสมก้อน แล้วนำโลหะผสมก้อน นั้นหลอมละลายในเบ้าหลอมกริด จากนั้นรอสักครู่ค่อยเปิดเอาแผ่นกริดออกจากหล่อมาเข้ากรรไกรตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก จะได้แผ่นกริดตามต้องการ (เก็บใบอุณหภูมิและเวลาอันสมควร) ก่อนส่งให้แผนกผลิตแผ่นธาตุ หมวดละเลงต่อไป (ผังที่ 2)

ส่วนตะกั่วที่ใช้ในการหล่อ ขั้ว สะพาน และบุชนั้นจะต้องทำการผสมอีกต่างหาก นอกจากนั้นยังมีตะกั่วประสานและตะกั่วเทป ก็จะแยกต่างหากโดยไม่ใช้รวมกัน

แผนกผลิตแผ่นธาตุหมวดละเลง

นำโครงกริดที่ส่งมาจากหมวดหล่อ มาละเลงด้วยวัตถุไวปฏิกิริยา ซึ่งมีลักษณะเหลวเรียกว่า "เพสท์" ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด เช่น ผงตะกั่วซับออกไซด์

น้ำกรด น้ำกลั่น เข้าเครื่องผสมเพสท์ มี 2 ชนิด คือ เพสท์บวกและเพสท์ลบ แตกต่างกันโดยมีสารเคมีต่างชนิดกัน การละเลงเพสท์บนแผ่นกริดนั้นทำงานด้วยเครื่องจักรกล ซึ่งเรียกว่าเครื่อง กรรมวิธีการละเลง เริ่มโดยป้อนกริดเข้าสู่เครื่องละเลง ละเลงเพสท์ที่ลงบนแผ่นกริดอัดให้แน่นรีดให้เรียบ แล้วนำเข้าสู่ตู้อบเพื่อไล่ความชื้นออกจากแผ่นธาตุตามเกณฑ์ที่ต้องการแล้วก็นำไปเข้ากรรมวิธีเคมีไฟฟ้า (Forming charge) ที่หมวดฟอร์เมชั่น ต่อไป (ผังที่ 3—)

แผนกผลิตแผ่นธาตุหมวดฟอร์ม

ทำการฟอร์มแผ่นธาตุ โดยการทำให้แผ่นธาตุกลายสภาพเป็นแผ่นบวก และแผ่นลบด้วยกระแสไฟตรง มีขั้นตอนในการทำโดยนำแผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบที่ผ่านการละเลงแล้ว มาเรียงสลับกันลงในถังสำหรับฟอร์มแผ่นให้แผ่นตั้งอยู่ในแนวดิ่งซึ่งมีน้ำกรดกำมะถันผสมอย่างเจือจาง และน้ำกรดจะต้องท่วมแผ่นคงเหลือหูแผ่นพ้นน้ำกรดผสมอย่างเจือจางเล็กน้อยใช้ตะกั่วเทปประสานหูแผ่นธาตุบวกกลุ่มหนึ่งและแผ่นธาตุลบกลุ่มหนึ่ง ปล่อยกระแสไฟตรงไหลผ่าน แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบเรียกว่าการฟอร์เมชั่น (Formation) ซึ่งการฟอร์เมชั่นนี้ใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง แผ่นธาตุบวกจะได้รับการเติมออกซิเจนขึ้นกลายเป็น "ตะกั่วไดออกไซด์" มีสีน้ำตาลไหม้ ส่วนแผ่นธาตุลบจะเกิดการลดออกซิเจนลงกลายเป็น "ตะกั่วพรุน" แล้วนำแผ่นธาตุทั้งสองชนิดมาล้างให้หมดกรด แล้วอบให้แห้งสำหรับแผ่นธาตุลบอบด้วยเครื่องอบแผ่นธาตุดรายชาร์จ จะได้แผ่นธาตุลบดรายชาร์จ (ผังที่ 4)

แผนกผลิตน้ำกลั่นและน้ำกรดผสม

สิ่งสำคัญในการผลิตน้ำกลั่น คือ เครื่องกลั่นน้ำ น้ำสะอาด และเรซิน เรซิน เป็นสารชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นประจุไฟฟ้า เมื่อปล่อยน้ำไหลเข้าเครื่อง เรซินเป็นประจุไฟฟ้าบวกจะดูดเอาสารในน้ำที่มีประจุไฟฟ้าลบเอาไว้ และเรซินที่มีประจุไฟฟ้าลบจะดูดเอาสารในน้ำที่มีประจุไฟฟ้าบวกไว้ น้ำที่ไหลผ่านเรซินแล้ว จะต้องไหลผ่านเครื่องวัดความบริสุทธิ์ด้วยกระแสไฟฟ้า ก็จะได้น้ำกลั่นบริสุทธิ์

สำหรับการผลิตน้ำกรดผสม มีวัตถุดิบหลักที่ใช้คือ น้ำกรดกำมะถันอย่างเข้มข้น และน้ำกลั่นบริสุทธิ์ นำน้ำกลั่นบริสุทธิ์และน้ำกรดกำมะถันผสมลงในถัง ใช้ลมเป่าเบา ๆ เพื่อให้น้ำกลั่นและกรดกำมะถันเข้ากันได้ดี แล้วปรับความถ่วงจำเพาะให้ได้ตามกำหนดที่คุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (ผังที่ 5) จะได้น้ำกรด ผสมใช้เติมแบตเตอรี่ ต่อไป

แผนกประกอบ

เป็นขั้นตอนการผลิตขั้นสุดท้ายโดยการนำเอาชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่ได้จากการผลิตตามขั้นตอน ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นมาประกอบกัน นำแผ่นธาตุลบมาประสานด้วยแก๊สออกซี่-แอซิติลัน เป็นกลุ่มแผ่นธาตุบวก และกลุ่มแผ่นกั้นเข้าไประหว่างแผ่นธาตุบวกและลบแล้วประกอบลงในเปลือกหม้อ ปิดฝาหม้อ เทยางประสานผนึกฝาหม้อ ประสานสะพานระหว่างเซล ใช้ขั้วบวกของเซลหนึ่งต่อเข้ากับขั้วลบของอีกเซลหนึ่ง และนำขั้วใช้งาน ขั้วบวก ขั้วลบ เป็นแบตเตอรี่สำเร็จรูป เติมน้ำกรดผสม ใช้เติมแบตเตอรี่จะได้เป็นผลผลิตแบตเตอรี่เติมกรดแล้ว ส่งไปเก็บยังแผนกคลังวัตถุดิบ (ผังที่ 6)

แผนกควบคุมคุณภาพ

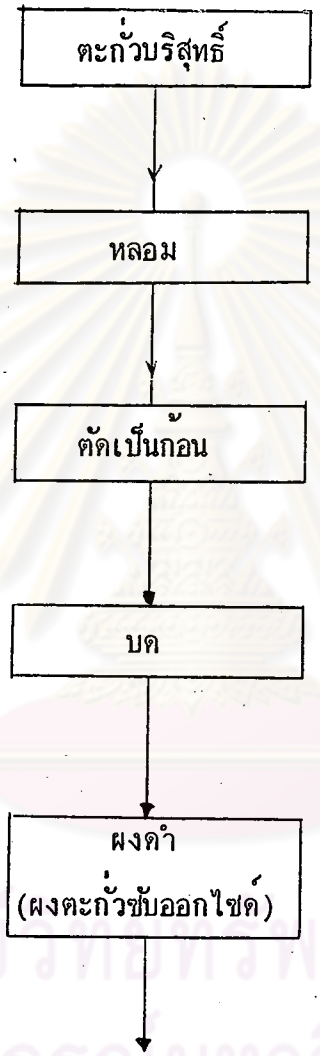
มีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลผลิตในระหว่างขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้สินค้าที่ผลิตออกมามีคุณภาพสูง และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน

จากกระบวนการผลิตในแต่ละแผนก สามารถสรุปขั้นตอนการผลิตได้ตามผังที่ 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 1

ขั้นตอนการผลิต แผนกผลิตผงตะกั่ว

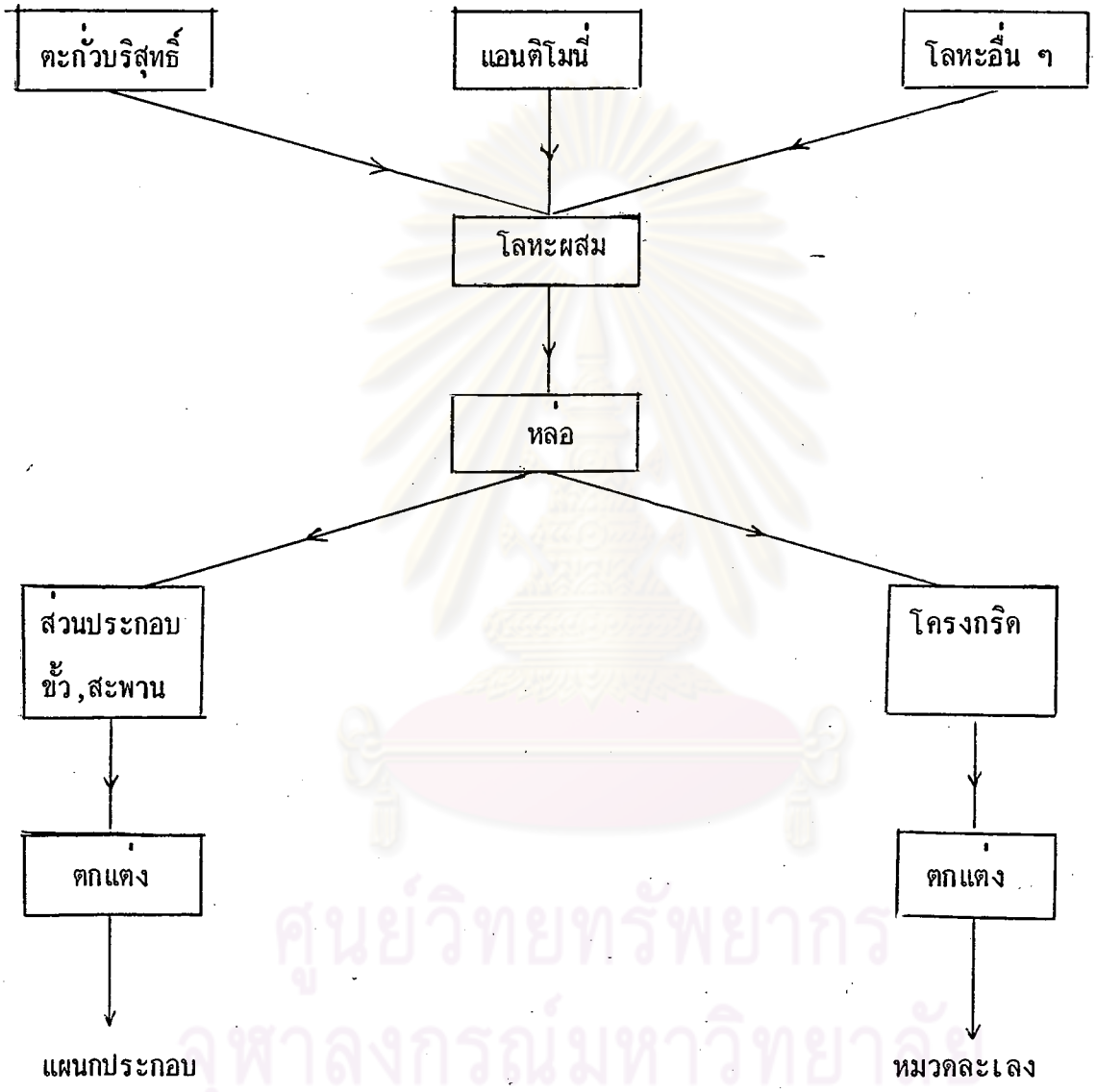


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 2

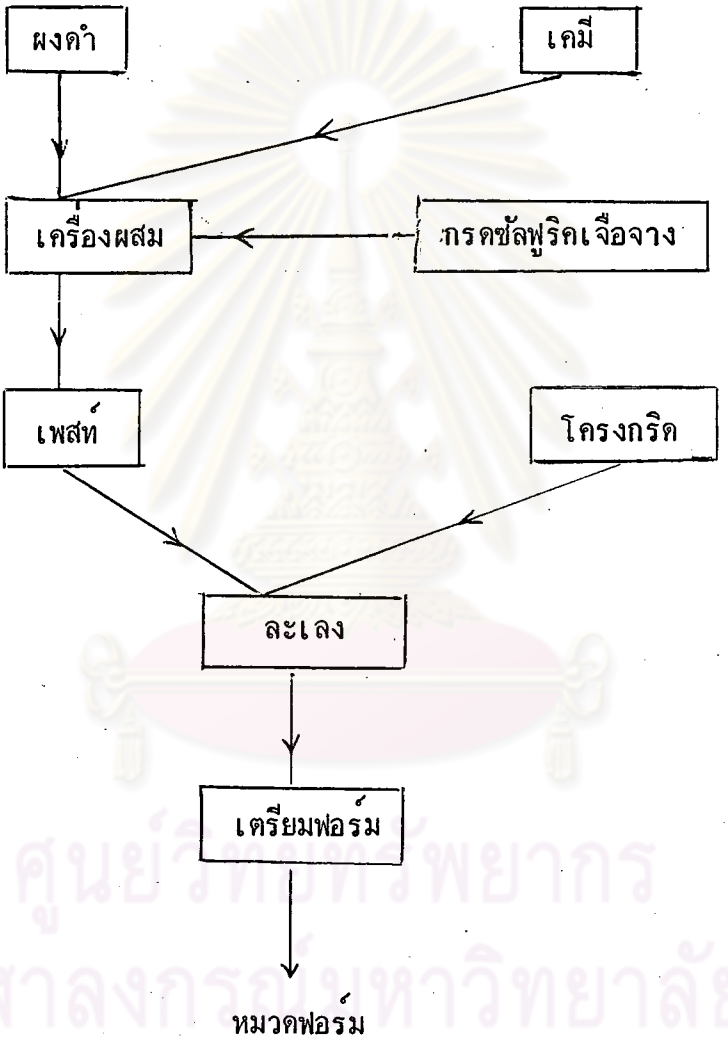
ขั้นตอนการผลิต แผนกผลิตแผ่นธาตุหมวดหล่อ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 3

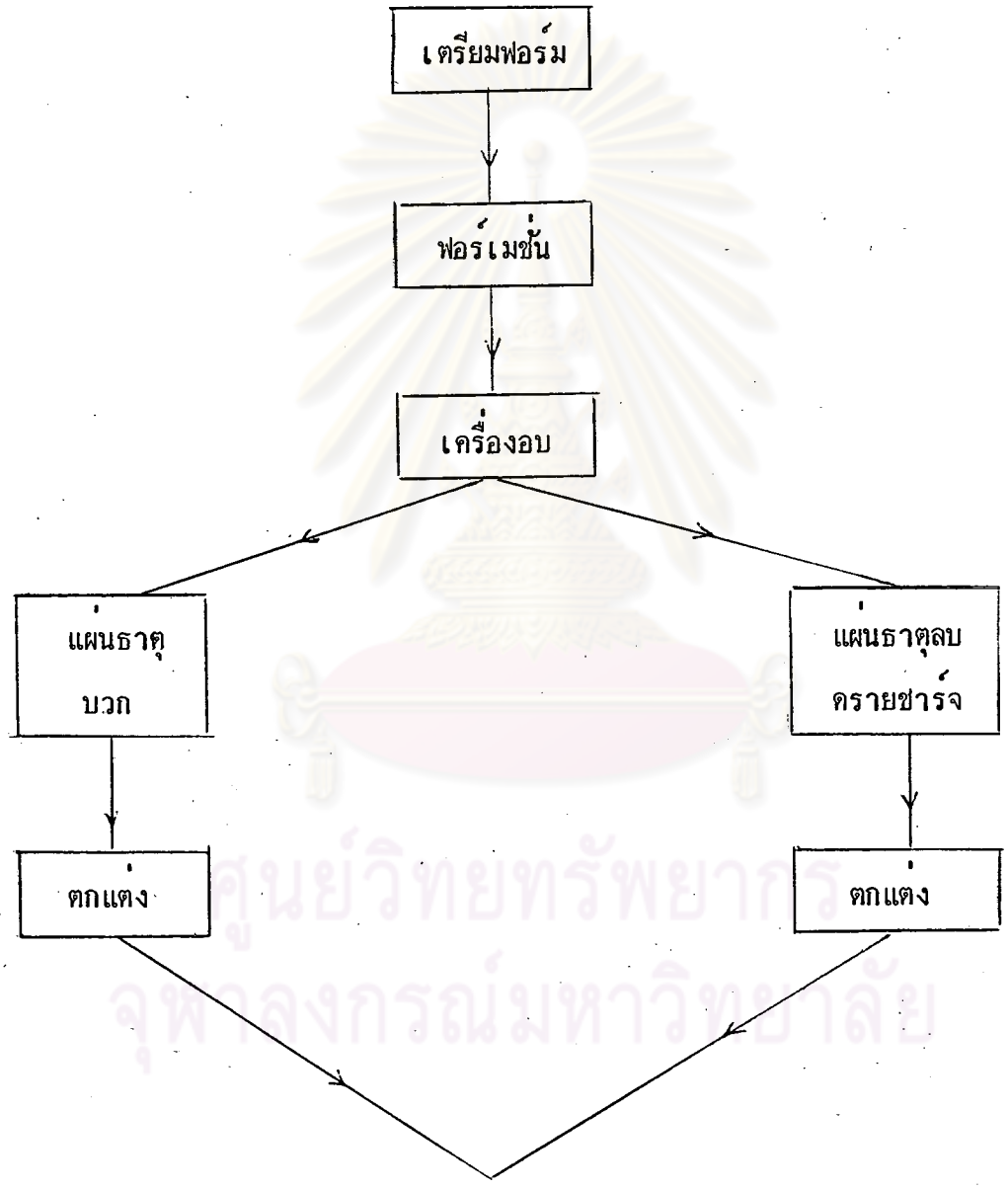
ขั้นตอนการผลิตแผนกผลิตแผ่นธาตุ-หมวดละเลง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 4

ขั้นตอนการผลิต แผนกผลิตแผ่นธาตุ-หมวดฟอร์ม



แผนกประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 5

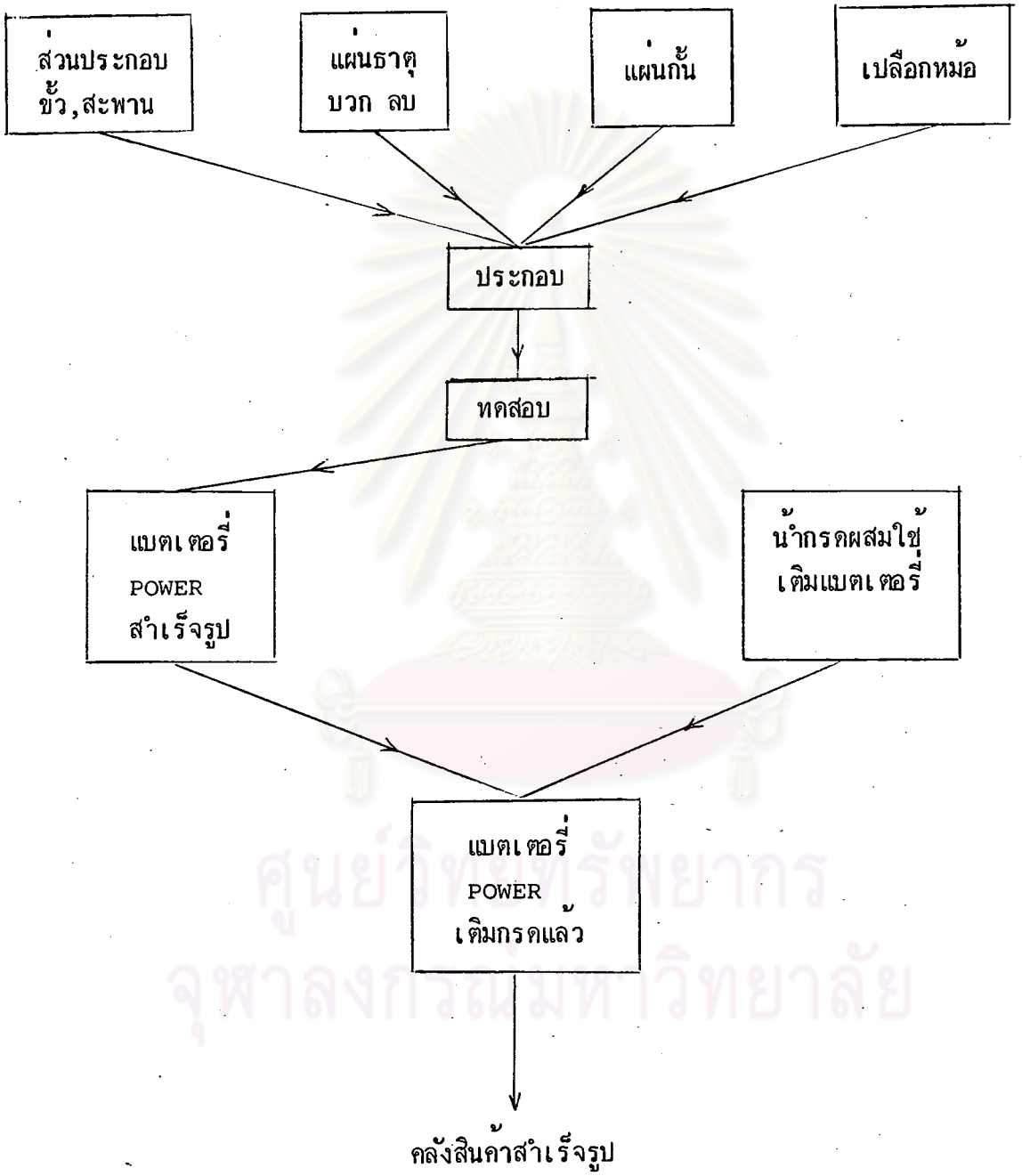
ขั้นตอนการผลิต แผนกผลิตน้ำกลั่นและน้ำกรดผสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 6

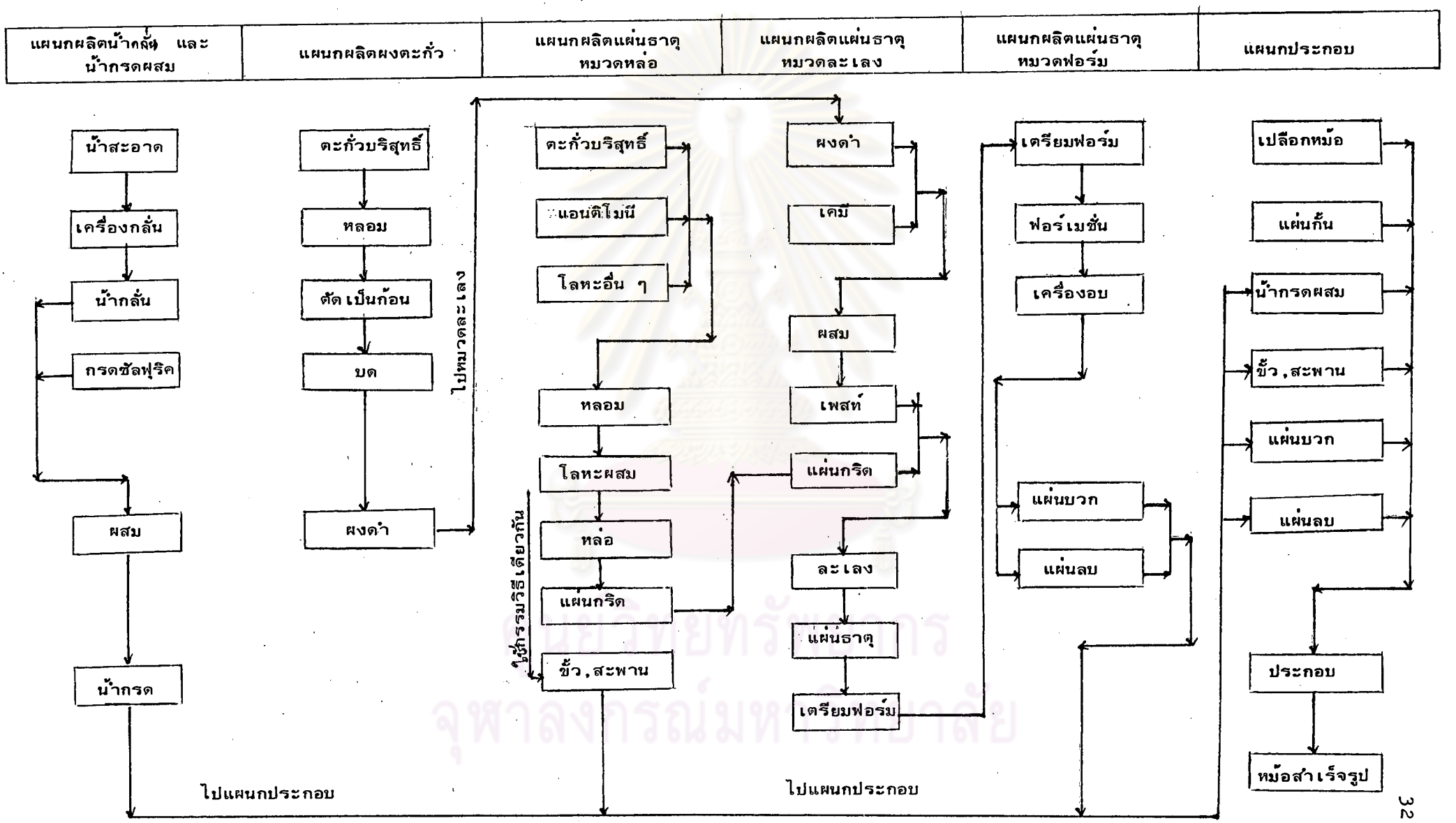
ขั้นตอนการผลิต แผนกประกอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังที่ 7

สรุปขั้นตอนในการผลิต



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย