

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะ
ด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2550

The Construction of a Science Supplementary Reading on the Topic of
Electroplating of Metals for the Fourth Level Students

Mr. Rungruang Chaichanhom

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Curriculum and Instruction

School of Educational Studies

Sukhothai Thammathirat Open University

2007

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

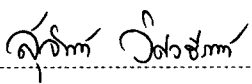
ชื่อและนามสกุล นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม

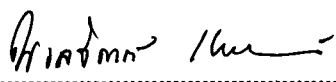
แขนงวิชา หลักสูตรและการสอน

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวะธีรานนท์

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวะธีรานนท์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ ชาวเกียรติพงศ์)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตแขนงวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทักดี จินดานุรักษ์)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์
วันที่ 9 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2551

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

ผู้ศึกษา นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน)
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวรธีรานนท์ ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นเป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมสำหรับรายวิชาเคมี มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย 6 หน่วยการเรียนรู้ มีกระบวนการสร้างดังนี้ คือ ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดจุดประสงค์ทั่วไป กำหนดคุณสมบัติของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้หนังสือ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กำหนดและวิเคราะห์เนื้อหาสาระ กำหนดรูปแบบวิธีการและแนวทางการเสนอเนื้อหา ยกวางต้นแบบหนังสือตามรูปแบบและวิธีการที่กำหนดไว้ ทำการตรวจสอบร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพโดยใช้แบบประเมิน วิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพหนังสือโดยค่าเฉลี่ย แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

ผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่สร้างขึ้น มีเนื้อหา การใช้ภาษา การนำเสนอเนื้อหา การนำเสนอภาพ ตาราง แผนภูมิ อยู่ในระดับดี และผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นทั่วไปว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาเคมีได้

คำสำคัญ หนังสืออ่านเพิ่มเติม การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า วิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้สำเร็จลงด้วยความเรียบร้อยสมบูรณ์ได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์.ดร. สุจินต์ วิศวรธีรานนท์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษาให้แนวคิด ตลอดจนสนสละเวลาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

งานศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ขอกล่าวนามดังนี้ อาจารย์ณรงค์ศิศิลป์ ฐูปพนม อาจารย์วิฑริ อยู่สุข และอาจารย์เอื้องไพโร นาคำเจริญ ที่ช่วยเหลือให้การชี้แนะ และให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ จึงใคร่ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านในความกรุณาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนท่าสัววิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย และคณะกรรมการส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนเวลา โอกาส และให้ความสะดวกในการดำเนินงานศึกษาค้นคว้าอิสระจนมีผลสำเร็จเกิดขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ที่เป็นเจ้าของเอกสารค้นคว้าทุกฉบับที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระจนทำให้ได้เป็นผลสำเร็จของการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ สำหรับประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ขอมอบให้ผู้สนใจในการศึกษาต่อไป

รุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตของการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	3
ประโยชน์ที่ได้รับ	4
บทที่ 2 การดำเนินการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	5
แหล่งที่มาของข้อมูล	5
วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล	12
ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	14
หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า	23
การตรวจสอบคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม	23
บทที่ 3 สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	26
สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม	26
ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	32
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	33
ข หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า	35
ค แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญ	121
ประวัติผู้ศึกษา	125

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขอบข่ายเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง	14
ตารางที่ 2.2 ผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญ	24

สารบัญญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	22

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 ได้กำหนดให้มีการจัดทำหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อความเป็นไทย ความเป็นพลเมืองที่ดีของชาติ การดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพ ตลอดจนเพื่อการศึกษาต่อ และให้สถานศึกษาขั้นพื้นฐานจัดทำสาระของหลักสูตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในชุมชน และสังคม และภูมิปัญญาท้องถิ่น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ 2545 : 15-16) กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนด หลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ขึ้นเป็น หลักสูตรที่กำหนดโครงสร้างเป็นสาระการเรียนรู้ จำนวนเวลาอย่างกว้างๆ มาตรฐานการเรียนรู้ที่ แสดงคุณภาพผู้เรียนเมื่อเรียนจบ 12 ปี และเมื่อจบการเรียนรู้แต่ละช่วงชั้นของสาระการเรียนรู้แต่ละกลุ่ม ซึ่งสถานศึกษาจะต้องนำโครงสร้างดังกล่าวนี้ไปจัดทำเป็น หลักสูตรสถานศึกษา และในการจัดการศึกษาจะต้องมุ่งเน้นความสำคัญทั้งด้านความรู้ ความคิด ความสามารถ คุณธรรม ความรับผิดชอบต่อสังคม มีความเข้าใจและประสบการณ์ เรื่องการจัดการบำรุงรักษาและการใช้ ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืนเพื่อพัฒนาคนให้มีความสมดุล โดยยึดหลักผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้กระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นกระบวนการคิด การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้ มาใช้ในการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง (กระทรวงศึกษาธิการ 2545: 2-3)

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 และหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ดังกล่าวข้างต้น โรงเรียนท่าลี่วิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย ได้พัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา ที่สอดคล้องกับ จุดหมายและหลักการของหลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ว่าหลักสูตรมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็น มนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข และมีความเป็นไทย มีศักยภาพในการศึกษาต่อ

และการประกอบอาชีพ มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปวัฒนธรรม ประเพณี กีฬา ภูมิปัญญาไทย ทรัพยากรธรรมชาติและพัฒนาสิ่งแวดล้อม (โรงเรียนท่าลี่วิทยา 2550 : 3)

สำหรับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ที่โรงเรียนท่าลี่วิทยา กำหนดขึ้นนั้นมีวิสัยทัศน์ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนพัฒนา กระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดอย่างสร้างสรรค์ ในการจัดการเรียนการสอนจะต้องตอบสนองความสนใจและความถนัดของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ในการศึกษาต่อหรือประกอบอาชีพ และจะต้องชี้แหล่งการเรียนรู้ในห้องเรียนโดยถือว่ามีค่าสำคัญควบคู่กับการเรียนในสถานศึกษา ซึ่งจะพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิตและจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม และโรงเรียนได้กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนเป็นคนใฝ่รู้ใฝ่เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา และการปฏิบัติงานในการดำรงชีวิตมีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลและคิดเป็นระบบ พัฒนาตนเองให้มี ภูมิภาวะทางอารมณ์สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นคนดี มีคุณธรรม จริยธรรม โดยที่โรงเรียนได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จัดให้มี รายวิชาเคมี 3 (ว 40223) สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี (หลักสูตรโรงเรียนท่าลี่วิทยา 2549 : 3-4)

ปัญหาของการสอนวิชาเคมี ปัญหาหนึ่งคือ ผู้เรียนไม่เห็นความสำคัญของวิชาเคมี ที่มี แต่หลักการ ทฤษฎีที่เข้าใจยาก บางเรื่องยังเป็นนามธรรม ยากต่อการเข้าใจ ทำให้วิชาเคมีถูกมองว่าเป็นวิชาที่ยากและน่าเบื่อ ทั้งๆ ที่วิชาเคมีเป็นวิทยาการที่น่าสนใจ และเป็นพื้นฐานของวิทยาการแขนงอื่นๆ อีกมากมาย นอกจากนี้แล้วหนังสือเรียนเคมีโดยทั่วไป มีข้อจำกัดในเรื่องของการนำหลักการ ทฤษฎีทางเคมี มาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ และเป็นแนวทางในการประกอบอาชีพได้ สำหรับงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ก็เป็นงานหนึ่งที่ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางเคมี หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ที่โรงเรียนท่าลี่วิทยากำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับ ไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เซลล์ไฟฟ้าเคมี การทำงานของเซลล์ไฟฟ้าเคมี ตลอดจนประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าอยู่

แล้วหากผู้เรียนที่มีความสนใจในงานชุปโลหะด้วยไฟฟ้า ก็สามารถทำได้หากมีข้อมูลหรือความรู้ที่เพียงพอ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี และสามารถนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีมาประยุกต์ใช้ในการชุปโลหะด้วยไฟฟ้าได้ เป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนสนใจใฝ่รู้ตลอดเวลา รักการทำงาน มีค่านิยมที่เป็นผู้ผลิตมากกว่าเป็นผู้บริโภค และเป็นการส่งเสริมและพัฒนาการเรียนการสอนวิชาเคมี สื่อการเรียนการสอนที่สำคัญก็คือ หนังสือ หนังสือเป็นสื่อที่พัฒนาความคิด สร้างเสริมจินตนาการ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้ผู้อ่านได้รับความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนั้นๆ ดังนั้น ผู้ทำการศึกษาจึงมีความเห็นว่าควรนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี มาประยุกต์ใช้ในงานชุปโลหะด้วยไฟฟ้า โดยสร้างเป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เรื่อง การชุปโลหะด้วยไฟฟ้า โดยนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี มาประยุกต์ใช้ประโยชน์ด้วยการชุปโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาและภาพสำหรับผู้เรียนใช้ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้ ปลูกฝังนิสัยรักการอ่าน ตลอดจนการนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการชุปโลหะด้วยไฟฟ้าสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

3. ขอบเขตของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

หนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นเป็นหนังสืออ่านเพิ่มเติมสำหรับ รายวิชาเคมี (ว 40223) เรื่อง ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนท่าลี่วิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวกับการชุปโลหะด้วยไฟฟ้าในประเด็น การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากหนังสืออ่านเพิ่มเติมครั้งนี้ มีดังนี้

4.1 ช่วยให้นักเรียนบรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ

4.2 ได้หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุกโหละด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

4.3 เป็นแนวทางในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาเคมีอื่น ๆ ต่อไป

4.4 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ในการจัดกิจกรรมและประสบการณ์สำหรับนักเรียนให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

4.5 ช่วยสร้างแรงจูงใจ ให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม

บทที่ 2

การสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ในการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม ผู้ศึกษาได้ศึกษาแหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการศึกษา และรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า การตรวจสอบคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. แหล่งที่มาของข้อมูล

หนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีแหล่งที่มาของข้อมูลในการดำเนินการเขียนเอกสารดังนี้

1.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 มีหลักการ จุดหมายทางการศึกษา และมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งในหลักสูตรกำหนดไว้เฉพาะมาตรฐานการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทุกคนเท่านั้น สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสภาพปัญหาในชุมชนและสังคม ภูมิปัญญาท้องถิ่น คุณลักษณะที่พึงประสงค์ของครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติ มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ประเพณี กีฬา ภูมิปัญญาไทย ทรัพยากรธรรมชาติและพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถานศึกษาจะต้องจัดขึ้นเองในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ 2545 :5)

1.2 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนท่าลี่วิทยา การจัดการศึกษาตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนท่าลี่วิทยา ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-6) สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมี 3 (ว 40223) มีวิสัยทัศน์ เป้าหมาย คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เรื่อง ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ดังนี้คือ

1.2.1 วิสัยทัศน์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิสัยทัศน์เป็น

มุมมองภาพในอนาคตที่มุ่งหวังว่าจะมีการพัฒนาอะไร อย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับการปรับเปลี่ยนของสังคม วิสัยทัศน์การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์กำหนดไว้เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา ผู้เรียนและชุมชนร่วมกันพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และปฏิบัติร่วมกันสู่ความสำเร็จ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการคิดและเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความสงสัย เกิดคำถามในสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวกับโลกและธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุข ที่จะศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (natural world) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัว ทำทหายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง ก็เข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนาย คาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมุ่งมั่นที่จะสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้นหาความรู้ที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิตโดยใช้แหล่งการเรียนรู้หลากหลายในห้องเรียน และคำนึงถึงผู้เรียนที่มีวิธีการเรียนรู้ ความสนใจและความถนัดแตกต่างกัน (โรงเรียนท่าลี่วิทยา 2550 : 3)

1.2.2 เป้าหมาย วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดย

มนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สำรวจ ตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำมาจัดระบบหลักการ แนวคิดและทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นคว้าด้วยตัวเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษาและเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมาย

สำคัญดังนี้

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทาง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- 4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงมีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 6) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปทำให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.2.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยผู้รวมมีส่วนร่วมในการเรียนทุกขั้นตอน ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมหลากหลาย ทั้งเป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล โดยอาศัยแหล่งเรียนรู้ที่เป็นสากลและท้องถิ่น โดยผู้สอนมีบทบาทในการวางแผนการเรียนรู้การกระตุ้น แนะนำ ช่วยเหลือให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

1.2.4 มาตรฐานการเรียนรู้ สำหรับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมี โรงเรียนท่าลี่วิทยา ได้กำหนดไว้ในหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนท่าลี่วิทยา ช่วงชั้นที่ 4 (ชั้น ม.4-6) ในหลักสูตรกลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร โดยมีมาตรฐานการเรียนรู้ ว.3.1 ว่า ผู้เรียนต้องเข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และมาตรฐาน ว 3.2 ว่านักเรียนต้องเข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสาร ละลาย การ

เกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (โรงเรียนท่าลี่วิทยา 2550 : 16-17)

1.2.5 คำอธิบายรายวิชา โดยที่คำอธิบายรายวิชาเคมี 3 (ว 40223) มีดังนี้
ศึกษาและทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ศึกษาพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา การใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ศึกษาและทดลองการเปลี่ยนแปลงไปข้างหน้า การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับ และการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ สมบัติของระบบเมื่อเกิดภาวะสมดุลในปฏิกิริยาเคมี ทดลองเพื่อศึกษาทิศทาง การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลและผลของความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุล ศึกษาและฝึกคำนวณหาค่าคงที่สมดุลและความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยาที่ภาวะสมดุล ศึกษาปัจจัยที่มี ผลต่อค่าคงที่สมดุล

ศึกษาและทดลองเพื่อทดสอบชนิดและสมบัติบางประการของสารอิเล็กโทรไลต์ ศึกษาไอออนในสารละลายกรด – เบส การถ่ายโอนโปรตอนระหว่างกรด – เบส ศึกษาและฝึกคำนวณหาค่าการแตกตัวของกรด – เบส การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์ pH ของสารละลาย ศึกษาสมบัติการแตกตัวของอินดิเคเตอร์ และทดลองการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ชนิดต่างๆ ในสารละลาย ศึกษาสารละลายกรด – เบส ในชีวิตประจำวันและสิ่งแวดล้อม

ศึกษาและทดลองปฏิกิริยาของสารละลายกรดและสารละลายเบส ศึกษาและคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากปฏิกิริยากรด – เบส ศึกษาและทดลองเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับไทเทรต กรด – เบส ศึกษาองค์ประกอบและทดสอบสมบัติของสารละลายบัฟเฟอร์

ศึกษาและทดลองปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ ฝึกเขียนและดุลสมการรีดอกซ์ ศึกษาหลักการและทดลองต่อเซลล์กัลวานิก การหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ และศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ ศึกษาส่วนประกอบและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ การนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ไปใช้ประโยชน์ในการแยกสารเคมี การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การถลุงแร่ การชุบโลหะด้วย

ไฟฟ้า และการอะโนไดซ์ ศึกษาปฏิกิริยาการผุกร่อนของโลหะ และทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่ทำให้โลหะผุกร่อน รวมทั้งศึกษาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เพื่อให้มีความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนำความรู้และหลักการไปใช้อธิบายหรือแก้ปัญหา เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมี กรด - เบส และไฟฟ้าเคมี

1.2.6 ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง การจัดการศึกษา รายวิชาเคมี 3 (ว 40223)
เรื่อง ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี มีผลการเรียนรู้ที่คาดหวังดังนี้

- 1) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับความหมายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดซ์ ในด้านการถ่ายโอนอิเล็กตรอนและการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันได้
- 2) จัดลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออน และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดซ์ได้
- 3) ดุลสมการรีดอกซ์โดยใช้เลขออกซิเดชันได้
- 4) ต่อเซลล์กัลวานิกจากครึ่งเซลล์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งบอกขั้วแอโนดหรือแคโทด และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาได้
- 5) เขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้
- 6) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับวิธีหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) โดยการเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานได้
- 7) ใช้ค่า E^0 ของครึ่งเซลล์ทำนายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์พร้อมทั้งคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกได้
- 8) นำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ในการแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
- 9) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับหลักการทำงานของเซลล์กัลวานิก เซลล์อิเล็กโทรไลต์ เซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิได้

10) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับหลักการทำงานพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เซลล์นิกเกิล-แคดเมียม และเซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่วได้

11) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับหลักการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าและการทำโลหะให้บริสุทธิ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

12) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้โลหะเกิดการผุกร่อนพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา และบอกวิธีป้องกันได้

13) การสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายเกี่ยวกับหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิกพร้อมทั้งยกตัวอย่างการนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิกมาใช้ประโยชน์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้

14) ทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง แปลความหมายข้อมูลและสรุปผลการทดลองเรื่องเกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้

1.3 เอกสาร/หนังสือ/การฝึกอบรม/แหล่งวิทยา เกี่ยวกับ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ผู้ศึกษาได้ศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

1.3.1 เอกสารและหนังสือ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จากเอกสารและหนังสือ จำนวน 10 เล่ม ได้แก่

- 1) กระทรวงศึกษาธิการ (2541) *คู่มือครูวิชาเคมี 3 ว 037*
กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- 2) กรมการศึกษานอกโรงเรียน (2539) *ชุดวิชาการชุบ*
เครื่องประดับเงิน-ทอง กรุงเทพมหานคร บริษัท การศึกษา จำกัด
- 3) จินตนา อุชาชน และคณะ (2547) *เคมี* กรุงเทพมหานคร
นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์
- 4) พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ (2543) *ชุบทอง* กรุงเทพมหานคร
โรงพิมพ์ หจก.มิตรเจริญการพิมพ์

5) พัทธ์พงษ์ศ์ ป้อมมณี (2549) ทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เอกสารประกอบการฝึกอบรม ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครปฐม

6) มุกดา เจียมเจริญ (2542) เทคโนโลยีเคลือบผิว อุดรธานี
สำนักส่งเสริมวิชาการสถาบันราชภัฏอุดรธานี

7) สาโรจน์ พันแพ และอภิชาติ ธรรมวิทย์กุล (2526) การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ชวนชม

8) สุทัศน์ ไตรสถิตวร. (2537) เคมี 3 นนทบุรี เทพนมมิตรการพิมพ์

9) อนันต์ ทองมอญ (2527) ชุบโครเมียมชุบทอง
กรุงเทพมหานคร เรือนแก้วการพิมพ์

10) อนันต์ ทองมอญ (2547) การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
กรุงเทพมหานคร เรือนแก้วการพิมพ์

1.3.2 การฝึกอบรม ผู้ศึกษาได้เข้ารับการฝึกอบรมดังนี้

1) อบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดย
อาจารย์อนันต์ ทองมอญ

2) อบรมทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้เป็นสื่อ
ในการเรียนการสอน โดย ดร.พัทธ์พงษ์ศ์ ป้อมปราณี

1.3.3 การศึกษาจากแหล่งวิทยาการ ผู้ศึกษาได้ศึกษาความรู้เกี่ยวกับการชุบ
โลหะดังนี้

1) สำนักบรรณสารมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

2) สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

3) สำนักวิทยบริการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

4) หอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

5) ห้องสมุดโรงเรียนท่าลี่วิทยา

6) อินเทอร์เน็ต

1.4 เอกสารเกี่ยวกับเรื่องหนังสืออ่านเพิ่มเติม ได้ศึกษาเอกสารต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4.1 ความหมายของหนังสืออ่านเพิ่มเติม (Supplementary Reading)

กระทรวงศึกษาธิการได้ให้ความหมายของหนังสืออ่านเพิ่มเติมว่า ได้แก่ หนังสือที่มีสาระอิงหลักสูตรสำหรับให้นักเรียนอ่านเพื่อศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองตามความเหมาะสมของวัยและความสามารถในการอ่านของแต่ละคน (ปานรวี ยงยุทธวิชัย และคณะ 2848 : 1)

หนังสืออ่านเพิ่มเติม คือ หนังสือที่บรรจุความรู้ซึ่งอาจจะเป็นความรู้ส่วนใดส่วนหนึ่งจากหลักสูตรหรือความรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเป็นประโยชน์เสริมประสบการณ์ให้แก่ผู้อ่าน ซึ่งเป็นนักเรียนวัยต่างๆ มีลักษณะแนวการเขียนทั้งในแง่ให้สาระประโยชน์โดยตรงในลักษณะการเขียนแบบสารคดี (non fiction) และความสนุกในลักษณะการเขียนแบบบันเทิงคดี (fiction) ประปนอยู่ด้วยแต่เน้นหนักไปในแง่สาระประโยชน์มากกว่าความบันเทิง การเน้นหนักในแง่ให้สาระประโยชน์ความรู้จะเป็นจุดประสงค์สำคัญ ในการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติม เพื่ออ่านประกอบวิชาใดวิชาหนึ่ง (จินตนา ไบกาชฎี 2534: 134)

1.4.2 การเขียน (สุทริวงศ์ พงศ์ไพบูลย์ 2522 อ้างถึงในอรอนพ ตัญญู ม.ป.ป.: 8-9) ข้อมูลที่ได้คือ ส่วนประกอบของเอกสารทางวิชาการซึ่งได้แก่

- 1) ส่วนนำเรื่อง ได้แก่ ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ
- 2) ส่วนเนื้อเรื่อง ได้แก่ บทนำ เนื้อเรื่อง บทสรุป
- 3) ส่วนท้ายเรื่อง ได้แก่ ภาคผนวก บรรณานุกรม

2. วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 4 มีวิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.2 ศึกษาเอกสารหลักสูตรสถานศึกษา ของโรงเรียนท่าลี่วิทยา ปี 2550 ในส่วนที่เกี่ยวกับคำอธิบายรายวิชาเคมี 3 (ว 40223) ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และหน่วยการเรียนรู้ จาก

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทราบขอบเขตของเนื้อหา สำหรับเป็นแนวทางในการกำหนดบทเรียน เนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการชูลิโหะด้วยไฟฟ้า แต่ไม่เพียงพอที่จะปฏิบัติการชูลิโหะด้วยไฟฟ้าได้ จึงได้กำหนดแนวทางการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการชูลิโหะด้วยไฟฟ้าให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชูลิโหะด้วยทองแดง นิกเกิล เงิน และทองได้

2) เตรียมชิ้นงานสำหรับการชูลิโหะไฟฟ้าแต่ละประเภทได้

3) ปฏิบัติการชูลิโหะด้วยทองแดงกรวด ทองแดงต่าง นิกเกิล เงิน และทองได้

4) ปฏิบัติการชูลิโหะด้วยไฟฟ้าที่ชิ้นงานไม่นำไฟฟ้าได้

2.3 ศึกษาเอกสาร/หนังสือ/ข้อมูลจากการฝึกอบรม/ข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้

การศึกษาจากแหล่งวิทยากร วิเคราะห์เนื้อหา เอกสาร ตำรา และหนังสือเรียนที่เกี่ยวข้อง เรื่อง ปฏิบัติการไฟฟ้าเคมี การชูลิโหะด้วยไฟฟ้า และข้อมูลจากการเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อนำความรู้ เนื้อหาที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูลิโหะด้วยไฟฟ้า

2.4 ศึกษาวิธีการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติม โดยศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของหนังสืออ่านเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำรูปแบบของหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่สร้างขึ้น

การผลิตสื่อการเรียนรู้มีกระบวนการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการผลิตสื่อ

2) ศึกษาและกำหนดคุณสมบัติของผู้เรียน โดยพิจารณาว่าผู้ที่จะใช้สื่อนั้นคือใคร มีความรู้และประสบการณ์เดิมมาอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดคุณสมบัติส่วนอื่นๆ ของสื่อให้เหมาะสมต่อไป

3) กำหนดและวิเคราะห์เนื้อหาสาระว่าจะต้องประกอบด้วยเนื้อหาอะไรบ้าง ทั้งนี้ควรจะต้องพิจารณากำหนดเนื้อหาสาระให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และให้เหมาะสมกับผู้เรียนด้วย

4) กำหนดวิธีการและแนวทางการเสนอเนื้อหา เป็นการวางแผนว่าจะเสนอเนื้อหาสาระในรูปแบบใด เรียงลำดับหัวข้อและเนื้อหาอย่างไร มีตัวอย่าง มีการนำเรื่อง สรุปเรื่อง หรือทบทวนเรื่องอย่างไร ควรมีแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมเสริมอยู่ด้วยหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นเอง

5) กำหนดแหล่งข้อมูลที่สนับสนุนการจัดทำสื่อการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ อาจจะเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ ผู้ผลิตจะต้องกำหนดว่าจะหาข้อมูลสนับสนุนได้จากแหล่งใด

6) ยกร่างและจัดทำสื่อการเรียนรู้ตามรูปแบบและวิธีที่กำหนดไว้

7) ตรวจสอบคุณภาพของหนังสือที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ

8) ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

จากการศึกษาแนวทางในการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติมดังกล่าวข้างต้น ผู้ศึกษาได้ดำเนินการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติม และวิเคราะห์หลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนท่าลี้วิทยา ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

3.1.1 เพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.1.2 เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการชุลโลหะด้วยไฟฟ้า

3.1.3 เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปประกอบอาชีพและเป็นพื้นฐานใน

การศึกษาต่อ

3.2 กำหนดคุณสมบัติของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้หนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้คือ

3.2.1 นักเรียนช่วงชั้นที่ 4

3.2.2 นักเรียนที่มีความรู้ ความสามารถในการอ่านหนังสือในระดับปานกลาง

ถึงระดับดี

3.2.3 บุคคลทั่วไปที่สนใจ

3.3 การกำหนดเนื้อหาสาระของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเตรียมชิ้นงาน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า

โดยนำเนื้อหาที่รวบรวมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ตามขอบเขตที่ระบุไว้ใน

คำอธิบายรายวิชามาจัดแบ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ โดยมีการเรียงลำดับตามลักษณะของเนื้อหาที่

ต้องการเรียนรู้ก่อนหลัง และเนื้อหาของแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันโดย

ตลอดมีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล สำหรับเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังตารางที่ 2.1 แสดง

ขอบข่ายเนื้อหาแต่ละบท ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง กิจกรรม แหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 2.1 ขอบข่ายเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา	ความคิดรวบยอด/แนวคิดหลัก	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
<ol style="list-style-type: none"> 1. บอกความหมายของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ 2. บอกประเภทของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ 3. อธิบายเกี่ยวกับหลักการของเซลล์กัลวานิกได้ 4. อธิบายเกี่ยวกับหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้ 5. อธิบายกฎของฟาราเดย์ได้ 6. อธิบายหลักการของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าได้ 7. บอกองค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าได้ 8. บอกประโยชน์ของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าได้ 	<p>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1</p> <p>หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า</p>	<p>ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมี ปฏิริยาไฟฟ้าเคมี เซลล์ไฟฟ้าเคมี การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งงานต้องเป็นสื่อ นำไฟฟ้าต่อเข้ากับขั้วลบแล้วจุ่มลงใน น้ำยาชุบ ซึ่งมีไอออนของโลหะละลายอยู่ ต่ำหรับขั้วบวกต่อกับโลหะชนิดเดียวกับไอออนของโลหะซึ่งจุ่มอยู่ใน น้ำยาชุบเช่นเดียวกัน</p>	<p>เอกสารที่เกี่ยวข้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. คู่มือครูวิชาเคมี 3 (ว 037) 2. หนังสือเคมี 3. หนังสือชุบทอง 4. เอกสารทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียน การสอน 5. หนังสือเทคโนโลยีเคลือบผิว 6. หนังสือการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 7. หนังสือเคมี 3 8. หนังสือชุบโครเมียมชุบทอง 9. ชุดวิชาการชุบเครื่องประดับเงิน-ทอง

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	เนื้อหา	ความคิดรวบยอด/แนวคิดหลัก	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
<p>9. เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยทองแดง นิกเกิล เงิน และทอง</p> <p>10. เตรียมชิ้นงานสำหรับการชุบโลหะไฟฟ้าแต่ละประเภทได้</p>	<p>หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า</p> <p>หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเตรียมชิ้นงาน</p>	<p>ในกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีสำหรับบำบัด ล้างทำความสะอาด และชุบ กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ต้องทำการเตรียมชิ้นงานด้วยการขัด ชิ้นงานล้างทำความสะอาดก่อนการชุบนั้นมีความสำคัญ</p>	<p>1. คู่มือครูวิชาเคมี 3 (ว 037)</p> <p>2. หนังสือเคมี</p> <p>3. หนังสือชุบทอง</p> <p>4. เอกสารทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้การสอน.</p> <p>5. หนังสือเทคโนโลยีเคลือบผิว</p> <p>6. หนังสือการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า</p> <p>7. หนังสือเคมี 3</p> <p>8. หนังสือชุบโครเมียมชุบทอง</p> <p>9. ชุดวิชาการชุบเครื่องประดับเงิน-ทอง</p>

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	เนื้อหา	ความคิดรวบยอด/แนวคิดหลัก	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
<p>11. ปฏิบัติการชูลิโตะด้วยตนเองกรวด ทองแดง ต่าง นิกเกิล เงิน และทองได้</p>	<p>หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การชูลิโตะบิวลิโตะเพื่อรองรับ</p>	<p>การชูลิโตะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ (1) การชูลิโตะเพื่อวัตถุประสงค์ในการรักษาเนื้อของชิ้นงานและเพิ่มการยึดเกาะของโลหะอื่นได้ตั้งที่ยังทำให้ผิวชิ้นงานสวยงาม และ (2) การชูลิโตะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย เช่น การชุบเงิน ชุบทอง และการชุบโครเมียม</p>	<p>1. คู่มือครูวิชาเคมี 3 (ว 037) 2. หนังสือเคมี 3. หนังสือชูลิโตะ 4. เอกสารทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้ เป็นสื่อการเรียนการสอน. 5. หนังสือเทคโนโลยีลิโตะบิวลิโตะ 6. หนังสือการชูลิโตะด้วยไฟฟ้า 7. หนังสือเคมี 3 8. หนังสือชูลิโตะโครเมียมชุบทอง 9. ชุดวิชาการชูลิโตะระดับเงิน-ทอง</p>

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	เนื้อหา	ความคิดรวบยอด/แนวคิดหลัก	เอกสารที่เกี่ยวข้อง
12. ปฏิบัติการชุบโลหะที่ใช้งานไม่มาไฟฟ้าได้	<p>เนื้อหา</p> <p>หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การชุบ วัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า</p>	<p>วัสดุที่จะนำมาชุบนั้นจะต้องนำไฟฟ้า ได้ แต่สำหรับวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าก็ สามารถที่จะนำมาชุบเคลือบผิวด้วย ไฟฟ้าได้เช่นกัน อย่างเช่น ดอกไม้ ใบไม้ แผลง ก้อนหิน เปลือกหอย ด้วย วิธีการดังนี้ (1) ทาซิลเวอร์แล็กเกอร์ (2) ทาบรอนซ์แล็กเกอร์ และ (3) กรรมวิธีทางเคมี</p>	<p>เอกสารที่เกี่ยวข้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. คู่มือครูวิชาเคมี 3 (ว 037) 2. หนังสือเคมี 3. หนังสือชุบทอง 4. เอกสารทักษะการศึกษาและ การเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้ เป็นสื่อการเรียนรู้การสอน. 5. หนังสือเทคโนโลยีเคลือบผิว 6. หนังสือการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 7. หนังสือเคมี 3 8. หนังสือชุบโครเมียมชุบทอง 9. ชุดวิชาการชุบเครื่องประดับ เงิน-ทอง

3.4. กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 1) เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยทองแดง นิกเกิล เงิน และทองได้
- 2) เตรียมชิ้นงานสำหรับการชุบโลหะไฟฟ้าแต่ละประเภทได้
- 3) ปฏิบัติการชุบโลหะด้วยทองแดงกรด ทองแดงต่าง นิกเกิล เงิน และทองได้
- 4) ปฏิบัติการชุบโลหะที่ชิ้นงานไม่นำไฟฟ้าได้

3.5 กำหนดวิธีการและแนวทางการเสนอเนื้อหา แบ่งเนื้อหาสาระเป็นหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้

3.6 การร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม ในการร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม ผู้ศึกษาได้กำหนดรูปแบบการเขียนและส่วนประกอบของหนังสืออ่านเพิ่มเติม ดังนี้

3.6.1 **รูปแบบการเขียน** ได้จัดเรียงเนื้อหาของหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยการแบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยการเรียนรู้และในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีเนื้อหาสัมพันธ์เชื่อมโยงโดยตลอด มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล ในการจัดรูปแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม จะยึดความถูกต้องตามหลักวิชาการเป็นสำคัญ

3.6.2 **ส่วนประกอบของหนังสืออ่านเพิ่มเติม** ได้กำหนดส่วนประกอบของหนังสือเพิ่มเติมดังนี้

- 1) ส่วนนำเรื่อง ได้แก่ ปกนอก ปกใน คำนำ สารบัญ
- 2) ส่วนเนื้อเรื่อง ได้แก่ เนื้อหา
- 3) ส่วนท้ายเรื่อง ได้แก่ บรรณานุกรม

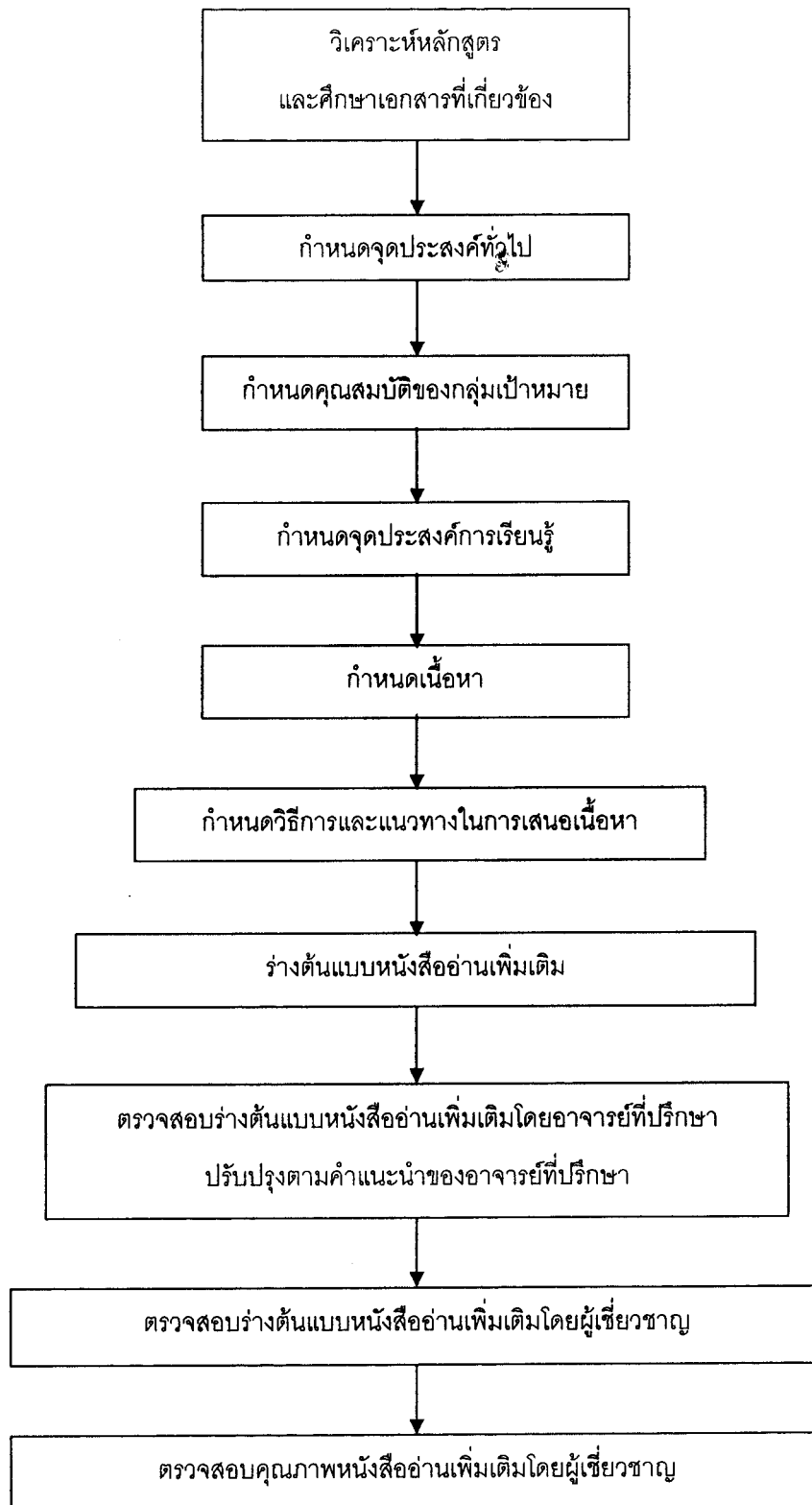
3.6.3 **การใช้ภาษา** การสื่อสารด้วยภาษา โดยเฉพาะภาษาเขียนที่ใช้ในหนังสืออ่านเพิ่มเติมเป็นสิ่งสำคัญ เพราะมีผลให้ผู้นำหนังสืออ่านเพิ่มเติมไปศึกษา ทำความเข้าใจ ให้เกิดความรู้และการปฏิบัติที่ถูกต้อง ดังนั้น จึงต้องใช้ภาษาให้ถูกต้องตามหลักภาษาไทย มีการเรียงลำดับข้อความให้อ่านง่าย ใช้ภาษาไม่ซับซ้อน แต่ลวรรคเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน

3.7 การตรวจสอบร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม นำร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติมเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจแล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ นำหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.8 การตรวจสอบคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติม นำหนังสืออ่านเพิ่มเติมที่แก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยใช้แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนท่าลี่วิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย

จากที่กล่าวมา สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

4. หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนท่าลี่วิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย โดยมีเนื้อหาจำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ โดยที่แต่ละหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วย เนื้อหา ดังนี้

- หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
 - หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า
 - หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเตรียมชิ้นงาน
 - หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น
 - หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย
 - หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า
- (หนังสืออ่านเพิ่มเติม ฉบับสมบูรณ์ ดังภาคผนวก ข)

5. การตรวจสอบคุณภาพหนังสือเพิ่มเติม

5.1 การประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญ ทางเนื้อหา การใช้ภาษา การนำเสนอเนื้อหา และภาพ ตาราง แผนภูมิ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพของหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และวิเคราะห์ข้อมูลผลการประเมินโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มีเกณฑ์การประเมินคุณภาพ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	4.50 – 5.00	หมายถึง มีคุณภาพระดับดีมาก
	3.50 – 4.49	หมายถึง มีคุณภาพระดับดี
	2.50 – 3.49	หมายถึง มีคุณภาพระดับปานกลาง
	1.50 – 2.49	หมายถึง มีคุณภาพระดับพอใช้
	1.00 – 1.49	หมายถึง ต้องปรับปรุง

5.2 ผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติม ปรากฏดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน	
	คะแนนเฉลี่ย	คุณภาพการประเมิน
1. เนื้อหา		
1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหนังสือ	4.67	ดีมาก
1.2 ถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.00	ดี
1.3 มีความยากง่ายเหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย	4.00	ดี
1.4 เนื้อหา มีรายละเอียดเพียงพอ	4.67	ดีมาก
1.5 การแบ่งประเด็นเนื้อหาเหมาะสม	3.67	ดี
รวม	4.20	ดี
2. การเสนอเนื้อหา		
2.1 มีรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่เหมาะสม	4.33	ดี
2.2 มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของ หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน	4.67	ดีมาก
2.3 น่าสนใจ	4.67	ดีมาก
2.4 การนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอน	4.67	ดีมาก
2.5 เป็นแนวทางในการลงมือปฏิบัติด้วย ตนเอง	4.00	ดี
รวม	4.47	ดี
3. การใช้ภาษา		
3.1 ถูกต้องตามหลักภาษา	4.33	ดี
3.2 สื่อความหมายชัดเจน	4.67	ดีมาก
3.3 ใช้ศัพท์เฉพาะถูกต้อง	4.33	ดี
รวม	4.44	ดี

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน	
	คะแนนเฉลี่ย	คุณภาพการประเมิน
4. ภาพ ตาราง แผนภูมิ		
4.1 มีความถูกต้องชัดเจนและเป็นปัจจุบัน	3.67	ดี
4.2 มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา	4.67	ดีมาก
4.3 มีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ	4.00	ดี
4.4 ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนขึ้น	4.00	ดี
รวม	4.09	ดี

บทที่ 3

สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะ

เอกสารที่จัดทำขึ้นนั้นเป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสืออ่านเพิ่มเติม รายวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุกโคโหะด้วยไฟฟา สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนท่าลัวิทยา อำเภอล่าลี่ จังหวัดเลย เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และประสบการณ์ เกี่ยวกับการชุกโคโหะด้วยไฟฟา เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพตลอดจนนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเรียบเรียงเนื้อหาเน้นมีลักษณะเชิงวิชาการ และมีกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ผู้เรียนมีความสุข ไม่เครียด สอดคล้องกับความถนัด และความสนใจของผู้เรียน มีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางและสาระที่เกี่ยวกับท้องถิ่นซึ่งในหนังสืออ่านเพิ่มเติมนี้ สามารถสรุปผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมและข้อเสนอแนะดังนี้

1. สรุปการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

หนังสืออ่านเพิ่มเติมฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ขั้นตอนการสร้าง และผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม ดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างหนังสือเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุกโคโหะด้วยไฟฟา สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

1.2 วิธีการศึกษา

ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พุทธศักราช 2545 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คำอธิบายรายวิชาเคมี 3 (ว 40223) และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จากหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนท่าลัวิทยา เอกสารหนังสือความรู้เกี่ยวกับการชุกโคโหะด้วยไฟฟา ข้อมูลจากการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการและการศึกษาจากแหล่งวิทยาการ และจากเอกสาร/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดรูปแบบของหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.3 ขั้นตอนการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.3.1 นำข้อมูลจากการศึกษาเอกสารหนังสือและแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ มาวิเคราะห์แล้วกำหนดโครงสร้างและจัดทำร่างต้นแบบหนังสืออ่านเพิ่มเติม

1.3.2 นำร่างต้นแบบไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจ และปรับแก้ตาม

ข้อเสนอแนะ

1.3.3 นำร่างต้นแบบเอกสารที่ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ภาพรวม

(1) หนังสือน่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับนักเรียนสายอาชีพหรือนักเรียนสารพัดช่าง

(2) การเรียงลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนดี แต่เนื่องจากขั้นตอนการหุบมีรายละเอียดมาก น่าจะเขียนเป็นแผนภาพให้เข้าใจขั้นตอนทั้งหมดก่อนที่จะแจกแจงรายละเอียดแต่ละเรื่อง

(3) มีการใส่ภาพประกอบไว้มากและมีการเขียนการ์ตูนประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายและไม่เครียด

2) ความคงเส้นคงวาของการเขียน

(1) การเขียนหน่วยควรใช้เป็นแบบเดียวกัน บางครั้งใช้หน่วยเต็ม บางครั้งใช้หน่วยย่อ

(2) ศัพท์คำเดียวกันควรเขียนเหมือนกัน

3) ภาษา

บางหัวข้อไม่มีการเกริ่นนำเพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อกับรายละเอียดที่ต้องการขยายความ

4) สารสำคัญทางเคมี

(1) ครึ่งเซลล์หน้า 5 ควรแยกให้เห็นว่ามีครึ่งเซลล์โลหะ ครึ่งเซลล์อโลหะ ครึ่งเซลล์ประเภทใดใช้ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย

(2) การหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ตามสูตรที่ให้ไว้ต้องให้กับศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์รีดักชัน

(3) ควรอธิบายเพิ่มเติมที่มาของตัวเลข ในหน้า 13

5) ภาพประกอบ

(1) หลายภาพไม่ชัดเจน เช่น 1.11 1.12 2.2 ควรมี label เพราะไม่ทราบว่าจะดูอะไรในภาพ

(2) การถ่ายภาพจากสถานที่จริงเป็นสิ่งที่ดี แต่จะต้องจัดแสดงเฉพาะสิ่งที่ต้องการสื่อสารเท่านั้น เพื่อให้ผู้ดูจะได้ไม่สับสน

(3) นำจะจัดรูปภาพตามลำดับขั้นตอนของการชูปโลหะอย่างต่อเนื่องไว้ในตอนสรุปหรืออาจทำเป็นกิจกรรมให้ผู้อ่านเรียงลำดับและตรวจสอบคำตอบจากเฉลย

1.3.4 นำเอกสารที่ปรับแก้ตามข้อ 1.3.3 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพ

1.4 ผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม

ผลการประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1.4.1 ด้านเนื้อหา คะแนนเฉลี่ย 4.20 คุณภาพการประเมินอยู่ในระดับ ดี

1.4.2 ด้านการใช้ภาษา คะแนนเฉลี่ย 4.47 คุณภาพการประเมินอยู่ในระดับ ดี

1.4.3 ด้านการนำเสนอเนื้อหา คะแนนเฉลี่ย 4.44 คุณภาพการประเมินอยู่ในระดับ ดี

1.4.4 ภาพ ตาราง แผนภูมิ คะแนนเฉลี่ย 4.09 คุณภาพการประเมินอยู่ในระดับ ดี

โดยภาพรวมผลการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติม มีคะแนนเฉลี่ย 4.30 และมีคุณภาพการประเมินอยู่ในระดับ ดี

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากหนังสืออ่านเพิ่มเติม

หนังสืออ่านเพิ่มเติม จะเป็นประโยชน์ทั้งต่อครูผู้สอน และผู้เรียน ดังนี้

1) ได้หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนท่าลี่วิทยา อำเภอท่าลี่ จังหวัดเลย

2) เป็นแนวทางการเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาเคมีชั้นอื่นๆ ต่อไป

3) เป็นแนวทางสำคัญของครูผู้สอน ในการจัดกิจกรรมและประสบการณ์ สำหรับนักเรียนให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ได้

4) ช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีความสนใจและมีความรักในรายวิชาเคมี

5) ช่วยให้นักเรียนบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาค้นคว้าไปใช้

2.1.1 นักเรียนช่วงชั้น ที่ 4 สามารถศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้าเคมี เซลล์ไฟฟ้าเคมี และการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจากหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

2.1.2 ครูผู้สอนสามารถนำหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ใช้เป็นเอกสารประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนชุมนุมวิทยาศาสตร์

2.1.3 นักเรียนสายสามัญ สายอาชีพ และบุคคลที่สนใจ สามารถศึกษานั่งสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประกอบอาชีพเกี่ยวกับการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าได้

2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.2.1 ควรมีการสร้างหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ และรายวิชาอื่นๆ ซึ่งจะทำให้ได้สื่อที่มีประสิทธิภาพในการก่อให้เกิดองค์ความรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน และเพื่อให้ผู้เรียนสนใจในเรื่องราวต่างๆ และมีหนังสืออ่านเพิ่มเติมในการศึกษาค้นคว้าอีกด้วย

2.2.2 ควรมีการศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อหนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

2.2.3 ควรมีการทำวิจัยเพื่อศึกษาผลการทดลองใช้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) *คู่มือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เอกสารประกอบหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) *หลักสูตรสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545) *คู่มือการจัดการการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546) *การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- คำรณ ล้อมในเมือง (2551) *การออกแบบการวิจัย การสร้างนวัตกรรมและการเอนรายงานการวิจัย.กาฬสินธุ์* ประสานการพิมพ์
- จินตนา ไบกาชุยี่ (2530) *การเขียนสื่อการเรียนการสอน* .กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น
- นภาลักษณ์ สุวรรณธาดา (2548) *ผลงานวิชาการและบทความ* กรุงเทพมหานคร ภาพพิมพ์
- ปานรวี ยงยุทธวิชัย (2548) *การเขียนหนังสืออ่านเพิ่มเติม* กรุงเทพมหานคร ธารอักษร
- ปรีชา ช่างขวัญเย็น (2548) *เทคนิคการเขียนและผลิตตำรา* กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภาควิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา (2538) *เทคโนโลยีการศึกษา* อุดรธานี คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุดรธานี
- โรงเรียนท่าลี่วิทยา (2550) *หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4*
- เลย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

นายณรงค์ศิลป์ ฐูปพนม

หัวหน้าสาขาเคมี

สถานที่ทำงาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

นางวัชรีย์ อยู่สุข

ครูชำนาญการ

สถานที่ทำงาน โรงเรียนวังพิรุณพิทยาคม

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

นางเอื้องไพร นาคำเจริญ

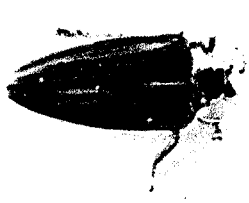
ครูชำนาญการ

สถานที่ทำงาน โรงเรียนภูเวียงวิทยาคม

ภาคผนวก ข

หนังสืออ่านเพิ่มเติมรายวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 เรื่องการชูปโลหะด้วยไฟฟ้า

การขุมนไล่ที่กินไฟฟ้า



HILUX



รุ่นเรือธง ใหม่จับมือ

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา

การเขียน โปรแกรมด้วยภาษา

คำนำ

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งเป็นกรอบหลักสูตรที่ให้โรงเรียนทั่วประเทศใช้เป็นแนวทางสร้างหลักสูตรสถานศึกษา เป็นหลักสูตรที่เน้นมาตรฐานการเรียนรู้ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6) จะต้องได้รับการพัฒนาให้มีสาระและกระบวนการเรียนรู้เป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดในหลักสูตร รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนพัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดอย่างสร้างสรรค์ ในการจัดการเรียนการสอนจะต้องตอบสนองความสนใจและความถนัดของผู้เรียนที่แตกต่างกัน ในการศึกษาต่อหรือประกอบอาชีพ

ตามนโยบายของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 การจัดการเรียนการสอนเน้นให้มีการจัดการศึกษาให้เกิดการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ และต้องจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต สื่อการเรียนการสอนจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งอีกประการหนึ่งต่อการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยเน้นให้ใช้สื่อใกล้ตัวที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นสำคัญ และสังคมโลกในปัจจุบันเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ที่ไร้พรมแดน การใช้สื่อประเภทเทคโนโลยีสารสนเทศจึงมีบทบาทขึ้นด้วย สื่อการเรียนการสอนที่มีคุณภาพจะช่วยส่งเสริมและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ติดตามบทเรียนและสร้างความรู้ความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องอาศัยวัสดุอุปกรณ์และสื่อต่างๆ เป็นจำนวนมาก สื่อชนิดหนึ่งที่น่าสนใจใช้กันอย่างแพร่หลายคือ สื่อสิ่งพิมพ์ มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง คือช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และยังเป็นแหล่งชี้แนะการจัดมวลงประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนที่นำไปสู่การเรียนรู้แนวคิดหลักและกระบวนการเรียนรู้ด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้เขียนจึงจัดทำหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์เรื่อง "การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า" สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ในรูปแบบที่มีเนื้อหา สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาและรายวิชาเคมี 3 ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับ ปฏิกิริยาเคมี เซลล์ไฟฟ้าเคมี ประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี หลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าชนิดต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่หลักสูตรกำหนด

หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่อง การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้การเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สามารถพัฒนานักเรียนตามลักษณะอันพึงประสงค์ของสถานศึกษา การจัดทำหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์เล่มนี้ได้รับความร่วมมือจากผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ

หัวหน้าฝ่ายบริหารวิชาการ หัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนท่าลี่วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ได้ช่วยพัฒนาเป็นเอกสารประกอบการเรียนที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความรู้ที่เน้นการบูรณาการ การเรียนการสอนที่ตอบสนองต่อความถนัด และความสนใจของผู้เรียน และสามารถใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพ ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เน้นกระบวนการวิจัยพื้นฐานอย่างง่าย ตลอดจนเป็นการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ และค่านิยมทางสังคม

ผู้จัดทำหวังว่า หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เรื่องการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเล่มนี้จะเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดต่อผู้เรียนและผู้สนใจ

นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม

คำชี้แจง

หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง การชูลโหะด้วยไฟฟ้าเล่มนี้ จัดทำขึ้น เพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ผู้เรียนสามารถใช้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เกี่ยวกับ ไฟฟ้าเคมี การชูลโหะด้วยไฟฟ้า และนำความรู้ที่ได้ไปประกอบอาชีพได้ หนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง การชูลโหะด้วยไฟฟ้านี้ได้รวบรวมหลักการ ทฤษฎี ทางเคมีเกี่ยวกับการชูลโหะด้วยไฟฟ้า ตลอดจนเทคนิควิธีการ การชูลโหะด้วยไฟฟ้า ไว้เป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชูลโหะด้วยไฟฟ้า หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อุปกรณ์เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชูลโหะด้วยไฟฟ้า หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเตรียมชิ้นงาน หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การชูลโหะเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การชูลโหะเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย และหน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การชูลโหะวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า ผู้ศึกษาจะต้องทำการศึกษาตามลำดับหน่วยการเรียนรู้ แล้วจะเข้าใจหลักการ เทคนิคและวิธีการชูลโหะด้วยไฟฟ้า นำไปสู่การปฏิบัติการชูลโหะด้วยไฟฟ้าได้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	1
1.1 ไฟฟ้าเคมี	2
1.2 หลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	17
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	19
2.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	20
2.2 สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	25
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเตรียมชิ้นงาน	29
3.1 การขัดชิ้นงาน	30
3.2 การล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า	31
3.3 ตัวอย่างการเตรียมผิวชิ้นงาน	35
หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น	39
4.1 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง	40
4.2 การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล	49
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ให้สอย	53
5.1 การชุบเคลือบผิวด้วยเงิน	54
5.2 การชุบเคลือบผิวด้วยทอง	56
5.3 การชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียม	59
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า	62
6.1 เทคนิคการทำให้วัสดุนำไฟฟ้าได้	63
6.2 การชุบดอกไม้ด้วยทอง	65
6.3 การชุบแมลง	68
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	74

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) ต่างๆ ที่ 25 องศาเซลเซียส	9
ตารางที่ 1.2 สมมูลไฟฟ้าเคมี	15
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบและร้อยละของสารเคมีที่ใช้เป็นสารทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ตามชนิดของโลหะที่เป็นชิ้นงาน	27
ตารางที่ 3.1 การเลือกใช้ขนาดของผงทรายในการขัดชิ้นงานลักษณะต่างๆ	31
ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบและร้อยละของสารเคมีที่ใช้เป็นสารทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ตามชนิดของโลหะที่เป็นชิ้นงาน	33
ตารางที่ 4.1 ปัญหาในการชุบทองแดงต่างและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงต่าง	44
ตารางที่ 4.2 ปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงแบบกรด	48
ตารางที่ 4.3 ปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบนิกเกิล	51

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1.1 แผนภาพแสดงความแตกต่างระหว่างเซลล์กัลวานิก และเซลล์อิเล็กโทรไลต์	3
ภาพที่ 1.2 ปฏิกริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนโดยจุ่มแผ่น Zn ลงในสารละลาย CuSO_4 จะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดย Zn สึกกร่อน เกิดสารสีน้ำตาล และสารละลายสีฟ้าจางลง	3
ภาพที่ 1.3 ปฏิกริยารีดักชัน	4
ภาพที่ 1.4 ปฏิกริยาออกซิเดชัน	4
ภาพที่ 1.5 ปฏิกริยารีดอกซ์	5
ภาพที่ 1.6 ครึ่งเซลล์ทองแดงและครึ่งเซลล์สังกะสี	5
ภาพที่ 1.7 สะพานเกลือ	6
ภาพที่ 1.8 เซลล์กัลวานิกที่ประกอบด้วยครึ่งเซลล์ Zn ต่อกับครึ่งเซลล์ Cu	6
ภาพที่ 1.9 ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน	8
ภาพที่ 1.10 ถ่านไฟฟ้า	10
ภาพที่ 1.11 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว	10
ภาพที่ 1.12 ส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์	11
ภาพที่ 1.13 การให้และรับอิเล็กตรอนในเซลล์อิเล็กโทรไลต์	12
ภาพที่ 1.14 องค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการชุบ	17
ภาพที่ 2.1 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า	20
ภาพที่ 2.2 การติดตั้งอุปกรณ์การต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า	21
ภาพที่ 2.3 รวดโลหะที่ทำด้วยสแตนเลสและทองแดงวางพาดบนถังชุบทองแดงกรด	21
ภาพที่ 2.4 ถังชุบที่ทำจากวัสดุ พี วี ซี (polyvinyl chloride) ขนาด 20 ลิตร	22
ภาพที่ 2.5 ใช้บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตรทำถังชุบ	22
ภาพที่ 2.6 ถังแบบกึ่ง	22
ภาพที่ 2.7 แปรงลวดทองเหลือง	23
ภาพที่ 2.8 มอเตอร์ขัด	23
ภาพที่ 2.9 ตัวล่อทองแดงต่าง	24

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 2.10 ตัวล่อทองแดงกรด	24
ภาพที่ 2.11 ตัวล่อนิกเกิล	24
ภาพที่ 2.12 ตัวล่อทองที่ใช้สแตนเลส	24
ภาพที่ 3.1 การขัดชิ้นงาน	30
ภาพที่ 3.2 ถังล้างด้วยไฟฟ้า	33
ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงานระหว่างการชุบทองแดงต่างและทองแดงกรด ของชิ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	36
ภาพที่ 3.4 สรุปขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อแบบฉีด	37
ภาพที่ 4.1 ถังชุบทองแดงกรด	47
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ชุบด้วยโลหะนิกเกิล	49
ภาพที่ 6.1 การผูกลวดทองแดง	66
ภาพที่ 6.2 การเคลือบซิลเวอร์แลกเกอร์	66
ภาพที่ 6.3 การบัดกรี	67
ภาพที่ 6.4 การชุบทองแดงกรด	67
ภาพที่ 6.5 ชิ้นงานที่สำเร็จแล้ว	67
ภาพที่ 6.6 ขั้นตอนการชุบแมลง	69
ภาพที่ 6.7 ชิ้นงานชุบทอง	70

หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
1. หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	1.1 ไฟฟ้าเคมี	1.1.1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี 1) เซลล์กัลวานิก 2) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ 1.1.2 กฎฟาราเดย์
	1.2 หลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	1.2.1 องค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 1.2.2 ประโยชน์ของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ก่อนที่จะกล่าวถึงการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจำเป็นจะต้องกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าซึ่งเกี่ยวข้องกับ ความรู้พื้นฐานทางเคมีไฟฟ้า ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ตลอดจนการเตรียมสารละลาย

ตอนที่ 1.1 ไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry)

ไฟฟ้าเคมี เป็นเรื่องราวที่ว่าด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้เกิดไฟฟ้า ถึงแม้ว่ากระบวนการการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะตรงข้ามกัน แต่ก็อาศัยหลักการพื้นฐานเดียวกัน ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าเคมี เรียกว่า “ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี”

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (Electrochemical reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน หรือ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดในเซลล์กัลวานิก แบตเตอรี่ และนอกจากนั้นยังสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมี คือผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารต่างๆ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การแยกสลายด้วยไฟฟ้าการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนเรียกว่า “ปฏิกิริยารีดอกซ์” ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน จะมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันเสมอ กล่าวคือจะมีการเพิ่มหรือลดเลขออกซิเดชันของสารในปฏิกิริยา

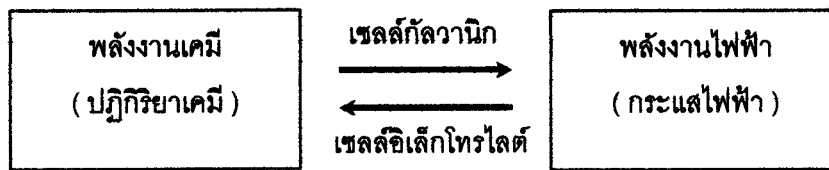
1.1.1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (electrochemical cell) คือเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานทางเคมี เซลล์ไฟฟ้าเคมีจึงแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เซลล์กัลวานิก และเซลล์อิเล็กโทรไลต์

1) **เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) หรือเซลล์โวลตาอิก (voltaic cell)** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารเคมีในเซลล์แล้วเกิดการไหลของอิเล็กตรอน หรือเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

2) **เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell)** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารเคมีที่อยู่ในเซลล์แล้วทำให้

เกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น เซลล์การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งกล่าวสรุปโดยใช้แผนภาพ 1.1



ภาพที่ 1.1 แผนภาพแสดงความแตกต่างระหว่างเซลล์กัลวานิก และเซลล์อิเล็กโทรไลต์ องค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

1. ขั้วไฟฟ้า มีอยู่ 2 ชนิด คือ

ขั้วแอโนด (active electrode) คือ ขั้วที่บางโอกาสจะเข้าไปมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยา เช่น ขั้วโลหะทั่วไป Zn Cu Cr

ขั้วแคโทด (inert electrode) คือ ขั้วที่ไม่มีส่วนร่วมใดๆ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น แพลทินัม แกรไฟต์

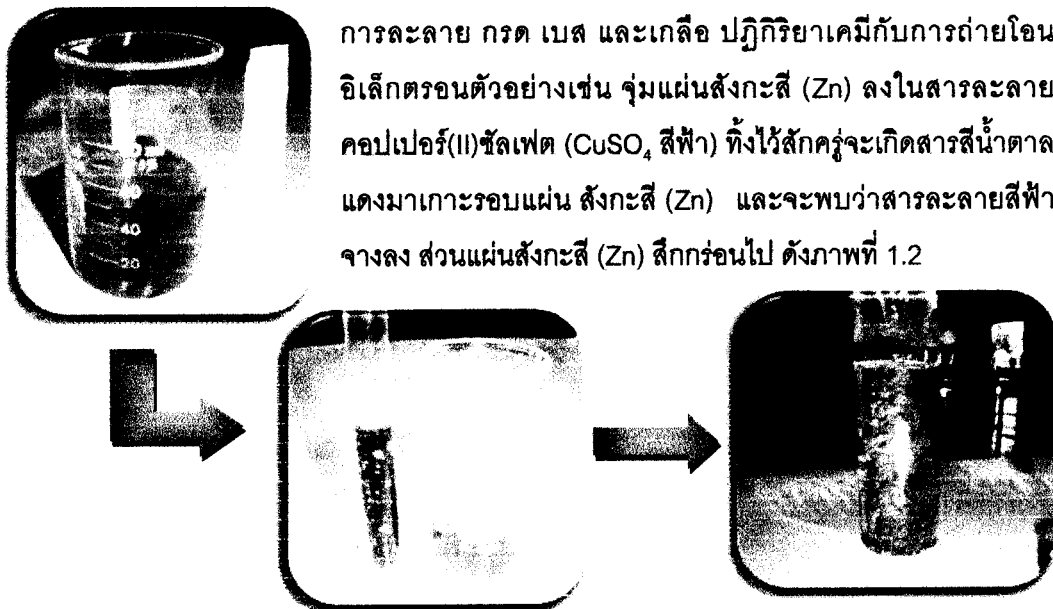
สำหรับในเซลล์ไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะต้องประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว เสมอ คือ

ขั้วแอโนด (anode) คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

ขั้วแคโทด (cathode) คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน มีเลขออกซิเดชันลดลง

2. สารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) คือ สารที่มีสถานะเป็นของเหลวนำไฟฟ้าได้ เพราะมี

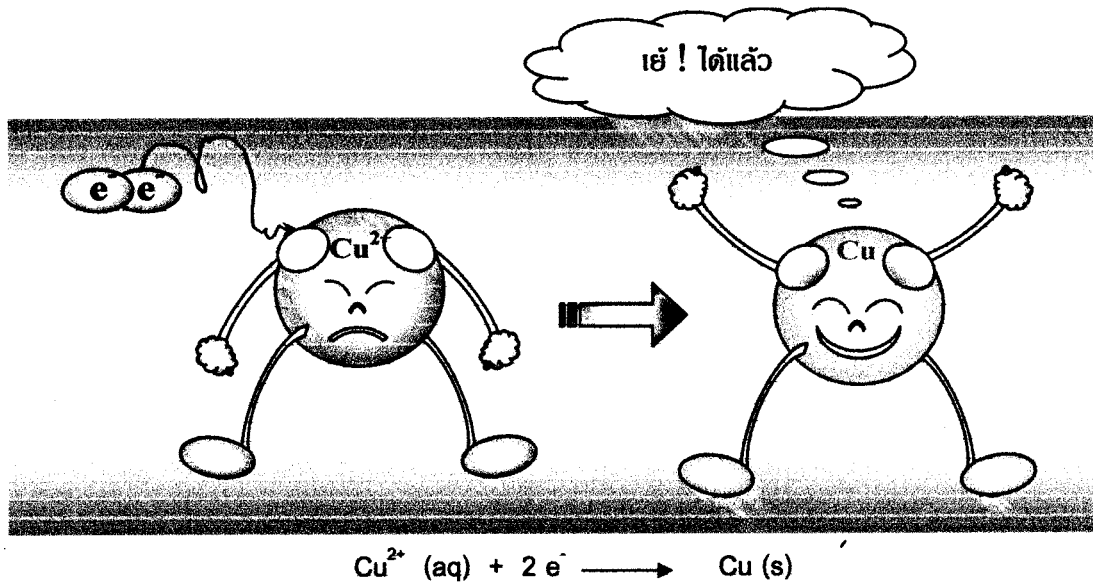
ไอออนเคลื่อนที่ได้อิสระ ได้แก่ สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว การละลาย กรด เบส และเกลือ ปฏิกิริยาเคมีกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอนตัวอย่างเช่น จุ่มแผ่นสังกะสี (Zn) ลงในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟต (CuSO_4 สีฟ้า) ทิ้งไว้สักครู่จะเกิดสารสีน้ำตาลแดงมาเกาะรอบแผ่นสังกะสี (Zn) และจะพบว่าสารละลายสีฟ้าจางลง ส่วนแผ่นสังกะสี (Zn) สีกกร่อนไป ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนโดยจุ่มแผ่น Zn ลงในสารละลาย CuSO_4 จะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดย Zn สีกกร่อน เกิดสารสีน้ำตาล และสารละลายสีฟ้าจางลง

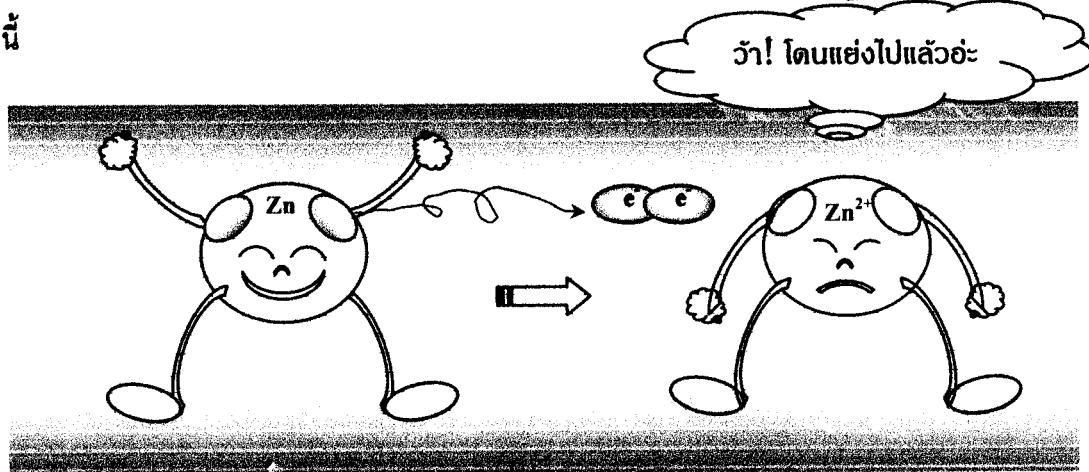
จากการเปลี่ยนแปลงในภาพที่ 1.2 อธิบายได้ดังนี้

ในสารละลาย CuSO_4 สีฟ้าเกิดจาก $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ดังนั้นเมื่อสีฟ้าจางลงแสดงว่า $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ลดจำนวนลง ในขณะที่เดียวกันก็เกิดสารสีน้ำตาลแดงของ $\text{Cu}(\text{s})$ มาเกาะที่ แผ่น $\text{Zn}(\text{s})$ ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นคือ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ รับอิเล็กตรอนกลายเป็น $\text{Cu}(\text{s})$ ดังภาพที่ 1.3



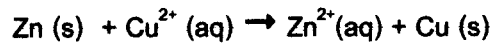
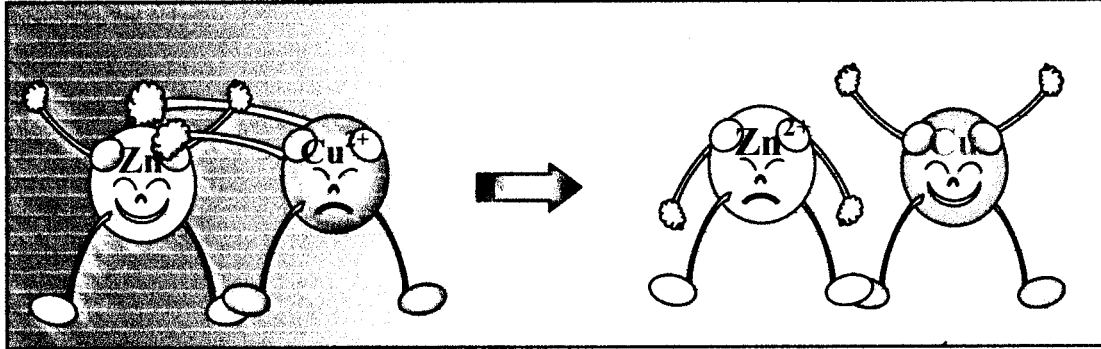
ภาพที่ 1.3 ปฏิกริยารีดักชัน

ส่วน Zn สึกกร่อน โดยให้อิเล็กตรอนแก่ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ กลายเป็น $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ซึ่งเกิดปฏิกริยาดังภาพที่ 1.4 นี้



รูป 1.4 ปฏิกริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยารวม คือสารละลาย CuSO_4 สีฟ้าจางลงแสดงว่า $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ลดจำนวนลง ในขณะที่เดียวกันก็เกิดสารสีน้ำตาลแดงของ $\text{Cu}(\text{s})$ มาเกาะที่แผ่น $\text{Zn}(\text{s})$ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ ในสารละลายรับอิเล็กตรอนกลายเป็น $\text{Cu}(\text{s})$ ส่วน Zn สึกกร่อน โดยให้อิเล็กตรอนแก่ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ กลายเป็น $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 ปฏิกิริยารีดอกซ์

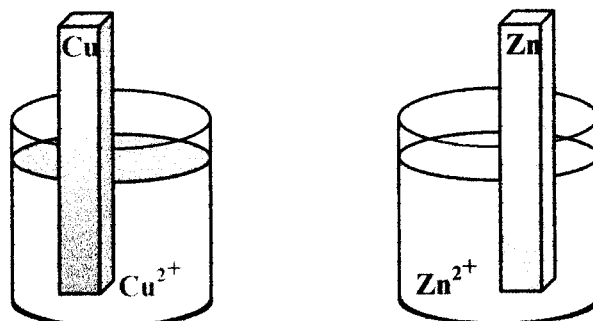
เรื่อง 1.2.1 เซลล์กัลวานิก (galvanic cell)

เซลล์กัลวานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไป

1) เซลล์กัลวานิก (galvanic cell)

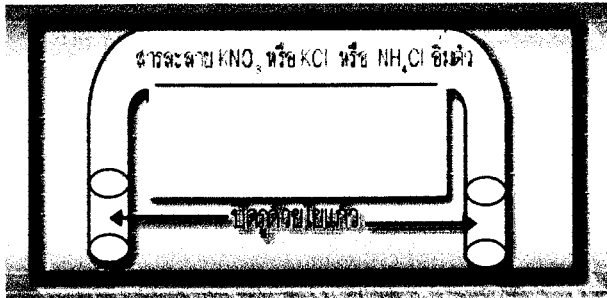
เซลล์กัลวานิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไป เซลล์กัลวานิกจะประกอบไปด้วย ครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน และเชื่อมต่อครบวงจรภายในโดยใช้สะพานเกลือต่อเข้าระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์

ครึ่งเซลล์ (half cell) คือระบบที่ประกอบด้วยโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายที่เป็นไอออนของโลหะนั้น โดยใช้โลหะนั้นหรือขั้วเฉื่อยเป็นขั้วไฟฟ้า ตัวอย่าง ครึ่งเซลล์ที่ประกอบด้วยโลหะจุ่มร่วมกับไอออนของโลหะ ดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ครึ่งเซลล์ทองแดง และครึ่งเซลล์สังกะสี

สะพานเกลือ (salt bridge) คือ ตัวเชื่อมต่อวงจรภายในของแต่ละครึ่งเซลล์เข้าด้วยกัน



เพื่อให้ครบวงจรโดยไอออนในแต่ละครึ่งเซลล์สามารถไหลผ่านสะพานเกลือได้ สะพานเกลือเป็นตัวกันไม่ให้สารละลายในครึ่งเซลล์ทั้งสองนั้นผสมกัน

ภาพที่ 1.7 สะพานเกลือ

หน้าที่ของสะพานเกลือ คือ ทำหน้าที่เชื่อมครึ่งเซลล์ทั้งสองเข้าด้วยกันจึงทำให้เซลล์ไฟฟ้าครบวงจร และยังช่วยลดประจุ ไม่ให้สารละลายในครึ่งเซลล์เกิดการสะสมประจุซึ่งจะเป็นผลให้การไหลของกระแสไฟฟ้าลดลงได้

ส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก

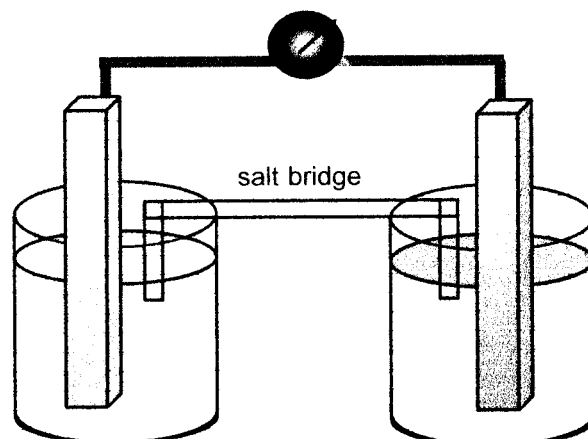
เซลล์กัลวานิกประกอบด้วย ขั้ว และสารอิเล็กโทรไลต์

1. **ขั้ว** การแบ่งขั้วใช้เกณฑ์ต่างกันดังนี้

แบ่งขั้วตามการเกิดปฏิกิริยาเป็นเกณฑ์ แบ่งออกเป็น 2 ขั้ว คือ **ขั้วแอโนด** เป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ **ขั้วแคโทด** เป็นขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

แต่ถ้าแบ่งขั้วตามการไหลของอิเล็กตรอนเป็นเกณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้ว คือ **ขั้วลบ** เป็นขั้วที่มีอิเล็กตรอนไหลออก และ **ขั้วบวก** เป็นขั้วที่อิเล็กตรอนไหลเข้า

2. **สารอิเล็กโทรไลต์** คือ สารที่มีสถานะเป็นของเหลว มีไอออนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ นำไฟฟ้าได้แสดงส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก ดังภาพที่ 1.8



ภาพที่ 1.8 เซลล์กัลวานิกที่ประกอบด้วยครึ่งเซลล์ Zn ต่อกับครึ่งเซลล์ Cu

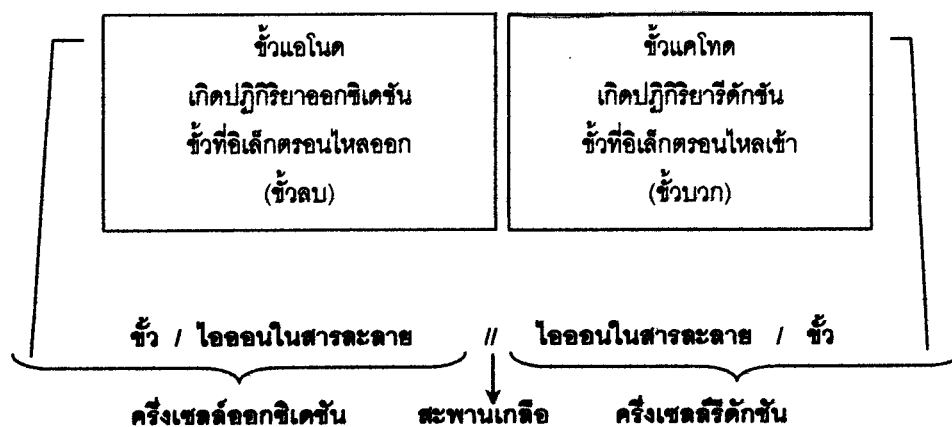
การเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

การเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก เป็นการแสดงสัญลักษณ์ที่บอกให้ทราบชนิดของครึ่งเซลล์ที่มีขั้วเป็นแอโนด และเป็นแคโทด

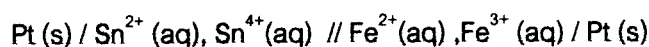
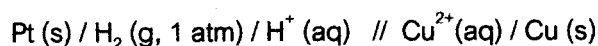
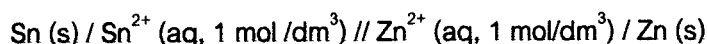
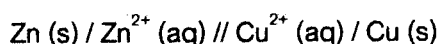
หลักการเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก

1. เขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันไว้ทางซ้าย และครึ่งเซลล์รีดักชันไว้ทางขวา
2. ถ้าสารต่างสถานะกันให้คั่นด้วยเครื่องหมาย / และถ้าสถานะเดียวกันก็ให้คั่นด้วยเครื่องหมาย ,
3. สะพานเกลือให้เขียนไว้ตรงกลาง ระหว่างครึ่งเซลล์ทั้ง 2 ให้คั่นด้วยเครื่องหมาย //
4. จะเขียนความเข้มข้นของสารละลายหรือความดันของแก๊สได้โดยการเขียนใส่ในวงเล็บตามหลังไอออนนั้น

สรุปการเขียนแผนภาพ



ตัวอย่างแผนภาพของเซลล์กัลวานิก



ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์

ในเซลล์กัลวานิกใดๆ สามารถวัดค่าความต่างศักย์ได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์ ผลต่างของศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ทั้งสองก็คือ ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์นั่นเอง สำหรับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์นั้นไม่สามารถวัดได้โดยตรง ซึ่งเป็นค่าที่หาได้จากการเปรียบเทียบกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานเป็นครึ่งเซลล์มาตรฐานที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบหาค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์มาตรฐานที่ต้องการหาศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0)

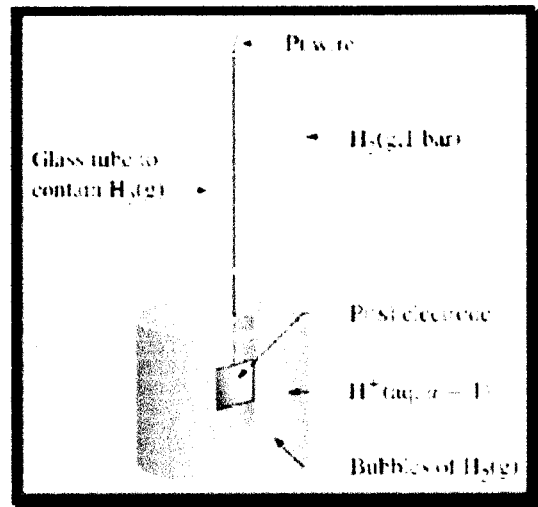
1. นำครึ่งเซลล์มาตรฐานที่ต้องการมาหาค่า E^0 มาต่อกับครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐานเป็นเซลล์กัลวานิก และมีโวลต์มิเตอร์ต่ออยู่ด้วย แล้วอ่านค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ (E^0_{cell})

2. สังเกตการเบนเข็มของโวลต์มิเตอร์ ขั้วที่เข็มเบนออกเป็นขั้วลบ (แอโนด) และขั้วที่เข็มเบนเข้าเป็นขั้วบวก (แคโทด)

3. กำหนดให้ ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจน = 0.00 v

4. คำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) จากสมการ

$$E^0_{\text{cell}} = E^0_{\text{Cathode}} - E^0_{\text{Anode}}$$



ภาพที่ 1.9 ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน

ตารางที่ 1.1 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ (E^0) ต่างๆ ที่ 25 องศาเซลเซียส

ครึ่งปฏิกิริยา	E^0	
$K^+ + e^- \rightleftharpoons K$	-2.924	ตัวรีดิวซ์ ที่
$Ba^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ba$	-2.90	
$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ca$	-2.76	
$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na$	-2.7109	
$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$	-2.375	
$H_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2H^-$	-2.23	
$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	-1.706	
$Mn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mn$	-1.04	
$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	-0.7628	
$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr$	-0.74	
$S + 2e^- \rightleftharpoons S^{2-}$	-0.508	
$2CO_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2C_2O_4$	-0.49	
$Cr^{3+} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}$	-0.41	
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	-0.409	
$Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co$	-0.28	
$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$	-0.23	
$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	-0.1364	
$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$	-0.1263	
$Fe^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Fe$	-0.036	
$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.0000 ...	
$S_4O_6^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2S_2O_3^{2-}$	0.0895	
$Sn^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}$	0.15	
$Cu^{2+} + e^- \rightleftharpoons Cu^+$	0.158	
$Cu^+ + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	0.3402	
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	0.401	
$Cu^+ + e^- \rightleftharpoons Cu$	0.522	
$I_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3I^-$	0.5338	
$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2 + 4OH^-$	0.588	
$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	0.682	
$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	0.770	
$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	0.7961	
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	0.7996	
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	0.851	
$H_2O_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2OH^-$	0.88	
$HNO_3 + 3H^+ + 3e^- \rightleftharpoons NO + 2H_2O$	0.96	
$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	1.087	
$2IO_3^- + 12H^+ + 10e^- \rightleftharpoons I_2 + 6H_2O$	1.19	
$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e^- \rightleftharpoons Cr^{3+} + 4H_2O$	1.195	
$Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt$	1.2	
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$	1.208	
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.229	
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33	
$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	1.3583	
$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2H_2O$	1.467	
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	1.491	
$Au^+ + e^- \rightleftharpoons Au$	1.68	
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	1.776	
$Co^{3+} + e^- \rightleftharpoons Co^{2+}$	1.842	
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	2.05	
$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons O_2 + H_2O$	2.07	
$F_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2HF$	3.03	

ที่มา : Bodner, George M, et al, Chemistry (An Experimental Science), 2nd ed, 1995,
P 732

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์สามารถทำนายทิศทางของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ดังนี้

1. ถ้า E°_{cell} มีค่ามากกว่า 0 หรือ เป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดตามสมการที่เขียนหรือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เอง

2. ถ้า E°_{cell} เท่ากับ 0 แสดงว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นขณะนั้นเข้าสู่ภาวะสมดุล

3. ถ้า E°_{cell} มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่า ปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่เกิดตามสมการที่เขียนถ้าจะเกิดต้องเขียนในทิศทางย้อนกลับ

ประโยชน์ของเซลล์กัลวานิก

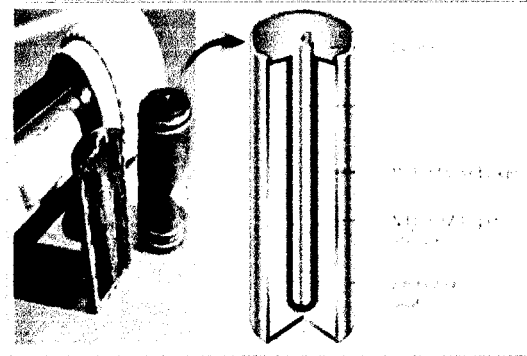
เซลล์กัลวานิกนำมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง(DC)

เซลล์กัลวานิกแบ่งประเภทตามลักษณะการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เซลล์ปฐมภูมิ และเซลล์ทุติยภูมิ

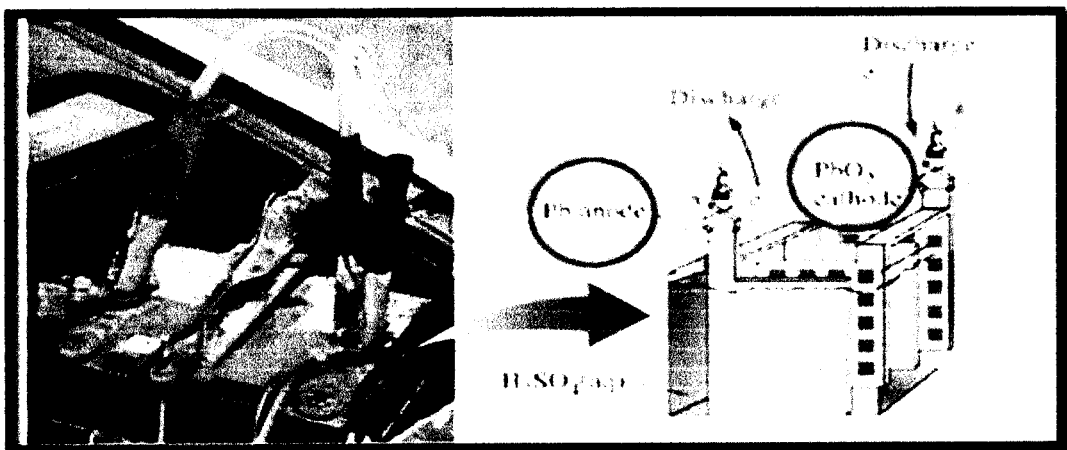
ก. เซลล์ปฐมภูมิ (Primary cell) เป็นเซลล์ที่สร้างขึ้นมาแล้วนำไปจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เลยแต่เมื่อใช้ไปแล้วส่วนประกอบบางส่วน

จะหมดเปลืองไปไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ตัวอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน

ข. เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell) เป็นเซลล์ที่สร้างขึ้นแล้วต้องนำไปประจุไฟก่อนจึงจะนำไปจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ และเมื่อใช้ไปแล้วส่วนประกอบบางอย่างจะหมดเปลืองไปแต่สามารถทำให้กลับสู่สภาพเดิมได้ โดยนำเซลล์ไฟฟ้านี้ไปประจุไฟฟ้าใหม่ ตัวอย่างเช่น เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว เซลล์นิกเกิลแคดเมียม



ภาพที่ 1.10 ถ่านไฟฉาย



ภาพที่ 1.11 เซลล์สะสมไฟฟ้าแบบตะกั่ว

2) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell)

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า (กระแสตรง ; DC) เข้าไปในเซลล์ที่ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าสองขั้วจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นภายในเซลล์ เรียกกระบวนการนี้ว่า "อิเล็กโทรลิซิส" (electrolysis) และเรียกเซลล์ไฟฟ้าเคมีนี้ว่า "เซลล์อิเล็กโทรไลต์" ดังภาพที่ 1.12

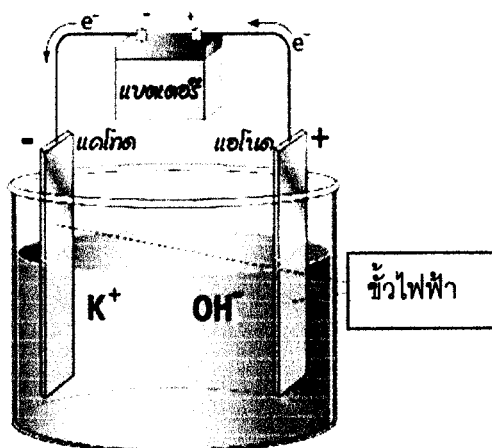
เซลล์อิเล็กโทรไลต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่งที่ให้พลังงานไฟฟ้าผ่านเข้าไปแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

ลักษณะสำคัญของอิเล็กโทรลิซิส (electrolysis)

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเซลล์ต้องเป็นกระแสตรง (DC)
2. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์
3. นิยมใช้ขั้วเฉื่อยเช่น Pt , C (แกรไฟต์) แต่ถ้าใช้ขั้วว่องไว บางโอกาสขั้วอาจมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วย
4. ในการแยกสลายสารอิเล็กโทรไลต์ชนิดหนึ่งด้วยฟ้า จะพบว่าต้องใช้ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ในทางปฏิบัติมากกว่าในทางทฤษฎีเสมอ จึงจะเกิดปฏิกิริยาได้ เรียกค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์นี้ว่า "Overvoltage"
5. มีค่า $E^0_{\text{cell}} < 0$ หรือ มีเครื่องหมายเป็นลบ

ส่วนประกอบของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

เซลล์อิเล็กโทรไลต์ประกอบไปด้วย ขั้วไฟฟ้า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ และแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 1.12 ส่วนประกอบของ
เซลล์อิเล็กโทรไลต์

ก. ขั้วไฟฟ้า (Electrode)

คือแผ่นตัวนำที่จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้ว
ต่อกับเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ แบ่งเป็นแอโนด
และ แคโทด

ข. สารละลายอิเล็กโทรไลต์

คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้เพราะมี ไอออนบวก (ion +) ไอออนลบ (ion -)

ค. แหล่งจ่ายไฟ หรือแบตเตอรี่

คือ แหล่งจ่ายอิเล็กตรอน หรือพลังงาน
ไฟฟ้าเข้าไปในเซลล์เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ อธิบายได้ดังนี้

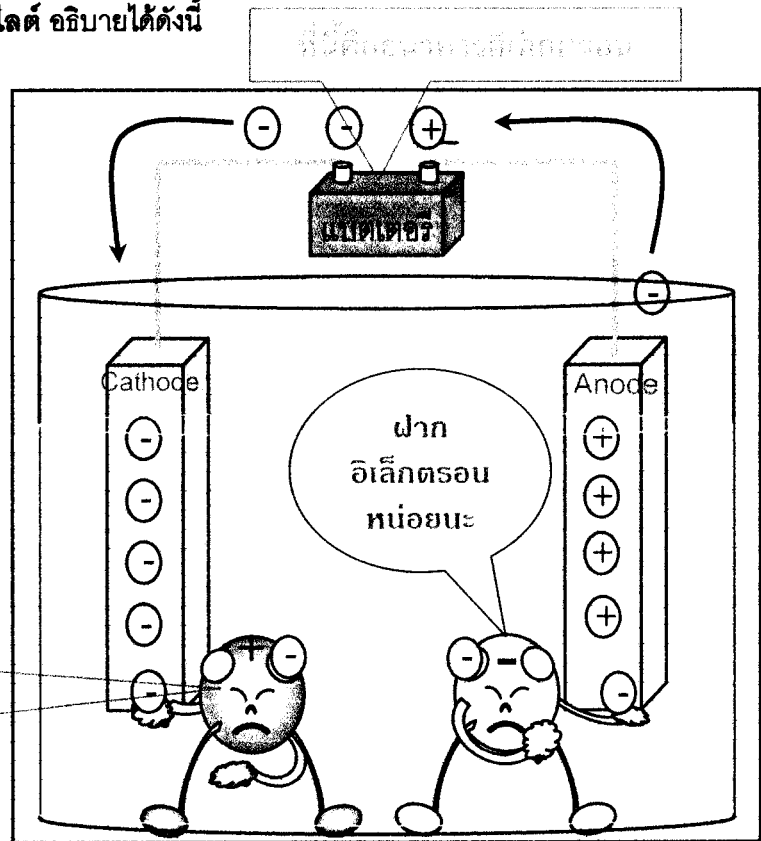
ไอออน(+) จึงไปรับ

อิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยา
รีดักชัน จึงเรียกขั้วลบบว่า แคโทด
และเรียกไอออนบวกว่า แคต
ไอออน (cation)

ไอออน (-) จึงไปให้ e- ที่

ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
เรียกว่า แอโนด และเรียก ion (-)
ว่า แอนไอออน (Anion)

ขอ
อิเล็กตรอน
หน่อยครับ



ภาพที่ 1.13 การให้และรับอิเล็กตรอนในเซลล์อิเล็กโทรไลต์

ดังนั้น ที่ขั้ว Cathode มี Anion หรือ ไอออนลบ และที่ขั้ว Anode มี Cation หรือ ไอออนบวก

Anode (oxidation) ตรงกับขั้วบวก Cathode (reduction) ตรงกับขั้วลบ

ประโยชน์ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์

หลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย ดังต่อไปนี้

1. การแยกสารด้วยไฟฟ้า
2. การทำโลหะให้บริสุทธิ์
3. การล้างทำความสะอาดโลหะ
4. การผลิตโลหะ
5. การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

1.1.2 กฎของฟาราเดย์

ในปี ค.ศ. 1834 ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ กับปริมาณสารที่แยกออกมาจากสารละลายสรุปไว้เป็นกฎ 2 ข้อดังนี้

กฎข้อที่ 1 ของฟาราเดย์ความว่า "ปริมาณสารที่แยกออกมาจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเป็นสัดส่วนตรงกับปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป" ดังสมการ

$$m = eIt$$

เมื่อ m คือ มวลของสารที่แยกออกมาจากสารละลาย (กรัม)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

t คือ เวลาที่ใช้ในการป้อนกระแสไฟฟ้า (วินาที)

e คือ ค่าคงที่ของกระบวนการแยกสารด้วยไฟฟ้า เรียกว่า สมมูลเคมีไฟฟ้าของสาร (กรัม/คูลอมบ์ หรือ กรัม/แอมแปร์-วินาที)

ทดสอบกฎข้อที่ 1 โดยป้อนกระแสไฟฟ้าจำนวนคงที่ลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในเวลาต่างกัน แล้วหามวลของสารที่ไปเกาะผิวขั้วงานจะพบว่ามวลของสารที่ไปเกาะผิวขั้วงานต่อเวลา เป็นอัตราส่วนคงที่

กฎข้อที่ 2 ของฟาราเดย์ กล่าวว่า "ถ้าป้อนกระแสไฟฟ้าปริมาณเดียวกันลงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่างชนิดกัน มวลของสารที่แยกออกมามีเป็นสัดส่วนตรงกับสมมูลเคมีของสารนั้น"

การทดลอง ตามกฎข้อที่ 2 ของฟาราเดย์ โดยใช้สารละลายของซิลเวอร์ไนเตรต คอปเปอร์ซัลเฟต และซิงค์ซัลเฟต ในบีกเกอร์ที่มีขั้วลบเป็นแผ่นแพลทินัมบางๆ ผ่านกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ลงไปเป็นเวลา 1 ชั่วโมงพอดี ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายทั้งสาม โดยแผ่นแพลทินัมที่เป็นขั้วลบนั้นถูกนำมาชั่งน้ำหนักทั้งก่อน และหลัง ผ่านกระแสไฟฟ้าลงไป พบว่า

แผ่นแพลทินัมที่เป็นขั้วลบบมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน ถ้ามีการวัดกระแสไฟฟ้า และเวลาอย่างถูกต้อง ก็จะได้น้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง ดังนี้

จากสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตมีเงินมาเกาะ	4.025 กรัม
จากสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตมีทองแดงมาเกาะ	1.186 กรัม
จากสารละลายซิงค์ซัลเฟตมีสังกะสีมาเกาะ	1.220 กรัม

การอธิบาย

น้ำหนักโลหะที่มาเกาะเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักสมมูลของมัน (น้ำหนักสมมูลหาได้จาก มวลอะตอม / วาเลนซี)

$$\frac{\text{น้ำหนักของเงินสัมฤทธิ์ผล}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}} = \frac{\text{น้ำหนักของเงิน}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}}$$

$$\frac{4.025}{1.22} = \frac{107.87}{32.69}$$

แทนค่าจะได้

$$\frac{\text{น้ำหนักของเงินสัมฤทธิ์ผล}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}} = \frac{\text{น้ำหนักของเงิน}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}}$$

แทนค่าจะได้

$$\frac{4.025}{1.186} = \frac{107.87}{31.77}$$

$$\frac{\text{น้ำหนักของเงินสัมฤทธิ์ผล}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}} = \frac{\text{น้ำหนักของเงิน}}{\text{น้ำหนักของสารละลายเงิน}}$$

แทนค่าจะได้

$$\frac{1.22}{1.185} = \frac{32.69}{31.77}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักโลหะที่มาเกาะจากการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้ากับน้ำหนักสมมูลสามารถอธิบายโดยใช้กฎข้อที่สองของฟาราเดย์

น้ำหนักของโลหะต่างชนิดกัน ที่ได้จากสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่างกัน โดยที่ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปเป็นปริมาณเท่ากันนั้น จะเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักสมมูลของโลหะนั้นๆ

สมมูลไฟฟ้าเคมี

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า ค่าสมมูลไฟฟ้าเคมีเป็นค่าคงที่ โดยมีการกำหนดกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไว้ว่ากระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ กระแสไฟฟ้าที่แยกเงินออกจากสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ได้ 1.118 มิลลิกรัม ในเวลา 1 วินาที

ดังนั้น ในการทำให้มีวเคลือบมีเงินมาเกาะเป็นจำนวน 1 กรัมสมมูล จึงใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าดังนี้

ในการเคลือบเงิน 0.001118 กรัม ต้องใช้กระแสไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ (ปริมาณไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ หมายถึงกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ที่ไหลเป็นเวลา 1 วินาที)

การเคลือบเงิน	1	กรัม	ต้องใช้กระแส ไฟฟ้า	=	$\frac{1}{0.001118}$	คูลอมบ์
หากเคลือบเงิน	107.87	กรัม	ต้องใช้กระแสไฟฟ้า	=	$\frac{107.87}{0.001118}$	คูลอมบ์
				=	96485	คูลอมบ์

(เงิน 1 กรัมสมมูลหนัก 107.87 กรัม)

จากกฎของฟาราเดย์ข้อที่ 2 ปริมาณกระแสไฟฟ้าจำนวนนี้ใช้ในการแยก 1 กรัมสมมูลของโลหะทุกชนิดจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์

ในทางปฏิบัติจะใช้แอมแปร์ - ชั่วโมง เป็นปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกโลหะใดๆ

ให้จำนวน 1 กรัมสมมูล

$$\begin{aligned}
 \text{เนื่องจาก 1 คูลอมป์} &= 1 && \text{แอมแปร์ - วินาที} \\
 \text{ดังนั้น 96485 คูลอมป์} &= 96485 && \text{แอมแปร์ - วินาที} \\
 &= 96485 / 3600 && \text{แอมแปร์ - ชั่วโมง} \\
 &= 26.8 && \text{แอมแปร์ - ชั่วโมง} \\
 \text{1 กรัมสมมูล} &= 26.8 && \text{แอมแปร์ - ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

ปริมาณของโลหะใดๆ มีหน่วยเป็นกรัม ซึ่งมาเกาะที่ขั้วเมื่อใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ - ชั่วโมง เรียกว่า สมมูลไฟฟ้าเคมี C

$$\begin{aligned}
 C &= \text{กรัม - สมมูล} / 26.8 \text{ แอมแปร์ - ชั่วโมง} \\
 &= \text{มวลอะตอม} / (\text{วาเลนซี} \times 26.8) \text{ กรัม} / \text{แอมแปร์ - ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 1.2 สมมูลไฟฟ้าเคมี

โลหะ	มวลอะตอม	วาเลนซี	กรัมสมมูล	สมมูลไฟฟ้าเคมี (กรัม/แอมแปร์ - ชั่วโมง)
อะลูมิเนียม	26.9815	3	9.00	0.3354
แคดเมียม	112.4	2	56.20	2.0968
โครเมียม	51.996	6	8.66	0.3234
ทองแดง	63.54	1	63.54	2.3715
ทองแดง		2	31.77	1.1858
ทอง	197.0	1	197.0	7.3567
ไฮโดรเจน	1	1	1	0.0376
อินเดียม	114.82	3	38.27	1.4271
เหล็ก	55.847	2	27.92	1.0416
เหล็ก		3	18.62	0.6941
ตะกั่ว	207.19	2	103.58	3.8651
นิกเกิล	58.71	2	29.35	1.0947
แพลทินัม	195	2	97.62	3.6416
แพลทินัม		4	48.84	1.8208
โรเนียม	102.9	3	34.30	1.2797
เงิน	107.87	1	107.87	4.0245
ดีบุก	118.69	2	59.35	2.2141
ดีบุก		4	29.67	1.1071
สังกะสี	65.37	2	32.69	1.2195

การนำกฎของฟาราเดย์มาใช้คำนวณหาปริมาณโลหะ

คำจำกัดความของสมมูลไฟฟ้าเคมี ที่มีหน่วยเป็น กรัม/แอมแปร์- ชั่วโมง หมายความว่า ปริมาณโลหะที่มากเกาะขึ้นอยู่กับผลของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปริมาณโลหะ (m) ที่มากเกาะในเวลา (t) ที่กระแส (I) โดๆ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$m = cIt$$

สูตรนี้จะมีความแม่นยำเมื่อสมมุติว่า กระแสไฟฟ้าทั้งหมดถูกใช้ไปในการทำให้โลหะมากเกาะที่ขั้ว แต่ในทางปฏิบัติมีผลกระทบบ้างเคียงต่างๆ เช่น เกิดก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งไปเพื่อทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจน ดังนั้นจึงต้องมีการคิดถึงประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าซึ่งใช้แทนด้วย a ได้ว่า

น้ำหนักของโลหะ = (สมมูลไฟฟ้าเคมี) X (กระแสไฟฟ้า) X (เวลา) X (ประสิทธิภาพของกระแส)

หรือ $m = cIat$ กรัม

เมื่อ c = สมมูลไฟฟ้าเคมี มีหน่วยเป็น กรัม/แอมแปร์- ชั่วโมง

I = กระแสไฟฟ้าทั้งหมดบนชิ้นงาน แอมแปร์

t = เวลาเป็นชั่วโมง

a = ประสิทธิภาพของกระแส เป็นเปอร์เซ็นต์

กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในถังชุบ หาได้จาก ความหนาแน่นกระแส และพื้นที่ผิวของชิ้นงานที่จะนำมาชุบ

$$\text{กระแสไฟฟ้าที่ใช้} = (\text{ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า}) \times (\text{พื้นที่ผิวของชิ้นงาน})$$

$$I = JA \text{ แอมแปร์ (A)}$$

โดยที่ J = ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/dm^2)

$$A = \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานที่ทำการชุบ มีหน่วยเป็น } dm^2$$

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า หมายถึง กระแสไฟฟ้าต่อ $1 dm^2$ ของผิวหน้าที่จะทำการชุบ มันไม่สามารถวัดได้โดยตรงเพราะว่ามีเตอร์ที่ติดกับถังชุบจะแสดงกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลเข้าถังชุบ อย่างไรก็ตามความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการชุบ ซึ่งจะต้องควบคุมให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ถ้าต้องการให้ได้ผิวชุบสวยงาม

$$\text{ความหนาแน่นกระแส} = \text{กระแสไฟฟ้าทั้งหมด/พื้นที่ผิวของชิ้นงาน (A/dm}^2\text{)}$$

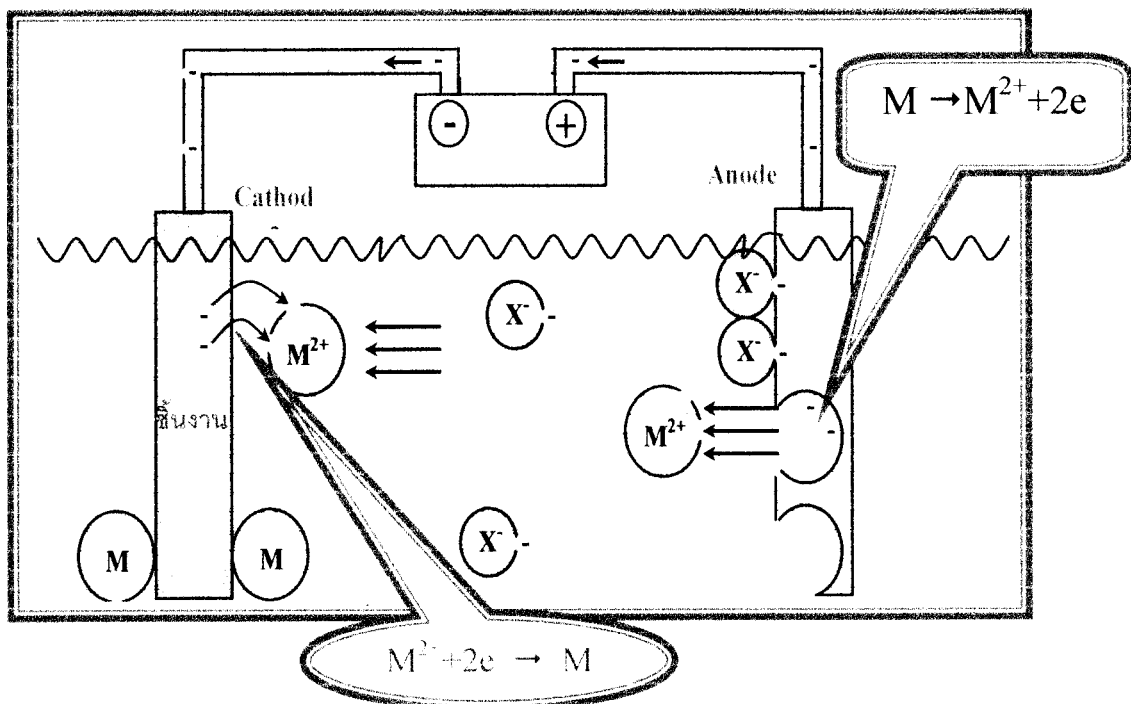
$$J = \frac{I}{A} A/dm^2$$

โดยที่ I = กระแสไฟฟ้าทั้งหมดเป็น A

$$A = \text{ผิวน้ำทั้งหมดของชิ้นงานเป็น } dm^2$$

ตอนที่ 1.2 หลักการการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

หลักการของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า หมายถึงกระบวนการนำเอาชิ้นงานหรือวัสดุที่มีพื้นผิวที่สามารถนำไฟฟ้าได้มาเคลือบผิวด้วยโลหะโดยอาศัยกรรมวิธีทางเคมีไฟฟ้า ซึ่งทำได้โดยนำชิ้นงานหรือวัสดุที่ต้องการชุบเคลือบผิวมาต่อกับขั้วลบ (cathode) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ส่วนขั้วบวก (anode) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอาจใช้แท่งโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่ต้องการเคลือบบนผิวชิ้นงาน หรืออาจจะเป็นโลหะต่างชนิดก็ได้ ขั้วบวกนี้จะเป็ยตัวนำไฟฟ้าให้ครบวงจรเท่านั้น จากนั้นนำชิ้นงานและขั้วบวกจุ่มลงในสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ (สารละลายเล็กโทรไลต์) ซึ่งสารละลายนี้เรียกว่าน้ำยาชุบ น้ำยาชุบจะต้องประกอบไปด้วยไอออนของโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่ต้องการเคลือบผิวของชิ้นงาน จากนั้นปรับปริมาณกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับ ไอออนของโลหะในน้ำยาชุบจะวิ่งไปยังขั้วลบเพื่อรับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นโลหะเกาะเคลือบอยู่บนชิ้นงาน ถ้าขั้วบวกเป็นโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่เคลือบบนชิ้นงานก็จะละลายลงในน้ำยาชุบในรูปของไอออนบวก (cation) ถ้าขั้วบวกเป็นโลหะต่างชนิดกับโลหะที่เคลือบบนชิ้นงาน ไม่ควรเลือกโลหะที่ละลายในน้ำยาชุบ ควรเลือกขั้วเฉื่อย เช่น แพลทินัม จากหลักการข้างต้น สามารถนำไปชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าได้



ภาพที่ 1.14 องค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า และการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการชุบ

1.2.1 องค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

1) น้ำยาชุบ

คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่มีเกลือของโลหะที่จะชุบละลายอยู่ และจะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดโลหะเคลือบผิวที่ชิ้นงานซึ่งจุ่มอยู่ในน้ำยาชุบ (ขั้วแคโทด) หรือขั้วที่ต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของน้ำยาชุบไม่ได้มีแต่เพียงเกลือของโลหะเท่านั้น (องค์ประกอบของน้ำยาชุบจะกล่าวโดยละเอียดในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3)

2) ตัวล่อ

คือ โลหะที่นำมาทำเป็นขั้วแอโนด หรือขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน แล้วกร่อนกลายเป็นไอออนของโลหะละลายอยู่ในน้ำยาชุบ ดังนั้นควรเลือกโลหะที่จะมาทำตัวล่อตรงกับไอออนที่เป็นตัวกำเนิดโลหะในน้ำยาชุบ หากใช้ตัวล่อที่เป็นโลหะต่างชนิดกันก็ควรที่จะใช้ตัวล่อที่เฉื่อยเช่น แพลทินัม

3) กระแสไฟฟ้า

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จำเป็นจะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ซึ่งอิเล็กตรอนจะไหลในทางเดียวตลอด กล่าวคืออิเล็กตรอนไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า แบตเตอรี่หรือหม้อแปลงไฟฟ้าลงไปยังขั้วแคโทด (ชิ้นงาน) ซึ่งจะอุดมไปด้วยอิเล็กตรอนและจ่ายอิเล็กตรอนให้กับไอออนบวก แล้วกลายเป็นโลหะเกาะที่ขั้วแคโทด (ชิ้นงาน) สำหรับปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) หรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบต้องเหมาะสมกับขนาด ปริมาณของชิ้นงาน และสูตรของน้ำยาชุบชนิดนั้นๆ

4) ชิ้นงานที่จะชุบ

ชิ้นงานที่จะนำมาชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าจะต้องเป็นวัสดุที่นำไฟฟ้าได้หรือทำให้นำไฟฟ้าได้ โดยการเคลือบสารเคมีเพื่อให้วัตถุหรือชิ้นงานนำไฟฟ้าได้ก่อนแล้วจึงนำมาชุบ (รายละเอียดจะกล่าวในหน่วยการเรียนรู้ที่ 6)

1.2.2 ประโยชน์ของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

1. หุ้มหรือปิดผิวชิ้นงานให้ทนทานต่อการสึกกร่อนอันเนื่องมาจากการเกิดสนิม
2. ช่วยทำให้ชิ้นงานมีความคงทนต่อการเสียดสี
3. ช่วยทำให้ชิ้นงานโลหะหรือวัสดุอื่นที่นำมาชุบเคลือบผิวด้วยโลหะชนิดใหม่มีคุณค่าและสวยงาม นำใช้มากขึ้น
4. ช่วยให้วัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า (ฉนวนไฟฟ้า) นำไฟฟ้าได้หลังการชุบ

หน่วยการเรียนรู้ที่ **2**

อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
2. อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี ที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	2.1 อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	1.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 1.2.2 อุปกรณ์ต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า 1.2.3 ถังชุบ 1.2.4 เครื่องมือที่ใช้ขัด 1.2.5 ตัวล่อ
	2.2 สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า	2.2.1 น้ำยาชุบ 2.2.2 สารทำความสะอาด

อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

จากหลักการและองค์ประกอบของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง อุปกรณ์ต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า ถังชุบ เครื่องมือที่ใช้ขัดชิ้นงาน และตัวล่อ นอกจากอุปกรณ์เครื่องมือแล้ว การชุบโลหะด้วยไฟฟ้ายัง ต้องใช้น้ำยาชุบ และสารทำความสะอาดซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

ตอนที่ 2.1 อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

2.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

ในกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เข้าไปยังเซลล์ อิเล็กโทรไลต์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาในกระบวนการชุบ แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (DC) และแบตเตอรี่

1) หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ใช้ตามบ้าน ให้เป็นกระแสตรง (DC) หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าใช้ได้ดีมากกว่าแบตเตอรี่ เพราะสามารถปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์ ; v) ได้ตามความเหมาะสมสำหรับน้ำยาชุบ ขนาด และจำนวนของชิ้นงาน หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ามีหลายขนาดให้เลือก เช่น 10A , 25A , 50A และ 100A ซึ่งขนาดต่างๆ ก็ ขึ้นกับปริมาณงานที่ชุบ ถ้าชิ้นงานมากหรือ ขนาดใหญ่ควรใช้หม้อแปลงที่มีขนาด แอมแปร์สูง

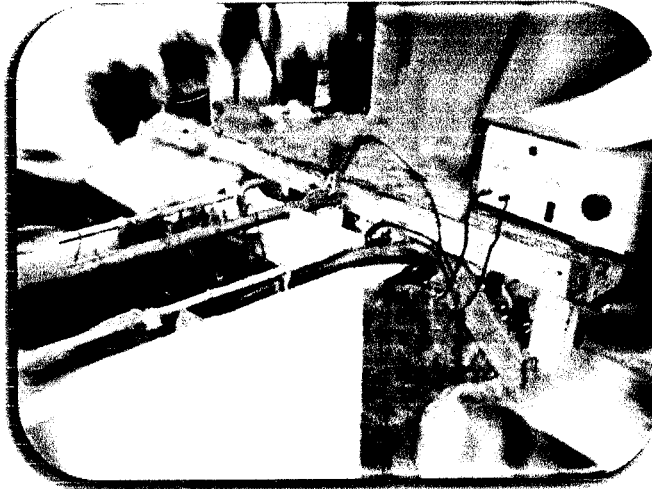


ภาพที่ 2.1 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า

2) แบตเตอรี่ (Battery) ที่ใช้ในงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าควรใช้ขนาด 12 โวลต์ เป็น แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แบตเตอรี่ใช้งานได้ดีไม่สะดวกเท่าหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า เพราะ ต้องประจุไฟฟ้าบ่อยๆ เมื่อกระแสไฟฟ้าหมด และการปรับแรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้าทำได้ยาก

2.1.2 อุปกรณ์การต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า

อุปกรณ์การต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้านับว่ามีความจำเป็นในกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เพราะอุปกรณ์เหล่านี้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยาในกระบวนการชุบ อุปกรณ์การต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า ได้แก่

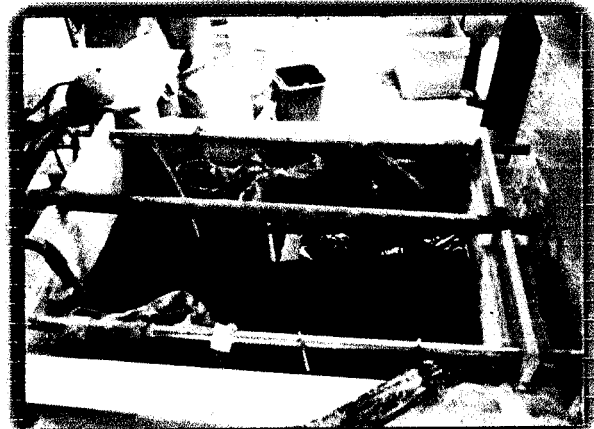


ภาพที่ 2.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การต่อพ่วงทางเดินไฟฟ้า

ใช้ลวดทองแดงที่ใช้พันมอเตอร์หรือหม้อแปลงก็ได้ แต่ต้องขัดผิวที่เคลือบฉนวนออกเสียก่อนเพื่อไฟฟ้าเกิดได้สะดวก

3) คริปหนีบ ใช้หนีบขั้วแบตเตอรี่และจุดพันระหว่างสายไฟฟ้าหรือลวดทองแดงเปลือยกับราวโลหะ

4) ราวโลหะ ใช้ห้อยชิ้นงานขณะชุบโลหะ โลหะที่นิยมใช้ทำเป็นราว ได้แก่ สแตนเลส ทองแดง และทองเหลือง ราวที่ทำจากสแตนเลสจะไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารเคมีจึงทำความสะอาดง่ายกว่าราวที่ทำจากทองแดงและทองเหลือง ซึ่งต้องขัดผิวให้สะอาดอยู่บ่อยๆ เพราะจะเกิดเกล็ดที่ผิวของโลหะ ทองแดง และทองเหลืองซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการนำไฟฟ้าน้อยลง



ภาพที่ 2.3 ราวโลหะที่ทำจาก สแตนเลส และทองแดง วางพาดบนถังชุบทองแดงกรด

2.1.3 ถังซบ

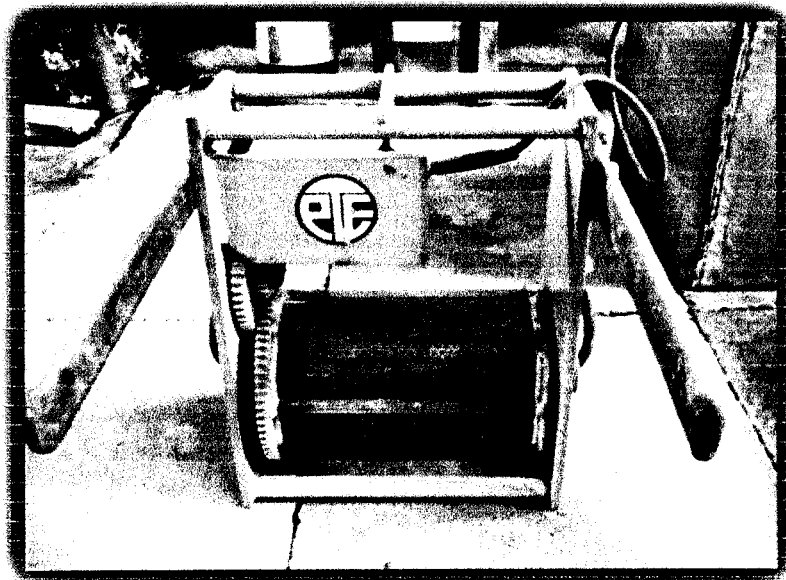
ถังซบ คือ ภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำยาซบ ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำถังซบ ควรเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาซบ ถ้าจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาซบควรเคลือบภายในถังด้วยวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาซบ วัสดุที่นำมาทำถังซบ เช่น เหล็ก สแตนเลส และพลาสติก ฯลฯ แต่สำหรับงานงานซบเล็กๆ ขนาดเล็ก อาจใช้ถังพลาสติก หรือ บิกเกอร์ก็ได้



ภาพที่ 2.4 ถังซบที่ทำจากวัสดุ พี วี ซี (polyvinyl chloride) ขนาด 20 ลิตร



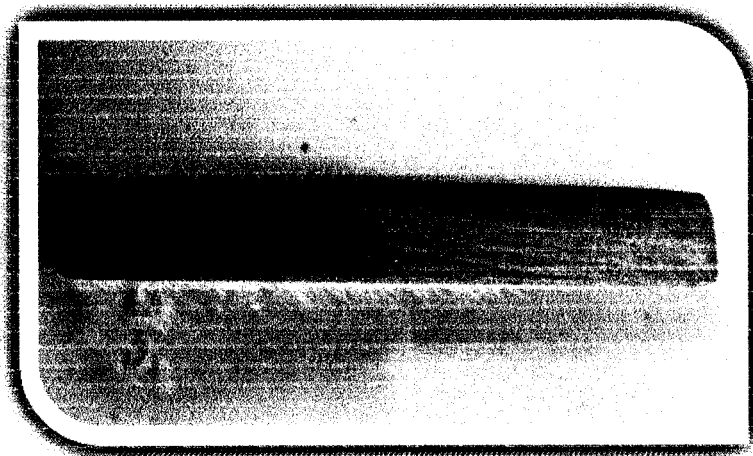
ภาพที่ 2.5 ใช้บิกเกอร์ขนาด 1 ลิตรทำถังซบ



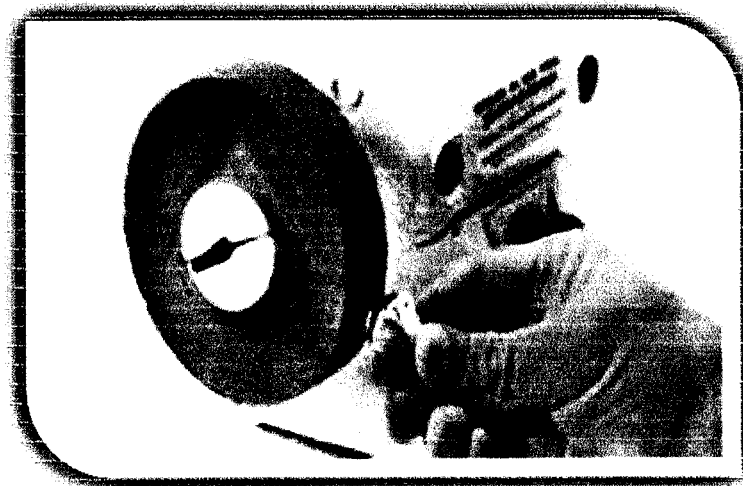
ภาพที่ 2.6 ถังซบแบบกลิ้ง

2.1.4 เครื่องมือที่ใช้ขัด (Polishing Equipment)

ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า นั้น ผิวของชิ้นงานไม่ควรมีสนิม ผิวหยาบขรุขระ หรือสะเก็ดบางๆ ติดที่ผิวของชิ้นงาน เพราะเมื่อนำชิ้นงานเหล่านี้ไปชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าแล้ว จะทำให้โลหะไปเกาะติดผิวชิ้นงานไม่แน่น หรือหลุดลอกออกได้ง่าย หรือโลหะอาจเกาะติดผิวชิ้นงานเป็นบางจุด หรือโลหะอาจไม่เกาะติดผิวชิ้นงานเลย ดังนั้น ควรทำความสะอาดชิ้นแรกด้วยการขัดผิวชิ้นงานให้สะอาด และควรขัดให้ผิวของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ใช้ในการขัดชิ้นงาน ได้แก่ มอเตอร์ขัด หรือ เครื่องขัด หรือ ล้อขัด และแปลงลวดทองเหลือง สำหรับแปลงลวดทองเหลือง ควรเลือกขนแปรงชนิดละเอียดและนิ่ม จึงจะขัดล้างผิวชิ้นงานได้สะอาด



ภาพที่ 2.7 แปลงลวดทองเหลือง

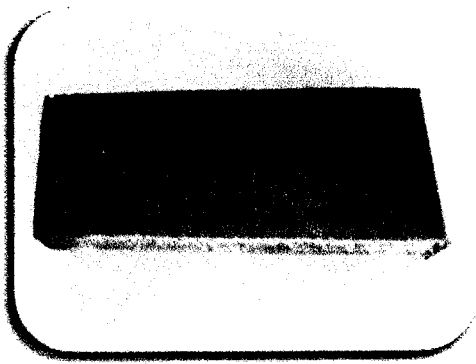


ภาพที่ 2.8 มอเตอร์ขัด

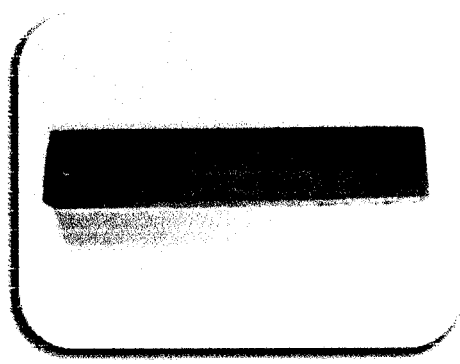
2.1.5 ตัวล่อ

ตัวล่อที่ใช้ในการการชุบด้วยไฟฟ้านั้น เป็นโลหะที่นำมาทำเป็นขั้วแอโนดหรือขั้วที่ต่อกับขั้วบวก (+) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดของตัวล่อมีความสำคัญ กล่าวคือ พื้นที่ผิวสัมผัสของตัวล่อต้องมากกว่าพื้นที่ของชิ้นงานที่จะชุบอย่างน้อย 20% การชุบโลหะแต่ละชนิดจะต้องใช้แผ่นตัวล่อที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับน้ำยาชุบ หรือควรเป็นโลหะชนิดเดียวกับไอออนของโลหะที่ชุบเคลือบชิ้นงาน

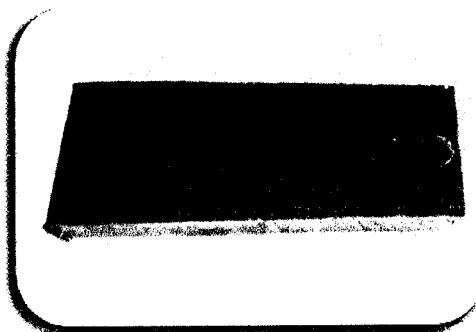
- ชุบทองแดงต่าง ใช้แผ่นตัวล่อทองแดงต่างซึ่งเป็นแผ่นทองแดงธรรมดาทั่วไปหรือใช้แผ่นทองแดงกรดแทนได้
- ชุบทองแดงกรด ใช้แผ่นทองแดงชนิดพิเศษซึ่งจำหน่ายเฉพาะในร้านจำหน่ายวัสดุอุปกรณ์การชุบเท่านั้น
- ชุบนิเกิล แผ่นนิเกิลเป็นตัวล่อ
- ชุบทอง ใช้ แผ่นทองจริงหรือแผ่นแพลทินัมหรือสแตนเลสเป็นตัวล่อแล้วแต่สูตรน้ำยาชุบ



ภาพที่ 2.9 ตัวล่อทองแดงต่าง



ภาพที่ 2.10 ตัวล่อทองแดงกรด



ภาพที่ 2.11 ตัวล่อนิเกิล



ภาพที่ 2.12 ตัวล่อทอง ใช้สแตนเลส

ตอน 2.2 สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

สารเคมีที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ได้แก่ น้ำยาชุบ และสารล้างทำความสะอาด

2.2.1 น้ำยาชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

น้ำยาชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจะต้องนำไฟฟ้าได้เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร และสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบจะต้องแตกตัวกลายเป็นไอออนบวก (cations) และไอออนลบ (anions) ไอออนบวกจะวิ่งไปยังขั้วลบ (cathode) เพื่อรับอิเล็กตรอนจากขั้วลบ ส่วนไอออนลบจะวิ่งไปยังขั้วบวก (anode) เพื่อจ่ายอิเล็กตรอนให้กับขั้วบวก ปฏิกิริยาการนี้เกิดขึ้นตลอดเวลาขณะทำการชุบชิ้นงาน

น้ำยาชุบโลหะด้วยไฟฟ้าประกอบไปด้วยสารเคมีที่สำคัญดังนี้

1) สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะ ได้แก่ เกลือโลหะชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับน้ำยาชุบแต่ละชนิด เช่น การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง (copper) ในน้ำยาชุบจะต้องมีเกลือของโลหะทองแดงเป็นตัวกำเนิดโลหะ เช่น คอปเปอร์(II) ซัลเฟต (CuSO_4) ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ ถ้าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยสังกะสีจะต้องมี ZnO หรือ Zn(CN)_2 ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ สังกะสี

2) สารที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้า ถึงแม้ว่าสารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะ (เกลือโลหะ) จะทำให้น้ำยาชุบนำไฟฟ้าได้แต่ก็ยังไม่ดีนัก เพราะในขณะที่ชุบจะมีการไหลไรซ์ที่ขั้วบวกและลบทำให้เป็นฉนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเติมสารที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าใส่ลงไปด้วย เช่น กรดเกลือ (HCl) กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซยาไนต์

3) สารควบคุมค่า pH ในน้ำยาชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เรียกว่า "บัฟเฟอร์(buffer)" น้ำยาทุกชนิดจะอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีจะต้องมีความเป็นกรด ต่างที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเติมสารบางอย่างลงไปให้น้ำยาชุบเพื่อทำให้ความเป็นกรด ต่างของน้ำยาชุบไม่เปลี่ยนแปลง (ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลง) ไปมากนักขณะที่ใช้งาน เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ลงในน้ำยาชุบทองแดง ต่าง ไส้กรดบอริก (H_3BO_3) ลงในน้ำยาชุบนิเกิล เป็นต้น

4) น้ำยาเงา เป็นตัวเพิ่มความเงาให้กับผิวชิ้นงาน น้ำยาเงานี้จะช่วยให้การเรียงตัวของอนุภาคโลหะที่มาเคลือบผิวชิ้นงานมีระเบียบ ทำให้ผิวมีความแวววาว สวยงาม น้ำยาเงานี้เป็นความลับของแต่ละบริษัทที่ผลิต ดังนั้นเราต้องใช้ น้ำยาเงาตามคำแนะนำของบริษัทที่ผลิต อย่างไรก็ตามเมื่อชุบไปเรื่อยๆ น้ำยาเงาจะค่อยๆ หดไป หากสังเกตเห็นผิวชิ้นงานไม่เงา ควรเติมน้ำยาเงาเพิ่ม

2.2.2 สารล้างทำความสะอาด

1) การล้างทำความสะอาดชิ้นงานแบบธรรมดา สารเคมีที่ใช้ โซเดียมโซยาไนต์ (NaCN) ในอัตราส่วนผสม 20-40 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตรน้ำ หรือ สารละลายลูกประคำตีควาย (สมัยโบราณใช้สารละลายลูกประคำตีควายซักผ้า) อัตราการผสมใช้ลูกประคำตีควาย 20-40 ลูก ต่อน้ำ 1 ลิตร

สารละลายโซเดียมไฮยาไนด์เป็นสารพิษที่มีอันตรายมาก ห้ามสัมผัสโดยตรง ก่อนโซเดียมไฮยาไนด์ที่เก็บไว้นานๆ จะกลายเป็นสีเหลือง และเสื่อมสภาพไม่สามารถใช้เป็นสารล้างทำความสะอาดได้ สารละลายโซเดียมไฮยาไนด์เมื่อใช้ไปนานๆ จะหมดสภาพ สีจะพุ่งออกเหลืองมีฝ้าลอยให้เททิ้งในบ่อกรองน้ำแล้วปล่อยให้ไหลลงบ่อทรายที่ขุดไว้ให้ซึมลงดิน ห้ามทิ้งลงในท่อน้ำเสีย หรือแหล่งน้ำอื่นๆ

2) การล้างทำความสะอาดชิ้นงานแบบพิเศษ ประกอบด้วยหลายขั้นตอน และมีสารเคมีที่ใช้แยกตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการทำความสะอาดมี 4 ขั้นตอนดังนี้

2.1) การทำความสะอาดเบื้องต้น

- ตัวทำละลายขจัดไขมัน เช่น ไตรคลอโรเอทิลีน และ เตตระคลอโรเอทิลีน สารสองตัวนี้มีพิษต่อผู้บริโภค แต่มีสมบัติเป็นตัวละลายไขมันได้ดี

- ผงซักฟอก หรือ สบู่

2.2) การทำความสะอาดด้วยต่าง

น้ำยาที่ใช้ทำความสะอาดแบบต่างๆที่มีจำหน่ายมีทั้งชนิดที่ผสมสำเร็จ และชนิดที่ต้องผสมเอง ดังสูตร

น้ำยาล้างโลหะ

1) โซเดียมไฮดรอกไซด์	8-15	กรัม / ลิตร
2) โซเดียมคาร์บอเนต	25	กรัม / ลิตร
3) ไตรโซเดียมฟอสเฟต	25	กรัม / ลิตร
4) โซเดียมเมตาซิลิเกต	8	กรัม / ลิตร
อุณหภูมิ	60-70	° C

(ที่มา : มุกดา เจียมเจริญ.เทคโนโลยีเคลือบผิว.2542 : 57)

หน้าที่ของสารเคมีในสูตร

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำหน้าที่หลายอย่างดังนี้

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับไขมัน หรือ น้ำมัน (saponification) ได้สบู่ ซึ่งละลายน้ำได้

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับ ออกไซด์ของโลหะได้เกลือที่ละลายน้ำได้

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยให้สารละลายนำไฟฟ้าได้

โซเดียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่ รักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (buffer solution) มีสมบัติแก้ความกระด้างของน้ำ

โครโซเดียมฟอสเฟต ทำหน้าที่แก้ความกระด้างของน้ำ ทำให้ความสกปรกมีขนาดเล็กลง และล้างทำความสะอาดได้ง่าย

โซเดียมเมตาซิลิเกต ทำหน้าที่ควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง และป้องกันผิวชิ้นงาน ไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีในน้ำยาทำความสะอาด

2.3) การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า สารละลายที่ใช้ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า จะมีส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นงานที่จะทำความสะอาด ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบและร้อยละของสารเคมีที่ใช้เป็นสารทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ตามชนิดของโลหะที่เป็นชิ้นงาน

สารเคมี	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก			
	เหล็ก	ทองแดง	สังกะสี	ทองเหลือง
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	50	25	20	10
โซเดียมเมตาซิลิเกต (Na ₂ SiO ₃)	40	40	40	40
โซเดียมไตรฟอสเฟต (Na ₅ P ₃ O ₁₀)	5	10	10	10
โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)	4	23	28	38
เซอร์แฟคแตนต์ (40% Sodium Linear-Alkylate Sulfonate)	1	2	2	2

ที่มา : สาโรช พันแพ และอภิชาติ ธรรมวิทย์กุล. การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า. 2526 :55

2.4) การทำความสะอาดโดยการกัดด้วยกรด เป็นการกำจัดสนิม และสะเก็ดโลหะจากชิ้นงาน ชิ้นงานที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันจะใช้สารละลายกรดต่างชนิดกัน และความเข้มข้นต่างกันด้วย เช่น

ชิ้นงานที่ทำจากสังกะสีหล่อ ใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร

ชิ้นงานที่ทำจากทองแดงหรือเหล็กหล่อเย็น ใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 4-10

เปอร์เซ็นต์

ชิ้นงานที่ทำด้วยเหล็ก ใช้สารละลายกรดดังนี้

1. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5-15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ใช้ที่อุณหภูมิ 50-80 °C
2. สารละลายกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 25-85 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ใช้ที่อุณหภูมิห้อง

ชิ้นงานที่ทำด้วยทองแดง และทองแดงผสม ใช้สารละลายกรดดังนี้

1. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง
2. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 10-15 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ผสมกับ โซเดียมไดโครเมต ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 15-30 กรัม / ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง
3. สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ผสมกับกรดไนตริกเข้มข้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง

ชิ้นงานที่ทำด้วยสแตนเลส ใช้สารละลายกรดดังนี้

1. สารละลายกรดไนตริก (HNO_3)เข้มข้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรผสมกับสารละลายกรดกัดแก้ว(HF)เข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ใช้ที่อุณหภูมิ 25°C
2. สารละลายผสมของกรดซัลฟิวริก กรดกัดแก้ว และกรดโครมิก (H_2CrO_4) อย่างละ 60 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

การเตรียมชิ้นงาน

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
3.การเตรียมชิ้นงาน	3.1 การขัดผิวชิ้นงาน	3.1.1 การขัดหยาบ (Polishing) 3.1.2 การขัดละเอียด (Buffing) 3.1.3 การขัดเงา
	3.2 การล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า	3.2.1 การทำความสะอาดเบื้องต้น 3.2.2 การต้มล้างไขมันด้วยด่างร้อน 3.2.3 การล้างชิ้นงานโดยใช้ไฟฟ้า 3.2.4 การล้างด้วยกรด 3.2.5 การล้างด้วยน้ำ
	3.3 ตัวอย่างการเตรียมผิวชิ้นงาน	3.3.1 การเตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 3.3.2 การเตรียมชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อแบบฉีด 3.3.3 การเตรียมผิวชิ้นงานที่เป็นอะลูมิเนียมหล่อแบบฉีด (Aluminium die casting) 3.3.4 การเตรียมชิ้นงานที่เป็นเครื่องประดับหรือชิ้นงานเล็กๆ จำนวนไม่มาก

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

การเตรียมชิ้นงาน

ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ไม่ใช่ว่าเมื่อมีชิ้นงานแล้ว จะนำมาชุบเป็นเงินหรือทองได้โดยตรง เพราะอาจชุบไม่ติด ติดแล้วล่อนออกง่าย พอง ผิวนุ่มเรียบ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าที่ถูกต้อง ดังนี้ กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าจะแบ่งเป็นหลายช่วง กล่าวคือ การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบ การชุบรองพื้น การชุบชั้นสุดท้าย และการกระทำหลังชุบ

การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก เนื่องจากชิ้นงานจะมีความสกปรก ซึ่งอาจจะมีคราบไขมัน น้ำมัน รอยเปราะเปื้อนต่างๆ หรืออาจจะมีสนิมโลหะ รอยสะเก็ดบางอย่างของโลหะติดอยู่บนชิ้นงาน ซึ่งถ้านำชิ้นงานเหล่านี้ไปชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเลยจะพบว่ามีปัญหาในการเกาะติดผิวชิ้นงานไม่แน่น หรือหลุดออกได้ง่าย หรือโลหะอาจจะติดเกาะผิวชิ้นงานบางจุด หรืออาจไม่เกาะติดผิวชิ้นงานเลย ฉะนั้นการทำความสะอาดชิ้นงานให้สะอาดหมดจด จะทำให้ชิ้นงานที่ชุบมีคุณภาพดี และนอกจากนี้แล้วยังพบว่า โลหะยังเกาะติดผิวชิ้นงานแน่นดีอีกด้วย

ตอนที่ 3.1 การขัดผิวชิ้นงาน

ชิ้นงานที่เป็นโลหะที่สกปรกมากอย่างเช่น เป็นสนิม ผิวยาบขรุขระ ซึ่งต้องได้รับการทำความสะอาดขั้นแรก ด้วยการขัดผิวชิ้นงานให้สะอาด และเรียบสม่ำเสมอ ซึ่งจะส่งผลให้การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพและสวยงาม การขัดแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การขัดหยาบ การขัดละเอียด และการขัดเงา



ภาพที่ 3.1 การขัดชิ้นงาน

3.1.1 การขัดหยาบ (Polishing) เป็น การขัดขั้นแรกสำหรับชิ้นงานที่มีสนิม ผิวยาบขรุขระ หรือมีรอยขีดข่วนเล็กๆ ซึ่งจะต้องใช้เครื่องขัด โดยใช้ล้อยัดที่เคลือบด้วยผงทรายหยาบ (ขนาดของผงทรายที่เหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานดูจาก ตารางที่ 3.1) หรือขัดด้วยล้อแปลงลวดสำหรับ ชิ้นงานที่เป็นสนิม รอยเชื่อม

3.1.2 การขัดละเอียด (Buffing) การขัดละเอียดจะกระทำภายหลังจากการขัดหยาบเพื่อให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบ หรือลดริ้วรอย การขัดละเอียดนี้จะใช้ล้อยขัดที่เคลือบด้วยผงทรายละเอียด เพื่อให้ผิวชิ้นงานเรียบควรเลือกใช้ ผงทรายขัดเบอร์ 280 ขึ้นไป

ตารางที่ 3.1 ตารางการเลือกใช้ขนาดของผงทรายในการขัดชิ้นงานลักษณะต่างๆ

ขนาดผงทราย (เบอร์)	ลักษณะชิ้นงาน
60 - 90	ผิวหยาบมากๆ มีรอยขีดข่วนมากๆ หรืองานหล่อ
100 - 150	ขัดเพื่อลบรอยขีดข่วนที่เกิดจากการขัดครั้งแรก
180 - 200	ขัดเพื่อลบรอยขีดข่วนที่เกิดจากการขัดด้วยผงทราย เบอร์ 100 - 150
220 - 250	ขัดเพื่อให้ผิวงานเรียบยิ่งขึ้นและลบรอยขีดข่วนที่เกิดจากการขัดด้วยผงทราย เบอร์ 180 - 200
320	ขัดเพื่อลบรอยขีดข่วนจากผงทรายเบอร์ 220 - 250 ชิ้นงานจะเรียบมาก

ที่มา : อนันต์ ทองมอญ. ชุบโครเมียม - ชุบทอง. มปป:31

3.1.3 การขัดเงา เป็นการขัดขั้นสุดท้ายที่ต้องการให้ชิ้นงานมีความเงาและเรียบ โดยทั่วไปใช้ล้อยขัดที่ทำด้วยผ้าแล้วผงขัดเป็นสารในกลุ่มอลูมินา หรือคาร์ไบด์ ซึ่งผสมกับกรดสเตียริกให้มีความแข็งตัวแล้วทำเป็นล้อยขัด หรือนำแท่งยาขัดไปถูที่ล้อยขัดซึ่งกำลังหมุนอยู่ก่อน เมื่อยาขัดเกาะที่ล้อยขัดแล้วค่อยนำชิ้นงานไปขัดโดยให้สัมผัสล้อยขัด

ตอนที่ 3.2 การล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า

โดยปกติชิ้นงานที่จะนำมาทำการชุบด้วยไฟฟ้า มักจะมีสิ่งสกปรกเปื้อนอยู่จากขั้นตอนการขัด เช่น คราบน้ำมัน ผงละออง ผงขัด เศษของผ้าขัด จึงจำเป็นจะต้องกำจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้ให้หมดไป ซึ่งขั้นตอนการทำความสะอาดชิ้นงานก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเป็นดังนี้

1. การทำความสะอาดเบื้องต้น
2. การทำความสะอาดด้วยต่าง
3. การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า
4. การทำความสะอาดด้วยกรด

3.2.1 การทำความสะอาดเบื้องต้น

การทำความสะอาดเบื้องต้นเป็นการล้างคราบไขมันด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในการชะล้างสิ่งสกปรกออกไปคุณสมบัติที่จำเป็นของตัวทำละลายอินทรีย์ คือ

- 1) ต้องล้างสารพวกจาระบี หรือ แวกซ์ได้อย่างดี
- 2) ต้องไม่กัดผิวโลหะ
- 3) ต้องติดไฟยาก
- 4) ต้องไม่เป็นพิษ
- 5) ต้องระเหยได้ง่าย
- 6) ต้องมีราคาถูก

ตัวทำละลายที่ใช้กันมาก ได้แก่ ไตรคลอโรเอเทน (trichloroethane) ซึ่งมีสูตรเคมีเป็น $C_2H_3Cl_3$ และมี คุณสมบัติ ดังนี้ คือ ความถ่วงจำเพาะ 1.47 และจุดเดือด 85.5 ถึง 87.5 องศาเซลเซียส หรือ ใช้ไตรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) เตตระคลอโรเอทิลีน (tetrachloroethylene) ซึ่งสารสองตัวหลังนี้เป็นพิษต่อผู้บริโภค

นำชิ้นงานไปจุ่มลงในตัวทำละลายเพื่อกำจัดคราบสกปรก หรืออาจทำความสะอาดโดยการแขวนชิ้นงานไว้เหนือสารละลาย เมื่อสารได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอไปเกาะที่ผิวชิ้นงานแล้วกลั่นตัวเป็นของเหลวพาเอาคราบสกปรกออกมาด้วย ซึ่งถ้าใช้ไตรคลอโรเอทิลีน หรือเตตระคลอโรเอทิลีน จะต้องบรรจุสารเคมีทั้งสองนี้ในถังพิเศษที่มี เครื่องทำความร้อนอยู่ได้ถึง และมีท่อขดทำความเย็นอยู่ปากถัง เวลาใช้งาน เมื่อตัวทำละลายได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอมากระทบท่อขอทำความเย็นจะกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวกลับตกลงในถังอีก

3.2.2 การต้มล้างไขมันด้วยตัวทำละลาย

วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีการทำความสะอาดขั้นพื้นฐานและไม่อาจละเลยได้ ในการเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบ สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง สามารถละลายคราบน้ำมัน หรือไขมันต่างๆ ได้ดี ต่างที่ใช้นั้นมักจะเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ สารประกอบของโซเดียม เช่น โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมเมตาซิลิเกต และโซเดียมไซยาไนด์ เนื้อของวัสดุที่เป็นชิ้นงานนั้นอาจถูกกัดด้วยด่างได้ ดังนั้นจึงต้องควบคุมความเป็นกรดด่างของตัวน้ำยาต้มล้างไขมันนี้ให้เหมาะสม เช่น ชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ค่า pH มากกว่า 13 ก็ได้ ทองแดง และโลหะผสมของทองแดง ค่า pH ประมาณ 10 -12 อะลูมิเนียม ดิบุก สังกะสี ค่า pH ประมาณ 9 -11 ในทางปฏิบัติมีผู้ผสมตัวยาล้างไขมันนี้วางขายอยู่แล้ว เพียงแต่เราซื้อมาแล้วผสมน้ำ ตามคู่มือก็ใช้งานได้เลย แต่ถ้าจะผสมใช้เองก็มีสูตรตัวอย่างดังแสดงในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2

3.2.3 การล้างชิ้นงานโดยใช้ไฟฟ้า

การล้างชิ้นงานโดยใช้ไฟฟ้า เป็นวิธีที่ต้องกระทำต่อจากวิธีต้มล้างด้วยต่างร้อนเพื่อให้ชิ้นงานมีความสะอาดยิ่งขึ้น ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับวิธีการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าเพียง แต่สารละลายที่ใช้เป็นชนิดเดียวกับการต้มล้างไขมันด้วยต่างร้อนชิ้นงานที่จะล้างถูกแขวนอยู่ที่ขั้วบวกหรือขั้วลบก็ได้ ตามความเหมาะสมเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า จะเกิดก๊าซขึ้นช่วยขับไล่สิ่งสกปรกออกไป ในภาพที่ 3.2 คือการต้มล้างชิ้นงานโดยใช้ไฟฟ้า โดยใช้ถังโลหะเป็นขั้วบวก และแขวนชิ้นงานที่ขั้วลบ ในถังติดตั้งเครื่องทำความร้อน อุณหภูมิ 70 – 90 °C



ภาพที่ 3.2 ถังล้างด้วยไฟฟ้า

ส่วนสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้ามีบริษัทที่ผลิตขาย หรือจะผสมใช้เองก็ได้ โดยจะมีส่วนผสมของสารเคมีแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นงาน ดังตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบ และร้อยละของสารเคมีที่ใช้เป็นสารทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นงาน

สารเคมี	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นงาน			
	เหล็ก	ทองแดง	สังกะสี	ทองเหลือง
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	50	25	20	10
โซเดียมเมตาซิลิเกต (Na_2SiO_3)	40	40	40	40
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	5	10	10	10
โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	4	23	28	38
เซอร์แฟคแทน (40% Sodium Linear-Alkylate Sulfonate)	1	2	2	2

ที่มา : สาโรช พันธุ์แพ และอภิชาติ ธรรมวิทย์. การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า. 2526:55

กรณีที่ชิ้นงานอยู่ที่ขั้วลบ

ข้อดี คือ จะเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ผิวของวัสดุและก๊าซนี้จะผลักเอาสิ่งสกปรกออกไป และเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (ประจุบวกวิ่งมารับอิเล็กตรอน) ขึ้นที่ผิวของชิ้นงาน

ข้อเสีย คือ ถ้าสารละลายที่ใช้เกิดสปริงขึ้น จากการละลายของโลหะต่างๆ (ทองแดง, สังกะสี, ดีบุก, ตะกั่ว) โลหะเหล่านั้นอาจจะไปจับที่ผิวของวัสดุที่กำลังทำการล้างอยู่ได้ซึ่งจะมีผลทำให้คุณภาพของการชุบไม่ดี คือ เกาะไม่แน่น และป้องกันสนิมได้ไม่ดี

กรณีที่ชิ้นงานอยู่ที่ขั้วบวก

ข้อดี คือ ถ้าขอกซิเจนที่เกิดขึ้นจะทำให้สารอินทรีย์ที่เกาะอยู่ที่ผิวของชิ้นงานถูกออกซิไดซ์ (ถูกเติมด้วยออกซิเจน) และหลุดออกไปได้ง่าย

ข้อเสีย ต้องระวัง กล่าวคือ อาจะเกิดขึ้นของออกไซด์ขึ้นที่ชิ้นงาน ดังนั้นจะต้องระมัดระวังในการเลือกส่วนผสมของสารละลาย และความเป็นกรดต่างๆที่เหมาะสม ถ้าชิ้นงานอยู่ที่ขั้วลบ จะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 5 -10 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร และจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 2-3 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร เมื่อชิ้นงานอยู่ที่ขั้วบวก

ดังนั้นการล้างชิ้นงานโดยใช้ไฟฟ้า ถ้าให้ชิ้นงานอยู่ที่ขั้วบวกนั้น จะมีผลดีต่อการชุบมากกว่า เพราะไม่มีโลหะอื่นแปลกปลอมมาเกาะที่ชิ้นงานอย่างแน่นนอนส่วนการเกิดออกไซด์ขึ้นนั้น สามารถแก้ไขได้ง่ายๆ โดยจุ่มกรดกระตุ้นผิว ซึ่งจะละลายออกไซด์ออกไป

3.2.4 การล้างด้วยกรด

การล้างทำความสะอาดด้วยมักจะทำต่อจากการทำความสะอาดด้วยสารละลายต่าง หรือ การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า เพื่อกำจัดพวกออกไซด์บางๆที่เกาะชิ้นงานจากกระบวนการล้างด้วยต่าง และบางครั้งชิ้นงานที่จะนำมาชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า ได้ผ่านขั้นตอนต่างๆ เช่น การตีขึ้นรูป หรือ ชุบแข็ง สิ่งสกปรกต่างๆ ที่ติดมาจะขจัดออกไปได้ยาก ในกรณีนี้จะทำการล้างด้วยกรด กรดที่ใช้จะแตกต่างกันไปทั้งชนิด และความเข้มข้นขึ้นอยู่กับว่าชิ้นงานเป็นโลหะอะไร เช่น ชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าธรรมดา กรดที่ใช้ล้างจะเป็นกรดเกลือ(HCl) หรือกรดกำมะถัน (H_2SO_4) 10% (โดยปริมาตร) ถ้าใช้กรดเกลือจะเกิดรอยต่างได้ง่ายเนื่องจากกรดเกลือจะไปละลายโลหะด้วย ถ้าใช้กรดกำมะถันจะไม่มีปัญหาทางด้านนี้ แต่ต้องใช้ในสภาวะอุณหภูมิ 50-80 องศาเซลเซียส และถ้าชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อใช้สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตร เป็นต้น

ตัวอย่างสารละลายกรดที่ใช้กัดสนิมและสะกัดโลหะที่ผิวชิ้นงาน

ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กใช้สารละลายกรดดังนี้

- 1) สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 5 - 15 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 50 - 80 องศาเซลเซียส
- 2) สารละลายกรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 25 - 85 โดยปริมาตรที่อุณหภูมิห้อง

ชิ้นงานที่ทำจากทองแดง และโลหะที่มีทองแดงผสมใช้สารละลายกรดดังนี้

- 1) สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 10 - 40 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง
- 2) สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 10 - 15 โดยปริมาตร ผสมกับโซเดียมไดโครเมต 15-30 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง
- 3) สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 25 โดยปริมาตร ผสมกับกรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 12 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง

ชิ้นงานที่ทำจากสแตนเลส ใช้สารละลายกรดดังนี้

- 1) สารละลายกรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 10 - 20 โดยปริมาตรผสมกับสารละลายกรดกัดแก้วเข้มข้น ร้อยละ 1 - 2 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิห้อง
- 2) สารละลายผสมของกรดกำมะถัน กรดโครมิก กรดกัดแก้ว อย่างละ 60 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.5 การล้างด้วยน้ำ

การล้างด้วยน้ำเปล่านั้นนับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมากเพราะจะเป็นการล้างเอาสารเคมีที่ติดมากับชิ้นตอนก่อนหน้านี้ออกไปก่อนแล้วจึงนำไปชุบในชิ้นตอนต่อไป นอกจากนั้น ยังเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งจะทำให้ผิวชิ้นงานเกิดรอยย่นหรือบวมได้

ตอนที่ 3.3 ตัวอย่างการเตรียมผิวชิ้นงาน

การเตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบจะใช้หลายวิธีที่กล่าวมาแล้วมารวมกันเป็นขั้นตอน บางครั้งอาจเพิ่มขั้นตอนซึ่งเป็นขั้นตอนเฉพาะของแต่ละชนิดชิ้นงาน ดังจะกล่าวต่อไป

3.3.1 การเตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

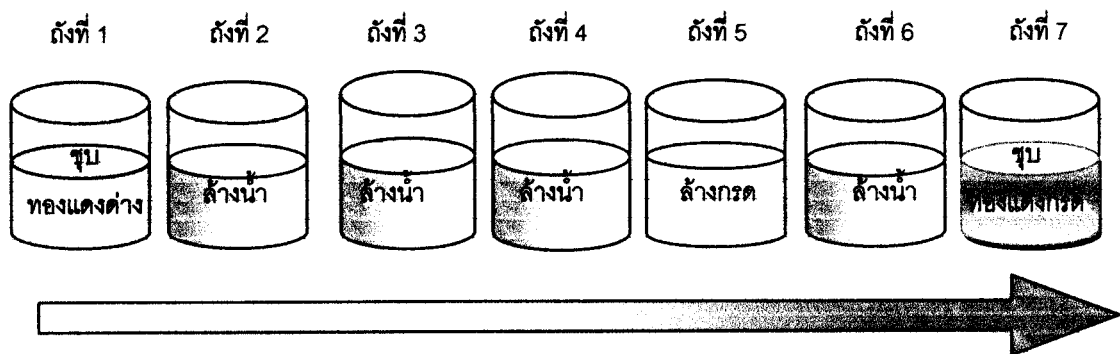
โดยทั่วไป เมื่อชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (low carbon steel) มีขั้นตอนที่เตรียมก่อนการชุบเป็นดังนี้

1. ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าโดยใช้ขั้วบวก (Anodic clean)
2. ล้างน้ำ (Rinse)
3. ล้างด้วยกรดเข้มข้น (กรดเกลือ 25% หรือกรดกำมะถัน 10%)
4. ล้างน้ำ
5. ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าใช้ขั้วบวก (Anodic clean)
6. ล้างน้ำ
7. ล้างด้วยกรดเจือจาง (กรดเกลือ 5% หรือกรดกำมะถัน 4%)

8. ล้างน้ำ

9. ชุบเคลือบผิว (เริ่มต้นด้วยชุบทองแดงต่าง)

การเตรียมผิวเพื่อป้องกันการลอก ชิ้นงานซึ่งเป็นเหล็กกล้าปริมาณคาร์บอนต่ำเมื่อนำไปชุบด้วยทองแดงต่าง ทองแดงกรด และนิกเกิลแล้วเกิดการลอกระหว่างชั้นของทองแดงและนิกเกิลเพราะเมื่อชุบทองแดงต่างแล้วล้างน้ำ และนำไปชุบทองแดงกรดต่อเลยจึงได้แก้ไขโดยการปรับปรุงขั้นตอนเตรียมผิวชิ้นงานในระหว่างการชุบโดยก่อนที่จะนำชิ้นงานไปชุบทองแดงกรดควรจุ่มชิ้นงานลงในกรดก่อนดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 3.3



รูป 3.3 ขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงานระหว่างการชุบทองแดงต่างและทองแดงกรด ของชิ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

ถังที่ 5 คือกรด ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ 1. กรดกำมะถัน 20 กรัม/ลิตร

2. แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 1 กรัม/ลิตร

หลังจากชุบทองแดงกรดแล้วล้างน้ำและนำไปชุบนิกเกิลได้เพราะน้ำยาชุบนิกเกิลมีอนุมูลซัลเฟต ซึ่งเหมือนกับอนุมูลของกรดกำมะถัน ถังที่ 5 อยู่แล้ว

3.3.2 การเตรียมชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อแบบฉีด

ปัจจุบันมีผู้นิยมหล่อเครื่องประดับต่างๆ โดยใช้สังกะสีเป็นวัตถุดิบกันมากในกรณีชิ้นงานเป็นสังกะสี หรืออะลูมิเนียมจะใช้ต่างล้างทำความสะอาดไม่ได้โดยเด็ดขาด เพราะต่างจะไปละลายชิ้นงานจึงล้างชิ้นงานด้วยไตรคลอโรอีเทนแล้วทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ในถังที่ 1 โดยให้ชิ้นงานอยู่ที่ขั้วบวกสารละลายที่ใช้ตั้งที่กล่าวไว้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ในกระบวนการล้างด้วยไฟฟ้าจะทำให้เนื้อสังกะสีหลุดออกไปบ้าง ซึ่งอาจทำให้ผิวขรุขระ แต่สามารถทดแทนได้โดยการชุบทองแดงกรดให้หนา แล้วนำไปล้างด้วยน้ำเปล่าในถังที่ 2

2. นำชิ้นงานไปจุ่มในถังที่ 3 ซึ่งเป็นถังกรด มีส่วนผสมดังนี้

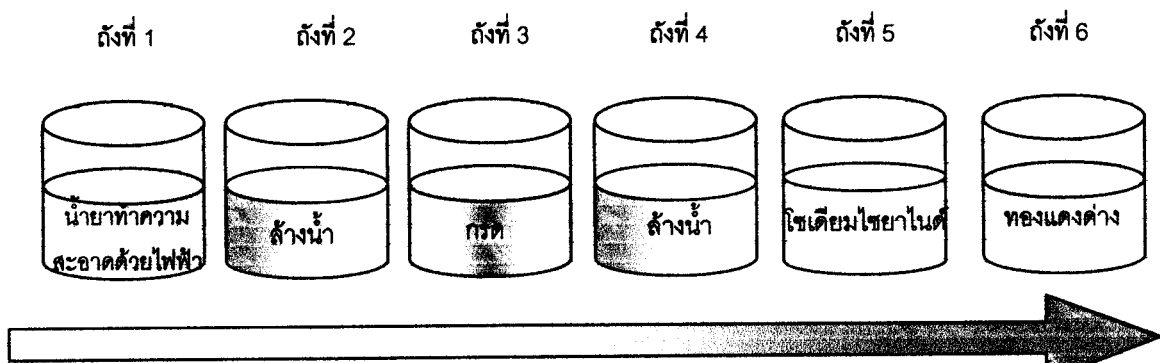
- | | | |
|------------------|----|-----------|
| 1) กรดกำมะถัน | 5 | กรัม/ลิตร |
| 2) โซเดียมไนเตรด | 1 | กรัม/ลิตร |
| 3) กรดซिटริก | 10 | กรัม/ลิตร |

หลังจากนั้นให้นำชิ้นงานไปล้างน้ำเปล่าในถังที่ 4

3. ทำให้ชิ้นงานเป็นกลางในถังที่ 5 โดยใช้สารละลายโซเดียม-ไฮยาไนด์ 50-100 กรัม/ลิตร

4. นำชิ้นงานไปชุบด้วยน้ำยาชุบทองแดงต่าง (ทองแดงไฮยาไนด์) ต่อไป ซึ่งสามารถสรุป

ขั้นตอนดังภาพ



ภาพที่ 3.4 สรุปขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อแบบฉีด

ถ้ายกชิ้นงานจากถังล้างด้วยกรด (ถัง3) ไปลงที่การชุบทองแดงแบบต่างเลย(ถัง6) กรดที่เหลืออยู่ คือ กรดกำมะถันจะทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบทองแดงต่างเกิดเป็นเมือกสีขาวบางๆ คลุมผิว ทำให้ชุบไม่ติด ดังนั้น แก๊ซโดยในถังที่ 5 ซึ่งมีโซเดียมไฮยาไนด์มีสมบัติเป็นด่าง จะปรับสภาพผิวชิ้นงานให้เป็นกลาง แล้วจึงนำชิ้นงานไปชุบทองแดงต่อไป (ถังที่6)

3.3.3 การเตรียมผิวชิ้นงานที่เป็นอะลูมิเนียมหล่อแบบฉีด (Aluminium die casting)

มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

1. นำชิ้นงานไปล้างด้วยไตรคลอโรอีเทน
2. นำชิ้นงานไปล้างด้วยสารละลายนิเกิลคลอไรด์ ในขั้นตอนนี้จะเกิดการแทนที่กันระหว่าง

อะลูมิเนียมกับนิเกิล

3. นำไปล้างน้ำ
4. นำชิ้นงานไปล้างด้วยกรดไนตริก 50% จะทำให้นิเกิลละลายออกเหลือแต่อะลูมิเนียม
5. นำไปล้างด้วยน้ำ
6. ล้างด้วยด่าง
7. นำไปชุบนิเกิลโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ด้วยสารละลายต่าง

ถ้าไม่ผ่านขั้นตอนที่ 6 และ 7 บนชิ้นงานจะเกิดสารประกอบออกไซด์ เมื่อนำไปชุบชั้นต่อไป จะชุบไม่ติด

ในกระบวนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้านั้น การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบ ก็นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นมาก จะเห็นได้ว่าการเตรียมชิ้นงานแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน และต้องใช้เครื่องมือเฉพาะที่มีราคาแพงซึ่งจะเหมาะสำหรับโรงงานที่ชุบงานชิ้นใหญ่ๆ หรือชุบในปริมาณมาก ถ้าจะชุบบนสมัครงานหรือเครื่องประดับเล็กน้อยๆ ก็ไม่จำเป็นจะต้องลงทุนมากก็สามารถทำการชุบได้เช่นกัน

3.3.4 การเตรียมชิ้นงานที่เป็นเครื่องประดับ หรือชิ้นงานเล็กๆ จำนวนไม่มาก

การเตรียมชิ้นงานแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

1. การขัดผิวให้เรียบเป็นมัน ชิ้นงานพวกเครื่องประดับส่วนใหญ่จะเรียบและเป็นมันอยู่แล้ว แต่ถ้าชิ้นงานมีรอยขรุขระ หรือเกิดสนิม ให้ใช้กระดาษทรายน้ำขัดผิวให้เรียบใช้เบอร์ 300 ขึ้นไป และขัดให้มันด้วยล้อย่ำติดมอเตอร์ แล้วนำไปต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และขัดด้วยแปลงทองเหลือง เพื่อกำจัดไขมันจากกระบวนการขัด

2. การล้างทำความสะอาดผิว ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ผูกมัดชิ้นงานด้วยลวดทองแดงหลวมๆพอประมาณ
- 2) จุ่มชิ้นงานลงในสารละลายโซเดียมไซยาไนด์ความเข้มข้น 20 – 40 กรัม/ลิตร นาน 2-3 นาที เพื่อกัดล้างคราบไขมันบนผิวชิ้นงาน
- 3) นำชิ้นงานขึ้นมา แล้วจุ่มลงในน้ำสะอาด
- 4) นำลวดทองแดงออกจากชิ้นงาน นำชิ้นงานไปขัดล้างในสารละลายลูกประคำดีควายด้วยแปลงทองเหลือง จนผิวชิ้นงานดูสะอาด
- 5) นำชิ้นงานไปจุ่มลงในน้ำสะอาด
- 6) ผูกลวดทองแดงอีกครั้ง โดยขณะผูกต้องให้น้ำชุ่มอยู่ตลอด เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกจากมือไปเกาะติดบนผิวชิ้นงาน
- 7) นำชิ้นงานไปจุ่มลงในน้ำสะอาดอีกครั้ง เราก็จะได้ชิ้นงานที่พร้อมจะชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าต่อไป

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
4. การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น	4.1 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง	4.1.1 การชุบทองแดงต่างหรือการชุบทองแดงไซยาไนด์ 4.1.2 การชุบทองแดงกรด (ทองแดงเงา)
	4.2 การชุบเคลือบผิวด้วยการชุบนิกเกิล	

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อรองพื้น

ในกระบวนการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้นมิใช่จะนำชิ้นงานมาชุบให้เป็นเงินเป็นทองได้เลย การชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องชุบรองพื้นชิ้นงานก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบด้วยโลหะชนิดอื่นตามที่ต้องการเนื่องจากโลหะที่นำมาชุบรองพื้นนั้นยึดเกาะกับโลหะอื่นได้ดี ให้ความเงางาม หรือทนต่อสภาพความเป็นกรดของน้ำยาชุบ อย่างเช่นชิ้นงานที่เป็นจากสังกะสีจะทนสภาพที่เป็นกรดของน้ำยาชุบทองแดง หรือนิกเกิลไม่ได้ จำเป็นจะต้องชุบเคลือบผิวชิ้นงานด้วยทองแดงต่างก่อน เป็นต้น

ตอนที่ 4.1 การชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง

การชุบเคลือบผิวชิ้นงานด้วยทองแดงนั้น นิยมให้ชุบเคลือบรองพื้นชิ้นงานก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบด้วยโลหะชนิดอื่นๆ ต่อไป เนื่องจากว่าทองแดงเป็นโลหะที่มีแรงยึดกับโลหะอื่นได้ดี และชิ้นงานที่มีส่วนผสมของสังกะสี หรือมีการบัดกรีชิ้นงานเหล่านี้จะละลายในน้ำยาที่มีสภาพเป็นกรด เช่นน้ำยาชุบนิกเกิล ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเคลือบด้วยทองแดง และนอกจากนี้แล้วทองแดงยังช่วยป้องกันออกซิเจนในอากาศ ไอของกรด - ด่าง เข้าทำปฏิกิริยากับชิ้นงาน แต่อย่างไรก็ตาม การชุบด้วยทองแดงเพียงอย่างเดียวก็ไม่นิยม เนื่องจากเมื่อวางไว้ในอากาศทองแดงจะหมองคล้ำไม่สดใส ดังนั้นจึงนิยมชุบด้วยทองแดงเพื่อชุบรองพื้นเท่านั้น การชุบทองแดงแบ่งตามสภาพความเป็นกรดต่างของน้ำยาชุบซึ่งแบ่งเป็น การชุบทองแดงต่าง และการชุบทองแดงกรด

4.1.1 การชุบทองแดงต่าง หรือการชุบทองแดงโซยาไนต์

การชุบทองแดงต่าง นิยมชุบชิ้นงานที่มีสังกะสีเป็นส่วนผสมน้ำยาที่ใช้ในกระบวนการชุบมีสภาพเป็นด่าง คือ มี pH 10-12 และมีส่วนผสมของเกลือโซยาไนต์บางชนิด ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายมาก การชุบทองแดงต่าง แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- 1) แบบสไตรค์ (Strike Bath)
- 2) แบบร็อคเชลล์ (Rochell Bath)
- 3) แบบประสิทธิภาพสูง (High efficiency Bath)

1) ชุบทองแดงต่างแบบสไตรค์ (Strike Bath)

เป็นการชุบเคลือบผิวทองแดงบนโลหะอื่นอย่างบางๆ โดยปกติจะมีความหนา 0.5-1 ไมโครเมตร แต่สามารถชุบให้หนาถึง 2.5 ไมโครเมตรได้

สูตรของน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบสไตรค์ มีส่วนประกอบดังนี้

1. คอปเปอร์(I) ไชยาไนด์ (CuCN)	15 กรัม/ลิตร
2. โซเดียมไชยาไนด์ (NaCN)	23 กรัม/ลิตร
3. โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)	15 กรัม/ลิตร

สภาวะการทำงานของน้ำยาชุบ

- อุณหภูมิ 41-60 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1.0-3.2 A/dm² แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
- แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 โวลต์
- ขั้วบวกโลหะทองแดง
- อัตราส่วนพื้นที่ขั้วบวก : ขั้วลบ = 3 : 1
- ความหนาสูงสุด 2.5 ไมโครเมตร
- ประสิทธิภาพขั้วลบ 10-60%
- ประสิทธิภาพขั้วบวก 95-100%

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบสไตรค์

คอปเปอร์(I)ไชยาไนด์ (CuCN) เป็นตัวโลหะทองแดงไปเกาะชิ้นงานที่อยู่ขั้วลบ และยังช่วยให้ น้ำยาชุบนำไฟฟ้าได้ดีอีกด้วย

โซเดียมไชยาไนด์ (NaCN) จะแตกตัวให้ CN⁻ ซึ่งจะช่วยให้ขั้วบวกละลายได้ดี

โซเดียมคาร์บอเนต (NaCO₃) จะทำหน้าที่เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ ช่วยควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 10.8 -11.5

ถ้าสังเกตจากสภาวะการทำงานของน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบสไตรค์จะพบว่าประสิทธิภาพของขั้วบวกสูงกว่าขั้วลบมาก ดังนั้นถ้าชุบชิ้นงานไประยะหนึ่งปริมาณไอออนของทองแดงในน้ำยาชุบมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้น้ำยาชุบเสื่อมสภาพ จึงจำเป็นต้องตรวจเช็คสภาพหรือหาปริมาณทองแดงไอออนในสารละลายให้อยู่ในระดับ 10 -16 กรัม/ลิตร เสมอ

วิธีการแก้ไขทำได้โดย ใช้โลหะที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำยาชุบมาเป็นขั้วบวกแทนทองแดงสลับกันไปจะทำให้เราควบคุมปริมาณทองแดงได้ และควรกรองน้ำยาชุบเสมอๆ ถ้าพบว่าในน้ำยาชุบมีอนุภาคต่างๆ ปะปนอยู่การกรองน้ำยาควรกรองแบบต่อเนื่อง และผ่านถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ถ่านกัมมันต์จะช่วยกำจัดอนุภาคต่างๆ ในน้ำยาชุบ ซึ่งอนุภาคต่างๆ เหล่านั้นจะไปเกาะที่ผิวของชิ้นงานทำให้ผิวชิ้นงานหยาบหรือมีผิวขรุขระ

2) การชุบทองแดงต่างแบบรีดอกเซลล์

เป็นการชุบที่ต้องการความหนาของทองแดงปานกลาง คือประมาณ 2.5-7.5 ไมโครเมตร ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อหรือโลหะอื่น ๆ

สูตรน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบรีดอกเซลล์ มีส่วนประกอบดังนี้

1. คอปเปอร์ (I) ไฮยาไนด์ 26 หรือ 19-45 กรัม/ลิตร
2. โซเดียมไฮยาไนด์ 35 หรือ 26-53 กรัม/ลิตร
3. โซเดียมคาร์บอเนต 30 หรือ 15-60 กรัม/ลิตร
4. รีดอกเซลล์ซอลท์ ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 45 กรัม หรือ 30-60 กรัม/ลิตร

สถานะของน้ำยาชุบ

- อุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1.6-6.5 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
- แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 โวลต์
- ขั้วบวกโลหะทองแดง
- อัตราส่วนพื้นที่ขั้วบวก : ขั้วลบ = 2 : 1
- ความหนาสูงสุด 7.5 ไมโครเมตร
- ประสิทธิภาพขั้วลบ 30-70%
- ประสิทธิภาพขั้วบวก 50-70%

หน้าที่ของน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบรีดอกเซลล์

คอปเปอร์ (I) ไฮยาไนด์ โซเดียมไฮยาไนด์ และโซเดียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่เหมือนกับน้ำยาชุบบางสไตรค์ ส่วนรีดอกเซลล์เป็นเกลือทาร์เทรตของโลหะโซเดียมหรือจะรวมตัวกับทองแดงที่ละลายจากขั้วบวกเกิดเป็นสารประกอบชั่วคราว ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณไฮยาไนด์อิสระน้อยลง ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ประสิทธิภาพของขั้วบวกเป็นปกติ ส่วนประสิทธิภาพของขั้วลบสูงขึ้นกว่าการชุบบางสไตรค์

ควรปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 12.2-12.8 ถ้าน้ำยามีความเป็นต่างต่ำเกินไปให้เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ถ้าน้ำยาชุบมีความเป็นต่างมากเกินไปให้เติมกรดกำมะถัน ความเข้มข้นของไฮยาไนด์อิสระจะต้องอยู่ในช่วง 4-9 กรัม/ลิตร ถ้าต่ำกว่านี้จะเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวก ถ้าสูงเกินไป ประสิทธิภาพของขั้วลบจะลดลง และทองแดงที่เคลือบจะดำ

ค) การชุบทองแดงต่างแบบประสิทธิภาพสูง

เป็นการชุบที่นิยมชุบรองพื้นผิวชิ้นงานก่อนชุบโลหะอื่น ๆ เช่น ชิ้นงานพวกชิ้นส่วนประดับยนต์ ผิวทองแดงที่เคลือบจะมีความเงางามและสามารถยึดเกาะชิ้นงานได้อย่างทั่วถึง ดีกว่าการชุบบนสไตรค์ แบบรีดเคลด และสามารถชุบเคลือบได้หนาถึง 7.5-20 ไมโครเมตร

สูตรน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบประสิทธิภาพสูง มีส่วนประกอบดังนี้

1. คอปเปอร์ (I) ไชยาไนต์	75 หรือ 49-127 กรัม/ลิตร
2. โซเดียมไชยาไนต์ (โปตัสเซียมไชยาไนต์ KCN)	93 หรือ 62-157 กรัม/ลิตร 115 หรือ 76-178 กรัม/ลิตร
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ KOH)	30 หรือ 22-37 กรัม/ลิตร 42 หรือ 31-52 กรัม/ลิตร

สภาวะของน้ำยาชุบ

- อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ 1.0-11.1 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก 1.5-4.0 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
- แรงเคลื่อนไฟฟ้า 0.75-4.0 โวลต์
- ขั้วบวกโลหะทองแดง
- อัตราส่วนพื้นที่ขั้วบวก : ขั้วลบ = 3 : 2
- ความหนาสูงสุด ไม่จำกัด
- ประสิทธิภาพขั้วลบ 99%
- ประสิทธิภาพขั้วบวก 99%

การกวนน้ำยาชุบใช้การเคลื่อนไหวขั้วลบหรือกวนด้วยลมหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

หน้าที่ของน้ำยาชุบทองแดงต่างแบบประสิทธิภาพสูง

คอปเปอร์ (I) ไชยาไนต์ โซเดียมไชยาไนต์ หรือโปตัสเซียมไชยาไนต์ (KCN) จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับน้ำยาชุบบนสไตรค์

โซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) หรือ โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ช่วยทำให้น้ำยาชุบน้ำไฟฟ้าได้ดีขึ้น เพิ่มกำลังในการชุบ และยังช่วยละลายทองแดงที่ขั้วบวกได้ดีอีกด้วย

ปัญหาในการชุบทองแดงต่าง

ตาราง 4.1 แสดงปัญหาในการชุบทองแดงต่างและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงต่าง

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. การเกาะจับไม่แน่น ทองหรือหลุดลอก	1.1 ไชยาไนต์มากไป	1.1 วิเคราะห์ค่าไชยาไนต์ และลดไชยาไนต์โดยการเติมคอปเปอร์ไชยาไนต์
	1.2 มีไขมันเกาะติดที่ผิวหรือผิวชิ้นงานไม่สะอาด	1.2 วิเคราะห์ค่าไชยาไนต์ และปรับค่าไชยาไนต์ให้มีปริมาณพอเหมาะ
	1.3 ตัวล่อมีคราบสีเขียวเกาะ	1.3 วิเคราะห์ค่าไชยาไนต์ และเติมไชยาไนต์ที่ขาด
2. ผิวที่เคลือบแข็งมาก	2.1 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำเกินไป	2.1 เพิ่มความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า
	2.2 ทองแดงในน้ำยาชุบไม่อยู่ในสภาพปกติ	2.2 เติมคอปเปอร์(I)ไชยาไนต์
3. ผิวที่เคลือบหยาบเป็นเม็ดเล็กๆ และคล้ำเป็นสีแดงอิฐ	3. ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ามากเกินไป อาจทำให้ผิวเคลือบไหม้	3. ลดแรงเคลื่อนไฟฟ้า และอย่าใช้ตัวล่อขนาดใหญ่มากขณะชุบชิ้นงานที่เล็กๆ
4. น้ำยาชุบเป็นสีฟ้าอ่อนหรือตัวล่อมีสารสารเคลือบเป็นสีเขียว	4. น้ำยาขาดไชยาไนต์	4. เติมเกลือทองแดงต่างหรือโซเดียมไชยาไนต์ตามความจำเป็นอย่างน้อย 6 กรัม/ลิตร หรือตรวจเช็คค่า pH แล้วค่อยเติมลงไปจนได้ที่และนำตัวล่อไปชุบผิวให้สะอาด
5. ผิวที่ชุบสีสวยแต่ขรุขระ	5. มีผลึกในน้ำยา	5. ตรวจสอบค่าไชยาไนต์
6. น้ำยาขุ่น	6.1 น้ำยาขาดไชยาไนต์เห็นได้จากมีสีเขียวเคลือบที่ตัวล่อ	
	6.2 มีสิ่งสกปรกอื่นๆ ปนในน้ำยาชุบ	6.2 กรองน้ำยาชุบให้สะอาด

ตาราง 4.2 แสดงปัญหาในการชุบทองแดงต่างและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงต่าง(ต่อ)

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
7. น้ำยา มีความหนาแน่นมาก มีผลึกเกาะที่ตัวล่อ และข้างถังขณะน้ำยาเย็น	7. อากาศเช่นนี้โดยทั่วไปน้ำยาชุบมีมีคาร์บอนตเพิ่มพูนมาก	7. ตักเอาสิ่งสกปรกกันถังออกไป แล้วเติมน้ำให้เท่าระดับเดิม และวิเคราะห์หาค่าของส่วนผสม
8. มีโลหะของทองแดงเกาะที่ขั้วลบน้อย และมีแก๊สมากขณะชุบ	8. มีไฮยาไนด์มากแต่ขาดทองแดง	8. หาค่าไฮยาไนด์ และลดไฮยาไนด์ลงโดยเติมคอปเปอร์(II)ไฮยาไนด์
9. ตัวล่อสะอาดเป็นเงาและมองดูเป็นเกล็ด	9. ไฮยาไนด์มากเกินไป	9. แก้ไขเหมือนกับข้อ 8 ขณะชุบตัวล่อจะต้องเป็นสีน้ำตาลเข้ม และจะกลับเป็นสีแดงถ้าหากน้ำยาไม่ได้ทำงาน
10. ตัวล่อ มีคราบสีเขียวเกาะ	10. น้ำยาขาดไฮยาไนด์	10. เติมโซเดียมไฮยาไนด์
11. มีคราบดำเกาะที่ตัวล่อคือเกิดโพลาไรเซชัน และลดประสิทธิภาพการทำงาน	11. ถ้าน้ำยาเคถูกกับโลหะตะกั่วหรือเคยชุบตะกั่วผสมทำให้ตะกั่วตกลงถึงฟิล์มสีดำคือตะกั่วเปอร์ออกไซด์	11. เอาโลหะอื่นที่ตกอยู่ในถังออกเปอร์ออกไซด์หรือทางเลือกอีกทางหนึ่งก็เติมโซเดียมซัลไฟด์ลงไปในน้ำยาชุบ 0.3 กรัม ทำให้ตะกั่วกลายเป็นตะกั่วซัลไฟด์แล้วกรองออก
12. ชุบไม่ติด	12.1 ขั้วต่อไฟฟ้าผิดพลาด	12.1 แก้ไขระบบทางเดินไฟฟ้า
	12.2 มีกรดโครมิกตกลงในน้ำยาชุบ	12.2 ยากแก่การแก้ไข ต้องผสมน้ำยาใหม่
	12.3 ผิวงานกระด้าง	12.3 ชัดงานใหม่หรือจุ่มในน้ำกรดเพื่อกระตุ้นผิว
	12.4 เกิดแก๊สมาก โดยเฉพาะถ้าเป็นเหล็กหล่อหรือตะกั่วหรือไม่ก็มีไฮยาไนด์มากเกินไป	12.4 เติมคอปเปอร์ไฮยาไนด์

ที่มา:อนันต์ ทองมฤ (มปป) "ชุบโครเมียม – ชุบทอง":53-55

4.1.2 การชุบทองแดงกรด (ทองแดงเงา)

การชุบทองแดงกรดเป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถควบคุมสภาวะการทำงานของน้ำยาชุบค่อนข้างง่าย สารเคมีที่ใช้มีราคาถูกและในน้ำยาชุบจะเติมสารอินทรีย์หรือน้ำยาเงา เพื่อให้ชิ้นงานมีความเงางาม และนอกจากนั้นแล้วยังมีน้ำยาควบคุมความหนาของชั้นทองแดงในบริเวณต่างๆ ให้เท่ากันด้วย การชุบทองแดงแบบกรดนิยมใช้เป็นการชุบรองพื้นชั้นแรก สำหรับชิ้นงานที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับน้ำยาชุบที่มีสภาวะเป็นกรดหรืออาจจะชุบต่อจากการชุบทองแดงต่างมาก่อน หากชิ้นงานนั้นทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบทองแดงแบบกรด การชุบแบบนี้ก็นิยมชุบเครื่องโลหะ เพื่อเพิ่มความหนาของทองแดงรองพื้นก่อนการชุบนิกเกิลต่อไป

การชุบทองแดงแบบกรดนั้นมี 2 แบบ

1) การชุบทองแดงแบบกรดชนิดซัลเฟต

น้ำยาสำหรับการชุบแบบกรดชนิดซัลเฟตนี้นั้นจะประกอบไปด้วยเกลือซัลเฟตของโลหะทองแดงและกรดซัลฟิวริกซึ่งจะช่วยให้น้ำยาชุบนำไฟฟ้าได้ดีทำให้ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบเกือบเป็น 100% ไม่ว่าจะความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในขณะที่ชุบจะเป็นเท่าใดก็ตาม ส่วนอัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวจะขึ้นอยู่กับการกวนน้ำยาเพื่อไล่ฟองแก๊ส

สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรด ชนิดซัลเฟต (มุกดา เจียมเจริญ 2542:77) มีส่วนประกอบดังนี้

1. คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 118 หรือ 150-250 กรัม/ลิตร
2. กรดซัลฟิวริก 74 หรือ 45-110 กรัม/ลิตร
3. น้ำยาเงา (ตามคู่มือการใช้ของบริษัทผู้ผลิต)

สภาวะของน้ำยาชุบ

- อุณหภูมิห้อง
- ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1-20 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร
- แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1-3 โวลต์
- ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า 95-97%
- ขั้วบวก โลหะทองแดงบริสุทธิ์
- การกวนน้ำยา กวนด้วยลม

2) การชุบทองแดงแบบกรดชนิดฟลูออโบเรต

น้ำยาชุบสำหรับการชุบแบบฟลูออโบเรตนี้จะประกอบด้วยเกลือฟลูออโบเรตของโลหะทองแดงและกรดฟลูออโบริก เพื่อช่วยเพิ่มการนำกระแสไฟฟ้าให้กับน้ำยาชุบ ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบเกือบเป็น 100% ไม่ว่าจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในกระบวนการชุบเท่าไรก็ตาม อัตราการชุบขึ้นอยู่กับวิธีการกวนน้ำยาชุบเพราะการกวนน้ำยาชุบเป็นการไล่ฟองแก๊ส

สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรดชนิดฟลูออโบเรต(มุกดา เจียมเจริญ 2542:77) มีส่วนประกอบดังนี้

	เจือจาง	เข้มข้น	
1. คอปเปอร์ฟลูออโบเรต ($\text{Cu}(\text{BF}_4)_2$)	224	448	กรัม/ลิตร
2. กรดฟลูออโบริก (HBF_4)	15	30	กรัม/ลิตร
3. กรดบอริก (H_3BO_3)	15	30	กรัม/ลิตร
ความเป็นกรดต่าง	1.2-1.7	0.2-0.6	
น้ำยาเงา	ตามคู่มือการใช้งานของแต่ละบริษัทผู้ผลิต		
สภาวะการทำงาน			
อุณหภูมิขณะชุบ	27-50	องศาเซลเซียส	
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ			
- ที่ 27 องศาเซลเซียส ไม่เกิน	14	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร	
- ที่ 50 องศาเซลเซียส ไม่เกิน	45	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร	

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบทองแดงกรด

เกลือโลหะทองแดงจะเป็นตัวให้อิออนโลหะทองแดงแก่สารละลายเพื่อไปชุบเคลือบผิวชิ้นงานต่อไป

กรดในน้ำยาชุบ ช่วยการนำไฟฟ้าของน้ำยาชุบตั้งขึ้นลดการเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวกและขั้วลบ และยังช่วยละลายขั้วบวกหรือตัวล่อได้ดีอีกด้วย

สารเพิ่มคุณสมบัติของน้ำยาชุบทองแดงแบบกรดเติมลงไปเพื่อจุดมุ่งหมายให้ชิ้นงานมีคุณภาพ อย่างเช่น มีความเงางาม มีความแข็งแรง ลดรอยขีดข่วน ผิวเรียบ เป็นต้น ตัวอย่างของสารเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าวที่เติมลงไป

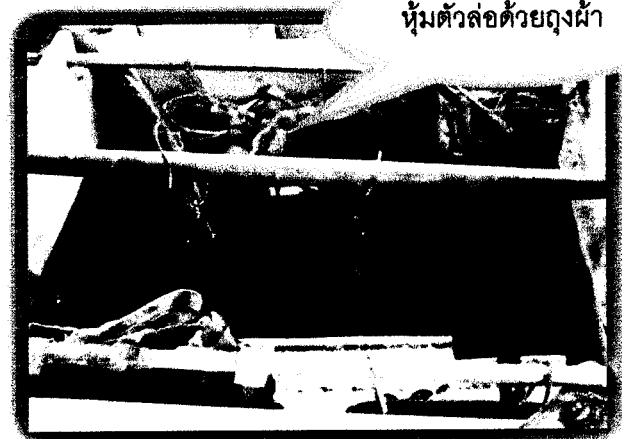
น้ำยาชุบทองแดงแบบกรด เช่น ถ้าต้องการให้ชิ้นงานมีความแข็ง เรียบ ให้เติมฟีนอล (Phenol) หรือกรดฟีนอลซัลโฟนิค (Phenol sulfonic acid) ถ้าต้องการให้ชิ้นงานมีความเงางาม ให้เติมน้ำยาเงา ซึ่งอาจมีส่วนผสมของไธโอยูเรีย

(Thiourea) 0.002 – 0.005 กรัม/ลิตร

และนอกจากนี้ไธโอยูเรียยังช่วยลดรอย

ขีดข่วน อย่างไรก็ดีสำหรับน้ำยาเงา เพื่อความสะดวกและประหยัด ควรซื้อสารเพิ่มคุณสมบัติน้ำยา

ชุบจากบริษัทผู้ผลิต เพราะสารเพิ่มประสิทธิภาพจะใช้ในปริมาณที่น้อยมาก



ภาพที่ 4.1 ถังชุบทองแดงกรด (ทองแดงเงา)

ตารางที่ 4.2 แสดงปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงแบบกรด

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. ผิวน้ำที่เคลือบหยาบ	1. มีสิ่งสกปรกลอยปะปนอยู่ในน้ำยา	1. กรองน้ำยาให้สะอาด ถ้าไม่ใช้งานควรปกปิดถังเก็บน้ำยาให้มิดชิด
2. ผิวน้ำที่ชุบแลดูหยาบและเป็นผงสีแดงเกาะที่ผิว	2.1 กรดน้อยไป	2.1 ตรวจสอบค่าของกรด และเติมกรดกำมะถันเข้มข้น
	2.2 กระแสไฟฟ้าสูง	2.2 ลดแรงเคลื่อนไฟฟ้า
	2.3 อุณหภูมิต่ำ ผิวน้ำชุบใหม่ขณะใช้ไฟปกติ	2.3 ชุบน้ำยาถ้าไม่มีเครื่องทำความร้อนในถังให้ตักน้ำยาจำนวนหนึ่งแล้วให้ความร้อนแล้วเทกลับเข้าถัง
3. ผิวน้ำที่เคลือบอ่อน	3.1 กรดน้อยไป	3.1 เติมกรดกำมะถัน
	3.2 การเกาะช้า	3.2 เพิ่มกระแสไฟฟ้า
	3.3 อุณหภูมิของน้ำยาสูงเกินไป	3.3 ลดอุณหภูมิของน้ำยาชุบ
4. ผิวน้ำที่เคลือบแข็งมากและเปราะ	4.1 กรดมากเกินไป	4.1 วิเคราะห์น้ำยา และลดกรดในน้ำยาโดยการเติมคอปเปอร์คาร์บอเนต
	4.2 น้ำยาเย็นผิดปกติ	4.2 ให้ความร้อนแก่น้ำยาชุบให้มีอุณหภูมิอย่างน้อย 15 องศาเซลเซียส
	4.3 มีอินทรีย์สารปนในน้ำยา	4.3 เวลาผสมน้ำยาต้องใช้กรดเข้มข้นอย่างดีและคอปเปอร์ซัลเฟตอย่างดี และใส่ผงคาร์บอนประมาณ 3 กรัม/ลิตร ลงไปในเครื่องกรองแล้วกรองให้สะอาด
	4.4 มีเหล็กปนในน้ำยา	4.4 อย่าชุบชิ้นงานที่เป็นเหล็กโดยไม่ได้ชุบทองแดงต่าง หรือ निकเกิดมาก่อน
5. กำลังการเคลือบต่ำ	5. กรดน้อยเกินไป	5. เติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงไป
6. การนำไฟฟ้าต่ำ	6.1 อุณหภูมิต่ำมากไป	6.1 ชุบน้ำยาชุบ
	6.2 ขาดกรด และขาดคอปเปอร์ซัลเฟต หรือขาดทั้งสองอย่าง	6.2 วิเคราะห์น้ำ และเติมส่วนที่ขาดลงไป

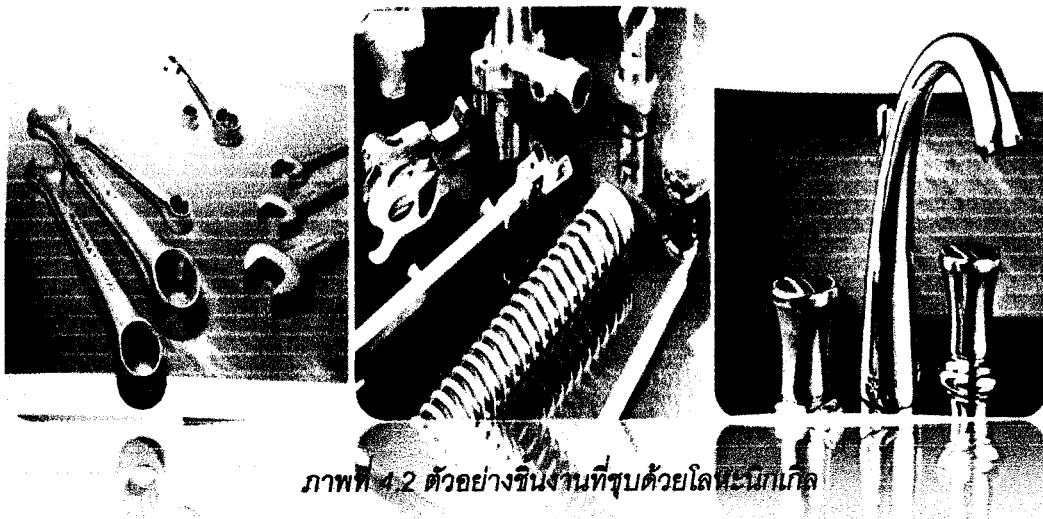
ตารางที่ 4.2 แสดงปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแดงแบบกรด(ต่อ)

อาหาร	สาเหตุ	การแก้ไข
7. ตัวล่อสะอาดมาก และผิวเป็นเกล็ดๆ เล็กๆ	7. กรดมากไป	7. ตรวจหาค่าของกรด และลดค่ากรดที่เกิน โดยการเติมคอปเปอร์คาร์บอเนต
8. มีฟิล์มสีดำเคลือบบนตัวล่อ	8. น้ำยาขาดกรด	8. เติมกรดก้ำมะถัน จนกระทั่งสีดำบนตัวล่อหายไป
9. ตัวล่อถูกเคลือบด้วยสีเขียวซึ่งเป็นตัวขวางทางเดินของกระแสไฟฟ้า	9. มีกรดเหลือบนน้ำยา	9. ต้องถ่ายน้ำยา ออกและทำความสะอาดตัวล่อแล้วเติมผสมน้ำยาใหม่

ที่มา:อนันต์ ทองมฤต(มปป) "ชุบโครเมียม – ชุบทอง":58-59

ตอนที่ 4.2 การชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล

นิกเกิลเป็นโลหะสีขาวคล้ายเงิน มีสัญลักษณ์ทางเคมีเป็น Ni โลหะนิกเกิลได้ถูกนำมาใช้ในการชุบเคลือบผิวโลหะอย่างแพร่หลาย เนื่องจากโลหะนิกเกิลมีความแข็งแรง มีผิวเงามันวาวคล้ายเงิน และไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ดังนั้นจึงนิยมชุบเคลือบโลหะนิกเกิลบนชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ทองเหลืองหรือโลหะอื่นๆ โลหะนิกเกิลจะช่วยป้องกันการกัดกร่อน รักษาเนื้อโลหะได้เป็นอย่างดี ทั้งยังมีความสวยงาม ทำความสะอาดง่าย และนอกจากนี้การชุบโลหะนิกเกิลยังสามารถชุบเพื่อซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดเสียหายของชิ้นงานได้อีกด้วย การชุบนิกเกิลอาจชุบเพื่อเป็นการรองพื้นก่อนการชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียม เงิน หรือทอง ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเป็นเงางาม งานที่ชุบนิกเกิลได้แก่ ประแจ สปริง ก๊อกน้ำ เพลาน้ำ น็อต เป็นต้น



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ชุบด้วยโลหะนิกเกิล

น้ำยาชุบนิกเกิล

น้ำยาชุบนิกเกิลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายแบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 3 ประเภท คือ

1. การชุบเพื่อต้องการความคงทนแข็งแรง

การชุบนิกเกิลที่ต้องการความคงทนแข็งแรงนั้นมักจะใช้เกี่ยวกับงานชุบอุปกรณ์เครื่องใช้ เช่น สปริง เหล็ก ประแจ ลูกกลิ้ง ที่ตอกบัตร เป็นต้น

2. การชุบเพื่อความสวยงาม

การชุบนิกเกิลเพื่อความสวยงามหรือนิกเกิลเงาเป็นที่นิยมมากในอุตสาหกรรมการชุบโลหะ เพื่อใช้เป็นโลหะรองพื้นซึ่งจะให้ความเงาก่อนที่จะนำชิ้นงานนั้นไปชุบโครเมียม ทองเหลือง เงิน หรือทองทำให้ชิ้นงานมีความสวยงามเนื่องจากนิกเกิลที่รองพื้นมีเงาสะท้อนออกมา

3. การชุบแบบพิเศษ เป็นการชุบนิกเกิลด้วยจุดประสงค์อื่น หรือวิธีการอื่น เช่น การชุบนิกเกิลดำ การรมดำ การชุบชาตินิกเกิล การชุบนิกเกิลแบบดั่งกลิ้ง สำหรับการชุบนิกเกิลแบบพิเศษนี้จะไม่ขอกล่าว

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิลประกอบด้วย นิกเกิลซัลเฟต($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) นิกเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) และกรดบอริก ซึ่งสามารถผสมเป็นน้ำยาชุบชนิดต่างได้ดังนี้

สูตรน้ำยาชุบนิกเกิลแบบวัตต์ เป็นสูตรที่ใช้สำหรับชุบนิกเกิลเพื่อความคงทนแข็งแรงมี ส่วนประกอบดังนี้

1. นิกเกิลซัลเฟต	330	กรัม / ลิตร
2. นิกเกิลคลอไรด์	45	กรัม / ลิตร
3. กรดบอริก	38	กรัม / ลิตร

สภาวะการทำงานของน้ำยาชุบ

อุณหภูมิ	45 – 65 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2.5 – 10 แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
ค่า pH	1.5 – 4.5

สูตรน้ำยาชุบนิกเกิลเงา(Bright Nickel) เป็นสูตรน้ำยาชุบนิกเกิลเพื่อความสวยงาม มีส่วนประกอบ เช่นเดียวกับสูตรแบบวัตต์ เพียงแต่เพิ่มน้ำยาเงาลงไปส่วนผลมดังนี้

1. นิกเกิลซัลเฟต	250 – 330	กรัม / ลิตร
2. นิกเกิลคลอไรด์	50 – 60	กรัม / ลิตร
3. กรดบอริก	40	กรัม / ลิตร
4. น้ำยาเงา	ใช้ตามคู่มือของบริษัทผู้ผลิต	

สภาวะการทำงานของน้ำยาชุบ

อุณหภูมิ	45 – 50 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	20 – 60 แอมแปร์ / ตารางฟุต
ค่า pH	1.5 – 4.5

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบนิเกิล

นิเกิลซัลเฟต เป็นเกลือกำเนิดโลหะที่ละลายในน้ำยาชุบแล้วให้นิเกิลไอออนที่ไปชุบเคลือบผิวชิ้นงาน

นิเกิลคลอไรด์ เป็นเกลือที่ให้นิเกิลไอออนเช่นกัน ยังช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าในน้ำยาชุบ อีกทั้งยังช่วยละลายตัวล่อหรือขั้วบวกได้ดีขึ้น

กรดบอริก ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ควบคุมค่า pH ในน้ำยาชุบไม่ให้เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.3 แสดงปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบนิเกิล

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. ผิวที่เคลือบไหม้	1.1 ส่วนผสมของน้ำยาเจือจาง 1.2 อุณหภูมิขณะทำงานต่ำเกินไป 1.3 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป	วิเคราะห์น้ำยาชุบ และเติมส่วนที่ขาด ปรับอุณหภูมิขณะชุบให้เหมาะสม ปรับกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสม
2. ชิ้นงานเป็นหลุม (ตามด)	2.1 มีเหล็กปนอยู่ในน้ำยาชุบ 2.2 มีกรดบอริกต่ำเกินไป 2.3 โลหะอื่นตกลงไปในน้ำยาชุบ	ใช้วิธี คัมมี โดยนำแผ่นเหล็กลูกฟูกลงชุบเพื่อให้โลหะอื่นๆ ติดมากับแผ่นเหล็ก
3. ผิวหยาบ ขรุขระ	3.1 ค่า pH สูงเกินไป 3.2 กรดบอริกต่ำ 3.3 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูง 3.4 มีผงหรือฝุ่นที่ไม่ละลายในน้ำยาชุบ 3.4 เนื่องจากผิวชิ้นงานมีสนิม	ปรับแก้ตามสาเหตุ ส่วนมีผงหรือฝุ่นที่ไม่ละลายในน้ำยาชุบกรองน้ำยาชุบให้สะอาด
4. ผิวแข็งเปราะ บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ	4.1 มีตะกั่วปนในน้ำยาชุบ	ใช้วิธี คัมมีหรือใส่นิเกิลเพียวรีไฟด์

ตารางที่ 4.3 แสดงปัญหาและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบนิเกิล (ต่อ)

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
5. ผิวดำและแข็ง เพราะโดยเฉพาะ บริเวณความหนาแน่น กระแสไฟฟ้าต่ำ	5.1 มีตะกั่วปนในน้ำยาชุบ	ใช้วิธี ดัมมีหรือใส่นิกเกิลเพียว รีไฟต์
6. ผิวดำเพราะแตกและ มัว	6.1 มีเหล็กในถังน้ำยาชุบ	ใช้วิธี ดัมมีหรือใส่นิกเกิลเพียว รีไฟต์
7. ชุบไม่เงา	7.1 น้ำยาเงาไม่พอ 7.2 เตรียมผิวชิ้นงานก่อนชุบไม่ดี	เติมน้ำยาเงาให้เหมาะสม

ที่มา:อนันต์ ทองมอญ(มปป) “ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า”:60

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าการชุบนิเกิลเป็นที่นิยมกันมากเนื่องจากมีความแข็งแกร่งต่อการกัดกร่อน อีกทั้งยังมีความสวยงามและนอกจากนั้นโลหะนิเกิลยังใช้ชุบรองพื้นก่อนการชุบโลหะอย่างอื่นอีกเช่น ชุบทอง ชุบเงิน โครเมียม โรเดียม เป็นต้น ชิ้นงานจะเงางามก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการชุบนิเกิลรองพื้นนี้ด้วย กล่าวคือ ถ้าชิ้นงานที่ชุบรองพื้นเงางามดีชิ้นงานนั้นก็เงางามด้วย

หน่วยการเรียนรู้ที่ **5**

การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
5.การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย	5.1 การชุบเคลือบผิวด้วยเงิน	
	5.2 การชุบเคลือบผิวด้วยทอง	
	5.3 การชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียม	

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

การชุบเคลือบผิวโลหะเพื่อความสวยงามและประโยชน์ใช้สอย

โลหะแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกันทั้งทางกายภาพและทางเคมี ไม่ว่าจะเป็นสี สัน ความเงา ความวาว ความแข็ง ความไวต่อปฏิกิริยา นอกจากสมบัติดังกล่าวแล้วราคายังแตกต่างกันมาก โลหะบางอย่างราคา กิโลกรัมละไม่กี่บาท เมื่อเทียบกับทองคำ หรือทองคำขาว กิโลกรัมละเป็นล้าน จากสมบัติที่แตกต่างกันนี้ ทำให้การชุบโลหะด้วยไฟฟ้ากลายเป็นหนทางหนึ่งที่จะตอบสนองความต้องการ และประโยชน์ใช้สอยของมนุษย์มากขึ้น เช่น เป็นประโยชน์ในการทำเครื่องประดับ จุฬาสถากรรมรถยนต์ เครื่องเรือน เครื่องครัว เป็นต้น โลหะที่ใช้ชุบเคลือบผิวเพื่อประโยชน์ใช้สอยนั้น หลากหลายมาก การชุบเคลือบผิวด้วยเงิน การชุบเคลือบผิวด้วยโรเดียม การชุบเคลือบผิวด้วยทอง การชุบโครเมียม

ตอนที่ 5.1 การชุบเคลือบผิวด้วยเงิน

โลหะเงินเป็นโลหะที่มีค่าชนิดหนึ่ง มีสีขาวผิวเป็นเงาประกาย สะท้อนแสงได้ดี ไม่ค่อยว่องไว ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับกรดและด่างหรือสารเคมีอื่นยกเว้นพวกซัลไฟด์ และกรดไนตริก โลหะเงินเป็นโลหะที่มีค่าจึงไม่นิยมนำโลหะเงินบริสุทธิ์มาทำเครื่องมือเครื่องใช้ แต่จะนำโลหะเงินมาใช้ในลักษณะที่ประหยัดที่สุด นิยมนำโลหะเงินมาชุบบนบนพวกเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เช่น ถาด จาน ช้อน ช้อนส้อม นอกจากนี้เครื่องประดับก็เป็นที่นิยม เช่น สร้อย แหวน ตุ้มหู เครื่องประดับที่มีความหมายมงคล อย่างกำไลเงิน ก็เป็นที่นิยมในหมู่พ่อค้าแม่ขาย อีกทั้งโลหะเงินยังเป็นสื่อที่นำไฟฟ้าได้ดีมากซึ่งมีประโยชน์ทางการค้นคว้าทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการชุบเงินก็ไม่ได้ยุ่งยากอะไรมากมาย

อย่างไรก็ตามแม้วัสดุที่ชุบเคลือบผิวด้วยโลหะเงินจะเงางามดีในช่วงแรกๆ ถ้าปล่อยให้ในบรรยากาศที่มีซัลไฟด์อยู่จะทำให้โลหะเงินหมอง ซึ่งแก้ไขได้โดยการเคลือบผิวด้วยแล็กเกอร์ใบบางๆ แต่สำหรับเครื่องใช้เกี่ยวกับอาหารไม่ปลอดภัย ซึ่งจำเป็นจะต้องขัดด้วยน้ำยาขัดเป็นประจำ หรือเก็บไว้ในน้ำยาที่มีส่วนผสมของโซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมคลอไรด์ สำหรับอุปกรณ์บางอย่างที่ไม่สามารถนำมาขัดได้บ่อยๆก็แก้ไขโดยการชุบเคลือบผิวด้วยทองคำขาว หรือโรเดียมอีกชั้นหนึ่ง

น้ำยาชุบเงิน

สูตรน้ำยาชุบเงินมีหลายชนิด เช่น แบบไนเตรต แบบไฮโอไดต์ แบบซิลเฟต แบบไฮโอซิลเฟต แบบไซยาไนด์ เป็นต้น แบบที่นิยมกันก็คือแบบไซยาไนด์ ซึ่งสูตรแบบไซยาไนด์นี้ยังแบ่งเป็นสูตรย่อยอีกหลายสูตร ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการชุบ ซึ่งมีขายตามท้องตลาด ตัวอย่างสูตรน้ำยาชุบเงิน ดังนี้

สูตรน้ำยาชุบเงิน(พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ 2543:113)

1. ซิลเวอร์ไปต์สเชื่อมไซยาไนด์	40 กรัม
2. ไปต์สเชื่อมไซยาไนด์	30 กรัม
3. ไปต์สเชื่อมคาร์บอนเนต	30 กรัม
4. น้ำ	1 ลิตร
อุณหภูมิขณะชุบ	อุณหภูมิห้อง
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	0.5-1 โวลต์
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0.5-1.5 แอมแปร์/ตารางเซนติเมตร
ขั้วบวกใช้ โลหะเงิน	

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบเงิน

ถังบรรจุน้ำยาชุบ ใช้ถังพีวีซี โพลีโพรพิลีน ถ้าเป็นถังเหล็กควรบุด้วยพลาสติกที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบ ตัวล่อหรือขั้วบวกคือโลหะเงินที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.97 ขึ้นไป และควรมั่นด้วยถุงผ้าที่ทนฤทธิ์ความเป็นด่างของน้ำยาชุบเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกที่ติดมากับขั้วบวก

การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบเงิน

การจะชุบโลหะชนิดใดก็ตามจะต้องมีการเตรียมผิวของชิ้นงานเสียก่อน เงินก็เช่นเดียวกัน จะต้องขัดชิ้นงานให้เรียบล้างให้สะอาด แล้วนำชิ้นงานนั้นไปชุบรองพื้นก่อน คือชุบทองแดงเจานิกเกิล แล้วจึงชุบด้วยเงินตามที่ต้องการ

ขั้นตอนในการชุบเงิน

1. นำชิ้นงานโลหะที่ล้างทำความสะอาดผิวเรียบร้อยแล้ว จุ่มชุบลงในถังชุบทองแดงต่างปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ นานประมาณ 1 นาที เพื่อเป็นการชุบรองพื้น
2. ล้างชิ้นงานให้สะอาด
3. จุ่มชิ้นงานชุบลงในถังชุบทองแดงเจานิกเกิลหรือทองแดงกรด ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ เป็นเวลาประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าจะขึ้นเงา
4. ล้างชิ้นงานให้สะอาด
5. จุ่มชิ้นงานลงในถังชุบเงินเจานิกเกิล ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ เป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที หรือจนกว่าจะขึ้นเงา

6. ล้างชิ้นงานให้สะอาด
7. จุ่มชิ้นงานลงในถังชุบเงิน ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 6-12 โวลต์ต่อวัตต์ที่ใช้คือตัวล่อเงินหรือใช้สแตนเลสแทนก็ได้ เป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที ถ้าชุบนานเกินไปจะทำให้ชิ้นงานหมอง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยนำชิ้นงานไปขัดด้วยสารละลายลูกประคำดีควายก็จะทำให้ชิ้นงาน ดูเงางาม และถ้าต้องการชุบชิ้นงานให้หนา ก็จำเป็นต้องขัดด้วยสารละลายลูกประคำดีควายแล้วนำกลับไปชุบใหม่ หลายๆ ครั้ง ก็จะได้ชิ้นงานที่หนาและเป็นเงางาม

การป้องกันการหมอง

ชิ้นงานที่ชุบเคลือบผิวด้วยเงินจะหมองเมื่อทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ในอากาศ ต้องป้องกันด้วย

วิธีที่ 1 การชุบเคลือบผิวโลหะเงินด้วยแล็กเกอร์ หรือยูรีเทน ก่อนที่จะชุบเคลือบผิวด้วยแล็กเกอร์หรือยูรีเทน ควรอบหรือทำให้ชิ้นงานแห้งก่อน

วิธีที่ 2 จุ่มชิ้นงานในน้ำยากันหมอง เช่นจุ่มในสารละลาย กรดโครมิก (CrO_3) เข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 นาที หรือ จุ่มในสารละลายโปรตัสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) เข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 20 นาที

วิธีที่ 3 กันหมองโดยใช้ไฟฟ้าซึ่งจะมีน้ำยากันหมองมีขายในท้องตลาด

ตอนที่ 5.2 การชุบเคลือบผิวด้วยทอง

ทองหรือทองคำนับว่าเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและราคาแพง และสามารถนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เนื่องจากว่า เนื้อของโลหะทองมีสีส้มสวยงาม ทั้งยังต้านทานการเกิดออกไซด์ทองจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ทำเครื่องประดับ หรือนำมาชุบเคลือบผิวของเครื่องประดับ ชุบชิ้นส่วนชิ้นทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์เฉพาะจุดที่ต้องการความทนทานต่อแรงเสียดสีสูงในแผงวงจร

เนื่องจากทองเป็นโลหะที่มีความสวยงามและราคาสูง จึงได้มีการค้นคว้านำยาชุบที่มีโลหะอื่นผสมลงไปด้วยทำให้ผิวชิ้นงานมีโลหะผสมระหว่างทองกับโลหะอื่น ซึ่งจะทำให้ผิวชิ้นงานมีความคงทนและแข็งกว่าทองบริสุทธิ์ร้อยเปอร์เซ็นต์ ซึ่งนิยมนำมาชุบชิ้นงานที่ทนทานต่อการสัมผัสและเสียดสี เช่น นาฬิกากรอบแว่นตา แหวน ฯลฯ

น้ำนักทองหรือร้อยละของทองในหน่วยกะรัต

กะรัตเป็นหน่วยที่ใช้บอกปริมาณของทองในโลหะผสม

กะรัต หมายถึง โลหะผสมที่มีทองเป็นองค์ประกอบหนัก 100 กรัม จะมีเนื้อทองบริสุทธิ์เป็นส่วนผสม 4.1667 กรัม

จากความหมายดังกล่าว

โลหะที่มีทองผสมอยู่ร้อยละ 4.1667 โดยน้ำหนัก คิดเป็นทอง 1 กระรัต

โลหะที่มีทองผสมอยู่ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก คิดเป็นทอง $\frac{100 \times 1}{4.1667} = 24$

กระรัตดังนั้น ทอง 24 กระรัต หมายถึง ทองบริสุทธิ์มีเนื้อทองร้อยละ 100

ทอง 18 กระรัต หมายถึง โลหะผสมที่มีทองผสมอยู่ร้อยละ $\frac{18 \times 100}{24} = 75$

ทองรูปพรรณ 23 กระรัต มีเนื้อทองผสมอยู่ร้อยละ $\frac{23 \times 100}{24} = 95.83$

น้ำยาชุบทอง มีหลายชนิดแบ่งตามสภาพความเป็นกรดต่างของน้ำยาชุบได้เป็น

- 1) น้ำยาชุบทองชนิดต่าง มีหลายสูตรมีทั้งสูตรที่ชุบทองร้อยเปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ชุบแล้วได้ทองเนื้อผสมกับโลหะอื่นหรือที่เรียกว่า "ทองเค"
- 2) น้ำยาชุบทองชนิดเป็นกลาง สภาพน้ำยาจะเป็นกลางมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6 - 7 ซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษา และลดปริมาณการใช้ไซยาไนด์ลง
- 3) น้ำยาชุบทองชนิดกรด น้ำยาชุบชนิดนี้ มีทั้งที่ ชุบทองเค และทองบริสุทธิ์ ซึ่งน้ำยาชุบชนิดนี้มี pH ประมาณ 4.5 น้ำยาชุบชนิดนี้สามารถชุบให้หนาได้โดยชั้นงานจะไม่เปลี่ยนสี

ตัวอย่างสูตรน้ำยาชุบทอง บริสุทธิ์ หรือทอง 24 เค (24 กระรัต) ส่วนผสมของน้ำยาเป็นดังนี้ (อนันต์ ทองมอกญ มปป.:167)

ไกลโปดัสเซียมไซยาไนด์ (KAu(CN) ₂)	1.5 – 3	กรัม / ลิตร
โปดัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	7.5	กรัม / ลิตร
ไดโปดัสเซียมฟอสเฟต (K ₂ HPO ₄)	15	กรัม / ลิตร
สภาพการทำงาน		
อุณหภูมิ	60 - 70	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	10 – 40	แอมแปร์/ตารางฟุต
ตัวล่อ (Anode) หรือขั้วบวกใช้แท่งสแตนเลส หรือทอง		

สูตรน้ำยาชุบทอง บริสุทธิ์ หรือทอง 18 เค

ทอง	4 - 6	กรัม
ทองแดง	45	กรัม
แคดเมียม	1.1 – 2	กรัม
โปดัสเซียมไซยาไนด์	16	กรัม

สภาพการทำงาน

อุณหภูมิ	65 - 70	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	1	แอมแปร์ / ตารางฟุต

ตัวล่อ (Anode) หรือขั้วบวกใช้แท่งสแตนเลส

วัตถุประสงค์ในการชุบทอง

ตั้งขุบน้ำยาชุบทองนั้นมีความแพงถึงชุบก็ไม่ต้องมีความจุมากนัก อาจใช้ปีกเกอร์ แก้วทนความร้อน หรือถังพลาสติกโพลีเอทิลีนก็ได้

ตัวล่อที่ใช้ในการชุบทองนั้นใช้กันอยู่ 2 ประเภท ชนิดแรกคือตัวล่อที่เป็นทองบริสุทธิ์หรือทอง 24 กระรัต ควรใช้แท่งทองที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสเท่ากับหรือมากกว่าผิวสัมผัสของชิ้นงาน ตัวล่อชนิดนี้จะกร่อนหรือละลายลงในน้ำยาชุบ ชนิดที่ 2 คือตัวล่อที่เฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาหรือไม่ละลาย ที่นิยมใช้ เช่น แกรไฟต์ แพลตินัม ใช้สำหรับน้ำยาชุบที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนสแตนเลส ใช้สำหรับน้ำยาที่มีสมบัติเป็นด่าง

การเตรียมชิ้นงานก่อนทอง

ในการชุบทองนั้นต้องมีการเตรียมชิ้นงานก่อนชุบ นอกจากจะขัดให้เรียบล้างให้สะอาดแล้วยังจะต้องพิจารณาชิ้นงานด้วยว่าเป็นโลหะชนิดใด เนื่องจากว่าขั้นตอนในการชุบรองพื้นก่อนการชุบทองนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่เป็นชิ้นงาน ดังนี้

- 1) ชิ้นงานที่เป็นโลหะเงิน ควรขัดให้เงาและล้างให้สะอาด ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องชุบรองพื้น ก็สามารถชุบทองได้เลย
- 2) ชิ้นงานที่เป็นสแตนเลส ทำการขัดให้ชิ้นงานด้วยล่อขัดผ้า หรือน้ำยาขัดแล้วชุบรองพื้นด้วยนิกเกิลสไตรค์หลังจากนั้นก็ชุบนิกเกิลเงา แล้วจึงนำไปชุบทองต่อไป
- 3) ชิ้นงานที่เป็นสังกะสี หรือโลหะผสมสังกะสีจำเป็นจะต้องชุบรองพื้นด้วยทองแดงต่างก่อน เพราะชิ้นงานที่เป็นสังกะสีจะกร่อนเมื่อจุ่มลงในน้ำยาชุบที่มีฤทธิ์เป็นกรด หลังจากชุบทองแดงต่างแล้วนำชิ้นงานไปชุบทองแดงเงาหรือทองแดงกรด แล้วชุบนานิกเกิลเงารองพื้นอีกชั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงชุบเคลือบผิวชิ้นงานด้วยทอง
- 4) ชิ้นงานที่เป็นเหล็กหรือโลหะที่มีส่วนผสมของเหล็ก ต้องชุบรองพื้นด้วยทองแดงให้หนาอย่างน้อย 8 ไมครอน และชุบด้วยนิกเกิลเงาอย่างน้อย 8 ไมครอน แล้วจึงนำไปชุบทอง หรือจะชุบรองพื้นด้วยนิกเกิลอย่างเดียวก็ได้แต่ต้องชุบให้หนาอย่างน้อย 10 ไมครอน
- 5) ชิ้นงานที่เป็นดีบุกหรือโลหะผสมดีบุก ตะกั่วหรือโลหะผสมตะกั่ว เตรียมชิ้นงาน โดยชุบรองพื้นด้วยทองแดงอย่างน้อย 2 ไมครอน แล้วชุบต่อด้วยนิกเกิลอย่างน้อย 8 ไมครอน แล้วนำไปชุบทองต่อไป

สรุปขั้นตอนในการชุบทอง

หลังจากทำการเตรียมชิ้นงาน โดยการชุบรองพื้นชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ก็นำชิ้นงานมาชุบทองตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) หลังจากทำการชุบรองพื้นแล้ว จุ่มล้างน้ำทำความสะอาดชิ้นงาน
- 2) นำชิ้นงานที่ล้างน้ำเรียบร้อยแล้วจุ่มชุบลงในน้ำยาชุบทองด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 – 12 โวลต์ (แล้วแต่สูตรน้ำยาชุบ) นานประมาณ 30 – 60 วินาที แล้วยกชิ้นงานขึ้น
- 3) นำชิ้นงานจุ่มล้างในน้ำสะอาด
- 4) ชัดผิวชิ้นงานด้วยแปรง
- 5) จุ่มล้างน้ำสะอาด
- 6) จุ่มล้างในน้ำร้อน
- 7) จุ่มล้างในสารละลายกรดน้ำส้มเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์
- 8) จุ่มล้างในน้ำสะอาด
- 9) อบ ตาก หรือสลัดให้แห้ง
- 10) ทำการตรวจสอบและตกแต่งชิ้นงาน

ตอนที่ 5.3 การชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียม

โครเมียมเป็นโลหะที่มีสีขาวววน สดใส แวววาวสะท้อนแสงได้ดี ไม่เป็นสนิม มีความแข็งแรงและผิกลื่น นำไฟฟ้าได้ดี โลหะโครเมียมจึงนิยมนำมาชุบเคลือบผิวโลหะอื่นในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ ใช้ชุบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ตกแต่งชนิดต่างๆ มากมาย อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่ต้องทนทานต่อแรงเสียดทานสูง อย่างไรก็ตามการชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียมนั้นมีสองลักษณะด้วยกัน

- 1) การชุบเคลือบโครเมียมแบบบางเป็นการชุบเพื่อความสวยงาม และยังป้องกันการเกิดสนิม ทนต่อการผุกร่อน และการเสียดสีได้ดีอีกด้วย การชุบแบบนี้เนื้อโครเมียมจะหนาประมาณ 0.25 - 0.8 ไมครอน ชิ้นงานที่ชุบโครเมียมแบบนี้ ได้แก่ ชิ้นส่วนประดับยนต์
- 2) การชุบเคลือบแบบหนา หรือแบบแข็ง (Hart Chrome) การชุบแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความหนาและแข็งแรงแก่ชิ้นงาน ทนต่อความร้อนและการเสียดสีมีความผิวดำ เช่นการชุบก้านไฮดรอลิก การชุบเคลือบโครเมียมแบบนี้จะมีความหนากว่าแบบบางคือ ต้องมีความหนาดั้งแต่ 0.001 นิ้วขึ้นไป แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะชุบโครเมียมแบบบางเท่านั้น

น้ำยาชุบโครเมียม

สูตรน้ำยาชุบโครเมียมแบบบางประกอบด้วย

กรดโครมิก (H_2CrO_4)	250	กรัม / ลิตร
กรดซัลฟิวริก	2.5	กรัม / ลิตร
สภาวะการทำงาน		
อุณหภูมิ	40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	3.1-15.5	แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
ตัวล่อ (Anode)	ใช้ตะกั่วบริสุทธิ์หรือตะกั่วผสมดีบุก	

อุปกรณ์ในการชุบโครเมียม

ถังบรรจุน้ำยาชุบโครเมียมนั้นอาจทำด้วยวัสดุหลายชนิดด้วยกัน เช่น ถังเหล็กที่บุภายในด้วยตะกั่ว หรือตะกั่วผสมแอนติโมนี หรือตะกั่วผสมดีบุก หรือบุด้วย พีวีซี

ตัวล่อที่ใช้ในการชุบโครเมียมนิยมใช้แท่งตะกั่วบริสุทธิ์ ซึ่งตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่ละลายในกรดโครมิกในน้ำยาชุบโครเมียม หรือใช้โลหะผสมระหว่างตะกั่วกับดีบุกจะดีกว่า เนื่องจากว่าตะกั่วบริสุทธิ์จะสามารถรวมตัวกับน้ำยาชุบเกิดเป็นเลดโครเมต เกาะที่ตัวล่อได้ ตัวล่อที่ใช้จะต้องไม่เล็กหรือบางเกินไปเนื่องจากในขณะชุบต้องให้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูง พื้นผิวสัมผัสของตัวล่อจะต้องมากกว่าชิ้นงานร้อยละ 25 การชุบโครเมียมไม่นิยมใช้แท่งโครเมียมบริสุทธิ์มาทำตัวล่อเนื่องจาก โลหะโครเมียมทำให้บริสุทธิ์ได้ยากและราคาแพงกว่ากรดโครมิก และอีกสาเหตุหนึ่งก็คือ โลหะโครเมียมจะมีอัตราการละลายของตัวล่อมากกว่าอัตราการชุบเคลือบผิวชิ้นงานทำให้ควบคุมปริมาณโครเมียมไอออนในน้ำยาชุบยาก

การควบคุมน้ำยาชุบ

เนื่องจากตัวล่อที่ใช้ในการชุบโครเมียมนั้นไม่ได้ใช้โลหะโครเมียม ดังนั้นเมื่อดำเนินการชุบไปสักระยะก็จะทำให้ปริมาณไอออนของโลหะโครเมียมในน้ำยาชุบมีปริมาณลดน้อยลงเรื่อยๆ ต้องควบคุมน้ำยาชุบโคร โดยการเติมกรดโครมิก 70 กรัม/การทำงาน 1000 แอมแปร์-ชั่วโมง ถ้าไม่เติมกรดโครมิกลงไปเลยจำนวนซัลเฟตไอออนในน้ำยาชุบจะลดน้อยลง ซึ่งจะทำให้เกิดจุดต่างสีน้ำตาลบนชิ้นงาน แก้ไขโดยการเติมกรดซัลฟิวริกลงไปเล็กน้อย และถ้าเติมกรดซัลฟิวริกมากเกินไปจะส่งผลให้อัตราการชุบเคลือบผิวของโครเมียมลดน้อยลง สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการชุบให้สูงขึ้น

การเตรียมชิ้นงานก่อนชุบเงิน

ผิวที่ชุบเคลือบโครเมียมถึงแม้จะมีความแข็งแรง แต่จะเปราะ อันเกิดจากแรงเครียดแรงเค้น และรวมถึงในกระบวนการชุบยังมีการออกไปของก๊าซไฮโดรเจนที่พลอยผสมอยู่กับโลหะโครเมียม ทำให้ผิวของโลหะที่ชุบด้วยโครเมียมมีรูพรุน หรือเกิดการแตกร้าว ถึงแม้จะมองไม่เห็นแต่ก็เป็นสาเหตุทำ

ให้เกิดสนิมกัดกินเนื้อโลหะด้านในได้ แก้ไขได้โดยการชุบรองพื้นชิ้นงานด้วย โลหะทองแดงต่าง ทองแดงกรด และนิกเกิลความล้าดับก่อน แล้วจึงทำการชุบโครเมียมตามต้องการ สำหรับชิ้นงาน สัมผัสกับความร้อนโดยตรงนิยมชุบรองพื้นด้วยนิกเกิลด้าน ทองแดงกรด และนิกเกิลเงาจึงจะชุบด้วย โครเมียม เช่นการชุบท่อไอเสีย เพราะถ้าชุบรองพื้นด้วยทองแดงก่อนจะทำให้หลุดล่อนได้ง่าย

ขั้นตอนในการชุบโครเมียมแบบบาง

- 1) นำชิ้นงานไปขัด และล้างทำความสะอาด
- 2) เมื่อทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วนำชิ้นงานไปชุบทองแดงต่าง เสร็จแล้วจุ่มล้างน้ำให้สะอาด
- 3) นำชิ้นงานไปชุบทองแดงกรด เสร็จแล้วจุ่มล้างน้ำให้สะอาด
- 4) นำชิ้นงานไปชุบนิกเกิล เสร็จแล้วจุ่มล้างน้ำให้สะอาด
- 5) เมื่อทำการชุบรองพื้นเรียบร้อยแล้ว ก็นำชิ้นงานชุบลงในน้ำยาชุบโครเมียม โดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 4-5 โวลต์ และค่อยๆเร่งเป็น 10 – 15 โวลต์ แล้วปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ต่ำ รวมเวลาประมาณ 3 – 4 วินาที แล้วยกออกทันที
- 6) นำชิ้นงานจุ่มล้างน้ำให้สะอาด แล้วจุ่มล้างในการละลายโซเดียมคาร์บอเนต 1 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นก็นำชิ้นงานจุ่มล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้งหนึ่ง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า

ชื่อหน่วย	ตอนที่	เรื่อง
6. การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า	6.1 เทคนิคการทำให้วัสดุนำไฟฟ้าได้	6.2.1 ซิลเวอร์แล็กเกอร์ 6.2.2 บรอนซ์แล็กเกอร์ 6.2.3 กรรมวิธีทางเคมี
	6.2 การชุบดอกไม้และแมลงด้วยทองคำ	

หน่วยการเรียนรู้ที่

6

การชุบวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า

จากหลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า วัสดุที่จะนำมาชุบนั้นจะต้องนำไฟฟ้าได้ แต่สำหรับวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าก็สามารถที่จะนำมาชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าได้เช่นกัน อย่างเช่น ดอกไม้ ไข่มุก แม่เหล็ก ก้อนหิน เปลือกหอย ซึ่งสามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับที่เก๋ไก๋สวยงามไม่ซ้ำแบบใคร เพียงแต่เราต้องทำให้ผิวของวัสดุจากธรรมชาติดังกล่าวให้นำไฟฟ้าได้เสียก่อนจึงจะสามารถนำมาชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าได้ กำม่วิธีในการทำให้ผิววัสดุนำไฟฟ้าได้นั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่นวิธีชุบหรือทาด้วยวัสดุที่นำไฟฟ้าได้ หรือจุ่มในน้ำยาชุบที่ไม่ใช้ไฟฟ้าก็ได้ ต่อไปนี้จะกล่าวถึงเทคนิคในการทำให้วัสดุนำไฟฟ้า

ตอนที่ 6.1 เทคนิคการทำให้วัสดุนำไฟฟ้าได้

เทคนิคการทำให้วัสดุนำไฟฟ้าได้มีหลายวิธีด้วยกัน อย่างเช่น กรรมวิธีทางเคมี โดยใช้ซิลเวอร์ในเตรท ซิลเวอร์แล็กเกอร์ บรอนซ์แล็กเกอร์ แต่ละเทคนิคที่กล่าวมานี้เป็นเทคนิคที่ทำให้วัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าให้นำไฟฟ้าได้นั่นเอง

6.1.1 ซิลเวอร์แล็กเกอร์ (Silver Lacquer or Conductive Silver or Silver Preparation) เป็นสารที่ใช้เคลือบผิวชิ้นงานให้เป็นสื่อนำไฟฟ้า ซึ่งมีบริษัทผลิตจำหน่ายหลายบริษัท สะดวกมากในการทำ แต่มีข้อเสียคือราคาแพงแต่นำไฟฟ้าได้ดีมากเพราะทำมาจากเงิน

ใช้พู่กันจุ่มซิลเวอร์แล็กเกอร์แล้วทาลงบนชิ้นงานที่จะชุบ หรือจุ่มชิ้นงานลงไป ในซิลเวอร์แล็กเกอร์ ฝั่งให้แห้งเพียงแค่นี้ชิ้นงานก็กลายเป็นสื่อนำไฟฟ้าได้แล้ว และสามารถนำไปชุบโลหะด้วยไฟฟ้าต่อไปได้

6.1.2 บรอนซ์แล็กเกอร์ เป็นสารผสมระหว่างผงบรอนซ์กับทินเนอร์ ใช้งานเช่นเดียวกับซิลเวอร์แล็กเกอร์ ซิลเวอร์แล็กเกอร์มีราคาแพงต่อมามีการดัดแปลงใช้ผงบรอนซ์แทน เนื่องจากราคาถูกกว่าและมีประสิทธิภาพในการชุบใกล้เคียงกัน ซึ่งมีสูตรการเตรียมดังนี้

วิธีการเตรียมบรอนซ์แล็กเกอร์

- 1) เททินเนอร์ที่ผสมเข้ากันได้กับกาวปะยางรถจักรยานลงในถ้วยผสมพลาสติกในปริมาณที่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงาน ดอกไม้หรือใบไม้
- 2) ตักกาวปะยางรถจักรยานลงผสมคนให้เข้ากัน ทดลองใช้นิ้วจุ่มลงไป แล้วถูเข้ากับอีกนิ้วหนึ่งให้มีความเหนียวของเนื้อกาวพอควร หากยังไม่มีเนื้อกาว (ซึ่งจะไม่สิ้นมือ) ให้เติมกาวลงไปอีก
- 3) ตักผงบรอนซ์ (สีทอง) เบอร์ 3 ลงผสมให้เข้ากันยกไม้กวนขึ้นดูให้มีผงบรอนซ์ติดอยู่เป็นสีทองตลอด หากยังไม่เป็นสีทองตลอดให้เติมผงบรอนซ์อีก ทดลองจุ่มชิ้นงานดู หากบรอนซ์แล็กเกอร์ไหลย้อยเป็นเส้นอย่างรวดเร็ว ไม่เกาะติดผิวชิ้นงานให้เติมกาวลงไปอีก และหากสีทองบนชิ้นงานจางลงให้เติมบรอนซ์ลงไปอีก อัตราส่วนของผงบรอนซ์ กาว และทินเนอร์ที่เหมาะสม เป็นดังนี้
 - ผงบรอนซ์ 40 – 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - กาว 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ทินเนอร์ 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร

6.1.3 กรรมวิธีทางเคมี

1) ต้องเตรียมผิวชิ้นงานให้มีลักษณะเป็นตัวเร่งในขั้นตอนนี้จะทำการเซนติไตซิง (sensitizy) เพื่อให้โลหะเข้ามาเกาะที่ผิวชิ้นงานโดยสารที่ใช้ในการเซนติไตซิงจะถูกดูดซับอยู่บนผิวชิ้นงานทำให้ผิวชิ้นงานมีลักษณะเป็นตัวรีดิวซ์ คือพร้อมที่จะทำการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนกับสารในขั้นตอนแอคติเวท (Activate) ต่อไป สารเคมีที่ใช้ในการเซนติไตซิง ได้แก่ สแตนเลสคลอไรด์ ผสมกับกรดเกลือ เช่น สุตรน้ำยา เซ็นซิไทซิง (อนันต์ ทองมฤ : มปป.,121)

สแตนเลสคลอไรด์ (SnCl ₂)	10 กรัม/ลิตร
ไฮโดรควิโนน	5 กรัม/ลิตร
ไฮโดรคลอริก (HCl)	1 มิลลิลิตร/ลิตร
เติมน้ำให้ได้ปริมาตร	1 ลิตร

ใช้วัสดุจุ่มลงน้ำยาดังกล่าว 35 นาที

2) นำไปล้างให้สะอาด แล้วจุ่มวัสดุในน้ำยาแอคติเวท (Activate) ซึ่งจะทำให้ผิวชิ้นงานมีความไวต่อปฏิกิริยาเคมี ผิวชิ้นงานซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์ จะปรีดิวซ์ไอออนของสารที่ใช้เป็นตัวแอคติเวท ทำให้ตัวแอคติเวทถูกดูดซับบนผิวชิ้นงาน ผิวของชิ้นงานในขณะนี้จะมีลักษณะเป็นตัวเร่ง ขั้นตอนนี้

ต้องการกระตุ้นผิวชิ้นงานให้ไวต่อปฏิกิริยาเคมีในขั้นตอนต่อไปต่อไป สารเคมีที่ใช้แอคติเวตได้แก่สูตรข้างล่างนี้

สูตรน้ำยา แอคติเวต (Activate)

พาลาเดียมคลอไรด์ (PdCl ₂)	0.25 – 0.5 กรัม/ลิตร
ไฮโดรคลอริก (HCl)	1 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ลิตร
เติมน้ำให้ได้ปริมาตร	1 ลิตร

จุ่มในน้ำยาแอคติเวตนานประมาณ 3 นาที

3) จุ่มชิ้นงานลงในน้ำยาชุบทองแดง แบบไม่ใช้ไฟฟ้าประมาณ 5 – 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด

สูตรน้ำยาชุบทองแดงไม่ใช้ไฟฟ้า มี 2 ชนิด คือ น้ำยา ก และน้ำยา ข

น้ำยา ก

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO ₄ · 5H ₂ O)	5 กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	7 กรัม/ลิตร
ร็อคเชลซ็อล	40 กรัม/ลิตร

น้ำยา ข

ฟอร์มาลดีไฮด์	37%
---------------	-----

หลังจากทำตามขั้นตอนดังกล่าวแล้วชิ้นงานก็จะถูกเคลือบผิวด้วยโลหะทองแดง และสามารถนำไฟฟ้าได้แล้วก็นำชิ้นงานไปชุบทองแดงกรด นิกเกิลเงา และชุบทองเป็นลำดับต่อไป

ตอนที่ 6.2 การชุบดอกไม้ด้วยทองคำ

ดอกไม้ นับว่าเป็นสิ่งสวยงามตามธรรมชาติเมื่อยามได้ชม และนอกจากนั้นดอกไม้ยังเป็นสื่อหรือสัญลักษณ์แทนความหมายในโอกาสสำคัญต่างๆ เช่น ดอกกุหลาบแทนความหมายว่ารัก ดอกมะลิรักแม่ ดอกกล้วยไม้บุษราคัม เป็นต้น ไม้نانาพันธุ์จะผลิดอกไม้และแย้มบานเพื่อหลอกล่อเหล่าแมลง แล้วดอกไม้นั้นก็ร่วงโรยไปตามกาลเวลา มันวิเศษขนาดไหนถ้าเราจะเก็บรักษาดอกไม้ นั้นให้คงรูปสวยงามอย่างเดิมอีกทั้งยังทรงคุณค่าด้วยทอง เป็นการเพิ่มมูลค่า สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ ด้วยการนำดอกไม้แมลงหรือวัสดุตามธรรมชาติ มาชุบโลหะทองคำให้สวยงามได้รูปร่างของดอกไม้ที่มีสีลาอ่อนช้อยเป็นธรรมชาติ เป็นการเพิ่มคุณค่าและยืดระยะเวลาในการรอดูใจให้นานขึ้น โดยนำมาทำเป็นเครื่องประดับ ของชำร่วย ของที่ระลึก ซึ่งการชุบดอกไม้ด้วยทองนั้น

การเลือกชนิดของดอกไม้และใบไม้

ควรเลือกดอกไม้ที่มีขนาดไม่โตมากนัก กลีบดอกไม้ซับซ้อนมาก กลีบดอกมีความแข็งแรง ขนาดพอที่จะทำเป็นเครื่องประดับได้ ดอกไม้ที่เหมาะสมสำหรับการชุบ เช่น ดอกกล้วยไม้ สกุลช้าง เข็ม หวาย ออกซีเดียม และดอกขนาดเล็ก เช่น พญาไร้ใบ

ถ้าเป็นดอกไม้ที่มีกลีบดอกอ่อนและซับซ้อนอย่างกุหลาบ ควรเลือกเฉพาะดอกตูม ถ้าบานแล้วกลีบดอกจะอ่อนและมีความซับซ้อนมากไม่เหมาะสม

ถ้าเป็นใบไม้ควรเลือกใบไม้ที่มีลักษณะใบแข็ง ไม่อ่อน และมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก

วัสดุอุปกรณ์ในการชุบ

ซิลเวอร์แล็กเกอร์ พู่กันสำหรับทาสีงาน หรือบรอนซ์แล็กเกอร์ หรือสารเคมีที่ใช้ในเทคนิคการทำให้วัสดุนำไฟฟ้าด้วยกรรมวิธีทางเคมี ลวดทองแดงสำหรับพันก้านดอก

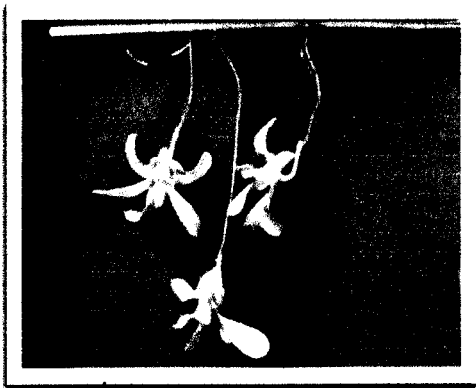
ขั้นตอนในการชุบดอกไม้ด้วยทอง

- 1) หลังจากเลือกดอกไม้ที่จะทำการชุบแล้วนำดอกไม้มาพันด้วยลวดทองแดงที่ก้านดอก ให้แน่นระวังอย่าให้หลวมกระแสไฟฟ้าจะไม่ไหล ลวดทองแดงที่พันนี้นำไปผูกต่อกับ ขั้วลบหรือราวโลหะในถังชุบ



ภาพที่ 6.1 การผูกลวดทองแดง

- 2) เมื่อผูกลวดทองแดงเรียบร้อยแล้วนำพู่กันจุ่มซิลเวอร์แล็กเกอร์มาทาเคลือบผิวดอกไม้ให้ทั่ว ตลอดจนทาบบริเวณลวดทองแดงที่ก้านดอกด้วยการทาซิลเวอร์แล็กเกอร์ควรทาให้เสมอ ทั่วผิวชิ้นงานดีแล้ว ทิ้งให้แห้ง ประมาณ 20 นาทีแล้วนำกลับมาทาเคลือบอีกครั้งหนึ่ง ทิ้งให้แห้ง (บรอนซ์แล็กเกอร์ก็ทำเช่นเดียวกัน)



ภาพที่ 6.2 การเคลือบซิลเวอร์แล็กเกอร์

- 3) นำชิ้นงานดอกไม้ที่เคลือบซิลเวอร์แล็กเกอร์แล้วค่อยๆ จุ่มลงในน้ำยาชุบทองแดงกรดหรือทองแดงเงา ด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำประมาณ 1 โวลต์ นานประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากว่าเนื้อของดอกไม้จะเหี่ยวและยุบไป เนื้อโลหะที่เคลือบผิวไว้จะเป็นโครงสร้างของดอกไม้แทน ดังนั้นจำเป็นจะต้องชุบให้หนา เมื่อยกชิ้นงานที่ทำการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงกรดแล้วชิ้นงานจะเงางาม

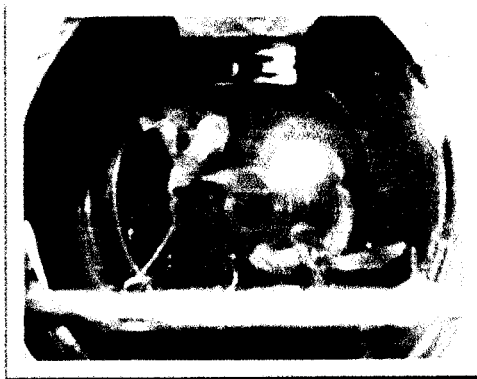


ภาพที่ 6.3 การตัดกรี

- 4) นำชิ้นงานไปจุ่มล้างน้ำทำความสะอาด
- 5) ถ้าชิ้นงานที่ต้องการจะติดเชื่อมก๊ัดให้เชื่อมเชื่อมก๊ัดติดกับชิ้นงาน โดยการบัดกรีโดยการบัดกรีด้วยตะกั่ว หลังจากนั้นนำชิ้นงานจุ่มล้างในสารละลายโซเดียมไซยาไนด์ แล้วนำชิ้นงานล้างน้ำให้สะอาด นำชิ้นงานชุบในถังน้ำยาชุบทองแดงต่างประมาณ 1 นาที ยกขึ้นทำความสะอาด

สะอาดโดยการจุ่มในน้ำสะอาด แล้วนำชิ้นงานกลับไปชุบในถังชุบทองแดงอีกครั้ง ใช้เวลาประมาณ 5 – 10 นาที

- 6) นำชิ้นงานที่สะอาดแล้วจุ่มชุบลงในถังน้ำยาชุบนิเกิลเงา ประมาณ 5 – 10 นาที ยกขึ้นจุ่มล้างน้ำให้สะอาด
- 7) นำชิ้นงานที่สะอาดแล้วจุ่มชุบลงในถังน้ำยาชุบทอง เป็นเวลาประมาณ 30 – 60 วินาที
- 8) นำชิ้นงานไปจุ่มล้างในน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้งก็จะได้ชิ้นงานดอกไม้ชุบทองแล้ว



ภาพที่ 6.4 ชุบทองแดงกรด



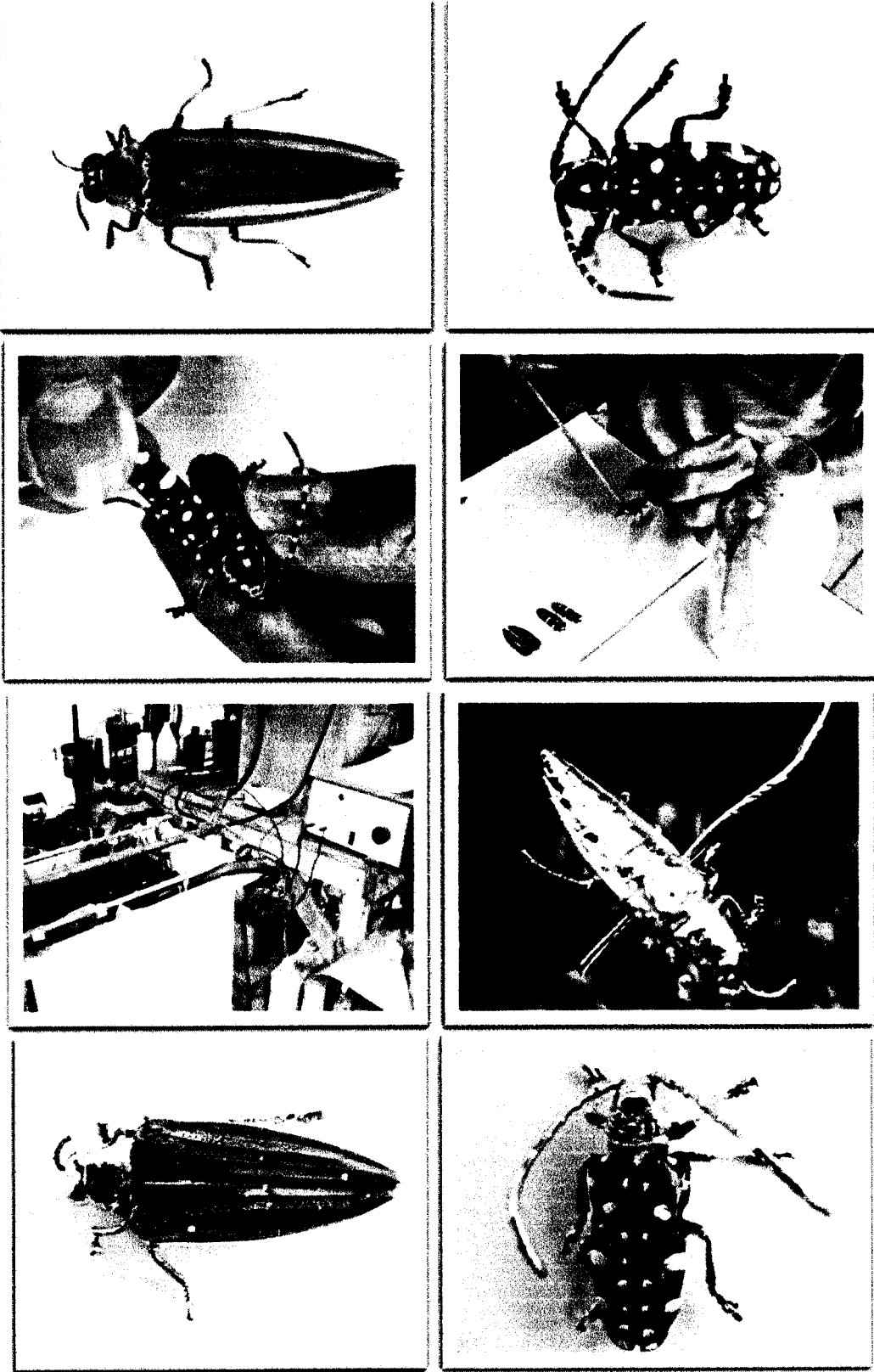
ภาพที่ 6.5 ชิ้นงานที่สำเร็จแล้ว

การชุบดอกไม้ด้วยทองวิธีนี้ทำให้สีสันสวยงามของดอกไม้ถูกหุ้มด้วยเนื้อโลหะ แต่มีวิธีหนึ่งที่ยังคงให้เห็นสีต้นของดอกไม้อยู่ ซึ่งมีวิธีการต่อไปนี้ โดยการนำดอกไม้ไปชุบเคลือบด้วยเรซินเคลือบรูปบางๆ แล้วปล่อยให้แห้ง แล้วทาเคลือบประมาณ 5 – 10 ครั้ง จนได้ชิ้นงานที่แข็งและใสเสียก่อน จึงนำชิ้นงานที่ได้ไปทาสีลวดหรือล็กเกอร์เฉพาะกลีบดอกด้านล้าง แล้วนำไปชุบตามขั้นตอนต่างๆ ดังกล่าว

ตอนที่ 6.3 การชุบแมลง

แมลงเป็นสัตว์ที่แตกต่างจากสัตว์พวกไม่มีกระดูกสันหลังชนิดอื่น กล่าวคือจะมีโครงสร้างผนังหรือเปลือกที่แข็งอยู่ภายนอกลำตัวโดยจะมีลักษณะที่แข็งเหนียวหุ้มลำตัวอยู่ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของแมลงมีความแข็งแรงซึ่งมีความสะดวกกว่าการชุบโลหะลงบนดอกไม้ แต่ก็ต้องมีกรรมวิธีในการเก็บและรักษาตัวอย่างแมลง แมลงที่เหมาะสมในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้นได้แก่พวกด้วงต่างๆ

การเก็บและรักษาแมลงสำหรับนำไปชุบโลหะด้วยไฟฟ้านั้น เป็นการจัดรูปและเก็บแห้งเมื่อได้แมลงที่ตายแล้วนำมาจัดรูปร่างโดยการใช้เข็มปักปักคู้หน้าด้านขวาของแมลง ให้เข็มตั้งฉากกับตัวแมลง และให้เข็มทะลุผ่านตัวแมลง แล้วทำการจัดรูปร่างของขาให้ใกล้เคียงกับการเกาะตามธรรมชาติของแมลงชนิดนั้น หลังจากจัดรูปร่างของแมลงแล้วจำเป็นต้องอบแมลงให้แห้ง เพื่อให้คงรูปตามที่เรাজัดไว้ โดยใช้ความร้อนจากแสงแดดหรือหลอดไฟฟ้า ภาชนะสำหรับอบ อาจใช้กล่องกระดาษ หรือปิบบจูนหุ้มที่เหมาะสมสำหรับการอบคือ 40 องศาเซลเซียส สำหรับเวลาในการอบนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแมลง ส่วนใหญ่ 1 - 3 วัน แมลงบางชนิดปักเป็นมันสีสังดงามอย่างแมลงทับด้วงหนวดยาว ถ้าต้องการความสวยงามของปักตามธรรมชาติก็แกะปักออกก่อนแล้วจึงนำมาติดภายหลัง



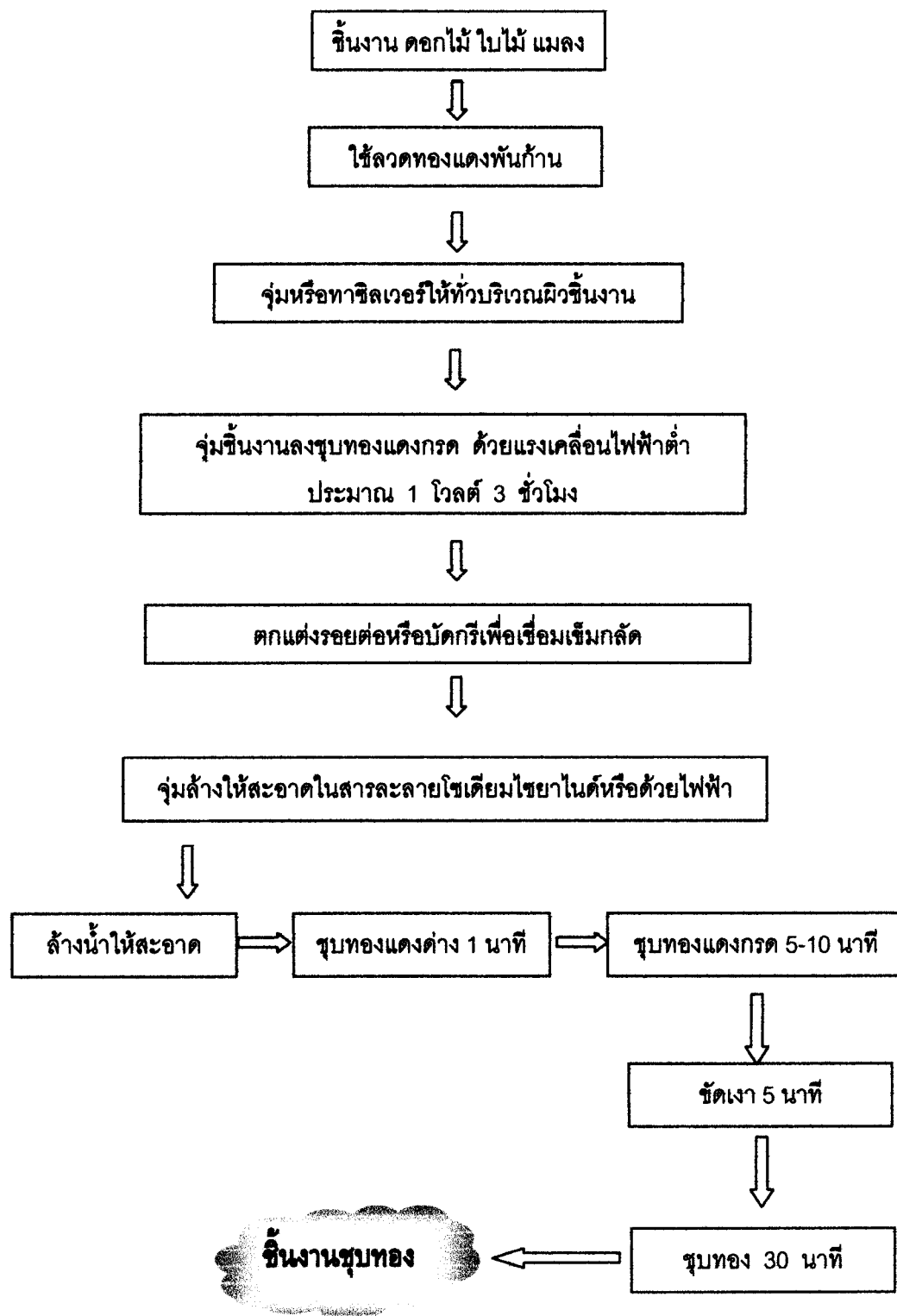
ภาพที่ 6.6 ขั้นตอนการชุบแมลง



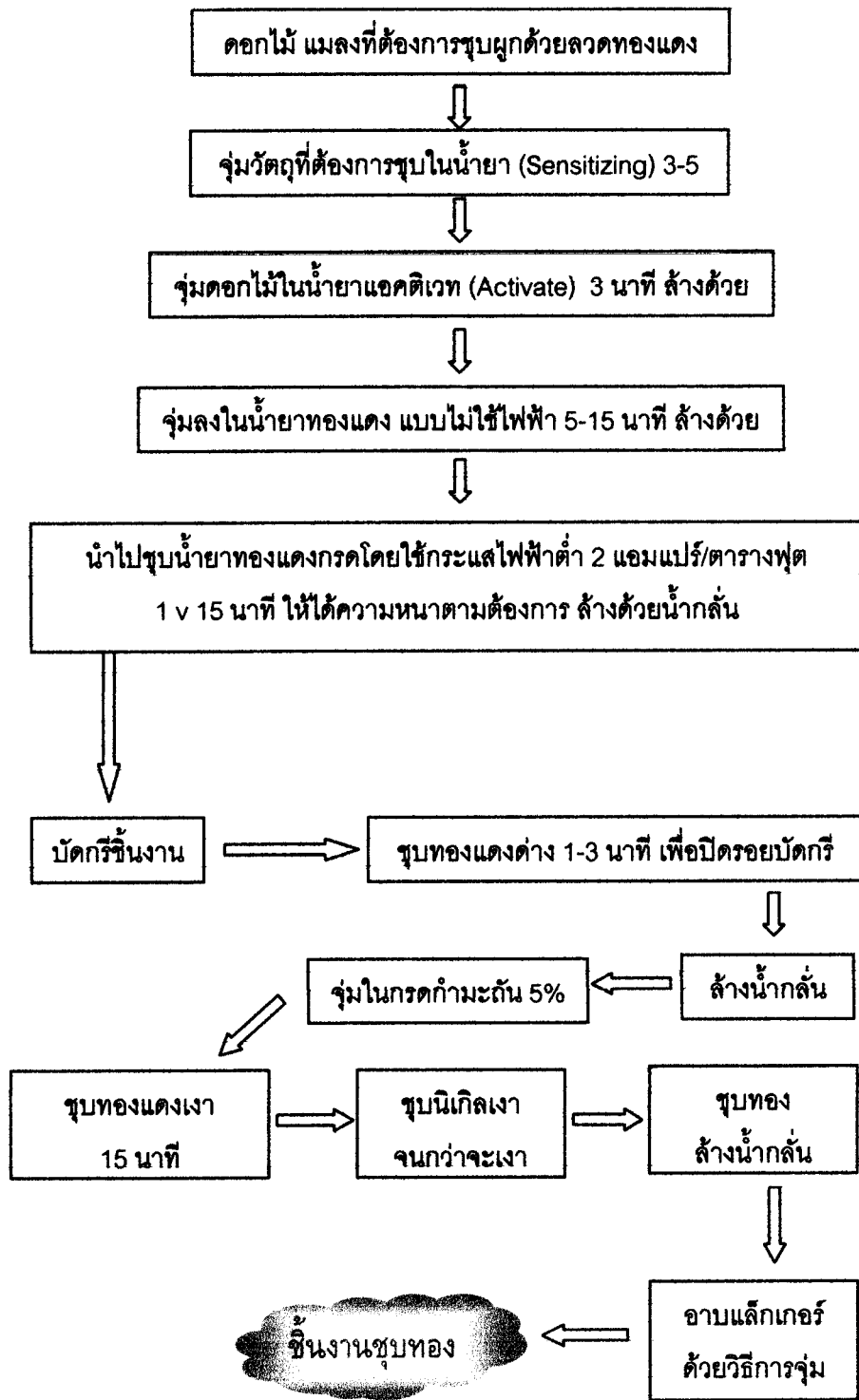
ภาพที่ 6.7 ชีวงานชูปทอง



สรุปขั้นตอนการชุบโดยใช้ซิลเวอร์แล็กเกอร์เคลือบผิว



สรุปขั้นตอนการชุบด้วยวิธีทางเคมี



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ (2541) *คู่มือครูวิชาเคมี 3 ว 037* กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- กรมการศึกษานอกโรงเรียน (2539) *ชุดวิชาการชุดเครื่องประดับเงิน-ทอง* กรุงเทพฯ บริษัท การศึกษา
จำกัด
- จินตนา อุชาชน และคณะ (2547) *เคมี* กรุงเทพฯ นานมีบุ๊คส์พับลิเคชันส์
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์ (2543) *ชุดทอง* กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ หจก.มิตรเจริญการพิมพ์
- พิทักษ์พงศ์ บ้อมมณี (2549) *ทักษะการศึกษาและการเก็บตัวอย่างแมลงเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน*
เอกสารประกอบการฝึกอบรม ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครปฐม
- มุกดา เจียมเจริญ (2542) *เทคโนโลยีเคลือบผิว* อุดรธานี สำนักส่งเสริมวิชาการสถาบันราชภัฏอุดรธานี
- สาโรจน์ พันแพ และอภิชาติ ธรรมวิทย์กุล (2526) *การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า* กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ชวนชม
- สุทัศน์ ไตรสถิตวร (2537) *เคมี 3* นนทบุรี เทพเนรมิตการพิมพ์
- อนันต์ ทองมอญ (2527) *ชุดโครเมียมชุดทอง* กรุงเทพฯ เรือนแก้วการพิมพ์

ภาคผนวก

ความปลอดภัยในการชูลงด้วยไฟฟ้า

ความปลอดภัยในการชูลงด้วยไฟฟ้านั้นนับว่ามีความสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก เนื่องจากว่า งานชูลงด้วยไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้วัสดุ เครื่องมือ และสารเคมีที่เป็นอันตราย ต่อ ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม

ความปลอดภัยในสถานที่ทำงานของบริเวณที่ทำการชูลง

บริเวณปฏิบัติงาน

1. การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้อยู่ในลักษณะที่ปลอดภัย
2. พื้นที่ที่ปฏิบัติงานควรทนกรด ทนด่าง ไม่ลื่น ทำความสะอาดง่าย
3. ดูและเครื่องมือเครื่องมือให้อยู่ในสภาพมีใช้งานได้ดี
4. ถ้าจะให้ดีควรติดตั้งเครื่องขจัดไอพิษต่าง เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติการ

ห้องเก็บวัสดุและสารเคมี

วัสดุ อย่าง ล้อขัด กาว ยาขัด อะไหล่ของเครื่องมือต่างๆ ควร แยกเก็บคนละที่กับสารเคมี เพราะไอระเหยของสารเคมี อาจเป็นอันตรายกับวัสดุเหล่านี้ได้ ห้องเก็บสารเคมีควรปราศจากความชื้นอากาศถ่ายเทได้ดี ควรจัดวัสดุ สารเคมีไว้เป็นหมวดหมู่ สะดวกในการหยิบใช้

อันตรายจากสารเคมี

1. ห้ามชิมสารเคมีโดยเด็ดขาด
2. ห้ามดมสารเคมีโดยตรงที่จมูก หากจำเป็นต้องดมควรถือสารไว้ห่างๆ แล้วใช้มือโบกพัดกลิ่น

สารเคมีเข้าจมูก

3. กรด - ด่าง เข้มข้น สารละลายง่ายควรเก็บและทดลองในตู้ควัน
4. เมื่อกรด ด่าง หรือสารเคมีอื่นๆ โดนผิวหนังควรรีบล้างทันทีด้วยน้ำสะอาดจำนวนมาก
5. ถ้าสารเคมีใดๆ กระเด็นเข้าตา ต้องรีบล้างตาทันทีด้วยน้ำสะอาดจำนวนมากๆ จากนั้นจึงปฐมพยาบาล ถ้าเป็นมากต้องส่งไปให้แพทย์รักษา

6. ห้ามเทน้ำลงในกรดเข้มข้น หรือด่างเข้มข้น เนื่องจากกรดเข้มข้น หรือด่างเข้มข้นมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำ และเมื่อน้ำลงไปรวมตัวด้วยจะเกิดการคายความร้อนออกมา อาจทำให้น้ำซึ่งเบากว่ากระเด็นออกมา

7. ควรศึกษาคุณสมบัติของสารเคมีต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ เช่น สารใดเป็นพิษต่อร่างกาย สารใดผสมกันไม่ได้ เพราะอาจทำให้เกิดการระเบิด หรืออาจเกิดการคายความร้อนอย่างรุนแรง เป็นต้น

8. ควรสวมเสื้อคลุมทับเสื้อผ้าที่ใส่ตามปกติ เพื่อป้องกันสารเคมีที่เป็นพิษ หรือมีฤทธิ์กัดกร่อนรุนแรง เช่น กรดไฮยอนิก เป็นต้น

9. ควรสวมถุงมือขณะเตรียมสารละลายหรือทดลองให้สารทำปฏิกิริยาเคมี หรือวิเคราะห์น้ำยา เพื่อป้องกันสารเคมีหกกรดผิวหนัง

10. ควรสวมแว่นตานิรภัยเมื่อต้องทำงานกับสารที่เป็นอันตราย

ข้อเสนอแนะเหล่านี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะบางประการเท่าที่พบเห็นบ่อยๆ ดังนั้นผู้เขียนจึงขอแนะนำให้ท่านผู้ปฏิบัติงานได้อ่านหนังสือเพิ่มเติมเกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีชนิดอื่นๆ และศึกษาเรื่องการรักษาความปลอดภัยจากสารเคมีเหล่านั้น

ในน้ำยาขุบส่วนใหญ่จะมีไซยาไนด์อยู่ด้วย

การกำจัดน้ำทิ้งที่มีไซยาไนด์

สารเคมีที่ใช้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50
2. โซเดียมไฮโปคลอไรท์
3. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

ขั้นตอนการกำจัดไซยาไนด์

1. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งให้อยู่ที่ pH 11 โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ และคนตลอดเวลา
2. เติมคลอรีนหรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์อย่างช้าๆ และคนตลอดเวลาจำนวนของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่เติมจะเท่ากับจำนวนโซเดียมไฮดรอกไซด์ในข้อที่ 1
3. เมื่อค่า pH คงที่อยู่ที่ 11 แล้วให้คนสารละลายตลอดเวลาประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำไปตรวจหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนอีก และทำจนกว่าปริมาณไซยาไนด์ไอออนไม่เหลืออีก
4. ทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อตกตะกอน
5. ปรับสารละลายให้ค่า pH อยู่ระหว่าง 7-8 โดยการเติมกรดซัลฟิวริก
6. นำตะกอนที่เกิดขึ้นไปตากแห้ง ส่วนน้ำใสละลายลงสู่ที่ระบายได้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินหนังสืออ่านเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพหนังสืออ่านเพิ่มเติมวิชาวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. รายการประเมินคุณภาพ ให้พิจารณาประเด็นต่อไปนี้

- 1.1 เนื้อหา
- 1.2 การใช้ภาษา
- 1.3 การนำเสนอเนื้อหา
- 1.4 ภาพ ตาราง แผนภูมิ

2. สรุปข้อคิดเห็นผลการตรวจประเมิน

ระดับการประเมิน

ในการประเมินส่วนที่ 1 โปรดเขียนเขียนเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับระดับการประเมินตามความคิดเห็นของท่าน

ระดับ 5	หมายถึง การนำเสนอได้สมบูรณ์ ชัดเจน สอดคล้องกับหลักสูตร ส่งเสริมการเรียนรู้ตามหลักสูตรได้ดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง นำเสนอได้สมบูรณ์ ชัดเจน สอดคล้องกับหลักสูตร ส่งเสริมการเรียนรู้ตามหลักสูตรได้ดี
ระดับ 3	หมายถึง นำเสนอได้สมบูรณ์ ชัดเจน สอดคล้องกับหลักสูตร ส่งเสริมการเรียนรู้ตามหลักสูตรได้ค่อนข้างดี
ระดับ 2	หมายถึง นำเสนอมีข้อบกพร่องบ้างเล็กน้อย แต่ไม่เป็นประเด็นสำคัญและไม่มีผลเสียต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน
ระดับ 1	หมายถึง นำเสนอมีข้อผิดพลาดที่เป็นประเด็นสำคัญมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ต้องปรับปรุง

1. ข้อมูลพื้นฐาน

ชื่อหนังสือ การชูปโลหะด้วยไฟฟ้า..... ผู้แต่ง นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม.....

2. รายการประเมิน

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหา 1.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหนังสือ 1.2 ถูกต้องตามหลักวิชาการ 1.3 มีความยากง่ายเหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย 1.4 เนื้อหา มีรายละเอียดเพียงพอ 1.5 การแบ่งประเด็นเนื้อหาเหมาะสม					
2. การเสนอเนื้อหา 2.1 มีรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่เหมาะสม 2.2 มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร สถานศึกษาขั้นพื้นฐาน 2.3 น่าสนใจ 2.4 การนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอน 2.5 เป็นแนวทางในการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง					
3. การใช้ภาษา 3.1 ถูกต้องตามหลักภาษา 3.2 สื่อความหมายชัดเจน 3.3 ใช้ศัพท์เฉพาะถูกต้อง					
4. ภาพ ตาราง แผนภูมิ 4.1 มีความถูกต้องชัดเจนและเป็นปัจจุบัน 4.2 มีความเหมาะสมสอดคล้องกับเนื้อหา 4.3 มีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ 4.4 ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนขึ้น					

3. สรุปข้อคิดเห็นผลการตรวจประเมิน

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

()

ผู้เชี่ยวชาญ

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายรุ่งเรือง ไชยจันทร์หอม
วัน เดือน ปี	5 กันยายน 2521
สถานที่เกิด	อำเภอบ้านฝาง จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	ค.บ. สถาบันราชภัฏอุดรธานี พ.ศ.2544
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนบ้านคอนสา อำเภอปากชม จังหวัดเลย
ตำแหน่ง	ครู