

การชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน

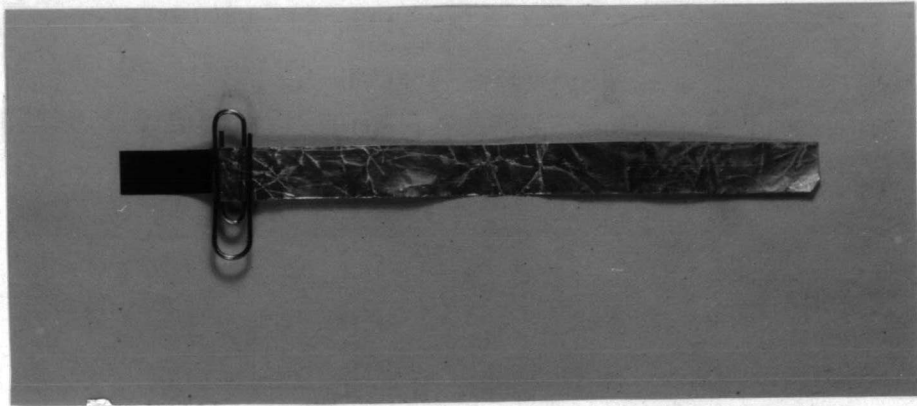
ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการ ขั้นตอน และผลที่ได้ จากการนำแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน ที่สังเคราะห์ได้โดยวิธี CVD (Chemical Vapour Deposition) ตามที่บรรยายขั้นตอน การสังเคราะห์มาแล้วในบทที่ 4 มาประยุกต์ในกระบวนการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งเป็นเป้าหมายหลัก เป้าหมายหนึ่งของการวิจัยในครั้งนี้ โดยตอนแรกจะกล่าวถึงวิธีการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน จากนั้นจะกล่าวถึงผลของการชุบ และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชุบ เป็นอันดับสุดท้าย สำหรับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน จะบรรยายดังต่อไปนี้

5.1 วิธีการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ในการวิจัยครั้งนี้ จะนำวิธีการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าซึ่ง ใช้กันอย่างแพร่หลายขณะนี้ มาประยุกต์ใช้ เพื่อชุบฉนวนผิวโลหะลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนที่สังเคราะห์ได้ตามวิธีการสังเคราะห์ที่บรรยายมาแล้วในบทที่ 4 เพราะฉะนั้นขั้นตอนและวิธีการชุบ จึงเหมือนกับขั้นตอนการชุบโลหะ ดังที่กล่าวในหัวข้อ 2.5 ทุกประการ

เนื่องจากการชุบโลหะทุกชนิด เช่น ชุบทอง ชุบโครเมียม จะต้องชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง เพื่อเป็นรองพื้นก่อนเป็นอันดับแรก (พิชิต เลื่อนทิพัฒน์, 2533; อนันต์ ทองมอญ, 2351) เพราะการชุบทองแดงสามารถทำได้ง่ายที่สุด ใช้เวลานาน มีอัตราการเคลือบและอัตราการเคลือบสูง จึงไม่หลุดลอกออกง่าย ขั้นตอนการชุบทองแดงเพื่อเป็นรองพื้น จึงเป็นขั้นตอนการชุบขั้นต้นหนึ่ง ที่มีอยู่ในขั้นตอนการชุบโลหะเกือบทุกชนิด และวัตถุประสงค์ก็เหมือนกัน ถ้ามีสภาพไฟฟ้าของผิวไม่สูงมากพอ ถ้านำมาชุบโลหะชนิดอื่น ๆ แล้วมักจะชุบไม่ติด แต่เมื่อชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแล้ววัตถุนั้นจะมีสภาพไฟฟ้าที่ผิวเท่ากับค่าสภาพไฟฟ้าของทองแดง จึงสามารถนำมาชุบโลหะชนิดอื่น ๆ ต่อได้ทันที โดยวิธีวิธีการและขั้นตอนของการชุบโลหะชนิดนั้น ๆ โดยไม่ต้องคัดแปลงแก้ไขขั้นตอน และวิธีการแต่ประการใด ด้วยเหตุผลดังกล่าวมานี้ ในการวิจัยครั้งนี้ จึงจะศึกษาเฉพาะปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการเคลือบของทองแดงลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนเท่านั้น ในการทดลองแต่ละครั้งจึงไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นฟิล์มขนาดใหญ่ว่าจะให้การศึกษาเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสามารถสังเกตผลการทดลองได้ชัดเจน ประกอบกับแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนที่สังเคราะห์ได้ มีสภาพไฟฟ้าที่ผิวไม่สูงมากนัก และค่าสภาพไฟฟ้าที่บริเวณต่าง ๆ ของแผ่นฟิล์มก็สม่ำเสมอ การใช้แผ่นฟิล์มขนาดเล็กจึงเหมาะสมกับการวิจัยใน

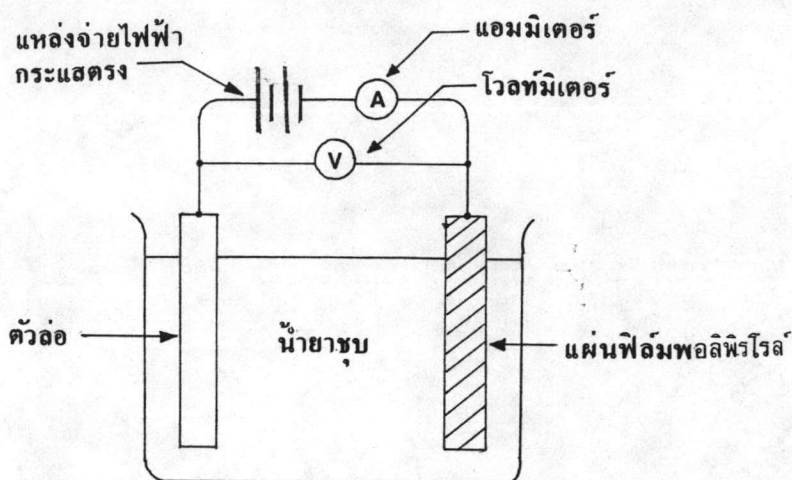
ครั้งนี้มากที่สุด เพราะสามารถเลือกตัดจากบริเวณที่เรียบ สม่ำเสมอ ของแผ่นฟิล์มขนาดใหญ่นี้
 เนื่องจากผิวฟิล์มที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเล็ก อ่อนตัว และผิวฟิล์มฉีกขาดหรือหลุด
 ลอกออกจากแผ่น PET ฟิล์มได้ง่าย สภาพหน้าหน้าที่ผิวฟิล์มที่มันสูงมากนี้ ในการทดลองแต่ละ
 ครั้ง จึงไม่สามารถใช้ลวดทองแดงหรือลวดโลหะชนิดอื่น ๆ นำมาพันหรือมัดแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน
 เพื่อทำเป็นขั้วลบ แล้วนำขั้วลบลงในน้ำยาชุบเหมือนดังที่ทำการชุบลวดโลหะชนิดอื่น ๆ เช่น การ
 ชุบทองได้ เพราะจะพันหรือมัดได้ยาก และในขณะที่ขั้วลบนั้นอนุภาคของทองแดงจากตัวล่อ จะวิ่ง
 มาเกาะที่ลวดทองแดงหมด แทนที่จะเกาะที่ผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน เพราะลวดทองแดงมีสภาพ
 หน้าที่สูงกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนมาก จึงแก้ปัญหาดังกล่าวนี้โดยใช้แถบอลูมิเนียมพอร์ซขนาดกว้าง 1
 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร แทนลวดทองแดง โดยหนีบปลายข้างหนึ่งของแถบ
 อลูมิเนียมมาติดกับปลายข้างหนึ่งของแผ่นฟิล์มด้วยคัทวีปกระดาษ ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงการประดิษฐ์ขั้วลบเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เมื่อสังเกตจากรูปจะเห็นว่า แผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนนำมาทดลองในแต่ละครั้งนั้น มี
 ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร แต่เวลาทดลองจริง ๆ นั้น จะจุ่มให้
 แผ่นฟิล์มลึกลงไปในน้ำยาชุบเพียง 1 เซนติเมตรเท่านั้น เพราะฉะนั้นผิวฟิล์มที่จะถูกเคลือบ
 ด้วยทองแดงจึงมีพื้นที่เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษา
 ปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่อิทธิพลต่อการเคลือบทองแดงลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน ที่มีพื้นที่ขนาด 1
 ตารางเซนติเมตร เท่านั้น

สำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ จะใช้อุปกรณ์เหมือนกับที่ใช้
 ในการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิววัตถุ หรือผิวของชิ้นงานทุกประการ (ได้กล่าวรายละเอียด
 แล้วยกมาแล้วในหัวข้อที่ 2.6 เรื่องการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้า) ซึ่งมีการต่ออุปกรณ์ดัง
 แสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงการต่ออุปกรณ์ในการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้า ลงบนผิวฟิล์มพอลิฟิรโรล

ตลอดการวิจัย จะใช้ปริมาณน้ำยาชุบหรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์ มีปริมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัสดุขั้วแอโนดขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนแคโทดที่ใช้เป็นขั้วจ่ายกระแสไฟฟ้านั้น จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมาสำหรับงานวิจัยครั้งนี้โดยเฉพาะ ตามที่บรรยายมาแล้วไว้ในหัวข้อ 3.5.2

5.2 การทดสอบเบื้องต้นก่อนทำการทดลอง

จากที่กล่าวแล้วในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6 แล้วว่า การชุบทองแดงนั้นจะเริ่มจากการชุบทองแดงค่างก่อน แล้วจึงชุบทองแดงกรดหรือทองแดงเงาซ้ำอีกครั้งหนึ่ง การวิจัยเรื่องนี้ในครั้งแรก จึงทดลองชุบฉนวนผิวฟิล์มพอลิฟิรโรลด้วยทองแดงค่างก่อน โดยใช้อิเล็กโทรไลต์เป็นน้ำยาชุบทองแดงค่างที่ใช้ในงานชุบโลหะทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีส่วนผสมดังต่อไปนี้

สูตรน้ำยาชุบทองแดงค่าง

โซเนียมคอปเปอร์ซอลท์ (zonnax copper salt) 62.5 กรัม
(เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวมเท่ากับ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

สีของน้ำยาเป็นสีเหลืองขุ่น และจากรายละเอียดในคู่มือการใช้งานน้ำยาสูตรนี้ บอกว่า ให้ใช้ชุบที่อุณหภูมิห้อง ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 - 12 โวลต์ (หรือใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 10 - 30 แอมแปร์/ตารางฟุต) ส่วนตัวล่อให้ใช้แท่งทองแดงบริสุทธิ์ธรรมดาที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป

ผลการทดสอบปรากฏผลว่า ในมีอนุภาคของทองแดงมาเกาะที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์เลย แม้แต่เล็กน้อย ไม่ว่าจะทำทดลอง เปลี่ยนแรง เคลื่อนไฟฟ้าและอุณหภูมิของน้ำยาชุบ ให้แตกต่างกัน ก็ตาม นอกจากนี้ยังได้ทดลองใช้น้ำยาชุบทองแดงต่างสูตรอื่น ๆ อีกหลายสูตร แต่ก็มีมีอนุภาคทองแดงมาเกาะที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์เหมือนเดิม จึงสรุปได้ว่าแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ที่สังเคราะห์ได้จากวิธีการที่กล่าวมาในบทที่ 4 นั้น ไม่สามารถนำมาชุบฉาบผิวทองแดงด้วยวิธีการชุบทองแดงต่างได้

หลังจากนั้น ได้ทดสอบการชุบทองแดงกรกหรือทองแดงเงา โดยใช้ น้ำยาชุบทองแดงเงาตามสูตรข้างล่างนี้

สูตรน้ำยาชุบทองแดงกรกหรือทองแดงเงา

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4)	125	กรัม
กรกซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 90%	12.5	ลูกบาศก์ เซนติ เมตร
น้ำยาเพิ่มความเงาทองแดง	1 - 2	ลูกบาศก์ เซนติ เมตร
(เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวมเท่ากับ	500	ลูกบาศก์ เซนติ เมตร)

ตามคู่มือการใช้น้ำยาสูตรนี้ ให้ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ (หรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 50 - 75 แอมแปร์/ตารางฟุต) ล้างน้ำยาเป็นสีน้ำเงินเข้ม ให้ชุบที่อุณหภูมิห้อง และใช้ตัวล่อเป็นแท่งทองแดงชนิดพิเศษสำหรับน้ำยาชุบทองแดงกรกโดยเฉพาะ ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาดหลายขนาด แต่การวิจัยครั้งนี้ จะใช้ขนาดกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 14 เซนติเมตร

ผลการทดสอบพบว่า มีอนุภาคของทองแดงมาเกาะที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ แต่ใช้เวลาไม่นานพอสมควรกว่าจะเกาะเต็ม ซึ่งคงเป็นเพราะสภาพนาไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ไม่สูงมากพอนั่นเอง แสดงว่าการชุบเคลือบผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ด้วยทองแดงนั้น ทำให้เฉพาะการชุบทองแดงเงาเท่านั้น เพราะฉะนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงจะหันมาวิธีการชุบฉาบผิวทองแดงลงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ด้วยวิธีการชุบทองแดงเงาเท่านั้น สำหรับผลการวิจัยโดยละเอียดจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

5.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตามที่ได้บรรยายในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 แล้วว่า ปัจจัยสำคัญ ๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของการชุบฉาบผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้น ก็คือ ชนิดโลหะของชิ้นงาน (ค่าสภาพนาไฟฟ้าหรือความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุนั้นเอง) ส่วนผสมของน้ำยาชุบ ระยะห่างระหว่างตัวล่อกับชิ้นงาน

และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ชุป บัจฉัยต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ นอกจากจะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพการชุบแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อซึ่งกันและกันด้วย

สำหรับในการวิจัยในครั้งนี้ บัจฉัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของการชุบก็ยังคงเหมือนเดิม แต่คาดว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว หรือสภาพนาไฟฟ้าที่ผิวของฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ จะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาก็คือ ส่วนผสมของน้ำยาชุบ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ชุป และระยะห่างระหว่างแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์กับตัวล่อทองแดงตามลำดับ จึงจำเป็นต้องวางแผนการทดลอง เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ดีที่สุด โดยมีการวางแผนการทดลองดังต่อไปนี้

5.3.1 ทดลองหาช่วงระยะห่างระหว่างแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ กับตัวล่อทองแดงที่เหมาะสมที่สุด โดยนำแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวแตกต่างกัน มาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง โดยใช้ น้ำยาชุบทองแดงเงาหรือทองแดงกรดตามสูตรในหน้า 98 และใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ กัน ทดลองทดลองสัปดาห์ ๗ ครั้ง พร้อมกับสังเกตช่วงระยะห่างที่ทำการทดลองส่วนใหญ่ มีคุณภาพการเคลือบผิวของทองแดงที่ดีที่สุด แล้วใช้ระยะนี้เป็นมาตรฐานในการทดลองครั้งต่อไป

5.3.2 แบ่งแผ่นฟิล์มที่สังเคราะห์ได้ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้ค่าความต้านทานไฟฟ้าเป็นเกณฑ์ ดังนี้

กลุ่มที่	ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวฟิล์ม (Ohm/ □)
1	ตั้งแต่ 100 ลงมา
2	100 - 200
3	200 - 300
4	300 - 400
5	400 ขึ้นไป

ตารางที่ 5.1 แสดงการแบ่งกลุ่มแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์

จากนั้นนำฟิล์มของแต่ละกลุ่ม มาทดลองชุบทองแดง โดยใช้ระยะห่างที่หาได้จากข้อ 5.3.1 และน้ำยาชุบทองแดงเงาตามสูตรในหน้า 98 เพื่อหาค่าช่วงความต่างศักย์ที่เหมาะสมสำหรับแผ่นฟิล์มในแต่ละกลุ่ม ซึ่งให้คุณภาพการเคลือบของทองแดงที่ดีที่สุด พร้อมทั้งสังเกตลักษณะการเกาะ และความหนาในการเกาะของอนุภาคทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ด้วย

5.3.3 วัสดุแผ่นฟิล์มในกลุ่มที่ 2 ซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวประมาณ 100 - 200 Ohm/□ ซึ่งเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวฟิล์มต่ำ และสิ่งเคลือบทำได้อายุครั้งที่สุดท้ายทดสอบคุณภาพของน้ำยาชุบทองแดงเงาตามสูตรในหน้า 98 โดยใช้เวลาห่างระหว่างแผ่นฟิล์มกับตัวล่อตามที่หาได้จากข้อ 5.3.1 และใช้ความต่างศักย์ตามที่หาได้จากข้อ 5.3.2

สำหรับผลการวิจัย ตามแผนการทดลองที่วางไว้แต่ต้นนั้น มีดังต่อไปนี้

5.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชุบ และผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่า นอกจากอิทธิพลของปัจจัยด้านต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาในตอนต้นของหัวข้อ 5.3 แล้ว ยังมีลักษณะผิวฟิล์มพอลิไพร์โรล เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญเพิ่มเข้ามาอีกด้วย รายละเอียดของปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการชุบทองแดงเงา ลงบนผิวของแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลมีดังต่อไปนี้

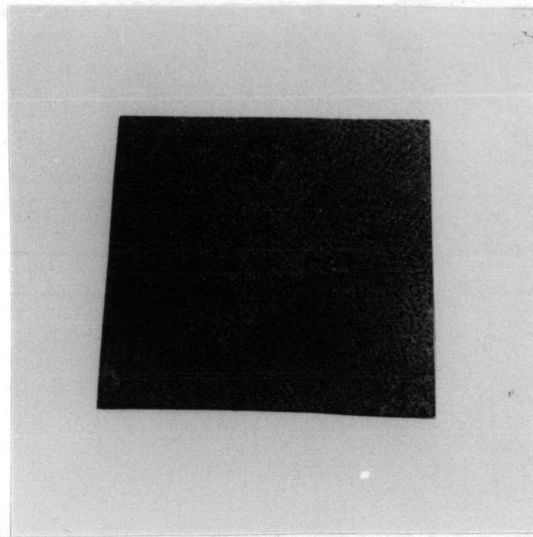
5.4.1 ลักษณะของผิวฟิล์มพอลิไพร์โรล

ตลอดการวิจัยพบว่า แผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลที่ผิวเรียบ เนื้อละเอียด คาสนิท ผิวมันหรือค่อนข้างมัน ทึบแสง ซึ่งแผ่นฟิล์มลักษณะดังกล่าวมานี้ มักจะได้รับการสังเคราะห์เมื่อใช้ไพร์โรลบริสุทธิ์มาก ๆ (ใช้ไพร์โรลเป็นครั้งแรก) หรือใช้ช่วงเวลาในกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization time) นานตั้งแต่ 24 ชั่วโมงเป็นต้นไป ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลที่มีลักษณะดังกล่าวมานี้จะชุบทองแดงไม่ค่อยดี หรือดีก็น้อยมาก

ส่วนลักษณะผิวฟิล์มที่สามารถชุบทองแดงได้ดีนั้น จะต้องมีความหยาบ แต่ไม่หยาบเกินไป ค่าพหุประมาณ 10-20 เมื่อจับส่องดูกับแสงจะเห็นเป็นสีเทาแกมเขียว เนื้อผิวมีเม็ดเล็ก ๆ กระจายทั่วแผ่นฟิล์มอย่างสม่ำเสมอ และถ้าผิวฟิล์มมีเกล็ดเป็นประกายเล็กน้อยก็จะชุบได้ดีมาก แม้จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวค่อนข้างมากก็ตาม (ประมาณ 300 - 400 Ohm/□) ดังแสดงในรูปที่ 5.3 (อยู่ในหน้าถัดไป)

5.4.2 ความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรล

จากการทดลองพบว่า ไม่ว่าแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวเป็นเท่าใดก็ตาม สามารถชุบทองแดงเงาได้เสมอ แต่ถ้าใช้แผ่นฟิล์มที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวต่ำ ๆ ก็จะได้ผิวเคลือบของทองแดงบนแผ่นพอลิไพร์โรลที่หนาสม่ำเสมอ อานาจการเกาะติดสูง และใช้เวลาในการชุบนาน ในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้แผ่นฟิล์มที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสูง เราจะได้ผิวเคลือบของทองแดงบนแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลที่หนาน้อยสม่ำเสมอ บางบริเวณนอกเขตทองแดงเกาะติดมากจนเป็นก้อนเห็นได้ชัดเจน ใช้เวลาในการชุบนานมาก และบ่อยครั้งที่ชุบไม่ติดทั่วบริเวณผิวของแผ่นฟิล์ม แม้ว่าจะใช้เวลาชุบนานมากก็ตาม



รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะผิวฟิล์มโพสิทีฟที่รอสที่สามารถนำมาชุบทองแดงได้ดี

5.4.3 ระยะห่างระหว่างแผ่นฟิล์มโพสิทีฟรอสกับตัวล่อ

ปกติแล้ว ในการชุบฉาบผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้น จะไม่คำนึงถึงระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับตัวล่อมากเท่าไร เพราะส่วนมากชิ้นงานจะเป็นโลหะซึ่งมีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงมาก (ความต้านทานไฟฟ้าน้อยมาก) แต่อย่าให้ใกล้หรือไกลจากตัวล่อมากเกินไป เพราะจะได้ผิวเคลือบที่สม่ำเสมอ เนื่องจากอนุภาคทองแดงมาเกาะชิ้นงานบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสสูงมากกว่าบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสต่ำ แต่ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้ซึ่งชิ้นงานเป็นแผ่นฟิล์มโพสิทีฟรอสซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าต่ำสูงเพียงพอ บังคับด้านนี้จึงมีอิทธิพลออกมาเห็นได้ชัดเจนในด้านอัตราการเคลือบและความสม่ำเสมอในการเคลือบ

คาดว่าในกรณีที่ชิ้นงานกับตัวล่อมีระยะห่างกันมากนั้น จะเกิดความต้านทานกระแสไฟฟ้าในน้ำยาชุบมากขึ้น อันเนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากตัวล่อต้องเดินทางเป็นระยะทางมากในเนื้อของน้ำยาชุบ จึงเกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปส่วนหนึ่งในขณะกระแสไฟฟ้าเดินทางผ่านน้ำยาชุบมายังชิ้นงาน บริเวณกระแสไฟฟ้าที่ไปถึงผิวของชิ้นงานจึงมีค่าน้อยลงสำหรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าหนึ่ง ๆ และจะลดลงเป็นอย่างมากถ้าผิวของชิ้นงานมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวสูง ๆ หรือสภาพนำไฟฟ้าที่ผิวต่ำ ๆ

จากผลการทดลอง เคาสมุ ความที่อธิบายในขั้นตอนการวิจัยข้อ 5.3.1 พบว่า ช่วงระยะห่างระหว่าง ตัวล่อห่างทองแดงกับแผ่นฟิล์มโพสิทีฟรอส ที่เหมาะสมประมาณ 2 - 6 เซนติเมตร แต่ผลการวิจัยจะใช้ระยะ 4 เซนติเมตรเป็นมาตรฐาน

5.4.4 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ขุด

ปัจจัยนี้ ส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อคุณภาพการเคลือบของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนมากพอสมควร จากการสังเกตตลอดการวิจัยพบว่า ถ้าใช้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในการขุดสูง อัตราการเคลือบจะสูง แต่ผิวเคลือบจะหนาไม่สม่ำเสมอ ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงมากเกินไปจะทำให้แผ่นฟิล์มไหม้เสียหายได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในการขุดต่ำมาก ๆ จะใช้เวลาในการขุดนานมาก และบางครั้งอาจขุดไม่ติดหมดทั่วทั้งแผ่นฟิล์ม จะติดเฉพาะบริเวณขอบบนของแผ่นฟิล์มเท่านั้น ซึ่งคงเป็นเพราะ PVAc ในแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนถูกน้ำซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำยาขุด ทำให้ผิวฟิล์มพองตัวและเสียคุณสมบัติของผิวฟิล์มไป

เนื่องจากเราแบ่งแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนออกเป็น 5 กลุ่ม ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่มจึงแตกต่างกัน เมื่อทดลองตามขั้นตอนการทดลองในข้อ 5.3.2 แล้วพบว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่ม และลักษณะการเกาะผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนของอนุภาคทองแดง เป็นดังตารางที่ 5.2 (อยู่ในหน้า 104)

5.4.5 ส่วนผสมของน้ำยาขุด

ตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5 แล้วว่า การขุดโลหะต่างชนิดกันจะใช้น้ำยาขุดที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน หรือแม้กระทั่งขุดโลหะชนิดเดียวกัน น้ำยาขุดก็ยังมีหลายสูตรและหลายอัตราส่วนแตกต่างกันออกไป เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงานแต่ละประเภท ปัจจัยค่านี้นี้มีอิทธิพลต่อการขุดมากที่สุดปัจจัยหนึ่ง แม้ในปัจจุบันนี้ก็ยังมีมีการวิจัยน้ำยาขุดสูตรใหม่ ๆ หรืออัตราส่วนผสมใหม่ ๆ ที่ให้ประสิทธิภาพในการขุดดีกว่าเดิมอยู่ตลอดเวลา

น้ำยาขุดทองแดงกรดหรือทองแดงเงา ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนี้ มีด้วยกันหลายสูตร แต่ละสูตรเหมาะกับลักษณะงานที่แตกต่างกัน แต่ตลอดการวิจัยในครั้งนี้ จะใช้น้ำยาขุดทองแดงเงา ซึ่งมีส่วนผสมและรายละเอียดการใช้น้ำยาดังนี้

น้ำยาขุดทองแดงกรดหรือทองแดงเงา

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO ₄)	125	กรัม
กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄) เข้มข้น 96% (ถ.พ. 1.84)	12.5	ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำยาเพิ่มความเงาทองแดง	1 - 2	ลูกบาศก์เซนติเมตร
(เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวมเท่ากับ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร)		

ใช้อุณหภูมิขณะขุดเป็นอุณหภูมิปกติ ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์ (หรือใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 50 - 75 แอมแปร์/ตารางฟุต ในกรณีที่ต้องการการขุดที่มีคุณภาพ) สำหรับตัวล่อจะใช้แท่งทองแดงชนิดพิเศษ ซึ่งผลิตออกมาใช้ในการงานขุดโลหะด้วยไฟฟ้าโดย

เฉพาะ ซึ่งมีจำหน่ายตามท้องตลาดหลายขนาด แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำขนาดกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 14 เซนติเมตร และถ้าสามารถควบคุมค่า pH ของน้ำยาชุบ ให้เท่ากับ 1 หรือ 2 และค่าความถี่จําเพาะให้เท่ากับ 1.16 ก็จะทำให้คุณภาพการชุบดียิ่งขึ้น

จากการสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้มีประสบการณ์ทางด้านนี้หลายท่าน ซึ่งให้คำแนะนำในทางนองเดียวกันว่า น้ำยาชุบที่นิยมใช้ขณะนี้ นั้น ได้ผ่านการค้นคว้าและปรับปรุงจากนักวิจัยทางด้านนี้ จนเป็นน้ำยาชุบที่มีประสิทธิภาพที่สุดในปัจจุบัน แม้ว่าประสิทธิภาพของน้ำยาชุบแต่ละสูตรจะไม่เท่ากัน แต่ก็ใกล้เคียงกันมาก จากเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้เลือกน้ำยาชุบของแดงเงาตามสูตรดังกล่าวใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพราะนิยมใช้งานชุบระดับกลางและระดับเล็กมากที่สุด สารเคมีที่เป็นส่วนผสมก็สามารถจัดหาได้ง่ายหาให้สะดวกในการจัดเตรียม อีกทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพของน้ำยาชุบได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามได้ทดสอบความจริงข้อนี้ โดยดำเนินการดังนี้

เนื่องจากกรดซัลฟูริกในน้ำยาชุบตามสูตรดังกล่าวนี้เป็นเพียงตัวช่วยให้การนำกระแสไฟฟ้าของไอออนเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำยาเงาช่วยเพิ่มความเงาของผิวเคลือบทองแดง ตัวที่มีความสำคัญมากที่สุดต่ออัตราการเคลือบก็คือ ความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต การทดสอบจึงทำโดยการเพิ่มและลดความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต พร้อม ๆ กับสังเกตอัตราการเคลือบของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน

ตามสูตรส่วนผสมของน้ำยาชุบของแดงเงาสูตรนี้ จะเห็นว่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตในน้ำยาชุบมีค่าเท่ากับ $125/500 = 0.25$ รมล/ลิตร เพราะฉะนั้นการทดสอบจึงกระทำโดยการเตรียมน้ำยาที่มีความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟต ลดลงจากเดิมหนึ่งเท่าตัว คือเท่ากับ 0.125 รมล/ลิตร และเพิ่มขึ้นจากเดิมหนึ่งเท่าตัว คือเท่ากับ 0.5 รมล/ลิตร แล้วนำน้ำยาชุบทั้งสองชนิดมาใช้น้ำยาชุบของแดงเงาลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนรุ่นที่ 2 ซึ่งมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวอยู่ในช่วง 100 - 200 Ohm/□ โดยใช้เวลาต่างศักย์ไฟฟ้า 3 โวลต์ ระยะห่างระหว่างแผ่นฟิล์มกับตัวล่อเท่ากับ 4 เซนติเมตร ผลจากการทดสอบพบว่าในกรณีน้ำยาชุบมีความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตเท่ากับ 0.125 รมล/ลิตร และ 0.5 รมล/ลิตรนั้น มีอนุภาคทองแดงมาเกาะผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนน้อยมาก หรือกล่าวได้ว่า ไม่มีอนุภาคทองแดงมาเกาะที่ผิวฟิล์มเลย

แม้ว่าจะไม่ได้ทดสอบ กับค่าความเข้มข้นของคอปเปอร์ซัลเฟตค่าอื่น ๆ แต่จากผลทดสอบตามที่กล่าวมานี้ ก็พอที่จะสรุปได้ว่า น้ำยาชุบของแดงเงาตามสูตรในหน้า 98 มีคุณภาพดีเหมาะกับการวิจัยในครั้งนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมและลักษณะการเคลือบผิวของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์

หมายเหตุ ระยะระหว่างแผ่นฟิล์มกับตัวล่อทองแดงเท่ากับ 4 เซนติเมตร ใช้ น้ำยาชุบทองแดงเงาตามสูตรในหน้า 98
พื้นที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ที่ใช้ในการชุบเท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร

กลุ่ม ที่	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (R_S) ที่ผิวฟิล์มในหน่วย ohm/□	ค่าความต่างศักย์ ที่เหมาะสม	ช่วงเวลาที่เกาะ ทั่วบริเวณผิว	ลักษณะการเกาะติดผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ ของอนุภาคทองแดง
1	ต่ำกว่า 100	ไม่เกิน 2 โวลท์	ประมาณ 2 นาที	อนุภาคทองแดงเริ่มเกาะผิวทันทีที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า โดยเริ่มเกาะผิวฟิล์มบริเวณผิวหน้าของน้ำยาชุบ แล้วเกาะไล่ลงล่างค่อนข้างเร็ว จนเกาะทั่วผิวฟิล์ม แต่มีบางแผ่นฟิล์มที่เมื่อเริ่มเกาะผิวฟิล์มบริเวณผิว หน้าของน้ำยาชุบแล้ว อนุภาคทองแดงจะเกาะ กระจายทั่วทั้งแผ่นฟิล์มพร้อมๆกัน จากการสังเกตพบว่า ผิวเคลือบของทองแดง บนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ มีความหนาสม่ำเสมอ

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมและลักษณะการเคลือบผิวของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ (ต่อ)

กลุ่มที่	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (R_s) ที่ผิวฟิล์มในหน่วย Ohm/□	ค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสม	ช่วงเวลาที่เกาะที่บริเวณผิว	ลักษณะการเกาะติดผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ของอนุภาคทองแดง
2	100 - 200	2 - 4 โวลต์	3 - 5 นาที	อนุภาคทองแดงมีลักษณะการเกาะผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์เหมือนกรณีการเกาะของแผ่นฟิล์มในกลุ่มที่ 1 แต่มีอัตราการเคลือบช้ากว่า และใช้เวลาในการเกาะที่บริเวณผิวฟิล์มนานกว่า ผิวเคลือบมีความหนาสม่ำเสมอดีพอสมควร
3	200 - 300	3 - 6 โวลต์	5 - 10 นาที	อนุภาคทองแดงเริ่มเกาะผิวฟิล์มบริเวณผิวของน้ำยาชุบแล้วค่อย ๆ เกาะไล่ลงล่าง แต่จะเกาะที่ขอบ ๆ แผ่นฟิล์มก่อน แล้วจึงเกาะไล่เข้าหากกลางแผ่นฟิล์มในภายหลัง ใช้เวลามากพอสมควรกว่าจะเกาะทั่วผิวของแผ่นฟิล์ม เริ่มสังเกตเห็นอนุภาคทองแดงเกาะผิวฟิล์มตอนบนหนามากกว่าผิวฟิล์มตอนล่าง

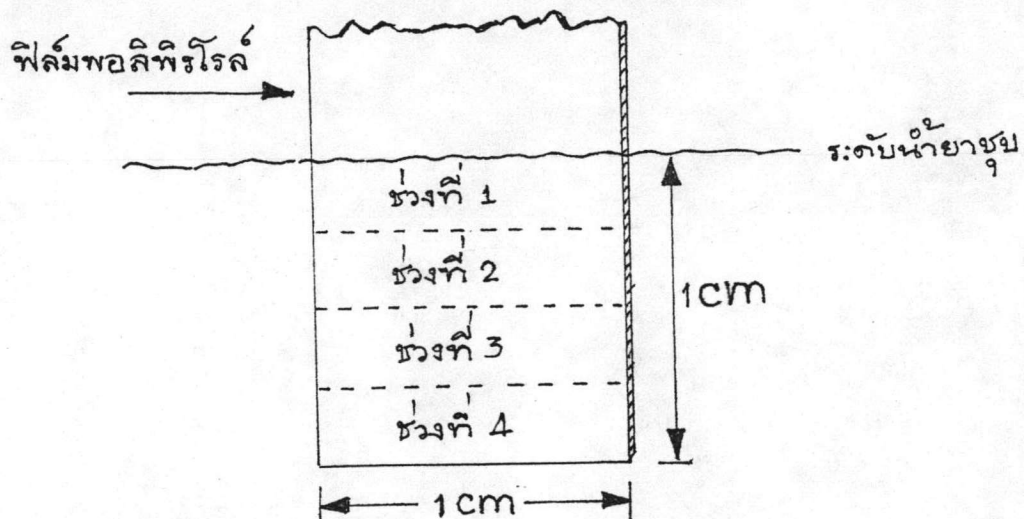
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมและลักษณะการเคลือบผิวของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ (ต่อ)

กลุ่มที่	ค่าความต้านทานไฟฟ้า (R_S) ที่ผิวฟิล์มในหน่วย Ohm/□	ค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสม	ช่วงเวลาที่เกาะที่บริเวณผิว	ลักษณะการเกาะติดผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ของอนุภาคทองแดง
4	300 - 400	5 - 8 โวลต์	10 - 15 นาที	อนุภาคทองแดงเริ่มเกาะช้า ๆ ที่ผิวของแผ่นฟิล์มบริเวณผิวของน้ำยาชุบ จากนั้นค่อย ๆ เกาะไล่ลงล่างตามขอบของแผ่นฟิล์มอย่างช้า ๆ แล้วเกาะไล่เข้าหากกลางแผ่นฟิล์มในภายหลัง ใช้เวลาเกาะนานมากกว่าจะเกาะทั่วบริเวณผิวของแผ่นฟิล์ม แต่ฟิล์มบางแผ่นก็ไม่ใช่อนุภาคทองแดงเกาะบริเวณกลางของแผ่นฟิล์มเลย แม้จะใช้เวลาชุบนานมาก ๆ ก็ตามอนุภาคทองแดงเกาะผิวฟิล์มตอนบนมากจนมองเห็นชัด
5	400 ขึ้นไป	8 - 10 โวลต์	15 - 30 นาที	เริ่มเกาะที่ผิวของแผ่นฟิล์มบริเวณผิวของน้ำยาชุบอย่างช้ามาก ๆ แล้วเกาะตามขอบของแผ่นฟิล์มไล่ลงล่างเล็กน้อยแล้วหายไป พื้นที่ผิวของแผ่นฟิล์มที่ถูกทองแดงเคลือบมีน้อยมาก แต่ฟิล์มบางแผ่นก็มีอนุภาคทองแดงมาเกาะเต็มบริเวณผิว แต่ใช้เวลาานานมาก ๆ

5.4.6 ลักษณะการเกาะของอนุภาคทองแดง บนผิวฟิล์มพอลิทีร์โรลล์

ลักษณะการเกาะหรือการเคลื่อนของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิทีร์โรลล์นี้ ได้กล่าวมาครั้งหนึ่งแล้วในตารางที่ 5.2 แต่ในที่นี้จะกล่าวโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้

ในระหว่างทำการทดลองชุบผาผิวฟิล์มพอลิทีร์โรลล์ด้วยทองแดงนั้น ได้สังเกตเห็นลักษณะการเกาะของทองแดง โดยได้แบ่งแผ่นฟิล์มที่นำมาชุบเคลือบผิว ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 1 ตารางเซนติเมตรออกเป็น 4 ช่วงเท่า ๆ กัน แต่ละช่วงกว้างประมาณ 2.5 มิลลิเมตรดังรูปที่ 5.4 และจากการสังเกตพบว่า ลักษณะการเกาะของทองแดงจะเหมือนกันหมด ไม่ว่าผิวฟิล์มจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวเป็นเท่าใดก็ตาม คือ อนุภาคทองแดงจะเกาะเต็มผิวฟิล์มในช่วงที่ 1 อย่างรวดเร็วมาก โดยมากจะใช้เวลาเพียงประมาณ 10 วินาที - 30 วินาทีเท่านั้น



รูปที่ 5.4 แสดงการแบ่งแผ่นฟิล์มพอลิทีร์โรลล์ออกเป็นช่วง ๆ เพื่อสังเกตลักษณะการเกาะของอนุภาคทองแดง

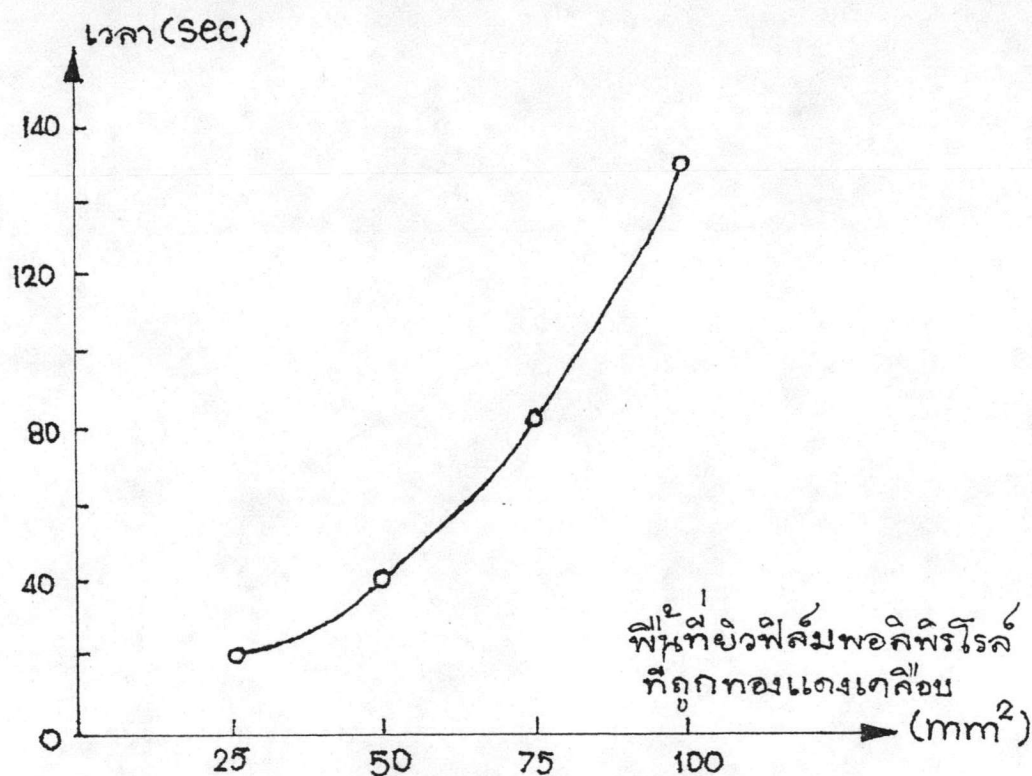
ในช่วงที่ 2 อนุภาคทองแดงจะใช้เวลาประมาณ 2 เท่า ของเวลาที่ใช้ไปในช่วงแรกจึงจะเกาะเต็ม แต่ถ้าแผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวค่อนข้างสูง (ประมาณ 300 Ohm/□ ขึ้นไป) อนุภาคทองแดงจะเกาะบริเวณขอบ ๆ ของแผ่นฟิล์มทั้งสองข้างก่อน แล้วจึงไล่เข้าหากกลางแผ่นฟิล์มในภายหลัง

ในช่วงที่ 3 จะใช้เวลาประมาณ 3 - 4 เท่าของช่วงแรก อนุภาคทองแดงจึงจะเกาะเต็ม โดยจะเกาะบริเวณขอบทั้งสองข้างของแผ่นฟิล์มก่อน แล้วจึงไล่เกาะเข้าหากกลางแผ่นฟิล์มในภายหลัง

ส่วนในช่วงที่ 4 จะใช้เวลาประมาณ 5 - 6 เท่าของช่วงแรก จึงจะเกาะเต็ม โดยมีลักษณะการเกาะผิวฟิล์มเหมือนในช่วงที่ 3

อย่างไรก็ตาม ถ้าแผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ๆ ลักษณะการเกาะของอนุภาคทองแดงในช่วงที่ 3 และ 4 จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน จนรวมเป็นช่วงเดียวกันได้ กล่าวคือ จะเกาะบริเวณขอบทั้งสองข้างของแผ่นฟิล์มก่อน แล้วจึงไล่เกาะเข้าหากกลางแผ่นฟิล์มในภายหลังอย่างช้า ๆ จนเต็ม แต่ฟิล์มบางแผ่นอนุภาคทองแดงก็เกาะไม่เต็ม แม้ว่าจะใช้เวลาในการชุบที่นานเพียงใดก็ตาม

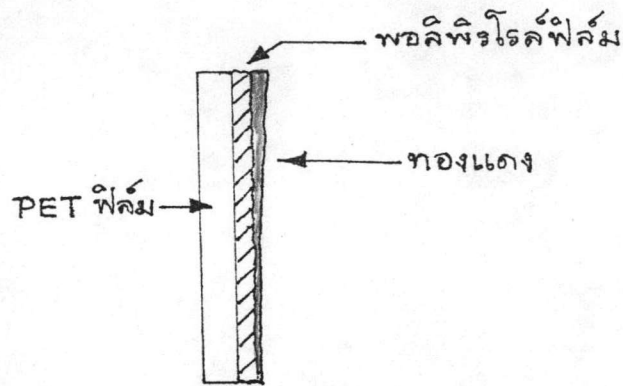
เมื่อทำการสังเกตตามที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ผิวบนแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลที่ถูกทองแดงเคลือบหรือเกาะ กับช่วงเวลาที่ใช้ไปทั้งหมด จะได้กราฟดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงพื้นที่การเคลือบของทองแดงบนแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรล

ที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว 100 - 150 Ohm/□ ณ เวลาต่าง ๆ

เมื่อนำแผ่นฟิล์มที่มีอนุภาคทองแดง เกาะเต็มทั่วบริเวณผิว ไปส่องดูบริเวณส่วนหน้าของแผ่นฟิล์ม ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายประมาณ 1000 เท่า พบว่าส่วนหน้าของแผ่นฟิล์มมีลักษณะดังรูปที่ 5.6 (อยู่บนหน้าถัดไป)



รูปที่ 5.6 แสดงส่วนหนาของแผ่นฟิล์มพอลิอิมีไรด์ ที่ถูก เคลือบด้วยทองแดง

จากรูปที่ 5.6 จะเห็นว่า อนุภาคทองแดง เกาะบนผิวฟิล์มหนาไม่เท่ากัน ภายใต้วงที่ 1 จะมีอนุภาคทองแดง เกาะอยู่มาก และจะลดลงสำหรับในวงที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ

เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็พอจะวิเคราะห์ได้ว่า เนื่องจากการที่แผ่นฟิล์มพอลิอิมีไรด์มีความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวค่อนข้างสูง ผิวฟิล์มในวงที่ 1 จึงมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในขณะชุบมากกว่าผิวฟิล์มในวงอื่น ๆ เพราะอยู่ใกล้กับขั้วไฟฟ้ามากกว่า ฉะนั้นเมื่อชุบในครั้งแรก ๆ ไอออนของทองแดงจากน้ำยาชุบจะวิ่งมา เกาะที่ผิวฟิล์มในวงแรก เพียงส่วนเดียว และเมื่อเกาะเต็มแล้ว ผิวฟิล์มในวงแรกนี้จะมีสภาพนำไฟฟ้าเท่ากับทองแดง ซึ่งสูงมากพอสมควร ทำให้เกิดความแตกต่างของค่าสภาพนำไฟฟ้าของผิวฟิล์มในวงแรก กับวงอื่น ๆ เพิ่มมากยิ่งขึ้น ไอออนของทองแดงจึงยังคงมาเกาะผิวฟิล์มในวงที่ 1 มากกว่าจะเกาะผิวฟิล์มในวงอื่น ๆ เหมือนเดิม ทำให้ต้องใช้เวลาชุปนานกว่าจะ เกาะเต็มผิวฟิล์มของบริเวณในวงอื่น ๆ ส่งผลให้ความหนาของทองแดงที่เกาะแผ่นฟิล์มในวงแรก มากกว่าความหนาของทองแดงที่เกาะในวงอื่น ๆ มาก

นอกจากนี้ จะพบว่าอนุภาคทองแดงที่เคลือบผิวฟิล์มพอลิอิมีไรด์นี้ จะแทรกตัวฝังลึกลงไปในเนื้อในของเนื้อฟิล์มพอลิอิมีไรด์ ทำให้ก่อนการเคลือบของทองแดงสูงมาก จึงไม่หลุดลอกออกง่าย ๆ ซึ่งรายละเอียดในเรื่องนี้ จะกล่าวรายละเอียดอีกครั้งหนึ่งในหัวข้อที่

5.7 เรื่อง การทดสอบคุณภาพการเคลือบ

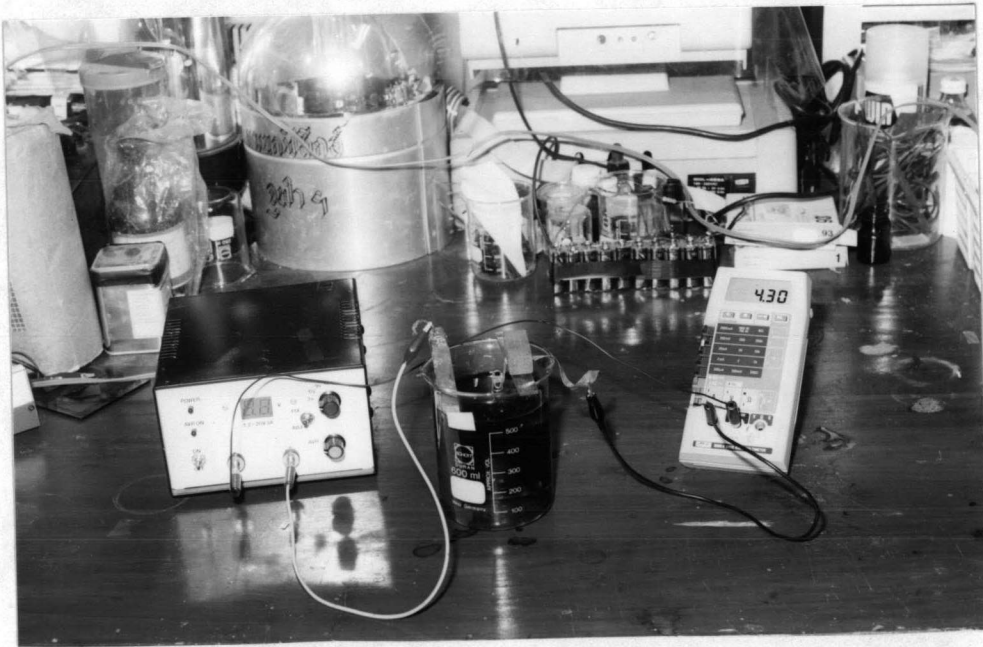
5.4.7. ลักษณะผิวการเคลือบของทองแดง

ผิวการเคลือบของอนุภาคทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิอิมีไรด์ จะไม่เรียบ กล่าวคือ จะมีผิวหยาบ โดยมีลักษณะผิวเหมือนลักษณะผิวของแผ่นฟิล์มพอลิอิมีไรด์ เมื่อยังไม่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคทองแดงการที่ผิวการเคลือบไม่เรียบนั้น ทั้งนี้คงเป็นเพราะผิวของแผ่นฟิล์มพอลิอิมีไรด์

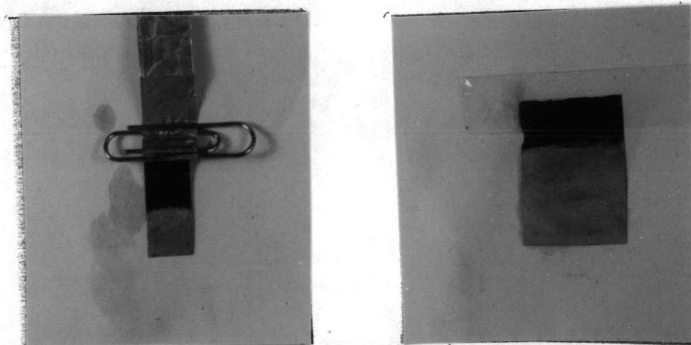
ม่เรียนนั่นเอง แต่ผิวการเคลือบจะเรียบมากขึ้น เมื่อใช้เวลาการชุบนาน ๆ

นอกจากนี้ยังพบว่า ผิวการเคลือบของอนุภาคทองแดงจะหมองเร็วมาก เมื่อทิ้งไว้บนอากาศปกติ(ประมาณ 3 ถึง 5 นาทีเท่านั้น ก็เริ่มหมองแล้ว) ซึ่งคงเป็นเพราะอนุภาคทองแดง เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับบรรยากาศนั่นเอง

ภาพแสดงการปฏิบัติการ การชุบผาผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ และตัวอย่างภาพถ่ายแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ที่ถูกเคลือบด้วยทองแดง ซึ่งได้จากการวิจัยครั้งนี้ แสดงอยู่ในรูปที่ 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ



รูปที่ 5.7 แสดงการปฏิบัติการชุบผาผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ ด้วยทองแดง



รูปที่ 5.8 แสดงแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลล์ที่ชุบทองแดง เรียบร้อยแล้ว

5.5 เทคนิคการดำเนินการวิจัย

จากประสบการณ์ที่ได้ทดลองการวิจัยในขั้นตอนนี้ พบว่า ถ้าเราต้องการชุบฉาบผิวฟิล์มโพลีไพร์โรลส์ให้มีคุณภาพการเคลือบที่ดี จะต้องใช้เทคนิคการทดลองดังนี้

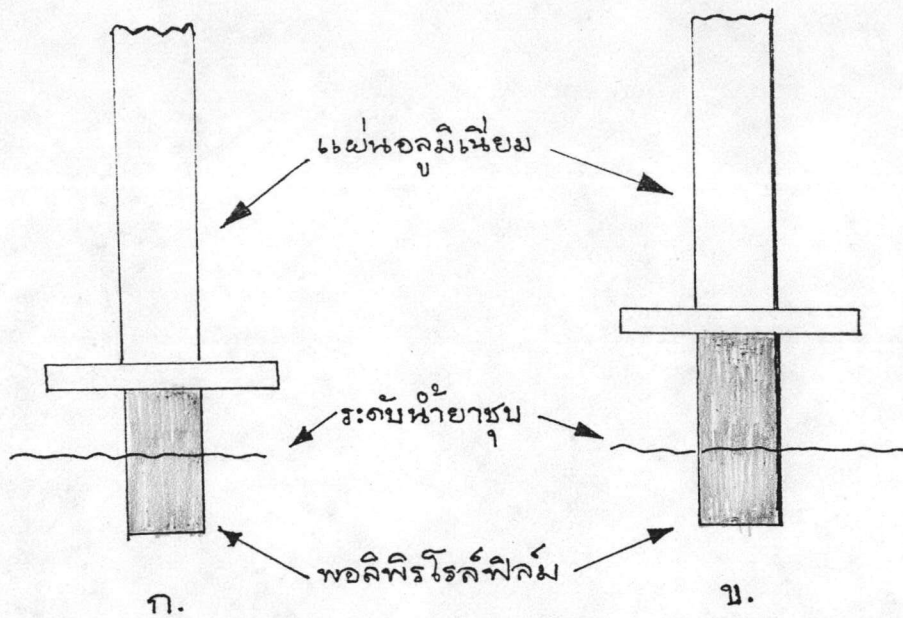
5.5.1 **การเลือกลักษณะของผิวฟิล์ม** ผิวฟิล์มที่จะชุบฉาบผิวทองแดงได้ดีนั้น จะต้องมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ กระจายทั่วแผ่นฟิล์มอย่างสม่ำเสมอ และต้องสะอาดมาก ๆ จึงจะชุบได้ดี

5.5.2 **ไม่ควรใช้น้ำยาชุบนานมากเกินไป** ควรทำความสะอาดน้ำยาชุบด้วยการกรองเอาตะกอนของอนุภาคทองแดง และสิ่งสกปรกออกโดยสม่ำเสมอ ถ้ามีการตรวจสอบค่า pH และความต่างศักย์เฉพาะของน้ำยาชุบด้วย จะทำให้คุณภาพของการชุบดีขึ้น และถ้ามีการกวนน้ำยาชุบในขณะชุบ ด้วยการใช้แท่งแก้วคนช้า ๆ จะทำให้คุณภาพของการชุบดียิ่งขึ้น

5.5.3 **ผิวฟิล์มที่นำมาชุบ ไม่ควรปล่อยทิ้งในอากาศนานเกินไป** เพราะ PVAc และ $FeCl_3$ ที่เหลืออยู่ในเนื้อฟิล์มเล็กน้อยที่นำทำปฏิกิริยาการสังเคราะห์ (synthesis) กับไพร์โรลส์ จะดูดไอน้ำจากบรรยากาศมาเก็บไว้ ทำให้ผิวฟิล์มหองตัวและชุบเคลือบทองแดงไม่ติด จึงควรใช้แผ่นฟิล์มที่ได้จากการสังเคราะห์ใหม่ ๆ เท่านั้น

5.5.4 **ความสะอาดของแผ่นฟิล์ม** ต้องระมัดระวังให้มาก โดยเฉพาะเมื่อจะตัดแผ่นฟิล์มโพลีไพร์โรลส์ ให้มีขนาดตรงตามที่กำหนด (ตามข้อ 5.1) เพราะแผ่นฟิล์มอาจติดคราบไขมันจากมือของเราได้

5.5.5 **อย่าให้รอยต่อระหว่างผิวฟิล์มกับน้ำยาชุบ และ รอยต่อระหว่างผิวฟิล์มกับแผ่นอลูมิเนียม ใกล้เคียงกันเกินไป** ดังรูปที่ 5.9 ก. เพราะค่าศักย์ไฟฟ้าของผิวฟิล์มตรงบริเวณรอยต่อหรือใกล้ ๆ รอยต่อจะมีค่ามาก อนุภาคทองแดงในน้ำยาชุบจะวิ่งมาเกาะผิวฟิล์มบริเวณนี้มากกว่าบริเวณอื่นที่อยู่ห่างออกไป ทำให้ผิวเคลือบของทองแดงหนาไม่สม่ำเสมอ อาจจับตัวกันเป็นก้อน และจะลดคุณภาพของการเคลือบได้ดี จากการทดสอบพบว่า ควรให้ระยะทั้งสองอยู่ห่างจากกันประมาณ 1- 1.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5.9 ข. ซึ่งจะทำให้ผิวเคลือบหนาสม่ำเสมอดี และมีความหนาของการเคลือบดีมาก



รูปที่ 5.9 แสดงระยะห่างระหว่างรอยต่อที่เหมาะสมต่อการชุบ

5.6 การทดสอบคุณภาพการเคลือบ

การทดสอบคุณภาพการเคลือบ หรือกำลังในการเกาะติดของอนุภาคทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพโรลีน ได้ทดสอบง่าย ๆ ด้วยการใช้ปลายแหลมของ เข็มเย็บผ้า หรือปลายแหลมของ เข็มทผูก เขี่ยบนผิวการเคลือบของทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพโรลีน พบว่าไม่มีสะเก็ดทองแดงหลุดออกมาจากการเคลือบเลย แม้ว่า จะเขี่ยค่อนข้างแรงก็ตาม จึงแสดงว่าอำนาจการเคลือบของอนุภาคทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพโรลีน ค่อนข้างสูงมาก

ได้ทดลองนำใบเข้ช้านานประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อนำทดสอบคุณภาพพบว่า แผ่นฟิล์มที่เคลือบด้วยทองแดงยังคงมีคุณภาพการเคลือบเช่นเดิม และที่พิเศษกว่าปกติก็คือ แผ่นฟิล์มไม่พองหรือบวม เหมือนเมื่อตอนที่แผ่นฟิล์มยังไม่ถูกเคลือบด้วยทองแดง คาดว่าผิวเคลือบของทองแดงคงเคลือบหนาแน่นมาก จนมีเสถียรของสื่อน้ำสามารถซึมผ่านลงไปถึงเนื้อของ PVAc ได้หรือซึมผ่านลงไปในปริมาณน้อยมาก ๆ

และตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.4.6 ว่า ได้ทำแผ่นฟิล์มพอลิไพโรลีนซึ่งเคลือบด้วยทองแดง ไปส่องดูบริเวณส่วนหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์ ที่มีกำลังขยายประมาณ 1000 เท่า พบว่าอนุภาคทองแดงแทรกตัวฝังลึกลงไปถึงในเนื้อของแผ่นฟิล์ม ฉะนั้นคงเป็นด้วยสาเหตุนี้เอง จึงทำให้ทองแดงมีอำนาจการเคลือบที่สูงมาก คาดว่าคงทนทานต่อสภาพแวดล้อม และการใช้งานมากกว่าวิธีการชุบเคลือบโลหะลงบนผิวพลาสติก ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.7

5.7 สรุปผลการวิจัย

จากผลการบันทึก และสังเกตตลอดการวิจัย สามารถสรุปได้ว่า

5.7.1 แผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยวิธี CVD (Chemical Vapour Deposition) โดยใช้น้ำ Poly(vinyl acetate) เป็น Polymeric matrix และอุณหภูมิขณะเกิดกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ 0 องศาเซลเซียส สามารถนำมาใช้พัฒนาในกระบวนการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าได้ แต่แผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่จะนำมาใช้ได้นั้น จะต้องมีลักษณะดังนี้

ก. ต้องมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวต่ำ ๆ

ข. ต้องเป็นแผ่นฟิล์มที่มีผิวของการเกิดปฏิกิริยาสม่ำเสมอ ผิวหยาบ มีสีคาเกมเขียว ปรอทแสงพอสมควร บริเวณผิวมีเม็ดกลมเล็ก ๆ กระจายสม่ำเสมอทั่วผิว (ดังรูปที่ 5.3) และถ้าผิวฟิล์มมีเกล็ดเล็ก ๆ เป็นประกายอยู่ด้วยแล้ว จะชุบฉนวนผิวโลหะได้ดีมาก

5.7.2 ในส่วนของวิธีการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้น พบว่า แผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ไม่สามารถชุบทองแดงต่างได้ (ชุบไม่ได้) ชุบได้เฉพาะทองแดงกรดหรือทองแดงเงาเท่านั้น และก่อนที่จะนำแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ไปชุบฉนวนผิวด้วยโลหะชนิดอื่น ๆ ต้องชุบฉนวนผิวด้วยรองพื้นด้วยทองแดงกรดเสียก่อน เพราะหลังจากชั้นตอนนี้แล้ว ผิวฟิล์มพอลิเมอร์จะมีอนุภาคทองแดงเคลือบผิวเอาไว้ จึงมีสภาพนำไฟฟ้าที่ผิวเท่ากับสภาพนำไฟฟ้าของทองแดงซึ่งสูงมากพอสมควร หลังจากนั้น เมื่อนำไปชุบฉนวนผิวด้วยโลหะชนิดอื่น ๆ จะทำได้ง่าย โดยใช้น้ำชุบของกรรมวิธีของการชุบโลหะชนิดนั้น ๆ ตามปกติ

ฉะนั้นการวิจัยครั้งนี้ จึงได้หาเทคนิคและวิธีการชุบฉนวนผิวพอลิเมอร์ด้วยทองแดงกรดหรือทองแดงเงาเท่านั้น โดยได้ทดลองชุบฉนวนผิวทองแดงกรดบนผิวฟิล์มพอลิเมอร์ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร และสรุปได้ว่า ถ้าต้องการคุณภาพการชุบที่ดีแล้ว จะต้องดำเนินการชุบดังต่อไปนี้

ก. ใช้น้ำชุบทองแดงกรดหรือทองแดงเงาที่นิยมใช้ในงานชุบโลหะ ในปัจจุบันนี้ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายส่วนผสมหรือหลายสูตร แต่ตลอดการวิจัยครั้งนี้ ใช้น้ำชุบทองแดงกรดหรือทองแดงเงา ตามสูตรข้างล่างนี้

สูตรน้ำชุบทองแดงกรดหรือทองแดงเงา

คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4)	125	กรัม
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 90%	12.5	ลูกบาศก์เซนติเมตร
น้ำยาเพิ่มความเงาทองแดง	1 - 2	ลูกบาศก์เซนติเมตร
(เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวมเท่ากับ	500	ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ใช้ตัวล่อเป็นแท่งทองแดงชนิดพิเศษ ซึ่งผลิตออกมาจำหน่ายเพื่อใช้สำหรับงานชุบโลหะโดยเฉพาะ ขนาดกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 14 เซนติเมตร

ข. ใช้ระยะห่างระหว่างแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลกับตัวล่อ ประมาณ 4 เซนติเมตร

ค. ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวฟิล์ม และลักษณะการเคลือบของอนุภาคทองแดงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรล มีลักษณะดังตารางที่ 5.2 หน้า 104

ง. ใช้แผ่นอลูมิเนียมพอร์ซขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 6 - 10 เซนติเมตร ทาบติดกับแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรล เพื่อทำเป็นขั้วไฟฟ้า (ดังรูปที่ 5.1 หน้า 97) โดยหารอยต่อระหว่างผิวฟิล์มกับน้ำยาชุบห่างจากรอยต่อระหว่างผิวฟิล์มกับแผ่นอลูมิเนียมพอร์ซประมาณ 1 - 1.5 เซนติเมตร (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 5.5.5. หน้า 102)

จ. จากผลการทดลองพบว่า อนุภาคของทองแดงฝังตัวลึกลงไปในเนื้อของผิวฟิล์ม ทำให้มีกำลังเคลือบสูงมาก แต่ผิวการเคลือบของทองแดงจะแห้งเร็วมาก เมื่อปล่อยทิ้งไว้ในบรรยากาศภายนอก

5.8 ข้อเสนอนี้สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.8.1 ปรับปรุงวิธีการสังเคราะห์แผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลของการวิจัยครั้งนี้ ให้มีคุณสมบัติดีขึ้น ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

ก. วัตถุประสงค์ของงาน desiccator ขณะเกิดกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ เพื่อทราบอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาที่ถูกต้องในขณะนั้น ๆ พร้อมทั้งสังเกตอัตราการลดหรือเพิ่มของอุณหภูมิภายใน desiccator ด้วย เพราะอาจนำข้อมูลที่ได้นี้ มาประกอบกับข้อมูลอื่น ๆ ใช้ศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาที่แท้จริงได้

ข. ทดลองสังเคราะห์แผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลในช่วงอุณหภูมิอื่น ๆ โดยเฉพาะในช่วงประมาณ -20 ถึง 20 องศาเซลเซียส เพราะคาดว่าจะในช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติ และน่าสนใจมากที่สุด

ค. ทดลองเพิ่มและลดความเข้มข้นของสารละลายของ PVAc และ $FeCl_3$ ใน methanol โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณของ methanol พร้อมทั้งสังเกตคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นฟิล์มที่ได้

ง. ทดลองเปลี่ยนอัตราส่วนโมลของสารละลาย ระหว่างมอนอเมอร์ของ PVAc กับโมเลกุลของ $FeCl_3$ ใน methanol ให้เป็นอัตราส่วนที่ละเอียดเพิ่มขึ้น เช่น 3.5 : 1 หรือ 3 : 1.5 เป็นต้น เพื่อหาอัตราส่วนที่ทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวค่าที่สุด และมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด

จ. ทาวิธีการทาสารละลายของ PVAc และ $FeCl_3$ ใน methanol ลงบนแผ่น PET พลาสติกให้เรียบมากที่สุด เพราะคาดว่า จะส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของผิวฟิล์ม เช่น ความเรียบของผิว และการเกิดปฏิกิริยาที่สม่ำเสมอมากขึ้น เมื่อนำแผ่นฟิล์มไปพัฒนาในกระบวนการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้า จะได้คุณภาพการชุบที่ดีขึ้น

ฉ. ลองทาสาร Polymeric matrix ตัวใหม่มาชี้แทน PVAc ซึ่งควรจะเป็นสารที่ทำให้แผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลที่สังเคราะห์ได้ มีค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวต่ำ ๆ ผิวเรียบ นำมาประยุกต์ใช้ได้ยุ่งยากมากนัก ไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอื่น ๆ และไม่ละลายน้ำ

ช. พัฒนาเครื่องมือควบคุมอุณหภูมิ หรือเครื่องมือสังเคราะห์แผ่นฟิล์มให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น พร้อมทั้งศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ยังไม่สามารถสรุปได้จากการวิจัยครั้งนี้ เช่น ปริมาณความชื้น พื้นที่ผิวการระเหยของไพร์โรล ช่วงเวลาการดูดอากาศ เป็นต้น

ผลจากการปรับปรุงการสังเคราะห์แผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรล ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะทำให้เราทราบลักษณะของแผ่นฟิล์มทางด้านกายภาพ และค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลโดยละเอียดว่า ขึ้นกับปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในลักษณะใดบ้าง และมีปัจจัยใดอีกบ้างที่มีผลต่อการสังเคราะห์ ที่ยังไม่ทราบจากการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ยังจะทราบอีกว่า แผ่นฟิล์มที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้านั้น จะต้องสังเคราะห์ด้วยวิธีการอย่างไรบ้าง

5.8.2 ปรับปรุงวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว ของแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ให้มีประสิทธิภาพการวัดดีขึ้น ซึ่งอาจดำเนินการด้วยวิธีดังต่อไปนี้

ก. ทาวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าวิธีใหม่ ที่เหมาะสมกับการวัดความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มพอลิไพร์โรล

ข. ศึกษาวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ Van der Pauw และ four-point probe โดยละเอียด ทั้งในด้านทฤษฎี วิธีการวัด และปัจจัยที่มีผลการวัด แล้วนำมาปรับปรุงวิธีการวัด หรือประดิษฐ์เครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้าตามแบบทั้งสองวิธีนี้ ให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม

ค. พัฒนาการวัดค่าที่ทันสมัย แม่นยำ และสะดวกในการวัดมากขึ้น โดยการนำสัญญาณที่ได้จากการวัด คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้ววัด และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแผ่นฟิล์ม มาแปลงเป็นสัญญาณที่ไมโครคอมพิวเตอร์รับรู้อัตโนมัติ แล้วส่งเข้าที่ไมโครคอมพิวเตอร์คำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ผิว และแสดงผลออกมาให้ทราบทันที

5.8.3 ในส่วนของการชุบฉนวนผิวโลหะด้วยไฟฟ้าลงบนผิวฟิล์มพอลิไพร์โรลนั้น ควรพัฒนาวิธีการชุบ และเทคนิคการชุบ ให้เพิ่มเติมขึ้นจาก เดิมอีก เช่น

ก. พัฒนาส่วนผสมของน้ำยาชุบ และวิธีการชุบชั้นใหม่ ให้เหมาะสมกับการชุบแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์โดยเฉพะ ซึ่งอาจจะ เป็นวิธีชุบที่นำเซการชุบด้วยปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี หรือ อาจจะ ใช้วิธีทางไฟฟ้าเคมีเหมือนเดิม แต่ใช้น้ำยาชุบที่มีส่วนผสมของสารเคมีชนิดใหม่ เช่น ใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นที่นำมาใช้น้ำ เป็นต้น

ข. พัฒนาการชุบแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ให้สามารถชุบแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ชุบได้เร็วขึ้น และผิวเคลือบหนาสม่ำเสมอมากขึ้น

ค. ทดลองและพัฒนาการชุบโลหะชนิดอื่น ๆ ลงบนผิวฟิล์มพอลิเมอร์ เช่น เงิน นิเกิล โครเมียม หรือ ทองคำ ฯลฯ เป็นต้น

ง. ทดลองการชุบเคลือบผิวฟิล์มพอลิเมอร์ ให้เป็นลวดลายต่าง ๆ เช่น ลวดลายของวงจรรูปไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคทาง masking เข้าช่วย

5.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จากการวิจัยครั้งนี้

5.9.1 นำแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากการวิจัยครั้งก่อน ๆ ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอื่น ๆ ที่อาจจะมีต่อไปในอนาคต

5.9.2 นำวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ โดยใช้ PVAc เป็น Polymeric matrix ดังที่ทำการสังเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้ ไปประยุกต์และปรับปรุงผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ทำจาก PVAc หรือที่ใช้ PVAc เป็นส่วนประกอบ ให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพดียิ่งขึ้น เพราะแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้นี้ PVAc เป็นเพียงตัวประสานโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้น ให้อยู่ด้วยกันในรูปของฟิล์มบางเท่านั้น ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์มอนอเมอร์แต่อย่างใด เพราะฉะนั้น PVAc ซึ่งบนอยู่ในเนื้อฟิล์มของพอลิเมอร์ จึงยังคงอยู่และมีคุณสมบัติเหมือนเดิมทุกประการ

ปัจจุบันในทางอุตสาหกรรม เราใช้ PVAc ทำสีอิมัลชัน ทำกาวลาเท็กซ์ ทำฟิล์ม เช่น ฟิล์มถ่ายรูป และทำสารเคลือบพื้น เพราะฉะนั้น เราอาจนำวิธีการที่ทำในการวิจัยครั้งนี้ ไปประยุกต์ใช้ผลิตสีอิมัลชัน หรือกาวลาเท็กซ์ที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากต่องานบางประเภทที่ต้องการสี และกาวที่เป็นสื่อไฟฟ้า หรือผลิตฟิล์มถ่ายรูปที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งอาจจะนำมาใช้ถ่ายภาพบางประเภทเป็นกรณีพิเศษ ซึ่งน่าจะใช้ฟิล์มธรรมดา ก็อาจเป็นได้

เนื่องจาก Glass Transition Temperature ของ PVAc สูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) จึงนิยมนำ PVAc มาใช้งานเป็นพลาสติก เพราะจะอ่อน นุ่ม และเหนียว ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย ประโยชน์การใช้งาน

ของ PVAc จึงไม่กว้างขวางเท่าใดนัก เพราะฉะนั้นถ้าเราสามารถหาสารตัวใหม่มาใช้เป็น Polymeric matrix แทน PVAc โดยมี Glass Transition Temperature สูงกว่า อุณหภูมิห้องมาก ๆ ได้ เราจะสามารถผลิตพลาสติกนาฬิกาออกมาใช้ในชีวิตประจำวัน แทนสารกึ่งตัวนำหรือโลหะ ในงานบางประเภทได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในอนาคต

5.9.3 นาฬิกาการและเทคนิคการชุบแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ ที่ได้จาก การวิจัยครั้งนี้ ไปปรับปรุงและพัฒนาใช้ในทางอุตสาหกรรมบางประเภทที่เหมาะสม เช่น อุตสาหกรรมการ ประดิษฐ์เครื่องประดับ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้พลาสติก และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การประดิษฐ์แผ่นวงจรพิมพ์ เป็นต้น

เนื่องจากการชุบเคลือบผิวฟิล์มพอลิเมอร์ด้วยทองแดง ตามที่ทำการวิจัยในครั้งนี้นั้น เราจะได้ผิวการเคลือบของทองแดง ที่มีอำนาจการเกาะยึดที่สูงมาก เพราะอนุภาคของทองแดงนั้น จะแทรกตัวฝังลึกลงไปในเนื้อของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ อันเนื่องจากการที่ผิวฟิล์มพอลิเมอร์นั้น กระแสไฟฟ้าได้โดยตรง ไม่เหมือนกับการชุบพลาสติกที่ทำกันในปัจจุบันนี้ (ตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.7) จึงมีประสิทธิภาพสูง และสามารถนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวางกว่าเดิม และถ้าเราสามารถหาสารประเภทพลาสติกตัวใหม่ มาใช้เป็น Polymeric matrix แทน PVAc ได้ด้วยแล้ว เราจะสามารถผลิตพลาสติกนาฬิกา และนาฬิกาพลาสติกที่ได้มีมาชุบเคลือบผิวด้วยโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์และเครื่องใช้ประเภทต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของเราได้มากมาย เช่น ในการประดิษฐ์เครื่องประดับ เราสามารถใช้พลาสติกนาฬิกา มาทำประดิษฐ์เป็นเครื่องประดับชนิดต่าง ๆ ได้หลายแบบ หลายขนาด และหลายชนิด โดยมีผิวนอกเคลือบด้วยโลหะที่สวยงาม เช่น ทองคำ หรือ เงิน เป็นต้น จึงสวยงาม มีน้ำหนักเบา และที่สำคัญก็คือ สามารถประดิษฐ์เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่าย และมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงจะมีราคาถูกกว่าที่ทำด้วยโลหะเป็นอย่างมาก

ส่วนในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ก็อาจนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการประดิษฐ์วงจรรวม ซึ่งปัจจุบันแผ่นวงจรรวมที่ใช้กันอยู่เป็นพลาสติกประเภทหนึ่งที่ไม่นำไฟฟ้า โดยมีผิวทองแดงเคลือบอยู่ข้างบน ซึ่งเมื่อใช้ไปนาน ๆ ทองแดงจะหลุดลอกออกได้ แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการชุบทองแดงลงบนแผ่นวงจรรวมที่เรียกกันว่า "Printed Circuit Broad Plating" (ZPCB) แต่เป็นเพียงการชุบทองแดงให้เกาะภายนอกที่ จะเสียหายเท่านั้น หรือที่เรียกกันว่า "Through - hole plating" ไม่ได้ชุบเคลือบผิวบนหลายวงจรรวมแต่อย่างใด แต่ถ้าเราสามารถประยุกต์การสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยใช้ Polymeric matrix ซึ่งเป็นสารประเภทพลาสติกตัวใหม่ กับอุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวมได้ และเมื่อนำเทคนิคการทำลวดลาย (masking) เข้าช่วย เราจะสามารถชุบเคลือบผิวทองแดงลงบนแผ่นวงจรรวม ให้เป็นลวดลายของ

วงจรถ่ายทอดโดยตรง ซึ่งจะมีกำลังในการเคลื่อนที่สูงมาก แผ่นวงจรมินิที่ได้อาจมีประสิทธิภาพ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน มากกว่าแผ่นวงจรมินิธรรมดาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก

5.9.4 เป็นแนวทางการวิจัยทางด้านนี้ ต่อไปในอนาคต