



เอกสารวิชาการ

ช่างชุบเคลือบผิว

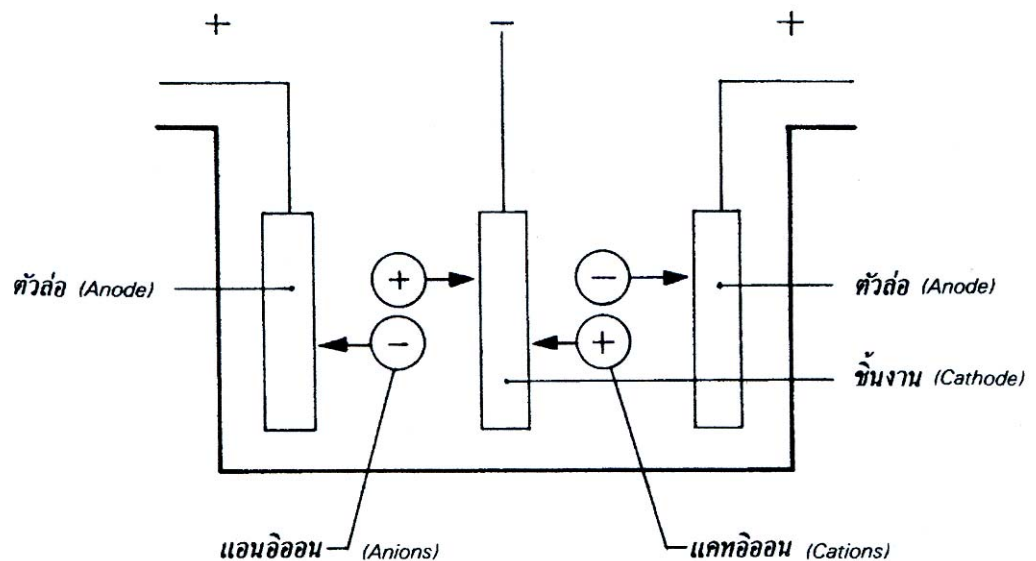
กรมอุทการเรือ

(จัดพิมพ์เมื่อ กันยายน ๒๕๔๘)

บทที่ 1

หลักการเบื้องต้นของการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

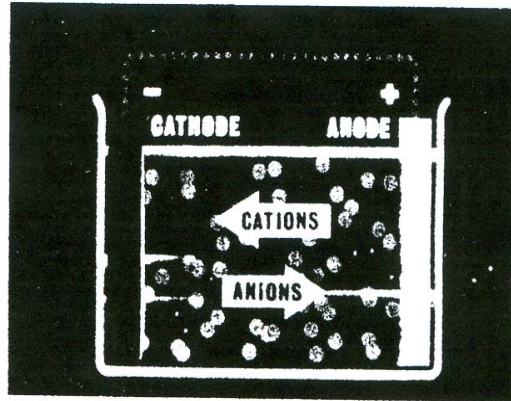
น้ำยาชุบโลหะ (Electrolytes)



จากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ ได้พบว่าตัวนำไฟฟ้า แบ่งได้เป็นสองพวก คือ พวกที่หนึ่ง เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นแต่เพียงสะพานเพื่อให้ไฟฟ้าผ่านได้เท่านั้น เช่น โลหะต่าง ๆ และแกรไฟต์

พวกที่สอง เป็นตัวนำไฟฟ้าโดยตัวเองแยกสลายออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ในขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวของมัน เช่น น้ำเจือกรด และสารละลายของเกลือต่าง ๆ เป็นต้น ตัวนำไฟฟ้าพวกหลังนี้ในทางวิทยาศาสตร์ ใช้ชื่อว่า อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytes) ไมเคิล ฟาราเดย์ นักวิทยาศาสตร์คนสำคัญของโลกได้ตั้งชื่อนี้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1832 – 1833 ตัวนำไฟฟ้าพวกที่สองนี้เองที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าโดยตรง

เมื่อเราผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายของอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้แผ่นปลาคินัมเป็นขั้วอิเล็กโทรด อนุภาคเล็ก ๆ พวกหนึ่งของอิเล็กโทรไลต์ จะวิ่งไปยังแอโนด (Anode) หรือขั้วบวก อนุภาคเล็ก ๆ อีกพวกหนึ่งของอิเล็กโทรไลต์ จะวิ่งไปยังแคโทด (Cathode) หรือขั้วลบ อนุภาคเล็ก ๆ ของอิเล็กโทรไลต์ ที่วิ่งไปยังขั้วบวกหรือขั้วลบดังกล่าวแล้วนั้นเรียกว่า ไอออน (Ions) แต่ละไอออน จะมีประจุไฟฟ้าประจำตัวทุกตัว ไอออนที่วิ่งไปยังขั้วบวกเรียกว่า แอนไอออน (Anions) จะมีประจุไฟฟ้าลบ (-) ประจำตัว ไอออนที่วิ่งไปยังขั้วลบเรียกว่า แคทไอออน (Cathinos) จะมีประจุไฟฟ้าบวก (+) ประจำตัว ขณะที่เกิดการแยกสลายดังกล่าวในสารละลายนั้น เราจะมองไม่เห็นปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้นในสารละลายนั้นเลย แต่จะ去看ปฏิกิริยาเกิดขึ้นที่ขั้วลบ หรือขั้วบวก



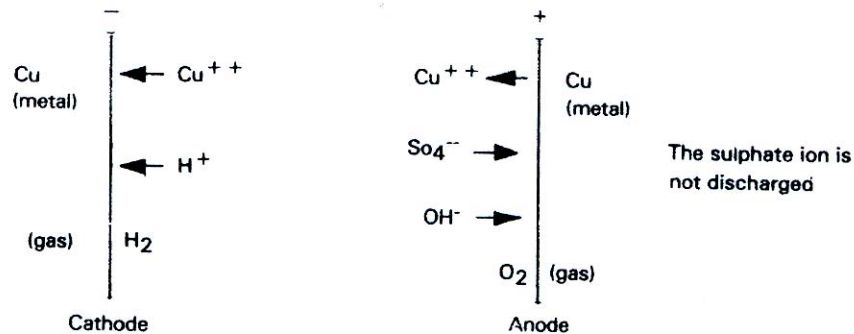
ตัวอย่างเช่นในสารละลายของอิเล็กโทรไลต์บางชนิด ที่ใช้แผ่นปลาคินัมเป็นขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อต่อแผ่นขั้วทั้งสองเข้ากับแบตเตอรี่ให้ครบวงจร จะปรากฏว่ามีฟองแก๊สออกซิเจนเกิดขึ้นที่ขั้วบวก และมีฟองแก๊สไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่ขั้วลบ เป็นต้น

ตัวอย่างการแยกสลายของน้ำยาสารละลายของทองแดงซัลเฟต

เมื่อเอาสารละลายของทองแดงซัลเฟตมาทำการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ใช้แผ่นปลาคินัมเป็นขั้วลบโดยต่อเข้ากับขั้วลบ ของแบตเตอรี่ใช้แผ่นทองแดงบริสุทธิ์เป็นขั้วบวก โดยต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่จะเกิดปฏิกิริยา ดังนี้ : $\text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{Cu}^{++} + \text{SO}_4$

ทองแดงซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำยาจะแยกสลายออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ 2 ส่วน คือ อนุภาคทองแดง (Cu^{++}) มีประจุไฟฟ้าบวก (+) ประจำตัว และซัลเฟต (SO_4^{--}) มีประจุไฟฟ้าลบ (-) ประจำตัว เมื่อต่อกระแสไฟฟ้าให้ครบวงจร อนุภาคเล็ก ๆ ทองแดงจะวิ่งไปหาปลาคินัม (ขั้วลบ) เกาะติดเป็นผงสีแดงอยู่บนแผ่นปลาคินัม ส่วนอนุภาคเล็ก ๆ ซัลเฟตจะวิ่งไปหาแผ่นทองแดง (ขั้วบวก) ทำปฏิกิริยากับทองแดง เป็นเหตุให้ทองแดงละลายเป็นทองแดงซัลเฟตแทนที่ทองแดงซัลเฟตตัวก่อนที่หมดไป ทองแดงซัลเฟตตัวหลังนี้ จะแยกสลายออกเป็น 2 ส่วนอีก คืออนุภาคทองแดง (Cu^{++}) และอนุภาคซัลเฟต (SO_4^{--}) อนุภาคทองแดงจะวิ่งไปขั้วลบ เกาะติดอยู่ที่ขั้วลบ อนุภาคซัลเฟตวิ่งไปที่ขั้วบวกทำปฏิกิริยากับขั้วบวก กลายเป็นทองแดงซัลเฟตขึ้นมาแทนที่อีก ปฏิกิริยาจะเกิดหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไปตรงที่ยังคงต่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จากการค้นพบกฎเกณฑ์อันนี้เราจึงนำเอาใช้เป็นประโยชน์ในทางชุบเคลือบผิวโลหะ (Electro Plating) และการแยกโลหะให้บริสุทธิ์ (Refinery) เช่น ถ้าเรามีทองแดงไม่บริสุทธิ์อยู่ เราก็เอาทองแดงนี้ไปทำเป็นแผ่น

ขั้วบวกแล้วจุ่มในสารละลายทองแดงซัลเฟต (CuSO_4) เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านครบวงจร ทองแดงบริสุทธิ์จะไปเกาะติดบนแผ่นขั้วลบ ซึ่งเราก็จะได้ทองแดงบริสุทธิ์ตามต้องการ



กฎของฟาราเดย์

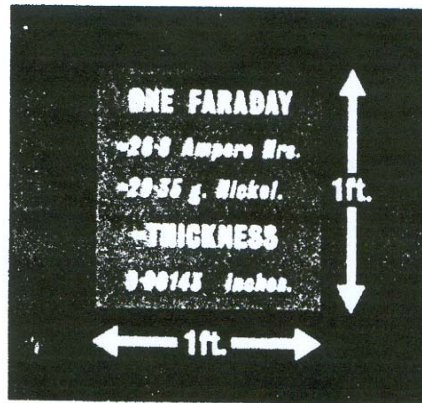
เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยทางแคโทดและแอโนด โลหะจะละลายจากแอโนดหรือมีออกซิเจนเกิดขึ้นที่แอโนด และจะได้โลหะเกาะจับที่แคโทดหรือมีไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่แคโทด ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นมากหรือน้อยมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลาย และระยะเวลาของการปล่อยให้กระแสผ่าน ไม่เกิด ฟาราเดย์ ได้ตั้งกฎความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วทั้งสอง, ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้และระยะเวลาที่ให้กระแสไหลผ่านไว้ ดังนี้

กฎข้อที่หนึ่ง น้ำหนักของไอออนที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระโดยกระแสไฟฟ้าย่อมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของไฟฟ้าที่ใช้

กฎข้อที่สอง น้ำหนักของไอออนชนิดต่าง ๆ ที่ถูกปล่อยให้เป็นอิสระโดยปริมาณไฟฟ้าเท่า ๆ กัน ย่อมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสมมูลย์เคมีของไอออนเหล่านั้น

จากกฎข้อที่หนึ่ง เราสามารถนำมาใช้ในการชุบโลหะได้ คือถ้าเราต้องการให้โลหะมาเกาะจับมีความหนาจำนวนหนึ่ง เราอาจจะทำได้ 2 วิธี คือ ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย ๆ แล้วใช้เวลานาน ๆ หรือเราอาจจะใช้กระแสไฟฟ้ามาก ๆ แต่ใช้เวลาสั้น ๆ ก็จะได้โลหะไปเกาะจับที่แคโทดมีปริมาณเท่ากัน

จากกฎข้อที่สอง เราทราบได้ว่า โลหะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติการแยกสลายไม่เหมือนกัน กล่าวคือ ในปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เท่าๆ กัน โลหะแต่ละชนิดจะแยกสลายออกมามีปริมาณไม่เท่ากัน โลหะบางชนิดจะแยกสลายออกมาน้อย โลหะบางชนิดจะแยกสลายออกมามาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติประจำตัวหรือสมมูลย์เคมีของโลหะนั้นๆ



ประสิทธิภาพของขั้วลบและขั้วบวก

ตามกฎของฟาราเดย์ ข้อที่หนึ่ง ในน้ำยาชุบโลหะนิเกิล ถ้ากระแสไฟฟ้าจำนวน 1 ฟาราเดย์ (96,500 คูลอมป์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.8 แอมแปร์ ไหลผ่านสารละลายนิเกิลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามทฤษฎีควรจะได้โลหะนิเกิลเกาะที่แคโทดมีน้ำหนัก 29.35 กรัม

แต่จากการทดลองจริง ๆ ผลปรากฏว่าได้โลหะนิเกิลที่แคโทดเพียง 27.9 กรัม เท่านั้น จากการทดสอบจึงพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไป ในน้ำยาชุบนิเกิล ไม่ได้ใช้สิ้นเปลืองไปในการแยกสลายให้นิเกิลไปเกาะที่แคโทดแต่อย่างเดียว หากแต่ยังต้องสิ้นเปลืองไปกับการแยกสลายสิ่งอื่น ๆ ที่มีอยู่ในน้ำยาอีก เช่น แก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น ถ้าเรานำเอาน้ำหนักของนิเกิลที่ไปเกาะที่ขั้วลบอย่างแท้จริงมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักของนิเกิลที่ควรจะไปเกาะที่ขั้วลบตามทฤษฎีก็จะสามารถทราบ “ประสิทธิภาพของขั้วลบ” ได้

ตัวอย่าง

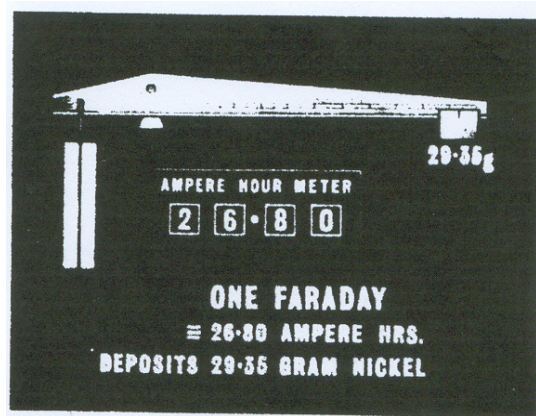
น้ำหนักของนิเกิล

ที่ไปเกาะที่ขั้วลบอย่างแท้จริง 27.9 กรัม

น้ำหนักของนิเกิล

ที่ควรจะไปเกาะที่ขั้วลบ 29.35 กรัม

$$\text{ประสิทธิภาพของขั้วลบ} = \frac{27.9}{29.35} \times 100 = 95 \%$$



นั่นคือปริมาณของกระแสไฟฟ้า 26.8 แอมแปร์ ที่ไหลผ่านน้ำยาชุบโลหะนิเกิลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีกระแสเพียง 95% เท่านั้น ที่ใช้สิ้นเปลืองไปในการแยกสลายให้โลหะไปเกาะที่ขั้วลบ ส่วนอีก 5% จะเป็นปริมาณกระแสที่สูญเสียไปกับการแยกสลายของก๊าซไฮโดรเจนเราจึงเรียกว่านิเกิลมีประสิทธิภาพของขั้วลบ 95%

ประสิทธิภาพของขั้วลบของน้ำยาชนิดต่าง ๆ จะแตกต่างกันออกไป เช่น น้ำยาชุบโครเมียมจะมีประสิทธิภาพต่ำมาก คือประมาณ 10-25% เท่านั้นเอง น้ำยาชุบเงินมีประสิทธิภาพขั้วลบสูงมากคือเกือบ 100% เต็ม และในน้ำยาชุบดีบุก (Tin Plating) ประสิทธิภาพของขั้วลบจะประมาณ 50 ถึง 75 % ดังนี้ เป็นต้น

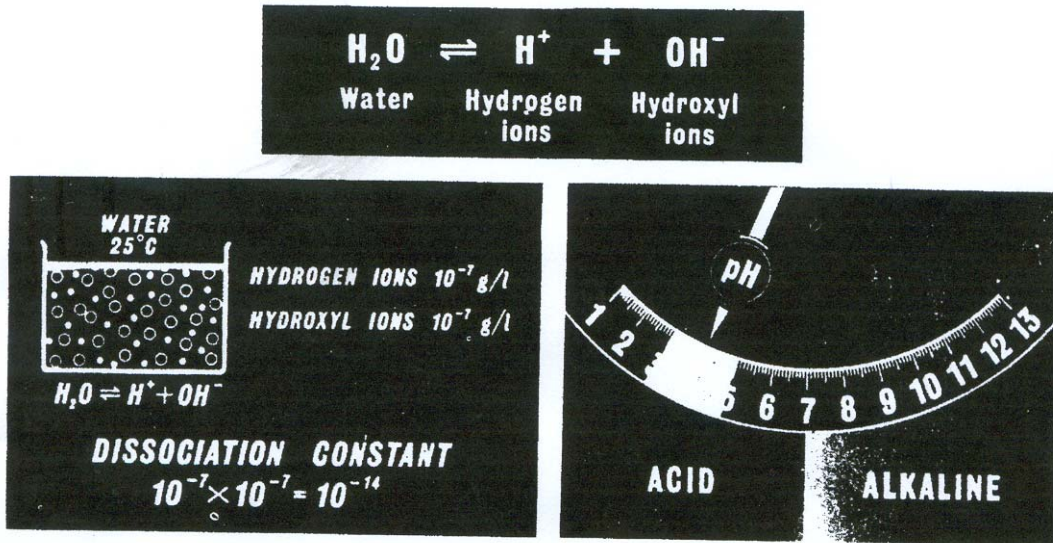
ที่แอโนดกระแสไฟฟ้า ที่ไปช่วยให้แอโนดละลายก็ไม่ได้ใช้หมดไปในการละลายแอโนดแต่อย่างเดียว กระแสไฟฟ้าต้องสูญเสียไปกับสิ่งอื่น ๆ อีก เช่น ต้องเอาชนะความต้านทานที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาเคมี มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ รอบ ๆ แท่งแอโนด , ต้องสูญเสียไปกับการละลายสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่มีผสมอยู่ในแอโนด ฯลฯ เป็นต้น จากการสูญเสียดังกล่าวจึงต้องกำหนดหาประสิทธิภาพของแอโนดด้วย แต่วิธีการกำหนดหาประสิทธิภาพของแอโนดเขามักจะกำหนดโดยการเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ ของแคโทดหรือกำหนดโดยวิธีเดียวกันกับการหาประสิทธิภาพของขั้วลบ

ในการประกอบการชุบโลหะโดยทั่ว ๆ ไป ถ้าประสิทธิภาพของแคโทดและแอโนดต่างก็มีประสิทธิภาพดีเลิศคือ 100% เท่ากัน นั่นคือมีโลหะไปเกาะที่แคโทดเท่าใด ที่แอโนด ก็จะต้องมีโลหะละลายลงไปในน้ำยามีจำนวนเท่ากัน ถ้า น้ำยาชุบใด ๆ เป็นเช่นนี้ ก็จะมีลักษณะดีเลิศ ไม่มีปัญหายุ่งยากใด ๆ จะต้องแก้ไขเลย แต่น้ำยาชุบโลหะทุกชนิดไม่มีลักษณะเช่นนั้น น้ำยาชุบทุกชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบหรือกล่าวโดยง่ายการละลายของขั้วบวกและการเกาะจับของโลหะที่ขั้วลบจะแตกต่างกันอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้เองน้ำยาชุบโลหะแต่ละชนิดจึงจำเป็นต้องประกอบด้วยตัวยาหลาย ๆ อย่าง เพื่อให้ตัวยาเหล่านั้นทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น ตัวที่ 1 มีหน้าที่ปล่อยโลหะออกมา ตัวที่ 2 มีหน้าที่ช่วยให้แอโนดละลายสม่ำเสมอ ช่วยเป็นสื่อไฟฟ้า ตัวที่ 3 มีหน้าที่ช่วยควบคุมไม่ให้น้ำยาเป็นกรดมากเกินไปหรือเป็นด่างมากเกินไป ฯลฯ ดังนี้ เป็นต้น ทั้งนี้โดยมีจุดมุ่งหมายให้ขั้วบวกและขั้วลบมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้นั่นเอง

น้ำยาแต่ละชนิด ประกอบด้วยตัวยาแตกต่างกันออกไป ตัวยาชนิดใดมีหน้าที่อย่างไรเป็นเรื่องที่ผู้ประกอบการชุบโลหะควรศึกษาเอาไว้

ค่าของ พีเอช (pH Values)

หนึ่งโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม สูตรโมเลกุลของน้ำคือ H_2O น้ำบริสุทธิ์ เมื่อมีการแตกแยกจะได้ไฮโดรเจน อีออน และไฮดรอกซิล อีออนเล็กน้อย ดังสมการ $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$



ในน้ำบริสุทธิ์ ค่าของไฮโดรเจนอีออน และค่าของไฮดรอกซิลอีออน จะมีค่าเท่ากันในสภาพเช่นนี้ น้ำนั้นจะมีสภาพเป็นกลาง คือไม่เป็นกรดหรือด่าง แต่ถ้าในน้ำใดมีไฮโดรเจนอีออนมากกว่าไฮดรอกซิลอีออน น้ำนั้นจะมีสภาพเป็นกรด และในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำใดมีไฮดรอกซิลอีออนมากกว่าไฮโดรเจน

อีออน น้ำนั้นก็จะมีสภาพเป็นด่าง ในการวัดค่า พี.เอช. ของน้ำยาชุปถือค่า พี.เอช. 7 เป็นค่าที่น้ำยามีสภาพเป็นกลาง ค่าพี.เอช. ตั้งแต่ 7 ลงมาถึง 1 เป็นค่าที่น้ำยาสภาพเป็นกรด ตั้งแต่ 7 ถึง 13 เป็นค่าที่น้ำยามีสภาพเป็นด่าง

ค่าของ พี.เอช. มีอิทธิพลต่อน้ำยาชุปโลหะมาก กล่าวคือถ้าค่าของ พี.เอช. น้อย แสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นกรดมากเกินไปจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแคโทด ลดต่ำลง ถ้าค่าของ พี.เอช. มาก แสดงว่าน้ำยานั้นมีสภาพเป็นด่างมากเกินไป จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของแอโนดลดต่ำลงเช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้การควบคุมค่าของ พี.เอช. จึงสำคัญมาก น้ำยาทุกชนิดจะมีค่า พี.เอช. ที่เหมาะสมอยู่โดยเฉพาะที่ค่าหนึ่ง ฉะนั้นจึงควรพยายามควบคุมให้ค่า พี.เอช. อยู่ในขอบเขตตามที่กำหนดให้ได้ น้ำยาชุปชนิดใดควรมีค่า พี.เอช. เท่าใด จะทราบได้จากคู่มือการใช้ น้ำยาชนิดนั้น ๆ

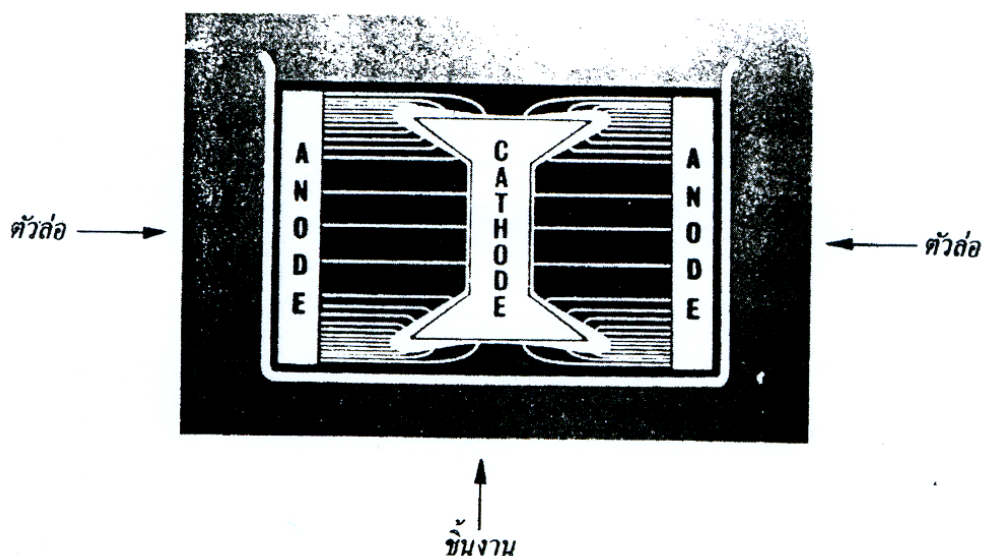
ความหนาแน่นของกระแส (Current Density)

ความหนาแน่นของกระแสของขั้วลบ คือกระแสที่ช่วยให้เกิดการเคลื่อนที่ขั้วลบต่อหนึ่งหน่วยเนื้อที่ ปกติมักจะใช้แอมแปร์ต่อตารางฟุต หรือแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร การคำนวณหาพื้นที่ของแคโทด เพื่อทราบว่า จะจ่ายความหนาแน่นของกระแสแตกต่างกันออกไปและงานแต่ละชิ้นก็มีเนื้อที่ต่าง ๆ กัน ด้วยเหตุนี้กระแสและเนื้อที่จึงควรต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกเสมอ ก่อนที่จะจุ่มชิ้นงานลงในถังเพื่อทำการชุบความหนาแน่นของกระแสให้ดูจากคู่มือการใช้งานน้ำยาแต่ละชนิด โดยสอบถามจากผู้จำหน่าย ในการชุบโลหะถ้ากวนน้ำยาโดยใช้เครื่องกวนหรือใช้ลมเป่า และเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาขึ้นตามคู่มือการใช้งาน จะช่วยให้สามารถใช้ความหนาแน่นของกระแสได้มากขึ้น ซึ่งอาจจะให้ระยะเวลาของการชุบลดสั้นลงได้ โดยได้ความหนาของผิวที่เท่ากัน

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของชิ้นงานและกำลังการเคลื่อนผิว

รูปร่างของชิ้นงานที่จะต้องทำการชุบเคลือบผิวนั้นมักมีรูปร่างต่าง ๆ กันออกไป เช่น กลม, แบน, โค้งงอ, กลวง, ฯลฯ รูปร่างต่าง ๆ เหล่านี้จะชุบให้มีการเกาะจับหนาเท่ากันโดยตลอดทั่วชิ้นงานย่อมยากมาก

จากการศึกษาถึงธรรมชาติการเดินทางของกระแสในการชุบโลหะพบว่า กระแสเดินทางไปยังจุดที่ใกล้เคียงที่สุดอย่างหนาแน่น จุดที่ห่างออกไปจะมีกระแสเบาบางลงไปด้วยเหตุที่เกิดเดินทางของกระแสก็คือการเดินทางของแคโทดออกไปยังขั้วลบนั่นเอง ดังนั้นส่วนใดที่มีกระแสเดินไปหาอย่างหนาแน่น ย่อมมีการเกาะจับหนาแน่น ส่วนที่มีกระแสเดินไปหาบางเบา ก็จะมีการเกาะจับบางดังในภาพ

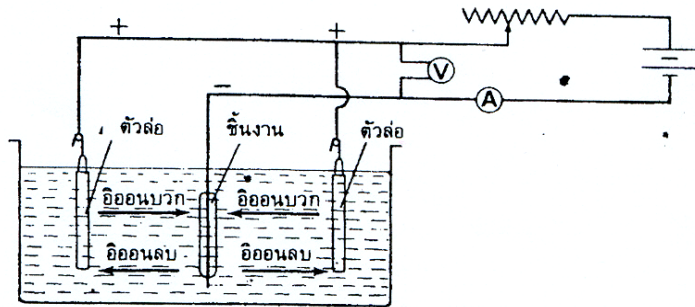


บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นของการชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า

หลักการ

การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า หมายถึง การนำเอาชิ้นงานหรือวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าได้มาเคลือบผิวด้วยโลหะโดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงเข้าช่วย ซึ่งมีหลักการง่าย ๆ คือ นำชิ้นงานที่จะทำการชุบต่อเข้ากับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนโลหะที่จะไปเคลือบผิวบนชิ้นงานจะต่อเข้ากับขั้วบวก (แต่ขั้วบวกไม่จำเป็นจะต้องเป็นโลหะชนิดเดียวกันกับโลหะที่ไปเคลือบบนชิ้นงานเสมอไป) ซึ่งเรียกว่า ตัวล่อนำชิ้นงานและตัวล่อจุ่มลงไปในน้ำยาชุบ แล้วปรับปริมาณทางไฟฟ้าคือแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสม ก็จะทำให้ไอออนของโลหะที่จะเคลือบบนชิ้นงานวิ่งไปยังขั้วลบ ซึ่งเป็นชิ้นงาน แล้วรับอิเล็กตรอนที่ผิวของชิ้นงานกลายเป็นโลหะเคลือบติดอยู่บนผิวของชิ้นงาน ส่วนขั้วบวกถ้าเป็นโลหะชนิดเดียวกับโลหะที่ไปเคลือบที่ผิวของชิ้นงาน ก็จะละลายลงสู่น้ำยาชุบในรูปของไอออนบวก จากหลักการข้างต้นสามารถจะเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงหลักการชุบอย่างง่าย

พิจารณาจากรูปจะเห็นว่า น้ำยาชุบจะต้องนำไฟฟ้าได้จึงจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร ฉะนั้น ในน้ำยาชุบจึงมีสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของน้ำยาชุบชนิดที่แตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบเมื่อละลายน้ำได้ดี ซึ่งไอออนเหล่านี้จะเป็นตัวนำไฟฟ้าให้ไหลครบวงจร คือ ไอออนบวกจะนำกระแสไฟฟ้าบวกไปยังขั้วลบ หรือเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบ เพื่อจะรับอิเล็กตรอนจากขั้วลบนั่นเอง ส่วนไอออนลบจะวิ่งไปยังขั้วบวกเพื่อจ่ายอิเล็กตรอนให้กับขั้วบวก ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาในขณะที่ทำการชุบ ฉะนั้น โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว น้ำยาชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าจะประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะ น้ำยาชุบแต่ละชนิดจะมีตัวกำเนิดโลหะไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับว่าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะชนิดใด เช่น ถ้าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดง ก็จะต้องมี

เกลือของโลหะทองแดงเป็นตัวกำเนิดโลหะ คือ คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ หรือถ้าต้องการชุบเคลือบผิวด้วยนิกเกิล ก็จะต้องมีนิกเกิลซัลเฟต (NiSO_4) หรือนิกเกิลคลอไรด์ (NiCl_2) ละลายอยู่ในน้ำยาชุบ สารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะนี้เป็นสารหลักสำคัญที่สุดในเรื่องการชุบ เพราะว่าสารเหล่านี้จะแตกตัวเมื่ออยู่ในน้ำยาชุบเป็นไอออนบวก และไอออนลบ โดยไอออนบวก คือ Cu^{2+} หรือ Ni^{2+} จะเป็นตัวเคลื่อนที่ไปเคลือบเกาะบนชิ้นงานเป็นโลหะทองแดงหรือนิกเกิล

- สารที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้า แม้ว่าสารที่เป็นตัวกำเนิดโลหะจะแตกตัว และนำไฟฟ้าได้ แต่ก็ยังนำได้ไม่คืบคั้น จะต้องมีส่วนที่ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าใส่ลงไป ในน้ำยาชุบด้วยสารพวกนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นพวกกรดแก่หรือด่างแก่ชนิดต่าง ๆ เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวดีขึ้น

- สารควบคุมระดับ พี.เอช. (Buffer) น้ำยาชุบแต่ละชนิดจะอยู่ในสภาพการใช้งานได้ดีหรือไม่ จะต้องมีส่วนที่ควบคุมระดับพี.เอช. อยู่ในช่วงที่เหมาะสมตามแต่ละชนิดของน้ำยาชุบ ฉะนั้น ถ้าไม่ต้องการให้พี.เอช. ของน้ำยาชุบเปลี่ยนแปลงไปมากนัก ก็ควรจะใส่สารควบคุมระดับพี.เอช. ลงไป ตัวอย่างของสารควบคุมระดับพี.เอช. ของน้ำยาชุบ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต ในน้ำยาชุบทองแดงแบบต่าง หรือกรดบอริกในน้ำยาชุบนิกเกิล เป็นต้น

- น้ำยาเงา (Brightener) ในงานชุบส่วนมากจะต้องการความเงางามของชิ้นงานที่เป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงต้องทำการเติมน้ำยาเงาลงไปในน้ำยาชุบ เพื่อให้ผิวของชิ้นงานที่ได้มีลักษณะแวววาวสวยงาม ซึ่งน้ำยาเงานี้มีมากมายหลายชนิด ขึ้นอยู่กับสูตรที่ผู้ผลิตจะคิดค้นขึ้นมา ฉะนั้น ในการใช้จึงใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

- สารรักษาระดับการเคลือบผิวให้สม่ำเสมอ (Leveller) สารนี้ส่วนมากจะเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีซัลเฟอร์รวมอยู่ และที่รู้จักเป็นที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ คูมาริน (Coumarin) ซึ่งจะช่วยให้ผิวชิ้นงานลดความเป็นรูหรือหลุมให้น้อยลง เช่น ชิ้นงานก่อนจะทำการชุบอาจจะมียุขเล็ก ๆ อยู่หลุมหนึ่ง แต่เมื่อชุบแล้วหลุมนี้จะหายไปหรือตื้นขึ้นมาก ถ้าน้ำยาชุบมีสารรักษาระดับการเคลือบผิวให้สม่ำเสมออยู่ด้วย

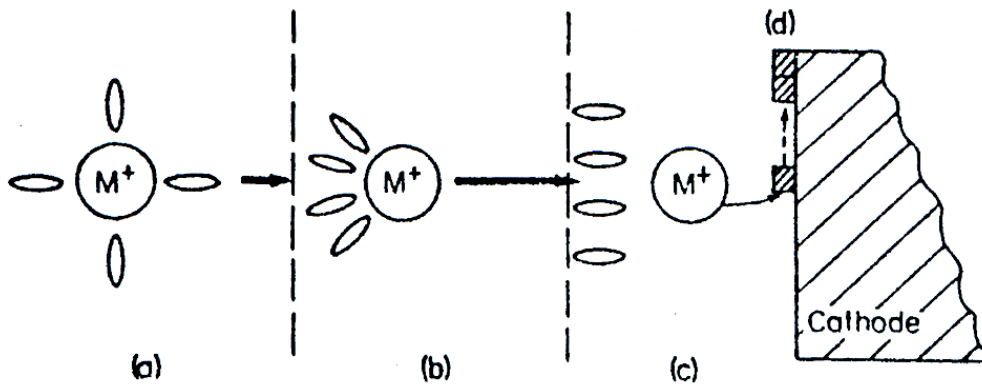
- สารเพิ่มความชื้น (Wetting agent) เป็นสารที่มีความสำคัญมากในการชุบโลหะเงา เพราะจะไปลดแรงตึงผิวของสารละลายลง ชิ้นงานที่เป็นผลิตภัณฑ์จะไม่เกิดรอยด่าง การใช้สารเพิ่มความชื้นจะต้องใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพราะถ้าใช้ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้ความเงางามสูญเสียไป หรือทำให้การรักษาระดับการเคลือบผิวไม่ดี ฉะนั้น โดยปกติแล้ว น้ำยาเงา สารรักษาระดับ และสารเพิ่มความชื้น จึงต้องใช้ของผู้ผลิตแหล่งเดียวกันเสมอ และเรียกรวม ๆ กันว่า น้ำยาเงา

ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบ

ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวของไอออนบวก (M^+) ซึ่งเป็นไอออนของโลหะจะแบ่งพิจารณาได้ เป็น 2 กรณี คือ

ก. น้ำยาชุบที่เป็นเกลือแบบธรรมดา

น้ำยาชุบที่เป็นเกลือแบบธรรมดา ไอออนบวกจะรวมตัวอยู่กับโมเลกุลของน้ำ ซึ่งเป็นตัวทำละลาย เรียกว่าเกิดการไฮเดรต (Hydrate) โดยไอออนบวกที่ถูกไฮเดรต หรือห่อหุ้มด้วยโมเลกุลของน้ำยังคงแสดงจำนวนประจุเท่าเดิม เช่น Cu^{2+} เมื่อถูกไฮเดรตจะเป็น $Cu(H_2O)_4^{2+}$ เมื่อไอออนบวกในรูปของไฮเดรตเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบ เพื่อจะทำการเคลือบผิวที่ขั้วลบ จะเกิดตามลำดับขั้นตอน ดังรูปข้างล่างนี้



ไอออนบวกที่อยู่ในสภาพปกติในสารละลาย ไอออนบวกเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วลบในระยษะหนึ่ง จะเกิดการจับตัวของโมเลกุลของน้ำใหม่ ไอออนบวกหลุดออกจากการไฮเดรตของน้ำเมื่อเข้าสู่อีกขั้วลบอย่างมีระเบียบ ไอออนบวกพุ่งเข้าเกาะชั้นงานหรือขั้วลบอย่างมีระเบียบ

รูปที่ 2.2 ลักษณะการเข้าเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบของไอออนบวก (M^+) ที่เป็นเกลือแบบธรรมดา

ข. น้ำยาชุบที่เป็นเกลือเชิงซ้อน

น้ำยาชุบจำนวนมากที่ไอออนของโลหะที่จะไปเคลือบบนผิวของชิ้นงานอยู่ในรูปของเกลือเชิงซ้อน เช่น เกลือเชิงซ้อนไซยาไนด์ ของทองแดง เงิน สังกะสี แคลเมียม ทองเกลือเชิงซ้อนไพโรฟอสเฟต ของทองแดง เกลือเชิงซ้อนฟลูออโบเรต ของตะกั่ว ทองแดง ดีบุก นิกเกิล เป็นต้น ลักษณะการเข้าเกาะที่ขั้วลบของไอออนเชิงซ้อนค่อนข้างจะสลับซับซ้อน แต่พอจะสรุปได้ว่า ไอออนของโลหะเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบได้ระดับหนึ่งจะเปลี่ยนจากสภาพที่เป็นไอออนเชิงซ้อนไปเป็นไอออนอิสระ แล้วจึงถูกไฮเดรตด้วยโมเลกุลของน้ำ จากนั้นก็จะมีกลไกการเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบเหมือนกับน้ำยาชุบที่เป็นเกลือแบบธรรมดา ตามข้อ ก.

ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบและขั้วบวก

ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบและขั้วบวก บางทีเรียกสั้น ๆ ว่า ประสิทธิภาพ

ของกระแสไฟฟ้า หรือบางที่เรียกว่า ประสิทธิภาพของขั้วลบ หรือประสิทธิภาพของขั้วบวก ซึ่ง ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ และขั้วบวกนี้ ส่วนใหญ่จะมีค่าแตกต่างกัน โดย ประสิทธิภาพนี้อาจจะนิยามได้ 2 ลักษณะ คือ ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าเท่ากับอัตราส่วน ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการชุบเคลือบผิวจริง ๆ ต่อปริมาณของกระแส ไฟฟ้าที่ผ่านลงไปทั้งหมดคูณด้วยหนึ่งร้อย หรืออาจจะนิยามว่า ประสิทธิภาพของขั้วบวก คือ ปริมาณโลหะของขั้วบวกที่ละลายจริง ต่อปริมาณของโลหะของขั้วบวกที่ควรละลายตามกฎ ของฟาราเดย์คูณด้วยหนึ่งร้อย หรืออาจจะนิยามว่า ประสิทธิภาพของขั้วลบ คือ ปริมาณสารที่มา เกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบต่อปริมาณที่ควรเกาะขั้วลบตามกฎของฟาราเดย์คูณด้วยหนึ่งร้อย

โดยปกติแล้ว ประสิทธิภาพมักจะไม่ค่อยจะถึงหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ทั้งขั้วบวก และขั้วลบ ทั้งนี้เพราะกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปยังน้ำยาชุบไม่ได้นำไปใช้ในการละลายขั้วบวก หรือทำให้อิออนบวกของโลหะไปเกาะที่ขั้วลบเพียงอย่างเดียว แต่ยังถูกใช้ในการไปทำให้เกิดกลไกอื่นอีกด้วย เช่น ไปแยกสลายโมเลกุลของน้ำไปทำให้เกิดก๊าซขึ้นที่ขั้วบวกหรือขั้วลบ หรือถูกเปลี่ยนไปเป็น ความร้อนเกิดขึ้นในสารละลาย เป็นต้น ตัวอย่างของการหาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ เช่น ในการชุบโครเมียม ถ้าใช้ไฟฟ้าผ่านลงไปในการละลาย 1 ฟาราเดย์ ถ้าเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ ควรจะมีโลหะไปเกาะที่ขั้วลบ 8.667 กรัม แต่จากการทดลองพบว่ามีโลหะโครเมียมไปเกาะจริง ๆ เพียง 1.646 กรัม ฉะนั้น ประสิทธิภาพของขั้วลบเท่ากับ $(1.646 / 8.667) \times 100 = 19$ เปอร์เซ็นต์ หรือในการหาประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกก็ทำได้ทำนองเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ในการชุบเคลือบผิวโลหะอย่างหนึ่งพบว่า เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในการละลาย 0.5 ฟาราเดย์ โลหะที่เป็นขั้วบวกละลายไป 80 กรัม แต่ถ้าคำนวณตามกฎของฟาราเดย์แล้วจะต้องละลายไป 100 กรัม ฉะนั้น ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกเท่ากับ $(80/100) \times 100 = 80$ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ในการชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าที่ดีที่สุดนั้น ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก และขั้วลบควรจะมีเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ทั้งคู่ หรือถ้าไม่เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ทั้งสองตัว ก็อาจจะ เป็นลักษณะว่าประสิทธิภาพที่ขั้วบวก และที่ขั้วลบจะต้องเท่ากัน เพราะทั้งสองกรณีนี้จะรักษา ปริมาณอ็อกซิเจนที่เป็นแหล่งกำเนิดของโลหะคงที่และเท่าเดิมเสมอ เนื่องจากปริมาณโลหะที่ไปเคลือบ ผิวที่ขั้วลบจะเท่ากับปริมาณโลหะที่ละลายจากขั้วบวกลงสู่สารละลาย แต่ถ้าประสิทธิภาพของ ขั้วบวก และขั้วลบไม่เท่ากัน จะทำให้ปริมาณของอ็อกซิเจนที่เป็นตัวกำเนิดโลหะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้น้ำยาชุบเสื่อมสภาพเร็ว แต่ก็ยังมีวิธีแก้ปัญหาลำดับนี้ได้ เช่น อาจจะใช้ พื้นที่ผิวของขั้วบวกและขั้วลบไม่เท่ากันเข้าช่วย หรืออาจจะใช้สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อลดหรือเพิ่ม การละลายของขั้วบวกเข้าช่วย เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยปรับให้ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้ว ลบมีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่า ๆ กันได้

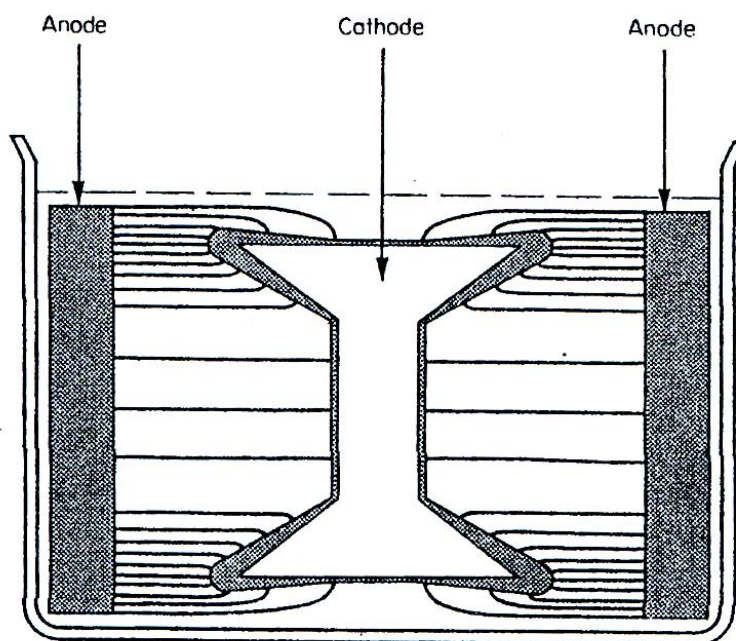
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า คือ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยปกติแล้วจะแสดงในหน่วยของแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร หรือแอมแปร์ต่อตารางฟุต และถ้าไม่ระบุว่าเป็นความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกหรือขั้วลบ ก็มักจะหมายถึงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ ในน้ำยาชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้าแต่ละชนิด จะกำหนดภาวะการทำงานไว้ชัดเจนว่าจะชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าใด ฉะนั้น ก่อนจะทำการชุบ จึงต้องคำนวณพื้นที่ของผิวชิ้นงาน หรือขั้วลบเสียก่อนแล้วนำค่าพื้นที่นี้ไปคำนวณดูว่าจะใช้กระแส

ไฟฟ้าเท่าใดได้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าตามที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ในการชุบเคลือบผิวด้วยโลหะโดยไฟฟ้าชนิดหนึ่ง จะต้องทำการชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และปรากฏว่าพื้นที่ผิวหน้าของชิ้นงานที่จะทำการชุบทั้งหมดเท่ากับ 5 ตารางเดซิเมตร ฉะนั้น ในการชุบนี้จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ $8 \times 5 = 40$ แอมแปร์ จึงจะอยู่ในภาวะการทำงานที่ดี โดยปกติแล้ว ถ้าการชุบชนิดเดียวกันมีภาวะการทำงานบางอย่างแตกต่างกันก็อาจจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันไป เช่น อุณหภูมิสูงและมีการกวนน้ำยาอย่างแรงก็จะชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติได้ ซึ่งจะทำให้อัตราเร็วของการชุบเคลือบผิวเร็วขึ้นแต่ทางปฏิบัติทั่ว ๆ ไปแล้ว การชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะเคลือบผิวได้เป็นระเบียบและสวยงามกว่า แต่ก็เสียเวลาในการชุบมากขึ้น

การกระจายของกระแสไฟฟ้า

เนื่องจากชิ้นงานที่จะทำการชุบมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่น แบน กลม กลวง โคนี่ แผลม ฯลฯ จะพบว่าจุดต่าง ๆ บนชิ้นงานและห่างจากขั้วลบไม่เท่ากัน จุดใดที่อยู่ใกล้ขั้วลบ กระแสไฟฟ้าจะเดินทางได้สะดวกทำให้มีลักษณะการกระจายของกระแสไฟฟ้าบริเวณจุดที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดที่อยู่ไกล และยังตรงบริเวณใดที่มีลักษณะเป็นมุมแหลมด้วยแล้ว ยิ่งมีการกระจายของกระแสไฟฟ้าในบริเวณนั้นหนาแน่นมากขึ้นไปอีก เนื่องจากการกระจายของกระแสไฟฟ้า ก็คือการกระจายหรือการเคลื่อนที่ของ อิออนของโลหะที่จะไปเกาะที่ขั้วลบ ดังนั้น จุดใดของขั้วลบที่อยู่ใกล้ขั้วบวกหรือจุดที่เป็นมุมแหลมจะมีการเกาะเคลือบผิวของโลหะบริเวณนั้นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ จึงทำให้ผิวเคลือบนั้นหนากว่าที่อื่นด้วย ซึ่งอาจจะแสดงลักษณะการกระจายของกระแสไฟฟ้าและความหนาแน่นที่เคลือบบนชิ้นงานได้ดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของการกระจายของกระแสไฟฟ้าและความหนาที่เคลือบในบริเวณต่าง ๆ ของ
ชิ้นงาน

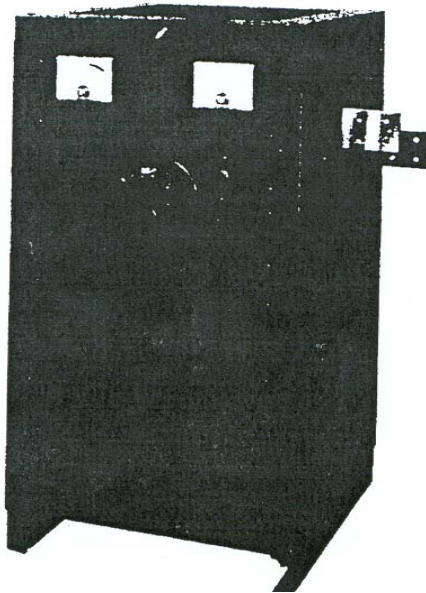
จากรูปจะเห็นว่า บริเวณของชิ้นงานส่วนที่เป็นมุมแหลม หรืออยู่ใกล้ขั้วบวก จะมีการกระจายของกระแสไฟฟ้าหนาแน่นมากที่สุด และมีการเกาะเคลือบผิวหนาที่สุด ซึ่งถ้าต้องการให้การชุบเคลือบออกมาในลักษณะเช่นนี้ ก็ไม่ต้องแก้ไขอะไร แต่ถ้าต้องการให้มีลักษณะของการชุบเคลือบผิวที่มีความหนาแน่นเท่า ๆ กันตลอดทั้งชิ้นงาน ก็อาจจะแก้ไขได้โดยหาแผ่นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบมาถักันระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบตรงบริเวณที่อยู่ใกล้กัน เพื่อลดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าให้เหลือเท่า ๆ กันทุกบริเวณของขั้วลบ วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น โพลีเอทธิลีน ฟิวซี หรือโพลีโพรพิลีน เป็นต้น แต่ถ้าหากว่าการเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบไม่ทั่วหรือไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากสาเหตุที่น้ำยามีกำลังการเกาะเคลือบผิวไม่ดี ก็จะต้องแก้ไขโดยวิธีออกแบบขั้วบวกให้เหมาะสมเข้าช่วย คือ ออกแบบให้มีการกระจายของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบให้เท่ากันและทั่วถึงในส่วนที่ต้องการให้มีการเกาะเคลือบผิว สำหรับกำลังการเคลือบผิว หมายถึงความสามารถในการกระจายของอ็อกซิเจนหรืออ็อกซิเจนของโลหะไปเคลือบผิวบนชิ้นงานได้ทั่วถึงมากหรือน้อยเพียงใด ถ้าน้ำยาใดมีกำลังการเคลือบผิวไม่ดี จะสังเกตได้จากการชุบชิ้นงานที่มีลักษณะกลวงหรือโค้งงอจะพบว่าส่วนที่อยู่ลึก ๆ ลงไปจะไม่เกิดการเคลือบผิว

บทที่ 3

เครื่องมือและอุปกรณ์การชุบ

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier)

เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ๆ ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนต่ำ โดยปกติแล้วงานชุบโดยทั่วไปจะใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 0 - 15 โวลต์ ในการกำหนดขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า มักจะกำหนดเป็นจำนวนกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องจะจ่ายออกมาได้ เช่น เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 10 แอมแปร์ 100 แอมแปร์ เป็นต้น สำหรับแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าจะมีปุ่มปรับให้มีค่าต่าง ๆ ได้ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 เครื่อง อาจจะใช้กับถังชุบได้หลายถัง ถ้ามีกำลังสูงพอ แต่ทางที่ดีที่สุดแล้วควรจะใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 เครื่อง ต่อถังชุบ 1 ถัง เพราะจะทำงานได้สะดวกและควบคุมปริมาณทางไฟฟ้าได้แน่นอนกว่า และควรอยู่ในตำแหน่งที่ติดกับถังชุบเพื่อป้องกันไม่ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลงมากเกินไป ในการเลือกขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงลักษณะ และขนาดของชิ้นงานที่จะชุบเป็นสำคัญ เพราะถ้าเลือกไม่เหมาะสม เช่น เลือกขนาดใหญ่เกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยใช่เหตุ และยังคงควบคุมปริมาณทางไฟฟ้าได้ไม่ละเอียดอีกด้วย แต่ถ้าเลือกเล็กเกินไปจะทำให้การชุบไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร



รูปที่ 3.1 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

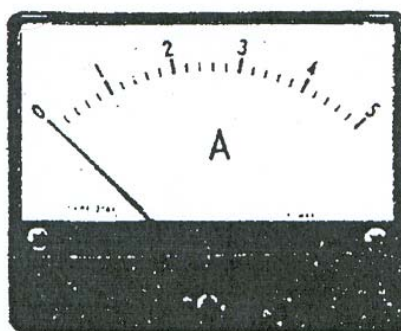
2. ทางเดินของกระแสไฟฟ้า (Busbar)

ทางเดินของกระแสไฟฟ้า หมายถึง โลหะที่ใช้เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ไปยังถึงจุด และพบว่าโลหะทองแดงและอลูมิเนียมเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าสำหรับงานชุมมากที่สุด ลักษณะของทางเดินกระแสไฟฟ้าที่ดีควรมีพื้นผิวหน้าตัดเป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมผืนผ้าแคบ ๆ คือ เป็นแผ่นแบน ๆ นั่นเอง จะนำไฟฟ้าและระบายความร้อนดีกว่าทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ถ้าจำเป็นจะต้องมีการต่อทางเดินของกระแสไฟฟ้า ต้องทำให้หน้าสัมผัสสะอาดและเรียบ แล้วจึงใช้แผ่นโลหะอัดประกบเข้าหากัน พร้อมทั้งเชื่อมติดกันให้เรียบร้อย สำหรับตารางข้างล่างนี้ จะแสดงถึงขนาดของทางเดินกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับกระแสไฟฟ้าสูงสุดค่าต่าง ๆ

พื้นที่หน้าตัดของโลหะทองแดง		พื้นที่หน้าตัดของโลหะอลูมิเนียม		กระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน (แอมแปร์)
มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	
25 × 6	$1 \times \frac{1}{4}$	32 × 6	$1\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$	425
38 × 6	$1\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$	38 × 8	$1\frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$	690
51 × 6	$2 \times \frac{1}{4}$	51 × 8	$2 \times \frac{5}{16}$	775
76 × 6	$3 \times \frac{1}{4}$	76 × 8	$3 \times \frac{5}{16}$	1125
102 × 6	$4 \times \frac{1}{4}$	102 × 8	$4 \times \frac{5}{16}$	1500

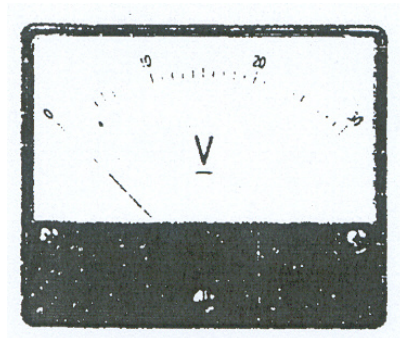
3. มิเตอร์ต่าง ๆ

แอมมิเตอร์ (Ammeter) เป็นเครื่องมือวัดอย่างหนึ่งซึ่งจะบอกถึงขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรโดยจะต่ออนุกรมกับทางเดินของกระแสไฟฟ้า



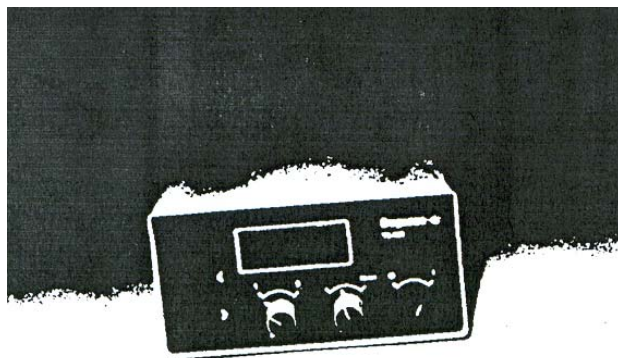
รูปที่ 3.2 แอมมิเตอร์

โวลท์มิเตอร์ (Voltmeter) เป็นเครื่องมือวัดแรงเคลื่อนหรือศักย์ไฟฟ้าโดยต่อขนานกับทางเดินของกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.3 โวลท์มิเตอร์

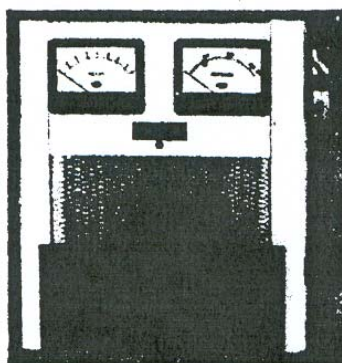
แอมแปร์-ชั่วโมงมิเตอร์ (Ampere – Hour Meter) เป็นเครื่องมือที่ใช้บอกถึงจำนวนของกระแสไฟฟ้าและเวลาที่ไหลผ่านวงจร ตัวอย่างเช่น ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าคงที่ 10 แอมแปร์ ลงไปในน้ำยาชุบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องมือชนิดนี้จะอ่านออกมาเป็น 40 แอมแปร์-ชั่วโมง ในขบวนการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า แอมแปร์-ชั่วโมงมิเตอร์ มีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยบอกได้ว่าน้ำยาชุบควรจะเติมอะไรลงไป ในปริมาณเท่าใด เพราะอายุการใช้งานของน้ำยาหรือสารเคมีต่าง ๆ ที่เติมลงไป ในน้ำยาชุบจะกำหนดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง เช่น น้ำยาเงาที่เติมลงไป ในน้ำยา มีอายุการใช้งาน 100 แอมแปร์-ชั่วโมง ฉะนั้น เมื่อใช้ถึงหรือเกือบถึงขนาดนี้ ก็ควรจะเติมน้ำยาเงาลงไปได้แล้ว เป็นต้น



รูปที่ 3.4 แอมแปร์ชั่วโมงมิเตอร์

แผงควบคุมกระแสไฟฟ้า (Resistance Board) ใช้ในกรณีที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า 1 เครื่องใช้กับถังชุบหลาย ๆ ถัง ซึ่งแต่ละถังจะต้องติดตั้งแผงควบคุมกระแสไฟฟ้าเข้าไว้ เพื่อจะได้

สามารถปรับแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าของถ่วงนั้น ๆ ได้โดยแผงควบคุมกระแสไฟฟ้าจะมีแอมมิเตอร์ และโวลท์มิเตอร์ติดไว้พร้อมกับตัวปรับค่าของมัน และบางทีก็อาจจะมีแอมแปร์-ชั่วโมงติดไว้ด้วย



รูปที่ 3.5 แผงควบคุมกระแสไฟฟ้า

4. ถังชุบ

ถังชุบ หมายถึง ถังที่บรรจุน้ำยาที่เกี่ยวข้องกับการชุบเคลือบผิววัสดุด้วยไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วถังชุบมักจะออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดต่าง ๆ ตามลักษณะของชิ้นงานที่จะชุบ และที่สำคัญคือวัสดุที่จะนำมาทำเป็นถังชุบจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำยาที่บรรจุอยู่ แต่ในบางครั้งก็มีความจำเป็นจะต้องใช้วัสดุที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำยาที่ใช้ ซึ่งก็แก้ไขได้โดยการบุภายในถังด้วยสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยา เช่น ถังที่บรรจุน้ำยาประเภทกรดจำนวนมาก ๆ ถ้าจะใช้ถังพลาสติกซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ก็จะไม่แข็งแรงพอจะรับแรงดันของน้ำยาได้ ครั้นจะใช้ถังเหล็กก็จะทำปฏิกิริยากับกรด ฉะนั้น ถังที่ใช้จึงควรจะเป็นถังเหล็กบุภายในด้วยพลาสติก ในการแบ่งประเภทของถังชุบนั้น จะแบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำถัง ดังนี้

- ถังเหล็ก เป็นถังที่ทำได้จากการนำเหล็กแผ่นธรรมดามาเชื่อมต่อกัน โดยผิวหน้าภายในถังที่สัมผัสกับน้ำยาไม่ได้ทำการบุหรือทำอะไรทั้งสิ้น แต่ผิวหน้าที่อยู่ภายนอกถังอาจจะพ่นสีหรือทาสีกันสนิมเอาไว้ ถังประเภทนี้จะใช้เป็นถังล้าง ถังทำความสะอาดด้วยด่าง ถังสำหรับน้ำยาชุบแบบต่าง

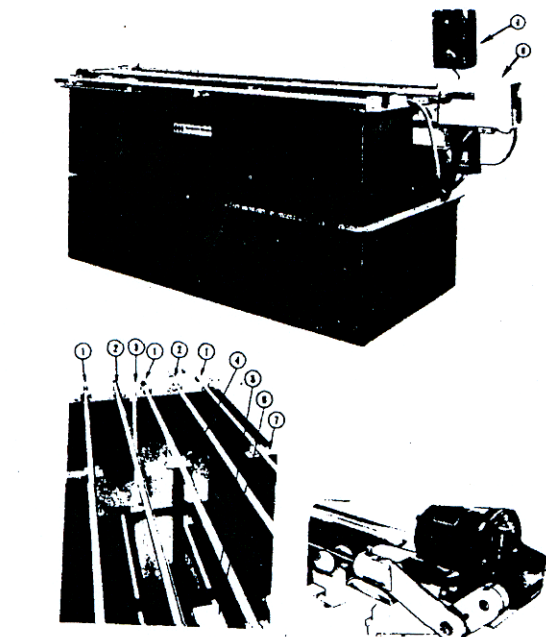
- ถังเหล็กบุภายในด้วยตะกั่ว ถังชนิดนี้เหมาะสำหรับใส่กรดซัลฟูริก น้ำยาชุบนิเกิลแบบด้าน น้ำยาชุบทองแดงแบบกรด และน้ำยาชุบโครเมียม แต่ห้ามใช้กับกรดไนตริกและน้ำยาทำความสะอาดและชุบแบบต่าง

- ถังสแตนเลส ถังสแตนเลสที่จะกล่าวถึงนี้เป็นสแตนเลสที่มีส่วนผสมของนิเกิล 18 เปอร์เซ็นต์ และโครเมียม 8 เปอร์เซ็นต์ ถังชนิดนี้สามารถใช้บรรจุกรดไนตริกและกรดอื่น ๆ ที่เป็นตัวออกซิไดซ์ เช่น สารละลายของน้ำยากัดสนิมที่มีกรดโครมิกผสมกับกรดซัลฟูริก แต่ถังชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับสารละลายของกรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก หรือสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เพราะจะทำให้สแตนเลสมีสภาพเป็นขี้ววกเกิดขึ้น

- ถังพลาสติก ถังพลาสติกที่ทำจากโพลีเอทิลีนปัจจุบันมีการใช้กันแพร่หลาย สามารถทำให้ใหญ่ได้จนมีความจุถึง 1,200 ลิตร สามารถใช้ได้กับน้ำยาและน้ำยากัดสนิมได้ทุกชนิด และถ้าใช้โพลีเอทิลีน ชนิด Rigid Grade จะสามารถทนความร้อนได้ถึงจุดเดือดของน้ำ แต่ถ้าเป็นโพลีเอทิลีนธรรมดา จะทนความร้อนได้เพียงประมาณ 70 องศาเซลเซียส ถังพลาสติกที่นิยมใช้อีกแบบหนึ่งคือ ถังพลาสติกที่ทำจากโพลีโพรพิลีน ซึ่งทนต่อน้ำยาเคมีได้เช่นเดียวกับถังที่ทำจากโพลีเอทิลีน แต่สามารถจะทนอุณหภูมิได้สูงกว่าคือ ประมาณ 80 องศาเซลเซียส

- ถังพลาสติกเสริมแรงด้วยไฟเบอร์กลาส ถังชนิดนี้จะมีโครงสร้างเป็นพวก rigid PVC หรือโพลีเอทิลีน แล้วเคลือบทับด้วยไฟเบอร์กลาสเพื่อให้เกิดความแข็งแรง ถังประเภทนี้สามารถทำให้จุได้ถึง 1,860 ลิตร ถ้าเป็นถังพีวีซีด้วยไฟเบอร์กลาส จะทนอุณหภูมิได้ 70 องศาเซลเซียส แต่ถ้าเป็นโพลีเอทิลีน หุ้มด้วยไฟเบอร์กลาส จะทนอุณหภูมิได้ถึง 100 องศาเซลเซียส

- ถังไฟเบอร์กลาส ถ้าเป็นชนิดที่ทำจากโพลีเอสเตอร์ จะนิยมใช้เป็นถังล้างทำความสะอาดหรือถังจุ่มเงาแบบกรด แต่ไม่ควรใช้เป็นถังซบ (อาจใช้ได้ถ้าซบที่อุณหภูมิต่ำ) และห้ามใช้บรรจุกรดแก่ สารละลายด่าง หรือสารละลายไซยาไนด์ สำหรับความทนทานต่อปฏิกิริยาเคมีของไฟเบอร์กลาสจะขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินที่นำมาทำ



รูปที่ 3.6 ถังซบแบบธรรมดา

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. ราวแขวนขั้วบวก | 6. เครื่องทำความร้อนชนิดจุ่ม |
| 2. ราวแขวนขั้วลบ | 7. แขนรับขั้วบวก |
| 3. ท่อลมสำหรับกวนน้ำยา | 8. เครื่องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องทำความร้อน |
| 4. ขาดังรับน้ำหนักของราวแขวนขั้วบวก | 9. เครื่องแกว่งขึ้นเงา |
| 5. ขายึดท่อลม | |

วัสดุที่บวมในถังซบ

ก. ยาง (Rubber)

ยางที่ใช้บวมในถังมี 2 เกรดด้วยกัน คือ อ่อน (Soft) กับแข็ง (Hard) ยางเกรดอ่อน มักจะใช้กับถังล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ และถังบรรจุกรดไฮโดรคลอริก ส่วนยางเกรดแข็งจะใช้เป็นถังซบ ถังที่บวมในด้วยยางจะทนอุณหภูมิได้ประมาณ 70 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นยางสังเคราะห์ไม่ควรจะใช้กับสารละลายที่เป็นตัวออกซิไดซ์แรง ๆ เช่น กรดไนตริก กรดโครมิก เป็นต้น

ข้อที่ควรปฏิบัติก่อนใช้ถังที่บวมในด้วยยาง

- สำหรับน้ำยาซบนิเกิลเงา และทองแดงกรด ต้องใส่กรดเจือจางลงไปในถังแล้วอุ่นให้ร้อนเป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดก่อนที่จะนำมาใช้ (ส่วนใหญ่ใช้กรดเกลือเข้มข้น 50 มล./ลิตร)

ข. พีวีซี (Polyvinyl Chloride)

ถังซบบวมในด้วยพีวีซี จะทนทานต่อปฏิกิริยาสำหรับน้ำยาซบแทบทุกชนิด และจะใช้ในช่วงอุณหภูมิไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส พีวีซี ชนิดอ่อนจะดีกว่าชนิดแข็ง เพราะสามารถยืดหยุ่นและยึดติดกับตัวถังดีกว่า และเมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัวไปกับถังด้วย ตัวอย่างการใช้งานของถังบวมในด้วยพีวีซี เช่น ถังซบโครเมียมแบบหนาและแบบเงา ถังจุ่มเงาแบบกรดกัดสนิม ถังบรรจุสารละลายที่เป็นด่าง ถังเก็บสารเคมี เป็นต้น แต่มีข้อยกเว้น คือ ไม่ควรจะใช้เก็บกรดไนตริก

ตารางแสดงชนิดของถังบูบที่ใช้กับยาสูบแบบต่าง ๆ

ก - ควรรู้, พ - พอใช้ได้

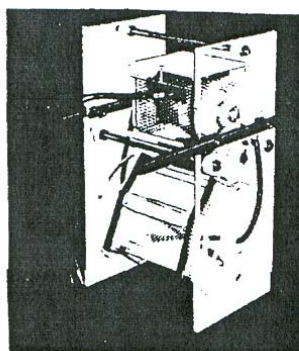
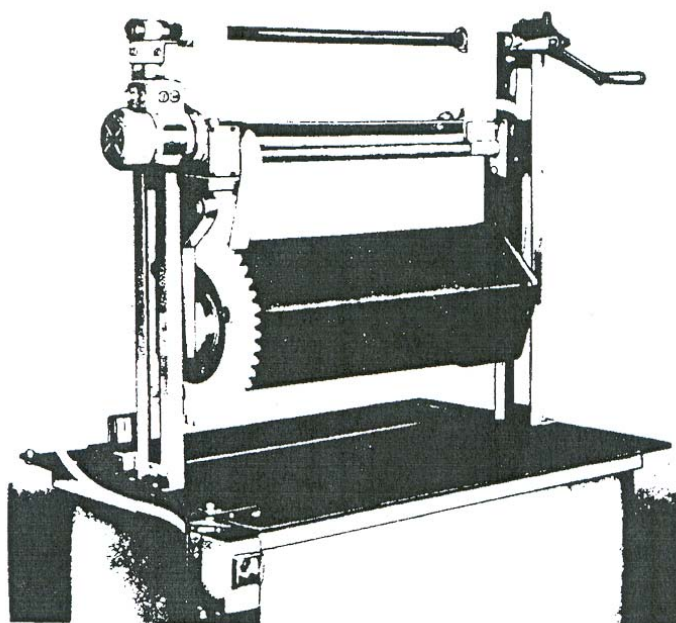
ขบวนการ	ถังเหล็ก	ถังบูบด้วย ตะกั่ว	ถังบูบด้วย ยางแข็ง	ถังบูบด้วย พลาสติกอ่อน	ถังบูบด้วย พลาสติกแข็งและ ถังพีวีซี	ถัง บูบด้วย โพลีเอทิลีน	ถังโพลีโพรพิลีน และถัง โพลีโพรพิลีน บูบด้วย โพลีเอทิลีน	ถังโพลีเอสเตอร์ บูบด้วย โพลีเอทิลีน	ถังสแตนเลส
นำยาทำความสะอาด แบบต่าง	ก								
นำยาทำความสะอาด แบบไซยาไนด์	ก		พ	พ	พ	พ	พ		
นำยาจุ่มเงาแบบกรด									
- กรดซัลฟูริกเจือจาง		พ	ก	พ	พ	พ	พ	พ	
- กรดไฮโดรคลอริก เจือจาง			พ	ก	พ	พ	พ	พ	
- กรดไฮโดรฟลูออริก เจือจาง			พ	ก	พ	พ	พ		
- กรดซัลฟูริกกัดผิว		ก		พ	พ	พ	พ		
- กรดซัลฟูริกผสมกับ กรดโครมิก		พ		ก	พ	พ	พ		พ

ขบวนการ	ตั้งหลัก	ตั้งผู้ด้วย ตะกั่ว	ตั้งผู้ด้วย ยางแข็ง	ตั้งผู้ด้วย พีวีซีอ่อน	ตั้งผู้ด้วย พีวีซีแข็งและ ตั้งผู้ด้วย พีวีซี หุ้มด้วย ไฟเบอร์กลาส	ตั้ง โพลีเอทรีน	ตั้งโพลีโปรพิลีน และตั้ง โพลีโปรพิลีน หุ้มด้วย ไฟเบอร์กลาส	ตั้งโพลีเอสเตอร์ หุ้มด้วย ไฟเบอร์กลาส	ตั้งสแตนเลส
นายชุบนิเกล - นิเกลตัน - นิเกลเงา			ค ค	พ พ	พ พ	พ พ	พ พ	พ	
นายชุบโครเมียม ชนิดหนาและเงา		พ		ค		พ	พ		
นายชุบทองแดง - ไชยาไนต์ - กรด - ไพโรฟอสเฟต	ค		พ ค ค	พ พ พ		พ พ พ	พ พ พ		
นายชุบทองเหลือง นายชุบเงิน นายชุบทอง นายชุบแคดเมียม	ค	พ	พ พ	พ พ	พ พ พ	พ พ	พ ค ค พ		พ
นายชุบสังกะสี - แบบต่าง	ค		พ	พ	พ	พ	พ		

ขบวนการ	ตั้งหลัก	ตั้งตู้ด้วย ตะกั่ว	ตั้งตู้ด้วย ยางแข็ง	ตั้งตู้ด้วย ฟิวรีออน	ตั้งตู้ด้วย ฟิวรีแข็งและ ฟิวรีซี	ตั้งตู้ด้วย ฟิวรีซี	ตั้ง ตู้ฟลูออโรคาร์บอน	ตั้งตู้ด้วย โพลีเอทิลีน	ตั้งตู้โพลีโพรพิลีน และตั้ง ตู้ด้วย โพลีโพรพิลีน	ตั้งตู้โพลีเอสเตอร์	ตั้งตู้คอนกรีต
— แบบไฮยาไนด์	ค		พ	พ	พ	พ		พ			
— แบบกรด			พ	ค				พ			
น้ำยาสูบตีบูก											
— แบบต่าง	ค		พ					พ			
— แบบกรด			ค	พ		พ		พ			
น้ำยาสูบตะกั่วและน้ำยาสูบตีบูก/ ตะกั่วฟลูออโบเรต									พ		
น้ำยาแอโนไนด์											
— กรดโครมิก	ค					พ		พ			พ
— กรดซัลฟูริก		พ	ค	พ		พ		พ			
น้ำยาซุมนิกเกิลโดยไม่ใช้ไฟฟ้า											
— แบบร้อน											ค
— แบบเย็น									พ	พ	พ
น้ำยากัดผิวของพลาสติก											
เอ บี เอส และ พี พี		ค									

สำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก และมีจำนวนมากไม่เหมาะที่จะชุบ โดยวิธีแขวนหรือผูกชิ้นงาน กับขั้วลบบั้วจะนิยมทำการชุบโดยใช้ถังหมุ่ เพราะทำได้คราวละจำนวนมาก ๆ และไม่ต้องเสียเวลา ในการผูกหรือแขวนชิ้นงาน ลักษณะของชิ้นงานที่จะทำการชุบแบบชุบนี้ เช่น นี้อต สะกรู หรือชิ้นงานอื่น ๆ ที่มีขนาดเล็กและถ้าชิ้นงานมีลักษณะเป็นแผ่นจะต้องใส่ก่อนโลหะกลมลง ไป เพื่อแยกชิ้นงานออกจากกัน ถังชุบแบบถังหมุ่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ด้วยกัน คือ

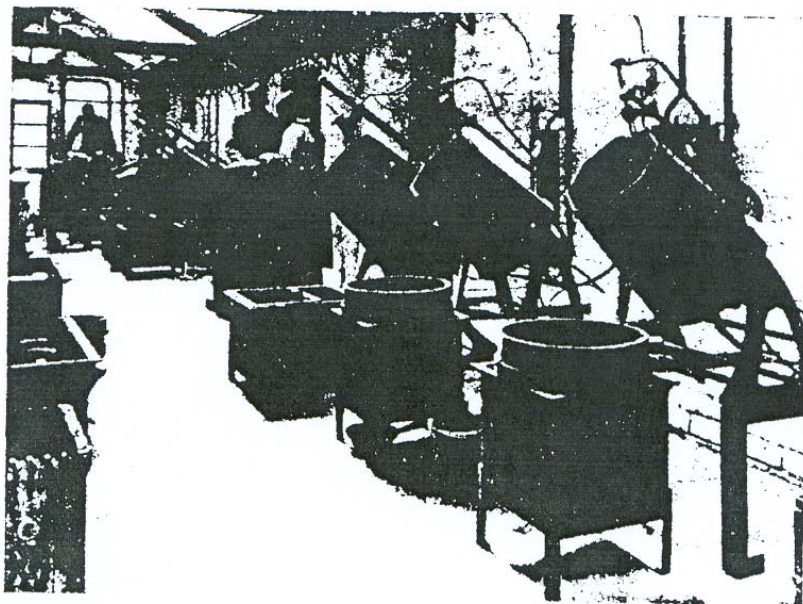
- แบบที่ถังหมุ่จะเป็นรูเล็ก ๆ ทัว้ทั้งถัง มีขั้วลบบั้วอยู่ในถังนี้ และจะบรรจุชิ้นงานที่จะ ชุบไว้ด้วย ส่วนขั้วลบบั้วอยู่ในถังอีกถังหนึ่ง ซึ่งบรรจุน้ำยาชุบเอาไว้ในขณะที่ทำการชุบ ถังที่บรรจุ ชิ้นงานจะหมุ่อยู่ในถังที่บรรจุน้ำยาชุบ วัสดุที่ใช้ทำถังหมุ่จะเป็นพวกพลาสติก เช่น โพลี โพรปีลีน



รูปที่ 3.7 ถังชุบแบบถังหมุ่ชนิดเจาะรู

- ถังหมุ่อีกแบบหนึ่ง คือ ถังหมุ่แบบถังปากเปิด เป็นถังที่ไม่มีรูน้ำยาชุบ ชิ้นงาน

ข้าวบวก และข้าวลอบจะอยู่ภายในถังนี้ ขณะที่ทำการชุป ถังนี้จะหมุนตัวด้วยแรงขับของมอเตอร์ ถังประเภทนี้เป็นที่นิยมใช้น้อยกว่าประเภทแรกมาก

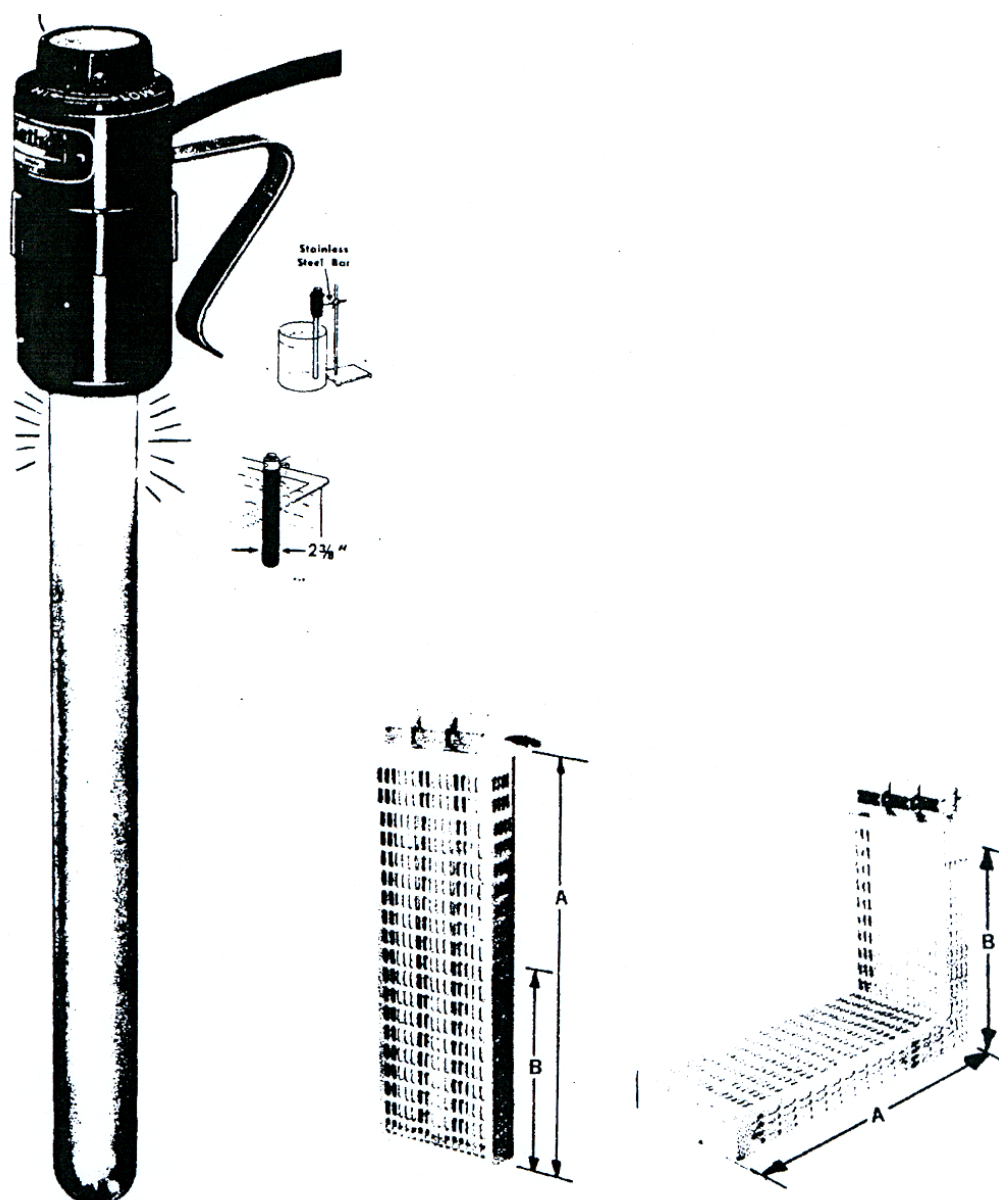


รูปที่ 3.8 ถังชุปแบบถังหมุนชนิดปากเปิด

5. เครื่องทำความร้อน (Heater)

สำหรับน้ำยาชุป หรือน้ำยาที่เกี่ยวข้องกับการชุปบางประเภท ต้องทำที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องทำความร้อนเข้าช่วยเพื่อให้อุณหภูมิของน้ำยาอยู่ในระดับที่ต้องการให้ความร้อนกับน้ำยาชนิดต่าง ๆ มีอยู่หลายวิธี เช่น การให้ความร้อนโดยใช้เชื้อเพลิง การให้ความร้อนโดยใช้ท่อน้ำร้อน หรือไอน้ำร้อน การให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้า เป็นต้น วิธีการให้ความร้อนโดยกระแสไฟฟ้า นับว่าเป็นวิธีที่สะดวก และเหมาะสมที่สุด จึงจะขอกกล่าวถึงวิธีการนี้เพียงวิธีเดียว

วิธีการให้ความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้านั้น โดยปกติจะจุ่มเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุปลงไปในน้ำยาชุป โดยจะต้องออกแบบไว้ไม่ให้เกาะเกาะเมื่อทำการชุป เช่น อาจจะเป็นตะแกรงติดไว้ข้างถังหรือนอนอยู่ก้นถังก็ได้ แต่ต้องให้มีช่องว่างระหว่างผนังด้านในของถังกับตะแกรงให้ความร้อนพอสมควร เพื่อไม่ให้ถังได้รับความร้อนมากเกินไป และจะเกิดความเสียหายกับถังอย่างมาก ถ้าหากว่าถังนั้นเป็นถังที่ทำด้วยพลาสติกหรือยาง



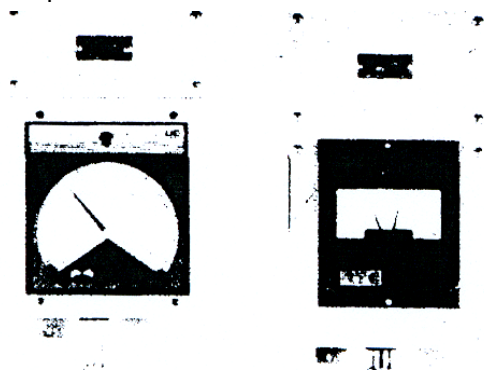
รูปที่ 3.9 เครื่องทำความร้อน

สำหรับตะแกรงให้ความร้อนนี้ เมื่อใช้ไปนาน ๆ จะมีคราบของสิ่งสกปรกเข้าไปเคลือบติดอยู่ ทำให้ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนลดลง ฉะนั้น จึงต้องหมั่นทำความสะอาด ตะแกรงให้ความร้อนอยู่เสมอ ตัวอย่างของเครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า เช่น

- เครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยเหล็ก เหมาะที่จะใช้กับน้ำยาไฮยาไนต์ และต่างทุกชนิด
- เครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยตะกั่ว เหมาะที่จะใช้กับน้ำยาชุบนิเกิลแบบดำน น้ำยาชุบสังกะสีแบบกรด และถังล้างด้วยน้ำร้อน

- เครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยสแตนเลส เหมาะที่จะใช้กับถังล้างด้วยน้ำร้อน ถังย้อมสี ถังบรรจุสารละลายกรดฟลูออริก กรดโครมิก
- เครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยติดาเนียม เหมาะที่จะใช้กับน้ำยาชุบนิเกิล และน้ำยาชุบโครเมียม
- เครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยซิลิกา เหมาะที่จะใช้กับน้ำยาชุบนิเกิลเงา และน้ำยาอื่น ๆ ทุกชนิดที่ไม่สามารถจะใช้กับเครื่องทำความร้อนที่ตะแกรงให้ความร้อนหุ้มด้วยโลหะได้ เช่น น้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นกรดทุกชนิด แต่ก็มีข้อยกเว้น คือ ไม่สามารถจะใช้กับน้ำยาที่เป็นกรดไฮโดรฟลูออริก น้ำยาที่มีสารฟลูออไรด์เจือปน สารละลายของกรดฟอสฟอริกเข้มข้น และไม่เหมาะสมกับน้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นด่างทุกชนิด

ในการป้องกันการสูญเสียความร้อน หรือการระเหยของน้ำยาที่ใช้ในการชุบเมื่อได้รับความร้อนอาจทำได้โดยการใส่โพลีเอทธิลีนที่เป็นเม็ดกลม ๆ ลงไปเพื่อปกคลุมผิวหน้าของน้ำยา เพราะเม็ดกลมเหล่านี้มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำยา จึงลอยตัวอยู่เฉพาะที่ผิวหน้า ส่วนความร้อนที่จะสูญเสียออกทางผิวด้านนอกของถังน้ำยา ก็อาจแก้ไขได้โดยเคลือบผิวของถังน้ำยาด้วยฉนวนความร้อนก็ได้ และนอกจากนี้แล้ว เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้าจะต้องต่อเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) เพื่อจะได้ตั้งอุณหภูมิของน้ำยาให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ เพราะมิฉะนั้นแล้ว อุณหภูมิของน้ำยาจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดเดือด



รูปที่ 3.10 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

ยังมีขบวนการชุบอีกหลายอย่างที่ต้องการทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง จึงจำเป็นจะต้องใช้ Cooling Coil แทน Heating Coil ที่กล่าวถึงมาแล้วข้างต้น ต่อกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้สามารถตั้งอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ และวัสดุที่ใช้เป็น Cooling Coil ก็จะใช้เช่นเดียวกับ Heating Coil ก็ได้ ตัวอย่างของการชุบที่ต้องทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เช่น การชุบทองแดงแบบกรด การชุบโครเมียมแบบหนา การชุบสังกะสี การชุบโดยใช้ไฟฟ้าและการทำอะโนไดซ์ เป็นต้น

6. เครื่องกวนน้ำยา

การกวนน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะจะทำให้น้ำยาที่อยู่ในถังผสมเข้ากันได้ดี และมีองค์ประกอบของน้ำยาเหมือนกันหมดในทุก ๆ ส่วนของถัง และยังช่วยให้กำลังการเคลือบผิวดีขึ้นด้วย สำหรับการชุบที่ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ยังมีความจำเป็นที่จะต้องการกวนน้ำยา และต้องการกวนอย่างแรงด้วย เพราะปริมาณโลหะที่เป็นไอออนในน้ำยาตรงบริเวณขั้วลบจะสูญเสียโดยการไปเคลือบผิวชิ้นงานอย่างรวดเร็วส่วนปริมาณไอออนของโลหะที่จะมาแทนที่จะเคลื่อนเข้ามาซ้ำกว่า การกวนน้ำยาที่นิยมใช้ในงานชุบเคลือบผิวโลหะมี 2 วิธี คือ

6.1 การกวนด้วยลม การกวนน้ำยา โดยวิธีนี้จะใช้เครื่องอัดลมที่มีความดันต่ำอัดอากาศให้เดินไปตามท่อลมซึ่งวางอยู่ก้นถัง อากาศเหล่านี้ก็จะผุดออกตามรูของท่อ เมื่ออากาศเคลื่อนตัวผ่านน้ำยาชุบก็จะทำให้น้ำยาชุบเกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงก็คือ อากาศหรือลมที่ไปกวนน้ำยาจะต้องสะอาด ซึ่งก็ทำโดยต้องกรองอากาศก่อนและหลังของเครื่องอัด จากนั้นก็ให้ผ่านน้ำไปอีกทีหนึ่งเพื่อให้น้ำเป็นตัวช่วยในการกรองสิ่งสกปรก เพราะสิ่งสกปรกหรือคราบน้ำมันถ้าติดไปกับลมด้วยจะทำให้ น้ำยาชุบสกปรก เครื่องอัดลมที่ควรใช้ควรเป็นชนิดที่ใช้น้ำเป็นตัวหล่อลื่น เพราะครั่งต่างของถังที่รับแรงอัดจะบรรจุด้วยน้ำ และต้องคอยตรวจสอบให้ระดับน้ำอยู่ในระดับเดิมคือ ครั่งถึงทุกวัน เมื่อใช้ไปประมาณ 1 เดือน ควรทำความสะอาดถังและเปลี่ยนน้ำใหม่พร้อมทั้งเติมบอแรกซ์ลงไป 0.6 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร การกวนด้วยลมนั้นนอกจากจะกวนน้ำยาชุบแล้วยังมีประโยชน์ในการนำไปใช้ล้างชิ้นงานด้วยน้ำอีกด้วย ท่อลมที่จุ่มลงไปในถังน้ำยามักเป็นพวกพลาสติก เช่น พีวีซี โพลีเอทธิลีน และอื่น ๆ ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาน้ำยา

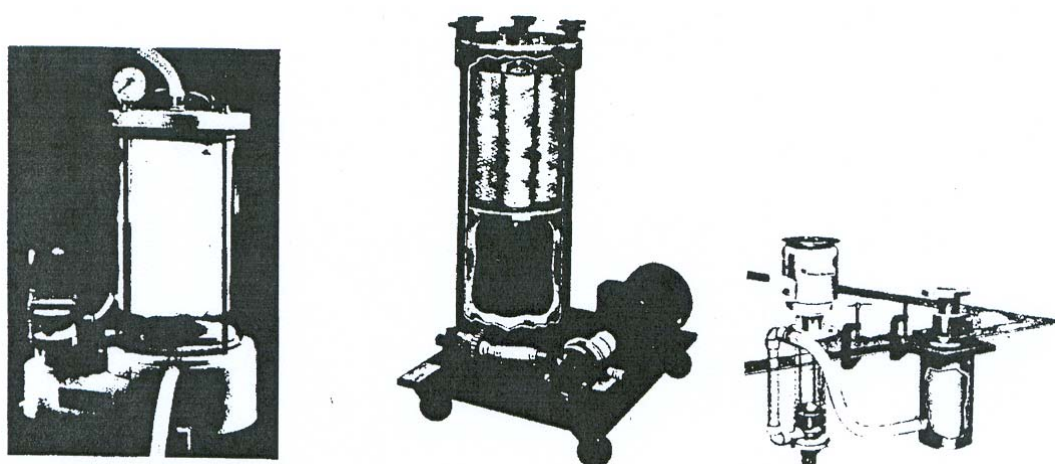
6.2 การกวนด้วยการเคลื่อนไหวชิ้นงาน การกวนสารละลายด้วยวิธีนี้ส่วนใหญ่จะทำให้ราวที่แขวนชิ้นงาน ซึ่งเป็นขั้วลบเคลื่อนไหวไปมาอาจจะเป็นในแนวตั้งหรือแนวระดับหรืออื่น ๆ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมลักษณะงานที่เหมาะสมกับการกวนน้ำยาด้วยวิธีนี้ได้แก่ งานที่จำเป็นต้องใช้สารเพิ่มความชื้น (Wetting agent) ให้กับชิ้นงาน หรืองานที่ไม่ต้องการให้ออกซิเจนจากอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำยาหรือขั้วไฟฟ้าหรือชิ้นงานที่ชุบ ซึ่งจะเห็นว่างานที่ยกตัวอย่างมานี้ถ้ากวนด้วยลมจะทำให้มีผลเสียเกิดขึ้น นอกจากนี้แล้วยังมีงานอีกบางประเภทที่ใช้การเคลื่อนไหวของขั้วบวกแทนขั้วลบ เช่น การชุบผิวโดยใช้ไฟฟ้า การทำอะโนไดซ์ การกัดผิว เป็นต้น

7. เครื่องกรองน้ำยา (Filter)

น้ำยาชุบหรือน้ำยาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการชุบ เมื่อผ่านการใช้งานสักระยะหนึ่งจะมีพวกสารแขวนลอย เศษผง และสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เป็นของแข็งเกิดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องกรองเอาสิ่งเหล่านี้ออกจากน้ำยาด้วยเครื่องกรองน้ำยา เพราะมิฉะนั้นแล้วสิ่งสกปรกเหล่านี้จะทำให้ผิวชิ้นที่ชุบมีลักษณะหยาบและผลเสียอื่น ๆ ตามมาอีก ในการกรองน้ำยาด้วยวิธีนี้ จะหมายถึงการกรองเพื่อแยกเอาอนุภาคที่เป็นของแข็งออกจากสารละลาย แล้วจึงนำสารละลายที่ผ่านการกรองแล้วกลับมาใช้ใหม่ ส่วนพวกไอออนบวกและไอออนลบที่ไม่ต้องการและเกิดขึ้นภายหลังไม่สามารถจะแยกออกได้ หลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำยาก็คือ จะมีปั๊มซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำยาออกจากถังน้ำยา เพื่อผ่านไป

ไส้กรองซึ่งจะยอมให้ของเหลวไหลผ่านไปได้ แต่ของแข็งผ่านไปไม่ได้ จากนั้นของเหลวหรือน้ำจะถูกนำไปเก็บไว้ (เพื่อจะเติมลงในถังน้ำยาที่หลัง) หรืออาจจะถูกปล่อยให้ไหลเข้าสู่ถังที่เลขก็ได้ สำหรับเครื่องกรองน้ำยานี้ มีการออกแบบไว้หลายลักษณะด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานและเหตุผลเฉพาะของผู้ผลิต เครื่องกรองน้ำยาเครื่องหนึ่ง ๆ โดยปรกติแล้วไม่สามารถจะกรองน้ำยาได้ทุกชนิด ฉะนั้น ในการกรองน้ำยาที่ดีที่สุด จึงควรมีเครื่องกรองหลาย ๆ เครื่อง เพื่อจะได้ใช้กรองน้ำยาที่ต่างชนิดกันไปได้

นอกจากนี้แล้ว เครื่องกรองน้ำยาสำหรับน้ำยาต่างชนิดกันยังใช้วัสดุที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องในส่วนที่จะสัมผัสกับน้ำยาต่างกันอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างวัสดุกับน้ำยานั้นเอง ตัวอย่างข้างล่างนี้จะแสดงถึงวัสดุที่ใช้ในหน้าที่ต่าง ๆ ในเรื่องของการกรองน้ำยา



รูปที่ 3.1.1 เครื่องกรองน้ำยา

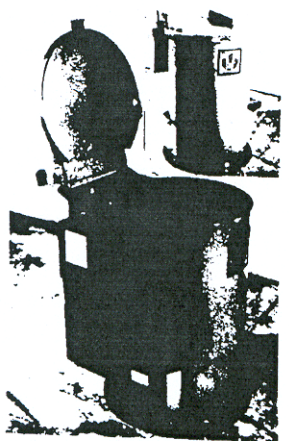
- เหล็ก ใช้ทำถังเก็บน้ำยาบางประเภท ทำปั๊ม ทำข้อต่อของท่อ
- เหล็กหล่อ ใช้ทำปั๊ม วาล์ว ข้อต่อต่าง ๆ
- สแตนเลส ใช้ทำถังเก็บน้ำยาบางประเภท ทำปั๊ม วาล์ว ข้อต่อ
- เหล็กหล่อผสมซิลิกอนเป็นปริมาณสูง ใช้ทำปั๊ม ท่อ ข้อต่อ
- ดินาเนียม ใช้ทำเป็นปลอกทำสำหรับปั๊ม
- แก้ว ใช้ทำไส้กรอง
- ยางแข็ง ใช้ทำปั๊ม ท่อ ข้อต่อ
- ยางพิเศษ ใช้บุภายในของชิ้นส่วน ทำท่อและสายยาง
- พลาสติก ใช้บุภายในของชิ้นส่วน ท่อ สายยาง ไส้กรอง
- ผ้า ใช้ทำไส้กรอง

ถึงสำคัญสำหรับผู้ใช้เครื่องกรองน้ำอีกอย่างหนึ่งก็คือ ใ้กรองเพราะเมื่อใช้งานไปในระยะเวลาพอสมควรแล้วใ้กรองจะเสื่อมคุณภาพ และต้องทำการเปลี่ยนใหม่ ฉะนั้น ต่อไปนี้จึงจะแสดงให้เห็นว่าใ้กรองชนิดต่าง ๆ ใ้กรองน้ำยาอะไรได้บ้าง

วัสดุที่ทำใ้กรอง	ราคาสัมพัทธ์	น้ำยาที่กรอง
ฝ้าย	1.0	ค่างอ่อนและสารละลายของกรด
ไนลอน	1.5	น้ำยาที่เป็นค่าง กรดอ่อน
ออร์ลอน	3.0	น้ำยาที่เป็นกรด (ยกเว้นกรดซัลฟูริก เข้มข้น) สารละลายที่เป็นค่างอ่อน
ดาكرون	3.0	น้ำยาที่เป็นกรด (ยกเว้นกรดซัลฟูริก และไนตริกเข้มข้น) สารละลายที่เป็น ค่างอ่อน
คายนล	2.5	กรดแก่และค่างแก่
โพลีโพรพิลีน	2.5	กรดแก่และค่างแก่
เทฟลอน	15.0	ใ้ได้กับน้ำยาทุกชนิด
แก้ว	2.0	กรดแก่ (ยกเว้นพวกที่มีฟลูออไรด์)
เทรลีน	-	น้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นกรดมาก ๆ
กระดาษกรอง	-	น้ำยาเกือบทุกชนิด

8. เครื่องอบเหวียงสลัดน้ำ (Drying)

เมื่อชิ้นงานผ่านการชุบเคลือบผิวเรียบร้อยแล้ว จะต้องล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้งจนชิ้นงานสะอาดดีแล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำร้อน จากนั้นจึงนำไปใส่ในเครื่องอบเหวียงสลัดน้ำโดยชิ้นงานจะอยู่ในตะกร้าที่มีรูและหมุนได้ เมื่อตะกร้าหมุนก็จะมีลมร้อนเป่าเข้าไปยังตะกร้า ทำให้ชิ้นงานแห้งอย่างรวดเร็วจึงไม่มีคราบของน้ำเกาะอยู่บนชิ้นงาน วิธีการอันนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กเท่านั้น ถ้าเป็นชิ้นงานขนาดใหญ่ก็อาจทำได้เพียงแค่เป่าลมร้อนไปบนชิ้นงาน

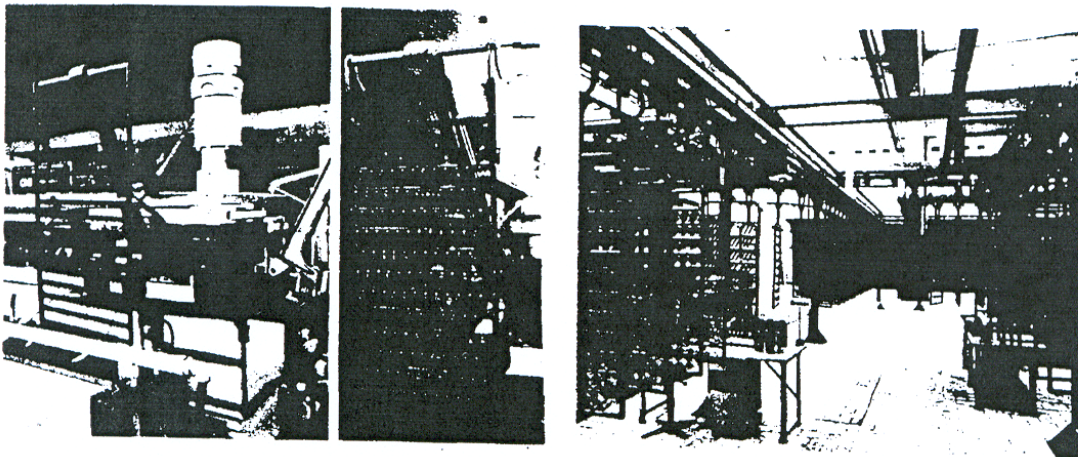


รูปที่ 3.12 เครื่องอบเหวียงสลัดน้ำ

9. ขอแขวนชิ้นงาน (Jig)

ขอแขวนชิ้นงานโดยปกติแล้วจะสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับงานชุบแต่ละชนิดมากกว่าที่จะเพื่อใช้กับงานชุบอื่น ๆ ด้วย เพราะการออกแบบขอแขวนงานที่ดีจะทำให้ผลของการชุบดีตามมาด้วย ฉะนั้น การออกแบบขอแขวนชิ้นงานจึงต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- ต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงและนำไฟฟ้าได้ดี
- ต้องมีน้ำหนักเบาและสะดวกในการจับหรือถือหรือแขวน
- ต้องสามารถแขวนชิ้นงานให้มากที่สุด
- ขอจับชิ้นงานต้องแข็งแรงไม่เคลื่อนไหวเมื่อกวนน้ำยาหรือเคลื่อนไหวขั้วลบ
- ต้องนำชิ้นงานเข้าไปแขวนหรือถอดออกสะดวกและรวดเร็ว
- เมื่อแขวนชิ้นงานแล้วจะต้องไม่มีการถูกกั๊กตัวของอากาศตามขอบต่าง ๆ ขณะทำการชุบ
- น้ำยาที่ติดออกมาหลังจากชุบต้องมีน้อยที่สุด
- ไม่ควรทำในลักษณะของแนวราบหรือแนวนอก เพราะตะกอนจะเข้าไปเกาะได้
- ทำการหุ้มผิวขอแขวนชิ้นงานในส่วนที่ไม่ต้องการให้สัมผัสกับชิ้นหรือสารละลายให้หมด
- ต้องเอื้ออำนวยให้มีการเคลื่อนผิวชิ้นงานโดยสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน
- เมื่อแขวนชิ้นงานแล้วจะต้องมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของขั้วบวก
- มีฉนวนเป็นฉากกั้นเพื่อป้องกันการเคลื่อนส่วนที่ยื่นออกมามากเกินไป



รูปที่ 3.13 ขอแขวนชิ้นงาน

สำหรับส่วนที่สัมผัสระหว่างขอแขวนชิ้นงานกับชิ้นงานจะเรียกว่า หน้าสัมผัส ซึ่งจะต้องสัมผัสกันอย่างดีตลอดเวลา เพราะกระแสไฟฟ้าจะได้ไหลได้สะดวก โดยปกติ การชุบทองแดง สังกะสี ทองเหลือง และแคดเมียม มักจะใช้หน้าสัมผัสแบบขอเกี่ยว แต่ถ้าเป็นการชุบที่ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง เช่น การชุบนิกเกิลและโครเมียม จะต้องใช้หน้าสัมผัสที่แน่นมากจึง

ใช้เป็นขอสปริง ส่วนบริเวณที่ไม่ใช่ หน้าสัมผัสจะต้องเคลือบด้วยฉนวน เช่น โพลีเอทิลีน หรือ ฟิวซี สำหรับวิธีการเคลือบนั้นจะต้องเตรียมผิวขอแวนซ์งานให้ปราศจากไขมัน และมูม แหลม จากนั้นจะทำให้ผิวหยาบเพื่อฉนวนจะได้เกาะได้แน่นแล้วจึงนำไปจุ่มในฉนวนที่อยู่ในสภาพ ของ ๆ เหลว ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสอาจจะเอาอะไรหุ้มไว้เพื่อไม่ให้ฉนวนเข้าไปเคลือบหรืออาจจะ ปล่อยให้เคลือบให้หมดแล้วไปลอกฉนวนตรงส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสออกทีหลังก็ได้

บทที่ 4

การขัดชิ้นงาน

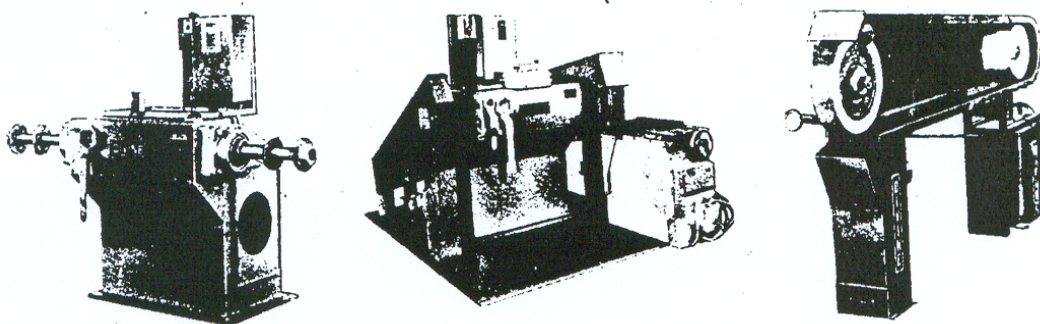
การขัดชิ้นงานนับว่ามีความสำคัญมาก และเป็นการเตรียมผิวชิ้นงานอันดับแรกก่อนที่จะนำไปล้างทำความสะอาด เพราะชิ้นงานก่อนที่จะนำมาทำการชุบมักจะมีผิวหยาบขรุขระ มีรอยขีดข่วนหรือเป็นสนิม ถ้าชิ้นงานผ่านการขัดจนมีผิวหน้าเรียบ จะทำให้ผลของการชุบออกมามีตามต้องการ ในการขัดนั้นควรจะทำในห้องขัดซึ่งมีแสงสว่าง และการถ่ายเทของอากาศดีพอ และห้องขัดควรจะต้องติดกับห้องชุบโดยมีผนังกันมิถุน เพื่อป้องกันฝุ่นละอองอันเกิดจากการขัดฟุ้งกระจายไปยังห้องชุบ เพราะถ้าฝุ่นละอองเหล่านี้ตกลงไปยังถังชุบ ทำให้น้ำยาชุบสกปรกเสื่อมคุณภาพ และอีกประการหนึ่งก็คือ ควันหรือไอของน้ำยาชุบจะไม่ฟุ้งกระจายไปห้องขัด เพราะมีผนังแล้วอาจจะเกิดปฏิกิริยากับชิ้นงานที่ขัดแล้วก็ได้ สำหรับห้องขัดที่ดีจะต้องมีเครื่องดูดฝุ่นติดตั้งไว้กับมอเตอร์ขัดทุกเครื่อง เพื่อจะดูดฝุ่นหรือผงละอองที่เกิดจากการขัดไปเก็บไว้ในตู้เก็บฝุ่นต่างหาก เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องการขัดชิ้นงาน จึงกล่าวถึงเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการขัด
2. วิธีการขัด

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการขัด

1.1 มอเตอร์ขัด

ควรจะใช้มอเตอร์ขัดให้มีกำลังสูงเพียงพอกับลักษณะงานที่จะขัด ถ้างานที่จะขัดมีขนาดเล็กและขัดผิวเพียงบาง ๆ ก็จะใช้มอเตอร์ที่มีกำลังน้อย แต่ถ้าเป็นงานขัดที่ต้องขัดลึกหรือชิ้นงานใหญ่ ก็ควรจะใช้มอเตอร์ขัดที่มีกำลังสูง เช่น งานขัดเบาอาจจะใช้มอเตอร์ที่มีกำลังเพียง 2 – 3 แรงม้า งานขัดหนัก เช่น กันชนรถยนต์ ก็อาจจะใช้มอเตอร์ ขนาด 7 – 10 แรงม้า เป็นต้น สำหรับความเร็วรอบของมอเตอร์ขัดก็ควรจะต้องอยู่ระหว่าง 1500 – 3000 รอบต่อนาที และควรจะมีปลอกหุ้มเพลลา หรือแกนของมอเตอร์ขัด รวมทั้งฝาครอบวงล้อขัดด้วย เพื่อป้องกันอันตรายอันอาจจะเกิดขึ้นกับผู้ขัด เพราะเพียงแต่เศษผ้า หรือ เส้นผมของผู้ขัดเข้าไปพันกับเพลลา ก็จะถูกม้วนเข้าไปหามอเตอร์ขัดทันที และจะต้องไม่ลืมว่า ต้องติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นที่มอเตอร์ขัดด้วย



รูปที่ 4.1 มอเตอร์ขัดและเครื่องขัดชิ้นงาน

1.2 ล้อขัดและสายพานขัด

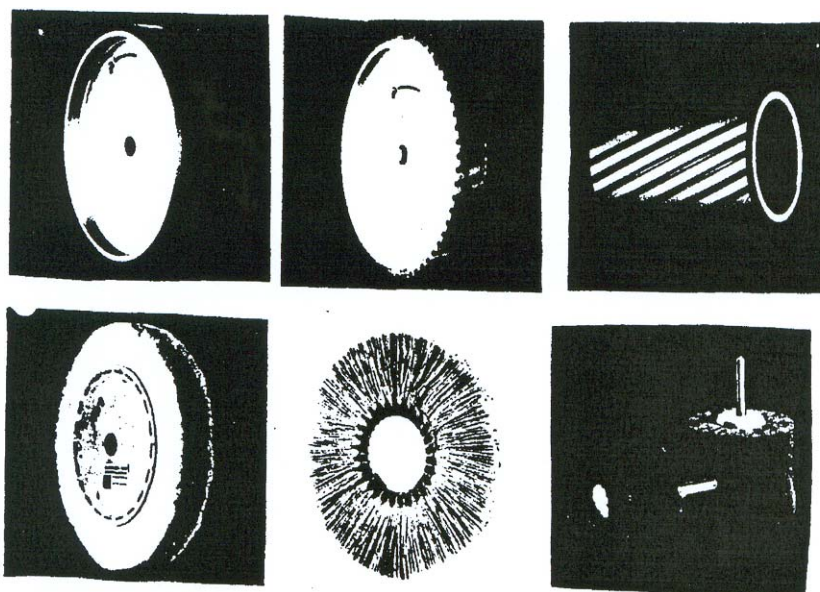
- **ล้อขัดแปรงลวด** ล้อขัดแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ขัดทำความสะอาดชิ้นงานที่มีผิวขรุขระ เป็นสนิมหรือมีสะเก็ดโลหะมาก ๆ เส้นโลหะฝอยที่จะนำมาทำล้อขัดแบบนี้ อาจจะทำจากเหล็ก หรือทองเหลือง ซึ่งเป็นหยิก ๆ เล็ก ๆ ฉะนั้น ในตอนขัดจึงไม่ควรใช้แรงกดชิ้นงานลงไปมากนัก เพราะถ้าใช้แรงมาก แทนที่ปลายของเส้นลวดจะทำงาน กลับเป็นที่ข้างของเส้นลวดเป็นตัวทำงาน

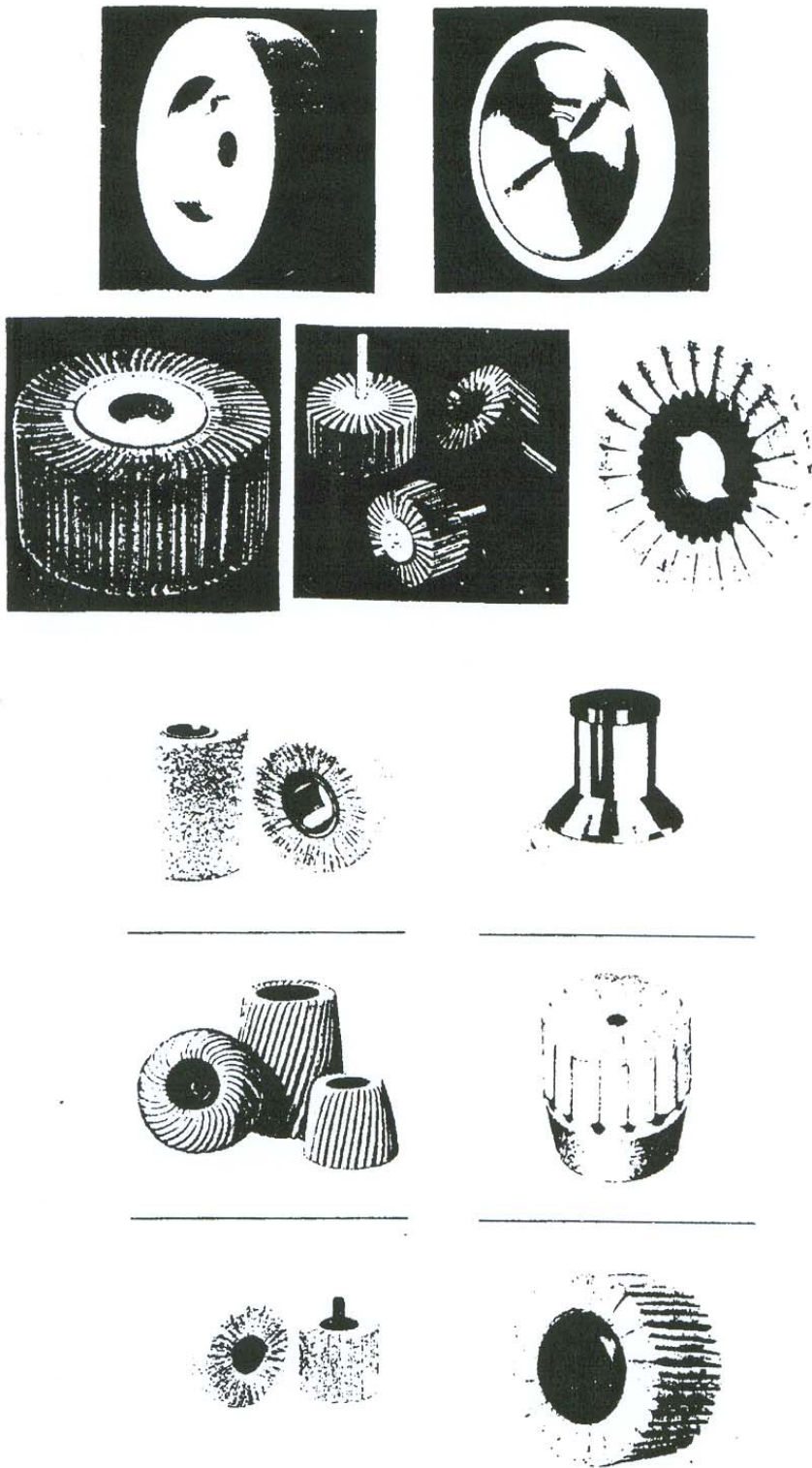
- **ล้อขัดที่เคลือบด้วยผงทราย** ล้อขัดแบบนี้มักจะทำด้วยหนังหรือสักหลาด แล้วจึงใช้กาบ หรือซีเมนต์ทาลงไปบนวงล้อ จากนั้นจะนำไปกลิ้งบนผงทราย จะทำให้ทรายติดมาบนวงล้อจนได้ ความหนาแน่นตามต้องการ จึงนำไปฝั่งหรืออบให้แห้ง จึงจะนำมาใช้งานได้ สำหรับผงทรายที่เคลือบบนวงล้อขัดนี้ สามารถที่จะเลือกขนาดของทรายได้ว่าจะเอาหยาบหรือละเอียดขนาดไหน โดยปกติแล้ว จะมีเบอร์บอกขนาดความละเอียดของผงทรายเอาไว้ ฉะนั้น ถ้าเคลือบกับทราย ละเอียดก็จะได้วงล้อขัดแบบละเอียด หรือถ้าเคลือบกับทรายหยาบก็จะได้วงล้อขัดแบบหยาบ

- **ล้อขัดแบบผ้า** ล้อขัดแบบนี้จะนำผ้ามาเย็บติดกับวงล้อ อาจจะเป็นผ้าหนาเนื้ออ่อนข้าง แข็งก็จะเป็นล้อขัดแบบผ้าหยาบ หรืออาจจะเป็นผ้าที่มีเนื้อนุ่มก็จะเป็นล้อขัดแบบละเอียด

- **ล้อขัดแบบหางม้า** ส่วนใหญ่ทำจากแทนพิโคไฟเบอร์ หรือผ้า และจะใช้ร่วมกับยาขัด ชิ้นงาน

- **สายพานขัด** โดยปกติแล้วผิวหน้าด้านนอกของสายพานจะเคลือบด้วยผงทราย แล้วเอาไป คล้องกับวงล้อที่ต่อจากมอเตอร์กับล้ออิสระอีกข้างหนึ่ง ซึ่งสามารถปรับให้สายพานตึงพอดีและไม่ หลุดเมื่อสายพานหมุน การขัดด้วยสายพานมีข้อดีกว่าขัดด้วยล้อขัดบางประการ คือ พื้นที่ของทราย ที่เคลือบไว้มีมากกว่า จึงทำให้มีอายุการใช้งานนานกว่าและเกิดความร้อนน้อยกว่า แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถจะขัดชิ้นงานที่มีลักษณะโค้งเว้ามาก ๆ หรือชิ้นงานที่มีลักษณะโค้งเข้าไปได้

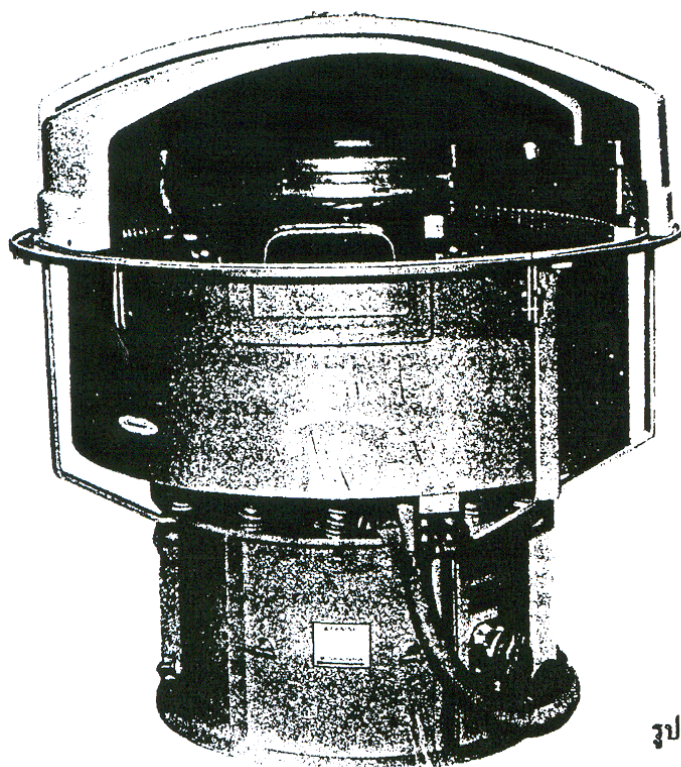




รูปที่ 4.2 ส้อขัดแบบต่างๆ

1.3 เครื่องขัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็กจะใช้ถังหมุน

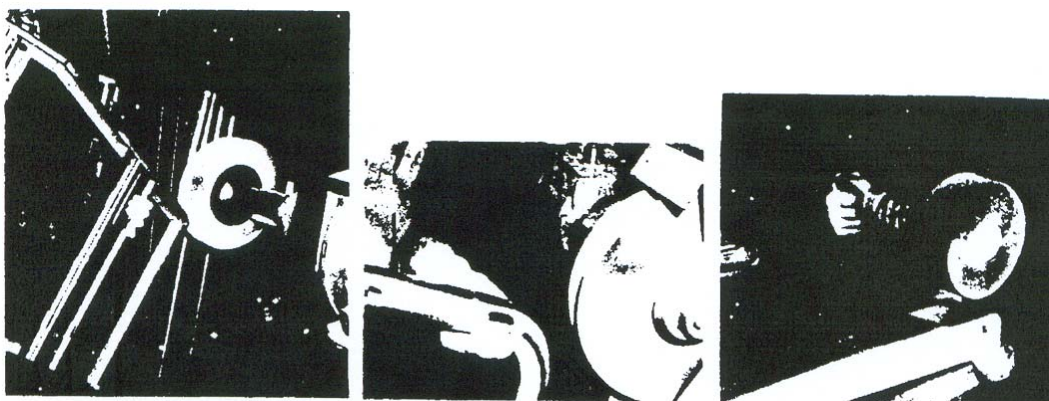
เพื่อขัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก โดยจะใส่ชิ้นงานและผงขัดหรือยาขัดลงไปประมาณ 50 – 90 เปอร์เซ็นต์ ของความจุของถังหมุน โดยขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของชิ้นงาน เมื่อถังถูกหมุนด้วยมอเตอร์ก็จะทำให้เกิดการขัดสีระหว่างชิ้นงานกับผงขัด ทำให้ชิ้นงานถูกลมและรอยหยาบรวมทั้งสะเก็ดสนิมหลุดออกไป สำหรับการขัดด้วยวิธีนี้จะต้องคำนึงถึงความเร็วรอบของการหมุนเป็นสำคัญ



รูปที่ 4.3 เครื่องขัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก

2. วิธีการขัด

การขัดชิ้นงานจะมีอยู่ 3 ลักษณะด้วยกัน คือ การขัดหยาบ การขัดละเอียด และการขัดเงา การจะเลือกขัดแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวของชิ้นงาน ถ้าผิวของชิ้นงานขรุขระหรือมีสนิมมาก ก็ควรจะเริ่มจากการขัดหยาบแล้วจึงขัดละเอียดและขัดเงาตามลำดับ แต่ถ้าผิวของชิ้นงานค่อนข้างเรียบ ก็อาจจะเริ่มจากการขัดละเอียดแล้วขัดเงาได้เลย หรือถ้าผิวของชิ้นงานเรียบอยู่แล้ว ก็ขัดเงาเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.4 วิธีการฉีดพ่นงาน

การฉีดพ่นเป็นการฉีดด้วยล้อยัดแปรงลวด หรือฉีดด้วยล้อยัดที่เคลือบด้วยผงทราย หยาบเบอร์ต่าง ๆ หรืออาจจะเป็นสายพานก็ได้ และจะต้องเปลี่ยนทิศทางของการฉีดแต่ละครั้งไปเรื่อย ๆ เพื่อลดรอยขีดข่วนของการฉีดครั้งก่อน ๆ เรียกว่า การฉีดตัดขวาง เช่น ฉีดครั้งแรกจากบนลงไปล่าง ครั้งที่สองต้องฉีดจากล่างไปหาบน และถ้าต่อมาฉีดจากซ้ายไปขวาก็ต้องฉีดครั้งถัดไปจากขวาไปซ้าย ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งผิวงานเป็นที่น่าพอใจ

การฉีดละเอียดจะฉีดด้วยผงทรายละเอียด และฉีดเช่นเดียวกับฉีดพ่น

การฉีดเงาจะฉีดด้วยล้อยัดแบบหางม้าก่อนเพื่อปิดผงและลบรื้อรอยบนผิวของชิ้นงาน จากนั้นจึงทำการฉีดด้วยล้อยัดแบบผ้าทรายและผ้าเนื้อนุ่มผสมกับยาฉีด และฉีดในทิศทางเช่นเดียวกับการฉีดพ่น

สำหรับข้อที่ควรคำนึงถึงในการฉีดพ่นงานก็คือ ขนาดและรูปร่างเพื่อที่จะเลือกใช้เครื่องมือฉีดได้เหมาะสม และประการสำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ต้องรู้ว่าชิ้นงานนั้น ๆ ทำจากวัสดุอะไร เพราะวัสดุต่างกันจะมีความแข็งแรงและความเหนียวต่างกันไป

บทที่ 5

การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนชุบ (Cleaning)

การทำความสะอาดชิ้นงานก่อนที่จะนำไปทำการชุบนับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้าชิ้นงานไม่สะอาดเพียงพอแล้ว จะทำให้การชุบไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากโลหะที่จะไปเกาะเคลือบผิวชิ้นงานจะเกาะได้ไม่แน่น หรือเกาะติดเป็นบางจุด หรืออาจจะไม่เกาะติดเลย และยังทำให้น้ำยาชุบเหล่านี้สกปรกอีกด้วย เพราะชิ้นงานส่วนมากจะมีคราบไขมัน น้ำมัน และรอยเปื้อนต่าง ๆ ซึ่งติดมาจากกรรมวิธีการผลิต เช่น เกิดจากการกลึง การปั๊ม การอัด หรือการขัดผิว เป็นต้น นอกจากจะทำความสะอาดชิ้นงานเพื่อกำจัดพวกไขมัน น้ำมัน และรอยเปื้อนต่าง ๆ แล้ว ยังจะต้องทำการกำจัดพวกสนิมโลหะหรือสะเก็ดบาง ๆ ของโลหะที่ติดอยู่ที่ผิวของชิ้นงานอีกด้วย และมีบ่อยครั้งที่ในขั้นของการทำความสะอาดยังช่วยกระตุ้นโลหะให้มีสภาพของผิวมีคุณสมบัติที่จะทำให้การเกาะติดของโลหะที่มาเคลือบมีคุณภาพดีขึ้น สำหรับชิ้นงานที่ขจัดคราบไขมันออกหมดหรือไม่นั้น อาจจะทดสอบได้โดยการพ่นน้ำให้เป็นฝอยละเอียดไปบนชิ้นงาน ถ้า

บนผิวของชิ้นงานมีหยดน้ำรวมตัวเป็นเม็ดกลมเล็ก ๆ ก็แสดงว่ายังกำจัดคราบไขมันไม่หมด แต่ถ้าผิวของชิ้นงานเป็นลักษณะฟิล์มบาง ๆ ของน้ำปรากฏอย่างสม่ำเสมอโดยทั่ว ๆ ไป ก็แสดงว่าชิ้นงานนั้นได้กำจัดคราบไขมันออกจนหมดแล้ว ส่วนพวกสนิมโลหะหรือสะเก็ดโลหะอาจจะตรวจสอบด้วยตาได้ ขั้นตอนของการทำความสะอาดชิ้นงาน

มีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ

1. การทำความสะอาดเบื้องต้น (precleaning)
2. การทำความสะอาดด้วยด่าง (alkaline cleaning)
3. การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าขั้นสุดท้าย (final electrolytic cleaning)
4. การจุ่มในกรด (acid dip)

1. การทำความสะอาดเบื้องต้น เพื่อล้างเอาคราบไขมันที่ติดอยู่เป็นจำนวนมากออก หรือพวกสะเก็ดของแข็งที่ติดอยู่บนผิวชิ้นงาน โดยเฉพาะพวกที่เกิดจากผงขัด สารที่ใช้ทำความสะอาดในขั้นตอนนี้ ได้แก่

- ตัวทำละลาย
- ตัวทำละลายเพื่อขจัดไขมัน
- สเปรย์หรือจุ่มในน้ำยาขจัดไขมันที่ร้อน
- ต้มในสารละลายสบู่หรือผงซักฟอก
- สเปรย์ด้วยสารละลายด่าง
- ต้มในสารละลายด่าง

2. การทำความสะอาดด้วยด่าง เป็นขั้นการล้างทำความสะอาดของชิ้นงานให้สะอาดขึ้นกว่า ตอนที่ 1 โดยปกติมักจะใช้วิธีจุ่มหรือสเปรย์

- การทำความสะอาดด้วยวิธีจุ่ม จะใช้สารทำความสะอาด 30–120 กรัม/ลิตร อุณหภูมิ 80 °C ถึงจุดเดือด เป็นเวลา 3 – 15 นาที ตัวอย่าง น้ำยาทำความสะอาดแบบจุ่ม สำหรับชิ้นงานที่เป็นเหล็กมีองค์ประกอบ ดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์	35	เปอร์เซ็นต์	โดยน้ำหนัก
แอนไฮดรัสโซเดียมเมตาซิลิเกต	25	”	”
โซเดียมคาร์บอเนต	22	”	”
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	12	”	”
Anionic surfactant	5	”	”
Nonionic surfactant	<u>1</u>	”	”

100

- การทำความสะอาดด้วยวิธีสเปรย์ จะใช้สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกับแบบจุ่ม ยกเว้นตัว surfactant สำหรับน้ำยาที่จะสเปรย์นั้น จะผสมสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบลงไป 4 – 16 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 68 – 74 °C โดยใช้ความดันในการสเปรย์ 0.7 – 3.5 kg/cm² จะมีฟองของ surfactant น้อย

3. การทำความสะอาดด้วยไฟฟ้าขั้นสุดท้าย เป็นการขจัดพวกสิ่งสกปรกเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่ยังคงเหลือติดอยู่บนผิวของชิ้นงาน โดยทำให้เกิดฟองก๊าซบนผิวของชิ้นงาน ซึ่งฟองก๊าซเหล่านี้จะเป็นขจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ผิวของชิ้นงาน โดยจะทำให้ชิ้นงานเป็นขั้วลบประมาณ 1 – 3 นาที แล้วทำให้เป็นขั้วบวก 3 – 20 วินาที (สำหรับชิ้นงานที่ไม่ใช่โลหะผสมของเหล็ก) และควรแยกถังกันเมื่อชิ้นที่ถูกทำความสะอาดมีขั้วไฟฟ้าต่างกัน

4. การจุ่มในกรด มักจะทำต่อจากการทำความสะอาดด้วยด่าง ซึ่งจะช่วยให้ขจัดพวกออกไซด์ฟิล์มที่เกิดจากขั้นทำความสะอาดด้วยด่าง และยังช่วยกัดผิวให้มีรอบหยาบเพื่อกำลัการยึดเกาะเมื่อจะทำการชุบผิวต่อไป สำหรับโลหะที่เป็นชิ้นงานต่างชนิดกัน จะใช้น้ำยากรดที่มีความแรงแตกต่างกันไป เช่น สังกะสีหล่อ จะใช้น้ำยากรดที่เป็นกำมะถันเข้มข้นไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร แต่ทองแดงหรือเหล็กหล่อเย็น จะใช้ 4–10 เปอร์เซ็นต์

กรรมวิธีการทำความสะอาดแบบต่าง ๆ

1. วิธีทางเคมี

เป็นการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยผงซักฟอก เพราะผงซักฟอกสามารถทำปฏิกิริยากับสิ่งสกปรกบนชิ้นงาน ทำให้สิ่งสกปรกเหล่านั้นหลุดออกหรือถูกแทนที่ แล้วจึงล้างเอาผงซักฟอกออกด้วยน้ำอีกทีหนึ่ง ผงซักฟอกเป็นพวกดิเทอร์เจนสังเคราะห์อย่างหนึ่ง และในบางครั้งจะเรียก

พวกดีเทอร์เจนสังเคราะห์ว่า surfactants หรือ surface active agent การทำความสะอาดด้วยผงซักฟอกมีอยู่ 4 วิธี คือ

1.1 วิธีจุ่มชิ้นงาน จะนำชิ้นงานไปจุ่มในสารละลายของผงซักฟอก ซึ่งอยู่ในถังที่มีขดลวดทำความร้อนและเครื่องกวน ซึ่งอัตราเร็วในการทำความสะอาดด้วยวิธีนี้จะขึ้นกับอุณหภูมิและการกวน

1.2 การสเปรย์ สารละลายของผงซักฟอกจะถูกสเปรย์ไปยังชิ้นงานด้วยเครื่องสเปรย์ โดยให้ปริมาตรและความดันที่จะไปกระทบชิ้นงานด้วยขนาดที่เหมาะสม สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายที่ทำการสเปรย์นั้น จะต้องทำตั้งแต่สารเหล่านี้อยู่ในถังบรรจุน้ำยา

1.3 การทำความสะอาดโดยอาศัยกระแสไฟฟ้า การทำความสะอาด วิธีนี้จะอาศัยฟองก๊าซไฮโดรเจน และฟองก๊าซออกซิเจน ที่เกิดจากการทำอิเล็กโทรลิซิส ในสารละลายของผงซักฟอก เป็นตัวช่วยล้างชิ้นงานร่วมกับผงซักฟอก

1.4 อุลตราโซนิก ความถี่ของคลื่นอุลตราโซนิก จะทำให้พวกสารที่เกาะติดที่ผิวของชิ้นงานหลุดออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกคราบไขมันต่าง ๆ แต่ไม่เหมาะกับพวกสนิมหรือสะเก็ดของโลหะ

2. การทำความสะอาดด้วยตัวทำละลาย

การทำความสะอาดแบบนี้เหมาะที่จะเป็นการทำความสะอาดเบื้องต้นเพื่อล้างคราบไขมันหรือจาระบี ซึ่งติดอยู่บนชิ้นงานมาก ๆ ฉะนั้น ตัวทำละลายแบบนี้จึงควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ล้างได้แม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำหรือสูง หรือว่าอยู่ในสภาพไอ
- ไม่ติดไฟ
- ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะ
- ไม่เป็นพิษ
- จุดเดือดต่ำกว่า 125°C
- ความจุความร้อนและความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำต่ำ
- เมื่ออยู่ในสภาพเป็นไอจะหนักกว่าอากาศ
- เมื่อเป็นของเหลวจะมีความถ่วงจำเพาะสูงและแรงตึงผิวต่ำ

ซึ่งตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติเหล่านี้ เช่น ไตรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) และเตตระคลอโรเอทิลีน (tetrachloroethylene) แต่ว่าทั้งสองตัวนี้ยังเป็นพิษต่อร่างกาย แต่ก็แก้ได้โดยการออกแบบเครื่องมือให้ดีได้ การทำความสะอาดแบบนี้อาจจะนำชิ้นงานลงไปในไตรคลอโรเอทิลีนที่ร้อน หรืออาจจะแขวนชิ้นงานไว้เหนือหรือสูงกว่าไตรคลอโรเอทิลีนเหลว ซึ่งกำลังเดือดกลายเป็นไอ ก็จะทำให้ไอของไตรคลอโรเอทิลีนไปจับกับชิ้นงาน กลั่นตัวเป็นของเหลว แล้วพาเอาคราบไขมันลงชิ้นงานตกกลับมายังไตรคลอโรเอทิลีนที่เป็นของเหลวข้างล่าง หรือบางงานก็

อาจจะใช้ 2 วิธีประกอบกัน การทำความสะอาด ด้วยวิธีนี้สามารถที่จะล้างคราบไขมันได้หมดจด และทำได้สะดวก แต่ว่ามีราคาแพงและล้างออกได้เพียงพวกคราบไขมัน จาระบี น้ำมัน และอื่น ๆ เท่านั้น แต่ไม่สามารถจะขจัดพวกสนิมหรือสะเก็ดโลหะได้

3. การทำความสะอาดแบบต่าง

สารละลายต่างที่ใช้ทำความสะอาดที่ดีจะต้องละลายได้ในน้ำ และจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ คือ

- ทำให้ผิวของโลหะที่จะทำความสะอาดเปียกหรือชื้น
- จะต้องแทรกซึมและละลายความสกปรกที่เกิดขึ้นกับผิวชิ้นงาน
- ละลายหรือทำปฏิกิริยากับพวกน้ำมัน จี๊ส หรือ จาระบี และพวกอนุภาคของแข็งที่เป็นสิ่งสกปรกบนผิวชิ้นงานให้หลุดออก
- ทำให้น้ำหายกระด้างเพื่อกำจัดพวกแคลเซียมและแมกนีเซียม
- ป้องกันผิวโลหะไม่ให้หมอง
- ทำให้ผิวชิ้นงานมีความพร้อมหรือเหมาะที่จะนำไปทำการชุบ
- ไม่เกิดฟองมากเกินไปในขณะทำการล้างหรือทำความสะอาด

สำหรับสารที่จะเป็นองค์ประกอบในน้ำยาทำความสะอาดแบบนี้ จะต้องมีความสมบัติของสบู่หรือ surfactant สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนและอื่น ๆ ที่จะให้ผลในการทำความสะอาดได้ โซดาแอช หรือโซเดียมคาร์บอเนต เป็นตัวหนึ่งที่ใช้กันมาก เพราะว่าเป็นบัพเฟอร์ที่ดี มีคุณสมบัติเป็นด่าง และทำให้น้ำหายกระด้าง

โซดาไฟ หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวสำคัญที่สุดในการทำความสะอาดแบบนี้ เพราะมันสามารถจะทำปฏิกิริยากับพวกไขมันและน้ำมัน เพื่อเกิดเป็นสบู่ซึ่งละลายน้ำได้ ทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของโลหะเกิดเป็นเกลือที่ละลายน้ำ นอกจากนี้ ยังทำปฏิกิริยากับเอสเทอร์หรือสารอินทรีย์เคมีได้ด้วย และยังช่วยในการนำไฟฟ้าที่ดี

ฟอสเฟตจะช่วยให้ น้ำหายกระด้าง ทำให้คราบสกปรกต่าง ๆ แยกตัวเป็นขนาดเล็ก ๆ และล้างทำความสะอาดง่าย ในบรรดาสารพวกฟอสเฟต จะใช้ไตรโซเดียมฟอสเฟต ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) มากกว่าอย่างอื่น ทั้งแบบจุ่มชิ้นงานและแบบสเปรย์ ส่วนไตรโซเดียมฟอสเฟตจะใช้เมื่อน้ำยาทำความสะอาดต้องรักษา พี.เอช. ให้อยู่ในช่วง 8-10 ส่วนโมโนโซเดียมฟอสเฟตจะใช้มากกับชิ้นงานที่เป็นเหล็กผ่านการทำ phosphating มาแล้ว

ซิลิเกตเป็นตัวควบคุม พี.เอช. ที่ดีมาก และเมื่อผสมกับพวก surfactants จะทำให้ผิวงานเปียก และสัมผัสกับน้ำยาทำความสะอาดได้ดี และยังป้องกันผิวชิ้นงานไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีในน้ำยาทำความสะอาดอีกด้วย ซิลิเกตที่ใช้มาก คือ โซเดียมเมต้าซิลิเกต ทั้งในรูป

ที่เป็นน้ำผลึก คือ $\text{Na}_4\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ และปราศจากน้ำผลึก แต่ถ้าชิ้นงานเป็นหลัก นิยมใช้โซเดียมไอโซซิลิเกต (Na_4SiO_4) สำหรับโลหะบางชนิดจะไม่ใช้ซิลิเกตเพราะใช้แล้วอาจจะเกิดปัญหาบางอย่างตามมา

ในเร็ว ๆ นี้มีการใช้สารพวก chelating agent มากขึ้น เพราะต้องการลดปริมาณการใช้พวกฟอสเฟตลง chelating agent ที่ใช้มาก ได้แก่ Sodium gluconate, Sodium heptagluconate, Sodium citrate, NTA (Trisodium – nitrilo – triacetate), EDTA (Tetrasodium – Ethylenediamine tetraacetate) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติในการทำให้น้ำหายกระด้าง และเข้าไปจับพวกไอออนของโลหะให้ตกตะกอน

สบู่และผงซักฟอกใส่ผสมเข้าไปเพื่อลดแรงตึงผิวของชิ้นงาน ละลายไขมันหรือคราบไขมันที่ใช้กับมาก ได้แก่ Sodium Linear Alkylate Sulfonated และ fatty alcohol sulfates ซึ่งใช้ในการทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า ส่วนการทำความสะอาดแบบจุ่มและสเปรย์ จะใช้พวก Sodium linear Alkylate sulfonates และ Oxyethylated alcohol

น้ำยาทำความสะอาดแบบต่าง ส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบ ดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์	8 – 15	กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	25	กรัม/ลิตร
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	25	กรัม/ลิตร
โซเดียมเมต้าซิลิเกต	8	กรัม/ลิตร

สารทำให้ชื้น

การทำความสะอาดด้วยต่าง มีหลายวิธีดังนี้

3.1 การทำความสะอาดด้วยมือ (Hand cleaning) วิธีนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ผ้าหรือแปรงจุ่มสารละลายที่ใช้ทำความสะอาด แล้วนำไปขัดถูบนผิวของชิ้นงาน และผู้ทำจะต้องใส่ถุงมืออีกด้วย

3.2 การทำความสะอาดแบบจุ่ม จะนำชิ้นงานไปจุ่มในน้ำยาทำความสะอาดที่มีการควบคุมความเข้มข้น อุณหภูมิ การกวน โดยถังที่บรรจุน้ำยาจะต้องมีไหลถังเพื่อให้สิ่งสกปรกไหลลื่นออกไป เพราะเวลาเอาชิ้นงานออกจากถังจะได้ไม่มีสิ่งสกปรกเกาะติดชิ้นงานออกไปด้วย สำหรับอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 60 - 80°C

3.3 การทำความสะอาดแบบอัลตราโซนิก ชิ้นงานที่จุ่มในถังน้ำยาทำความสะอาดจะถูกกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่มีความถี่มากกว่า 20 kHz ทำให้พวกคราบไขมัน น้ำมันหลุดออกได้ดี

3.4 การทำความสะอาดด้วยเครื่องจักร ส่วนใหญ่จะหมายถึง การทำความสะอาดด้วยการสเปรย์ โดยใช้ความดันสูง ๆ

3.5 การทำความสะอาดแบบใช้ไฟฟ้า วิธีนี้เป็นที่ยอมรับกันมากที่สุด โดยชิ้นงานที่จะทำความสะอาดจะต่อกับขั้วลบของไฟฟ้ากระแสตรง แล้วทำอิเล็กโทรลิซิส หรือชิ้นงานอาจจะต่อกับ

ขั้วบวกก็ได้ ทั้งสองกรณีนี้จะมีฟองก๊าซเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของขั้วงาน ซึ่งจะช่วยให้ทำความสะอาดให้กับขั้วงาน สารละลายที่ขั้วลบจะเกิดก๊าซไฮโดรเจน ส่วนขั้วบวกจะเกิดก๊าซออกซิเจนเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของก๊าซไฮโดรเจน

ตาราง แสดงองค์ประกอบของสารเคมีในการทำความสะอาดแบบใช้ไฟฟ้าของโลหะต่าง ๆ ซึ่งเป็นขั้วงาน ดังนี้

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

ตาราง แสดงภาวะ การทำงานโดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 – 12 โวลต์

ชนิดของขั้วงาน	ความเข้มข้นของสารทำความสะอาด (กรัม / ลิตร)	ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (A/dm ²)	อุณหภูมิ (C°)
เหล็ก	60 – 120	5 – 10	82 – จุดเดือด
ทองแดง	30 – 60	2 – 5	71 – 82
สังกะสี	30 – 45	2 – 5	66 – 77
ทองเหลือง	25 - 45	1.5 - 5	60 - 71

4. การทำความสะอาดโดยกัดด้วยกรด

การทำความสะอาดจะใช้กรดเพื่อกัดเอาสนิมและพวกสะเก็ดโลหะออก แต่จะต้องมีการควบคุมการกัดของกรดให้ดี มิฉะนั้นจะกัดเลยไปถึงเนื้อโลหะของขั้วงาน วิธีแก้ ก็คือ ต้องเติมสารที่เป็นตัวยับยั้งการกัดของกรดกับขั้วงานซึ่งเป็นโลหะ

ตัวอย่าง ของกรดและเกลือของกรดที่ใช้กัดสะเก็ดโลหะ

กรด	เกลือของกรด
Sulfuric	Sodium Acid Sulfate and Ferric Sulfate
Hydrochloric	Ferric Chloride
Nitric	Ammonium Persulfate
Phosphoric	Acid Phosphate
Hydrofluoric	Acid Fluoride
Hydrofluosilicic	Acid Fluosilicate
Fluoboric	Acid Fluoborate
Chromic	Dichromate
Sulfamic	Ferric Chloride

กรดซัลฟูริก หรือกรดกำมะถัน จะใช้กันมากในการกัดสนิมเหล็ก ทองแดง และทองเหลือง และใช้ผสมกับกรดโครมิกและไดโครเมต ในการทำความสะอาดอลูมิเนียม ใช้ผสมกับกรดเกลือหรือกรดไนตริก เพื่อกัดสะเก็ดของสแตนเลส

กรดเกลือใช้กัดสนิมโลหะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง แต่ต้องระวังไอของกรดเพราะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

กรดไนตริกใช้เป็นส่วนผสมของการจุ่มเงา และถ้าใช้ผสมกับกรดไฮโดรฟลูออริก เมื่อให้ความร้อนจะกัดสะเก็ดโลหะออกจากอลูมิเนียม สแตนเลส นิกเกิล เหล็กผสม ฯลฯ

กรดฟอสฟอริกกัดสนิมเหล็กและอื่น ๆ

ในการกัดสนิมโลหะ บางครั้งจะใช้กระแสไฟฟ้าเข้าช่วย เช่น ถ้าชิ้นงานเป็นเหล็ก ก็อาจจะต่อกับขั้วบวกจุ่มในน้ำยาที่มีกรดกำมะถัน 75 เปอร์เซ็นต์ ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เวลา 1 นาที ก็จะช่วยขจัดรอยต่างหรือสนิมได้ดี

ตัวอย่าง ของน้ำยากรดที่ใช้กัดสนิมและสะเก็ดโลหะ

เหล็ก	- กรดกำมะถัน 5 – 15% V/V ที่ 50 - 82°C - กรดเกลือ 25 – 85% V/V ที่อุณหภูมิห้อง
สแตนเลส	- กรดไนตริก 10 – 20% V/V ผสมกับ กรดไฮโดรฟลูออริก 1 – 2 % V/V ที่อุณหภูมิ 50 - 60°C - กรดซัลฟูริก, โครมิก, ไฮโดรฟลูออริก อย่างละ 60 กรัม/ลิตรที่อุณหภูมิห้อง

- ทองแดงและทองแดงผสม
- กรดซัลฟูริก 10 – 40% V/V ที่อุณหภูมิห้อง
 - กรดซัลฟูริก 10 – 15% V/V ผสมกับ โซเดียมไดโครเมต 15 – 30 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง
 - กรดซัลฟูริก 25% V/V ผสมกับกรดไนตริก 12.5% V/V ที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง น้ำยากรดที่ใช้จุ่มชิ้นงานก่อนทำการชุบ

- เหล็ก
- กรดซัลฟูริก 4 – 10% V/V อุณหภูมิห้อง
 - กรดเกลือ 5 – 15% V/V ที่อุณหภูมิห้อง
- เหล็กกล้า
- กรดเกลือ 10% V/V ที่อุณหภูมิห้อง
- สแตนเลส
- กรดซัลฟูริก 20 – 50% V/V อุณหภูมิ 65 – 82 C° แล้วจุ่มต่อใน กรดซัลฟูริก 1% V/V ผสมกับ กรดเกลือ 0.1% V/V อุณหภูมิห้อง
- ทองแดงหรือทองแดงผสม
- กรดซัลฟูริก 4 – 10% V/V อุณหภูมิห้อง
- ตะกั่ว
- กรดฟลูออโบอริก 10 – 25% V/V อุณหภูมิห้อง
- นิกเกิล
- กรดซัลฟูริก 5% V/V อุณหภูมิห้อง
 - กรดไฮโดรคลอริก 20% V/V อุณหภูมิห้อง
- สังกะสี
- กรดซัลฟูริก 0.25 - 1.0% V/V อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง ของน้ำยาจุ่มเงาสำหรับโลหะ

- เหล็ก
- กรดออกซาลิก 25-30 กรัม/ลิตร
 - ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (หนึ่งร้อยปริมาณ) 10-15 กรัม/ลิตร และกรดซัลฟูริก 0.08 กรัม/ลิตร
- ทองแดงและทองแดงผสม
- กรดกำมะถัน 40 – 45% V/V ผสมกับกรดไนตริก 20 – 25% V/V และกรดไฮโดรคลอริก 0.1% V/V ที่อุณหภูมิห้อง
 - กรดโครมิก 270 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ
- สแตนเลส
- กรดซัลฟูริก 25% กรดไฮโดรคลอริก 4% กรดไนตริก 3% โดยปริมาตร (ทั้งหมด)
- ตะกั่ว
- กรดน้ำส้มเข้มข้น 3.5% ผสมกับ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (30 ปริมาตร) 3.5%

บทที่ 6

การลอกผิวโลหะที่ชุบขึ้นงาน

ในการชุบผิวด้วยโลหะ บางครั้งจะพบว่า มีจุด ๆ หนึ่งบนชิ้นงานที่มีการเคลือบผิวไม่เป็นที่น่าพอใจ และถ้าชิ้นงานนั้นมีความจำเป็นจะต้องใช้ หรือทำให้ผลคุ้มค่าเมื่อจะทำการลอกเอาผิวโลหะที่ชุบออกแล้วทำการชุบผิวใหม่ก็เป็นสิ่งที่น่าจะทำได้ ปกติแล้วชิ้นงานที่ทำการชุบผิวมักจะมีส่วนของโลหะที่ชุบผิวอยู่หลายชั้นหรือหลายชนิด ดังนั้น ในการลอกผิวจึงอาจจะลอกเพียงชั้นที่ต้องการหรือลอกผิวออกทั้งหมดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความจำเป็นและความเหมาะสม โดยการลอกผิวโลหะจะยึดหลักที่ว่า โลหะที่จะลอกออกจะต้องถูกออกซิไดซ์ไปเป็นอ็อกไซด์ ละลายลงไปในน้ำยาลอกผิว ซึ่งจะทำให้โดยนำเอาชิ้นงานไปจุ่มในน้ำยาที่เป็นตัวออกซิไดซ์โลหะนั้น ๆ หรือในบางครั้งก็อาจจะอาศัยกระแสไฟฟ้าเข้าช่วย โดยต่อชิ้นงานที่จะทำการลอกผิวเข้ากับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจุ่มในน้ำยาลอกผิว ส่วนขั้วลบที่จุ่มในน้ำยาก็อาจจะใช้พวกแผ่นโลหะเฉื่อยก็ได้ เช่น แผ่นสแตนเลส เป็นต้น แต่จะต้องระวังว่า เมื่อลอกผิวที่ต้องการลอกออกหมดแล้ว น้ำยานั้น ๆ จะต้องไม่เป็นอันตรายต่อวัสดุที่เป็นชิ้นงานเดิม หรือถ้าจะเกิดปฏิกิริยาที่จะต้องเป็นปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ โดยมีข้อสังเกตดังนี้

- โลหะที่จะลอกออกจะต้องมีความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีกับน้ำยาลอกผิวมากกว่าโลหะพื้นที่ไม่ต้องการให้ลอก เช่น สังกะสีเคลือบบนชิ้นงานที่เป็นเหล็ก
- สารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ผสมอยู่ในน้ำยาลอกผิวจะต้องรวมตัวกับอ็อกไซด์ของโลหะที่ลอกออกได้ดีกว่าอ็อกไซด์ของโลหะพื้น เช่น โซเดียมไนต์ ในการลอกทองออกจากนิกเกิล
- ควรใส่สารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะพื้น

1. แคดเมียม

1.1 การจุ่มชิ้นงาน ในการลอกผิวแคดเมียมออกจากชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ทองแดง และทองเหลือง วิธีที่ดีที่สุดจะใช้สารละลายของแอมโมเนียมไนเตรต เป็นน้ำยาลอกผิว ซึ่งมีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	120	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 25	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็กชุบพีวีซี	

1.2 การใช้ไฟฟ้า แบบนี้จะเหมาะสำหรับการลอกผิวแคดเมียม ออกจากเหล็ก แต่ไม่เหมาะที่จะลอกออกจากทองแดงหรือทองเหลือง ซึ่งมีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	90	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก		
- ขั้วบวก	4 – 6	โวลต์
- ขั้วลบ	2	โวลต์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถึงน้ำยา	ถึงเหล็ก	
เครื่องมือน้ำยา	เหล็กบัพวีซี	

2. โครเมียม

2.1 การจุ่มชิ้นงาน ปกติจะใช้น้ำยาที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก แต่ต้องไม่ลืมว่าน้ำยานี้จะทำปฏิกิริยากับเหล็กได้ด้วย จากเหตุผลนี้ ถ้าชิ้นโครเมียมเกาะอยู่บนชิ้นงานที่เป็นเหล็กหนาพอ จะใช้สูตรน้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	50 – 200	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 60	องศาเซลเซียส
ถึงน้ำยา	ถึงเหล็กบุง, ตะกั่ว, พีวีซี	
เครื่องมือน้ำยา	เหล็กบุงตะกั่ว	
เครื่องทำความร้อน	ตะกั่ว	

ถ้าเป็นการลอกผิวโครเมียมออกจากทองเหลือง ทองแดง นิกเกิล จะใช้กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 50 กรัมต่อ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ไปถึงเข้มข้น 200 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สารที่ใช้เป็นตัวขยับยั้งอาจจะใช้กรดซัลฟูริก

และก่อนจะทำการลอกผิวโครเมียมแบบนี้ มักจะต้องทำการกระตุ้นผิวเสียก่อน โดยอาจจะต่อชิ้นงานเข้ากับขั้วลบ และต่อขั้วบวกกับแท่งตะกั่วหรือคาร์บอนของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจุ่มลงไปนํ้ายาลอกผิวนี้ โดยผ่านกระแสไฟฟ้าด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2 – 3 โวลต์ เวลา 15 – 30 วินาที หรืออาจจะทำอีกวิธีหนึ่ง คือ จุ่มชิ้นงานลงในน้ำยาลอกผิว แล้วยกขึ้นมาให้ถูกกับอากาศประมาณ 30 วินาที จากนั้นจึงจุ่มลงไปใหม่อีกครั้งหนึ่งเพื่อทำการลอกผิว

2.2 การใช้ไฟฟ้า จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นน้ำยาลอกผิว ส่วนอุณหภูมิต้องไม่ให้เกินค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ ซึ่งสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานข้างล่างนี้จะใช้สำหรับการลอกผิวโครเมียม ออกจากเหล็ก เหล็กหล่อ แมกนีเซียม ทองเหลือง และทองแดง แต่ถ้าชิ้นงานเป็นโลหะผสมของเหล็ก จะใช้อุณหภูมิและแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าต่ำสุดของช่วงที่กำหนดนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	100 – 150	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 35	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	4 – 6	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี	
แต่ถ้าน้ำโครเมียมออกจากนิเกิลจะมีสูตรดังนี้		
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	40 – 50	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2 – 3.5	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี	

3. ทองแดง

3.1 การจุ่มชิ้นงาน มีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง และให้ผลดีมีอยู่หลายสูตรด้วยกันดังนี้

สูตรที่ 1

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก (Nitroaromatic compound)	60	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	120 – 180	”
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0 – 25	”
อุณหภูมิ	60 – 65	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี	
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก	

ตามสูตรที่ 1 นี้จะใช้ไซยาไนด์เป็นสารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน และน้ำยานี้ใช้ลอกผิว ทองแดงออกจากเหล็ก

สูตรที่ 2

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก (Nitroaromatic compound)	90	กรัมต่อลิตร
ไดเอทิลีนไตรเอมีน (Diethylenetriamine)	150	”
แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH ₄ Cl)	50	”
อุณหภูมิ	80	องศาเซลเซียส

ถังน้ำยา	ถังเหล็ก
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก

ตามสูตรที่ 2 นี้จะใช้เอมีนเป็นสารที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน

ตัวอย่างของสารในโตรอะโรมาติกที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ ของการลอกผิว เช่น ในโตรคลอโรเบนซีน กรดไนโตรเบนซอิก ในโตรเบนซีนซัลฟอนิกแอซิด ในโตรอะนิลีน ในโตรฟีนอล ในโตรพทาสิกแอซิด ในโตรเบนซอลดีไฮด์ ในโตรโทลูอิน เป็นต้น

3.2 การใช้ไฟฟ้า จะขอนำมากล่าวถึง 2 สูตรด้วยกันคือ

สูตรที่ 1

โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	90 - 150	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	15	”
อุณหภูมิ	20 - 25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก		
- การชุบที่บาง	5 - 6	โวลท์
- การชุบที่หนา	2	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี	

ตามสูตรที่ 1 นี้เป็นการลอกผิวทองแดงออกจากเหล็กหรือนิกเกิล และควรกวนน้ำยาเพื่อกระตุ้นให้ผิวที่ถูกกัดหลุดออกด้วย

สูตรที่ 2

โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	65	กรัมต่อลิตร
คอปเปอร์ไซยาไนด์ (Cu(CN) ₂)	45	”
ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Trisodium phosphate, anhyd.)	60	”
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เดิมจน pH = 12.2		
อุณหภูมิ	80	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็กบุพีวีซี	

น้ำยาตามสูตรที่ 2 นี้จะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเหล็กที่เป็นชิ้นงาน ซึ่งทองแดง เคลือบอยู่กับน้ำยาได้พอสมควร

4. ทองแดงบนแผ่นวงจรไฟฟ้า

แผ่นวงจรไฟฟ้าจะแผ่นพลาสติกที่ชุบผิวด้วยทองแดง ซึ่งในตอนแรกได้มีการลอกผิวโดยใช้ สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด แต่ในระยะหลัง ๆ นี้พบว่าน้ำยาลอกผิวที่มีฤทธิ์เป็นเบสจะให้ผลในการ ลอกผิวที่ดีกว่า โดยจะใช้ในช่วงค่า pH = 8 – 13 ซึ่งมีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานในการลอกผิว แบบจุ่มชิ้นงานดังนี้

โซเดียมคลอไรด์ (NaClO ₂)	35	กรัมต่อลิตร
แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH ₄ OH)	100	”
แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (NH ₄ HCO ₃)	120	”
อุณหภูมิ	20 – 30	องศาเซลเซียส
pH	8 – 13	

5. ทองเหลือง

ทองเหลืองที่ชุบอยู่บนผิวของชิ้นงานมักจะประกอบด้วยทองแดงและสังกะสีในอัตราส่วน ต่าง ๆ กัน แต่ก็พอจะอาศัยวิธีการลอกผิวทองแดงมาใช้กับทองเหลืองได้ โดยอาจจะใช้ภาวะ การ ทำงานแตกต่างกันไปบ้าง แต่ก็มีน้ำยาล้างสำหรับลอกผิวทองเหลืองโดยเฉพาะด้วยเหมือนกัน ซึ่งใช้ลอก ผิวโดยวิธีการจุ่มชิ้นงาน โดยมีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

แอมโมเนียมเปอร์ออกไซด์ซัลเฟต (Ammonium peroxyulfate)	75	กรัมต่อลิตร
แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่อิ่มตัว (Saturated aqua ammonia)	375	มิลลิลิตรต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 30	องศาเซลเซียส

6. ทอง

6.1 การจุ่มชิ้นงาน น้ำยาที่ใช้ละลายทองที่รู้จักกันแพร่หลายคือ กรดกัดทอง แต่กรดนี้แรง มาก เพราะกรดไนตริกซึ่งเป็นส่วนผสมในกรดกัดทองจะทำปฏิกิริยาเคมีกับชิ้นงานต่อไป ฉะนั้น จึง ไม่นิยมใช้กรดนี้ในการลอกผิวทอง แต่จะขอแนะนำน้ำยาลอกผิวทองแบบจุ่มชิ้นงาน 2 สูตร คือ

สูตรที่ 1

กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	80	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	20	”
กรดไนตริก (HNO ₃)	ถ้าต้องการใช้	
อุณหภูมิ	60 – 80	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถังเซรามิกส์	

สูตรที่ 2

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก (Nitroaromatic compound)	30	กรัมต่อลิตร
โซเดียมซิงค์ไซยาไนด์ (NaZn(CN) ₂)	25	"
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	5	"
อุณหภูมิ	60 – 70	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถึงเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก	

ตามสูตรที่ 2 จะลอกผิวทองออกจากนิเกิลโดยน้ำยาจะไม่เป็นอันตรายต่อชั้นของนิเกิลที่รองพื้น

นอกจากน้ำยาตามสูตรทั้งสองแล้ว ก็ยังมีน้ำยาในการลอกผิวทองออกจากนิเกิลอีกหลายชนิด แต่ว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น น้ำยาที่ประกอบด้วยโซเดียมไซยาไนด์ 120 กรัมต่อลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ชนิด 100 ปริมาตร) 35 มิลลิลิตรต่อลิตร เมื่อสารทั้งสองผสมกันจะคายความร้อนออกมาอย่างมาก พร้อมทั้งเกิดฟองก๊าซมากมายซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

6.2 การใช้ไฟฟ้า มีอยู่ 2 สูตร คือ

สูตรที่ 1

โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	30 - 60	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 - 25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	4	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถึงเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก	

น้ำยาตามสูตรที่ 1 นี้จะต้องระมัดระวังในกรณีชั้นรองพื้นของทองเป็นทองแดง เพราะจะหลุดออกมาด้วยเหมือนกัน แต่ถ้าชั้นถัดเข้าไปจากทองเป็นเหล็ก ควรจะเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 30 กรัมต่อลิตร จะช่วยลดการกัดผิวที่ชั้นของเหล็กได้มา แต่ถ้ารองพื้นด้วยทองแดงหรือทองเหลือง ควรจะใส่กรดไฮโดรคลอริกลงไป 5 มิลลิลิตรต่อลิตร

สูตรที่ 2

โปตัสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (K ₄ Fe(CN) ₆)	50	กรัมต่อลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	15 – 20	"
โปตัสเซียมคาร์บอเนต (K ₂ CO ₃)	10	
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH ₂ PO ₄) เดิมจน pH = 9		
อุณหภูมิ	40 - 50	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2 - 6	โวลท์

ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก

7. ตะกั่ว

7.1 การจุ่มชิ้นงาน การลอกผิวตะกั่วออกจากเหล็ก ทองแดง หรือทองเหลือง อาจจะใช้วิธีจุ่มชิ้นงานในน้ำยาลอกผิวต่อไปนี้

- กรดอะซิติก 24 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ไซด์ (30 % โดยน้ำหนัก) 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
- กรดอะซิติก 95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผสมกับไฮโดรเจนเปอร์ไซด์ (30 % โดยน้ำหนัก) 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

7.2 การใช้ไฟฟ้า มีสูตรดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	70 – 100	กรัมต่อลิตร
เกลือรอกเซลล์ ($\text{K}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	50	
อุณหภูมิ	20 - 80	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2 - 4	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นเหล็ก	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก	

นอกจากนี้ อาจจะใช้สารละลายโซเดียมไนเตรดเข้มข้น 500 กรัมต่อลิตร เป็นน้ำยาลอกผิวได้ แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะต้องไม่ต่ำกว่า 4 โวลท์

8. นิกเกิล

การลอกผิวนิกเกิลมักจะต้องทำกันมากกว่าโลหะชนิดอื่น ๆ เพราะในการชุบต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีการชุบผิวด้านนิกเกิลเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย ฉะนั้น จึงได้มีการการคิดค้นน้ำยาลอกผิวนิกเกิลกันมากทั้งน้ำยาชนิดที่ลอกผิวเฉพาะนิกเกิล จากทองแดง ทองเหลือง และเหล็ก หรือน้ำยาที่ลอกผิวนิกเกิลและทองแดงรองพื้นออกไปพร้อมกันเลยก็มี แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการในการลอกผิวก็ยังมีอยู่ 2 แบบ คือแบบจุ่มชิ้นงานและแบบใช้ไฟฟ้า ซึ่งต่อไปนี้จะขอกว่าถึงการลอกผิวนิกเกิลแต่ละแบบ

8.1 การจุ่มชิ้นงาน การลอกผิวด้านวิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้สารประกอบไนโตรอะโรมาติก เป็นสารหลัก และใช้พวกไซยาไนด์ หรือเอมีน เป็นตัวที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน ถ้าเป็นการลอกผิวนิกเกิลออกจากเหล็กในทางการค้าจะใช้ไซยาไนด์ ซึ่งจะทำให้ผิวทองแดงซึ่งเป็นชั้นรองพื้นหลุดออกมาด้วย แต่ถ้าใช้เอมีน ส่วนมากแล้วจะถูกลอกผิวออกมาเฉพาะนิกเกิลจากชิ้นงานหรือ

ชั้นของเหล็ก ทองแดง และทองเหลือง ซึ่งต่อไปนี้จะขอยกตัวอย่างสูตรน้ำยาและภาวะ การทำงานในการลอกฟิวนิเกิลแบบจุ่มชิ้นงาน

สูตรที่ 1

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	60	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	120 - 180	”
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0 - 25	”
อุณหภูมิ	60 - 75	องศาเซลเซียส
ถึงน้ำยา	ถึงเหล็ก	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็ก	
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก	

น้ำยาตามสูตรที่ 1 นี้ใช้ลอกนิเกิลออกจากผิวเหล็ก และอัตราเร็วของการลอกผิวจะสูงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ต้องคอยตรวจสอบอย่าให้ปริมาณของไซยาไนด์ต่ำและไฮดรอกไซด์สูงเกินไป เพราะในการลอกฟิวนี้สารประกอบไนโตรอะโรมาติกและไซยาไนด์จะถูกใช้ไปเรื่อย ๆ และน้ำยาลอกฟิวนี้สามารถทำที่อุณหภูมิห้องได้ แต่อัตราเร็วของการลอกผิวจะช้าลง แต่ก็มีส่วนช่วยประหยัดได้มากถ้าหากไม่มีความจำเป็นต้องรีบร้อนอะไร

สูตรที่ 2

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	35 - 40	กรัมต่อลิตร
เอทิลีนไดเอมีน (ethylene diamine)	60 - 70	”
อุณหภูมิ	60 - 80	องศาเซลเซียส
ถึงน้ำยา	ถึงเหล็ก	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็ก	
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก	

น้ำยาตามสูตรที่ 2 นี้ใช้ลอกฟิวนิเกิลออกจากเหล็กทองแดงและทองเหลือง ซึ่งอาจจะเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ลง เพื่อปรับให้ pH = 8.5- 9.5 ก็จะได้ผลดีขึ้น หรืออาจจะเติมไทโอยูเรีย หรือ แอมโมเนียมไทโอไซยาเนต หรือไดเอทิลไดไทโอยูเรีย ลงไปเล็กน้อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับทองแดงหรือทองเหลือง แต่จะทำให้ผิวคล้ำสักหน่อย

สูตรที่ 3

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	40 - 70	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄ , conc)	100	มิลลิลิตรต่อลิตร
อุณหภูมิ	80 - 90	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถังเหล็กบุยาง, ตะกั่ว, พีวีซี, เซรามิกส์	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็กบุตะกั่ว	
เครื่องทำความร้อน	ตะกั่วหรือแก้ว	

น้ำยาตามสูตรที่ 3 นี้จะมีฤทธิ์เป็นกรดใช้ลอกฟิวนิเกิลออกจาก เหล็ก ทองแดง และทองเหลือง และเติมสารชนิดเดียวกันกับสูตรที่ 2 เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับทองแดง หรือทองเหลืองได้ด้วย

สูตรที่ 4

กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	800	มิลลิลิตร
กรดไนตริก (HNO ₃)	400	"
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	25	"
น้ำกลั่น	400	"
อุณหภูมิ	20 - 25	องศาเซลเซียส

สูตรที่ 4 นี้เป็นสูตรที่ใช้กันแต่ดั้งเดิมก่อนที่จะมีการค้นพบสูตรที่ใช้สารประกอบไนโตรอะโรมาติก

8.2 การใช้ไฟฟ้า การลอกฟิวนิเกิลมีหลายสูตรด้วยกัน แต่จะขอแนะนำสูตรสำคัญ ๆ

3 สูตร คือ

สูตรที่ 1

กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	50 - 60	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
น้ำกลั่น	40 - 50	" "
กลีซีรีนหรือเอทิลีนไกลคอล	3	" "
คอปเปอร์ซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต	30	กรัมต่อลิตร
ไตรเอมีลามีนหรือไตรบิวทิลามีน	0.2 - 0.5	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
อุณหภูมิ	20 - 25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	3 - 6	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นตะกั่ว	
ถังน้ำยา	ถังเหล็กบุตะกั่วหรือเซรามิกส์	
เครื่องปัมน้ำยา	เหล็กบุตะกั่ว	

การลอกผิวที่เกิดตามสูตรที่ 1 นี้ จะลอกออกเหล็ก ทองแดง ทองเหลือง อะลูมิเนียม และ สังกะสีหล่อ ซึ่งมีกรดซัลฟูริกเป็นสารหลัก จะต้องหมั่นตรวจสอบปริมาณให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ส่วนสารอื่น ๆ (ยกเว้นน้ำกลั่น) จะเป็นตัวช่วยยับยั้งการกัดกร่อนของกรดต่อโลหะที่เป็นชิ้นงาน ซึ่งการลอกผิวโลหะแต่ละอย่างอาจจะไม่ต้องใช้สารเหล่านี้ครบทุกตัวก็ได้ สำหรับอัตราเร็วของการลอกผิวจะสูงขึ้นเมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น แต่ก็เป็นอันตรายต่อโลหะที่เป็นชิ้นงานด้วยเหมือนกัน และการจะใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงได้น้ำยาจะต้องมีความเข้มข้นสูงด้วย ถ้าน้ำยามีความเข้มข้นต่ำจะต้องใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำ

สูตรที่ 2

กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)	40	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)	20	” ”
กรดโครมิก (Cro_3)	5	” ”
น้ำกลั่น	35	” ”
อุณหภูมิ	20 - 80	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	6	โวลท์
ขั้วลบ	แผ่นตะกั่ว	
ถังน้ำยา	ถังเหล็กบุตะกั่วหรือเซรามิกส์	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็กบุตะกั่ว	
เครื่องทำความร้อน	ตะกั่ว	

น้ำยาลอกผิวตามสูตรที่ 2 นี้ เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ลอกผิวที่เกิดบนชิ้นงานที่เป็นสังกะสีหล่อ เพราะจะมีการกัดกร่อนชิ้นงานน้อยมาก

สูตรที่ 3

กรดไฮโดรฟลูออริก (HF)	20	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
โซเดียมไนเตรด ($NaNO_3$)	20	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 - 25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	4 - 6	โวลท์
น้ำยาตามสูตรที่ 3 นี้ใช้ลอกผิวที่เกิดออกจากแมกนีเซียมหล่อ		

9. นิกเกิล - ฟอสฟอรัส

นิกเกิลที่เกิดจากการชุบผิวโดยไม่ใช้ไฟฟ้าที่ใช้โซเดียมไฮโปฟอสไฟท์เป็นตัวรีดิวซ์ จะมีฟอสฟอรัสผสมอยู่ด้วย ในการลอกผิวของโลหะนิกเกิลผสมฟอสฟอรัสจะยากกว่าการลอกผิวที่เกิดธรรมดา และยังถ้าเป็นชิ้นงานที่ชุบผิวด้วยนิกเกิลผสมฟอสฟอรัสได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนให้ไปอยู่ในรูปของ Ni_2P หรือ Ni_3P ยิ่งแทบจะไม่สามารถลอกผิวได้เลย แต่ก็พอจะแนะนำสูตรการลอกผิวที่เกิด - ฟอสฟอรัส ได้ดังนี้

สูตรที่ 1

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	60	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	180 – 240	” ”
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	25 – 30	” ”
อุณหภูมิ	75 - 80	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2 - 4	โวลต์
ขั้วลบ	แผ่นตะกั่ว	
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก	
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก	

สูตรที่ 1 นี้ใช้ลอกนิเกิล – ฟอสฟอรัส ออกจากเหล็กโดยใช้ไฟฟ้า

สูตรที่ 2

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	60	กรัมต่อลิตร
เอทิลีนไดเอมีน	120	”
โซเดียมไฮดรอกไซด์	60	”
อุณหภูมิ	75 - 80	องศาเซลเซียส
ถังน้ำยา	ถังเหล็ก	
เครื่องปั้มน้ำยา	เหล็ก	
เครื่องทำความร้อน	ท่อเหล็ก	

การลอกผิวตามสูตรที่ 2 นี้จะทำโดยวิธีจุ่มชิ้นงานเพื่อลอกเอานิเกิล – ฟอสฟอรัส ออกจากทองแดง หรือทองเหลือง หรือพลาสติก

นอกจากการลอกผิวทั้งสองสูตรนี้แล้ว ยังมีการลอกผิวแบบอื่น ๆ แต่ยังไม่ค่อยใช้กันแพร่หลายและยอมรับกันมากนัก

10. กลุ่มธาตุแพลตินัม

การลอกผิวโรเดียม จะใช้วิธีการเดียวกันกับการลอกผิวนิเกิลโดยใช้ไฟฟ้า เมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นสารเคมีหลักในน้ำยาลอกผิว โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 60 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 30 -40 องศาเซลเซียส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 7 โวลต์

การลอกผิวแพลตินัม ยังไม่มีวิธีการใดที่ให้ผลเป็นที่ยอมรับ แต่พอจะใช้สารละลายหรือน้ำยาต่อไปนี้ได้ คือ กรดไนตริก 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร กรดไฮโดรคลอริก 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และน้ำอีก 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่น้ำยานี้จะเตรียมใหม่สำหรับการใช้ลอกผิวแต่ละครั้ง และเป็นารลอกผิวโดยวิธีจุ่มชิ้นงาน

พัลลาเดียม จะลอกผิวโดยใช้ไฟฟ้าออกจากเหล็ก ทองแดง ทองเหลือง เงิน โดยมีสูตร
น้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	50	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไนไตรต์ (NaNO ₂)	20	”
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	เติมจนมี pH = 4 – 5	
อุณหภูมิ	50	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	2 – 4	โวลท์

11. เงิน

11.1 การจุ่มชิ้นงาน มีสูตรน้ำยาดังนี้

กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	95	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
กรดไนตริก (HNO ₃)	5	” ”
อุณหภูมิ	80	องศาเซลเซียส

การลอกเงินแบบนี้ชิ้นงานจะต้องแห้ง เพราะกรดเหล่านี้แรงมาก ถ้าชิ้นงานเปียกน้ำจะเกิด
ความร้อนและอาจจะมีน้ำและกรดกระเด็นออกมาได้ และต้องระวังโลหะพื้นที่เป็นชิ้นงานจะ
เกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว ถ้าชิ้นของเงินถูกลอกออกหมดแล้ว การลอกเงินตามสูตรนี้จะใช้ลอกเงินที่
ชุบอยู่บนทองแดงหรือทองเหลือง

ถ้าเงินชุบอยู่บนเหล็กจะใช้วิธีการลอกเหมือนกับของนิเกิลแบบจุ่มชิ้นงาน

ถ้าเงินเคลือบบนอะลูมิเนียมจะลอกโดยการจุ่มในกรดไนตริกเข้มข้น

11.2 การใช้ไฟฟ้า ถ้าเงินชุบอยู่บนเหล็ก จะใช้วิธีการลอกด้วยน้ำยาไซยาไนด์ เช่นเดียวกับ
การลอกทอง แต่ถ้าเงินชุบอยู่บนทองแดงหรือทองเหลือง จะใช้น้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

กรดซัลฟูริก (H ₂ SO ₄)	100	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
โซเดียมไนเตรต (NaNO ₃)	30	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20 – 50	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	2-3	โวลท์
ขั้วลบ	แท่งตะกั่ว	

12. ดีบุก

12.1 การจุ่มชิ้นงาน มีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานที่น่าสนใจดังนี้

สูตรที่ 1

สารประกอบไนโตรอะโรมาติก	30	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	120	”
อุณหภูมิ	80	องศาเซลเซียส

ถึงน้ำยา

ถึงเหล็ก

เครื่องปั้มน้ำยา

เหล็ก

นำยาตามสูตรที่ 1 นี้ใช้ลอกดีบุกออกจากชิ้นงานที่เป็นเหล็ก โดยทองแดงที่ชุบรองพื้นไว้จะถูกลอกด้วย

สูตรที่ 2

โซเดียมคลอไรด์ (NaClO₂)

20 - 25

กรัมต่อลิตร

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

100

”

อุณหภูมิ

20 - 25

องศาเซลเซียส

ถึงน้ำยา

ถึงเหล็ก

เครื่องปั้มน้ำยา

เหล็ก

นำยาลอกผิวดีบุกตามสูตรที่ 2 นี้จะลอกดีบุกออกจากเหล็กและทองแดง

12.2 การใช้ไฟฟ้า สำหรับดีบุกที่ชุบบนชิ้นงานที่เป็นสังกะสีห่อจะลอกผิวด้วยวิธีการเดียวกับการลอกผิวนิเกิล แต่ถ้าจะลอกผิวดีบุกออกจากเหล็ก ทองแดง และทองเหลือง จะใช้น้ำยาของโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 120 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 20 – 30 องศาเซลเซียส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 โวลท์ และถ้าจะลอกดีบุกออกจากอะลูมิเนียม จะใช้น้ำยาที่เป็นกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อุณหภูมิ 20 – 40 องศาเซลเซียส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 – 6 โวลท์

13. โลหะผสมของดีบุก

- **ดีบุกผสมทองแดงหรือบรอนซ์** ถ้าโลหะผสมมีทองแดง 90 เปอร์เซ็นต์ ดีบุก 10 เปอร์เซ็นต์ จะลอกผิวโดยใช้วิธีการลอกผิวของทองแดง แต่ถ้าโลหะผสมมีทองแดง 55 เปอร์เซ็นต์ ดีบุก 45 เปอร์เซ็นต์ จะใช้น้ำยาลอกผิวชนิดผสม คือ ใช้น้ำยาลอกผิวชนิดสารประกอบไนโตรอะโรมาติกแบบไซยาไนด์ 1 ส่วน (เพื่อลอกเอาทองแดงออก) ผสมกับแบบไฮดรอกไซด์ 1 ส่วน (เพื่อลอกเอาดีบุกออก)

- **ดีบุกผสมตะกั่ว** ถ้ามีดีบุกผสมอยู่ตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ให้ใช้วิธีการลอกผิวเช่นเดียวกับดีบุก แต่ถ้ามีดีบุกผสมน้อยกว่านี้ก็จะใช้วิธีการลอกผิวแบบตะกั่ว

- **ดีบุกผสมนิเกิล** โลหะผสมนี้จะแตกต่างจากโลหะผสมข้างต้น เพราะดีบุกกับนิเกิลจะเกิดพันธะทางเคมีรวมตัวกันด้วยโครงสร้างที่แน่นอนและมีแรงยึดที่แข็งแรง ฉะนั้น จะใช้น้ำยาลอกผิวชนิดที่ลอกดีบุกออกครั้งหนึ่ง และลอกนิเกิลออกครั้งหนึ่งเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วในโลหะผสมข้างต้นไม่ได้ จึงต้องมีการลอกผิวเฉพาะสำหรับดีบุกผสมกับนิเกิลซึ่งจะใช้วิธีการลอกผิวโดยใช้กระแสไฟฟ้าดังนี้

กรดซัลฟูริก (H₂SO₄)

60

เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

น้ำกลั่น

40

”

”

อุณหภูมิ	20 – 50 องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก	5 โวลต์
ขั้วลบ	แผ่นตะกั่ว
ถึงน้ำยา	ถึงเหล็กบุดตะกั่ว

- ดิบุกผสมสังกะสี ถ้ามีดิบุกผสมอยู่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะใช้วิธีการของการลอกผิวดิบุกแบบจุ่ม แต่ถ้ามีดิบุกผสมอยู่น้อยกว่านี้ จะใช้วิธีการลอกผิวแบบเดียวกับการลอกผิวสังกะสี ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

14. สังกะสี

14.1 การจุ่มชิ้นงาน เนื่องจากสังกะสีมีความว่องไวในปฏิกิริยาเคมีสูง ฉะนั้น ในการลอกผิวสังกะสีโดยวิธีนี้ จึงใช้น้ำยาลอกผิวหลายชนิดด้วยกันพอจะยกตัวอย่างได้ดังนี้

- จุ่มในกรดเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ หรือด่างเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ก็จะลอกสังกะสีออกจากเหล็ก ทองแดง และทองเหลืองได้

- จุ่มในกรดไฮโดรคลอริก หรือกรดซัลฟูริกเจือจาง และอุ่นเพื่อทำให้การลอกสังกะสีเกิดได้เร็วขึ้น

- จุ่มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อน

- สารละลายของกรดหรือด่างที่เติมสารประกอบไนโตรอะโรมาติก

- สารละลายของสารประกอบไนโตรอะโรมาติกในไซยาไนด์หรือในด่างจะช่วยลอก

สังกะสีบนชิ้นงานที่เป็นเหล็กได้ดี

- กรดไนตริกเข้มข้นใช้ลอกสังกะสีบนอะลูมิเนียม

- สารละลายแอมโมเนียมไนเตรตที่ใช้ลอกแคดเมียม สามารถที่จะลอกสังกะสีได้เช่น

เดียวกัน

14.2 การใช้ไฟฟ้า น้ำยาลอกผิวแบบไซยาไนด์ที่ใช้ในการลอกทอง สามารถจะใช้กับการลอกสังกะสีได้ หรืออีกวิธีหนึ่งอาจจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 20 – 25 องศาเซลเซียส แรงเคลื่อนไฟฟ้า 4 โวลต์ จะลอกสังกะสีออกจากเหล็ก ทองแดง และทองเหลืองได้

บทที่ 7

การชุบโครเมียม

โครเมียมเป็นโลหะที่มีสีขาวสดใสเป็นเงางาม สะท้อนแสงได้ดี และไม่เป็นสนิม มีความแข็งแรง ฉะนั้น ผิวของชิ้นงานเมื่อถูกชุบด้วยโครเมียมจึงมีคุณสมบัติเหล่านี้ตามไปด้วย ในปัจจุบันนี้ จะมีการชุบโครเมียมอยู่ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ ชุบเพื่อความสวยงามป้องกันสนิม กับชุบเพื่อความแข็งแรงทนต่อการกระทบเสียดสี

ในการชุบเพื่อความสวยงามนั้น จะทนต่อการเสียดสีหรือการกัดกร่อน ผู้การชุบเพื่อความแข็งแรงที่เรียกว่า การชุบโครเมียมชนิดแข็งไม่ได้ แต่ว่าต้นทุนและเทคนิคของการชุบต่ำกว่า การชุบแบบนี้จะชุบได้ความหนาไม่เกิน 0.00003 นิ้ว หรือ 0.75 ไมโครเมตร ส่วนการชุบโครเมียมชนิดแข็ง โดยปกติจะชุบให้มีความหนาตั้งแต่ 0.001 นิ้ว หรือ 25 ไมโครเมตรขึ้นไป และส่วนใหญ่จะชุบบนชิ้นงานที่เป็นเหล็กมากกว่าประโยชน์ที่ได้จากการชุบแบบแข็งคือใช้ชุบชิ้นส่วนของเครื่องจักร เครื่องมือที่สึกหรออันเกิดจากการใช้งาน หรือความผิดพลาดในการทำงาน เมื่อชุบพอแล้ว สามารถนำไปเจียรระไนให้ได้ขนาดตามต้องการได้ เพราะผิวที่ผ่านการชุบแบบนี้จะแข็งแรงมาก ตัวอย่างของชิ้นงานที่ชุบแบบนี้ เช่น แกนไฮดรอลิก เฟลา แม่พิมพ์ เป็นต้น

แม้ว่าผิวที่ชุบด้วยโลหะโครเมียมจะแข็งแรงอย่างไรก็ตาม แต่จะเป็นไปในลักษณะแข็งเปราะ และผิวที่ได้จากการชุบยังมีรอยร้าวหรือรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ซึ่งอาจจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงไม่สามารถจะป้องกันสนิมได้ดีนัก เพราะออกซิเจนจากอากาศหรือพวกตัวออกซิไดซ์ต่าง ๆ สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับผิวของชิ้นงานซึ่งอยู่ข้างในได้ การแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการชุบรองพื้นชิ้นงานก่อนที่จะทำการชุบโครเมียม ที่นิยมทำกันก็คือจะชุบรองพื้นด้วยทองแดงก่อน แล้วจึงชุบนิเกิลรองพื้นอีกชั้นจากนั้นทำการชุบโครเมียมที่ทำเช่นนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่า ทองแดงมีคุณสมบัติเกาะเคลือบชิ้นงานได้แน่นกว่านิเกิล ไม่ว่าชิ้นงานนั้นจะเป็นเหล็ก เหล็กหล่อ โลหะผสม ทองเหลือง หรืออื่น ๆ ส่วนนิเกิลที่ชุบต่อไปจะเป็นตัวช่วยประสานในการยึดของทองแดงกับโครเมียม และช่วยป้องกันสนิมได้ดีอีกด้วย งานที่ใช้ในร่มหรือไม่อยู่สภาพบรรยากาศที่จะทำให้เกิดสนิมได้ง่าย ควรชุบนิเกิลให้มีความหนาน้อยที่สุด 0.0006 นิ้ว หรือ 15 ไมโครเมตร ส่วนงานที่ใช้กลางแจ้ง และอาจจะเกิดสนิมได้ง่าย ควรชุบนิเกิลรองพื้นให้หนาน้อยที่สุด 0.001 นิ้ว หรือ 25 ไมโครเมตร ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการชุบโครเมียมเพื่อความสวยงาม ส่วนการชุบโครเมียมแบบชุบแข็งจะแยกไปกล่าวไว้อีกบทหนึ่ง เพราะมีเทคนิคและรายละเอียดมาก

หลักการ

โดยปกติแล้ว ถ้านำยาชุบโครเมียม หรือกรดโครมิกเพียงอย่างเดียว โครเมียมจะไม่สามารถไปเกาะเคลือบที่ผิวของชิ้นงานหรือขั้วลบได้ จะต้องมือนุมูลของกรดตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไปผสมอยู่เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกาะของโครเมียมที่ขั้วลบอนุมูลกรดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ก็คือซัลเฟต และฟลูออไรด์โดยซัลเฟตจะได้จากกรดซัลฟูริก ส่วนฟลูออไรด์ได้จากสารประกอบเชิงซ้อนของฟลูออไรด์ เช่น Silico fluoride (SiF_6)²⁻ โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของกรดโครมิกต่อตัวเร่งปฏิกิริยาที่แน่นอน เช่น กรดโครมิก ต่อกรดซัลฟูริก เป็น 100 ต่อ 1

สำหรับประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าในการชุบโครเมียมต่ำมาก ประมาณ 10 – 25 เปอร์เซ็นต์ แต่อัตราเร็วของการเกาะของโครเมียมจะเร็ว และเร็วขึ้นเมื่อใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบแบบนี้จะสูงกว่าในการชุบแบบอื่น ๆ และโดยปกติจะใช้ในช่วง 4 – 11 โวลท์ ขึ้นกับภาวะการทำงาน

กำลังการเคลือบผิวของการชุบแบบนี้แม้จะต่ำ แต่ถ้าควบคุมอัตราส่วนของกรดโครมิก ต่อตัวเร่ง ปฏิกิริยาให้ดีแล้ว จะไม่มีปัญหาแม้ว่าชิ้นงานจะมีรูปทรงที่ไม่เป็นระเบียบ แต่ถ้าจำเป็นจึงจะใช้ขั้วบวกเพิ่มเติมเข้าช่วยให้กำลังการเคลือบผิวดีขึ้น

สูตรน้ำยาของการชุบโครเมียม

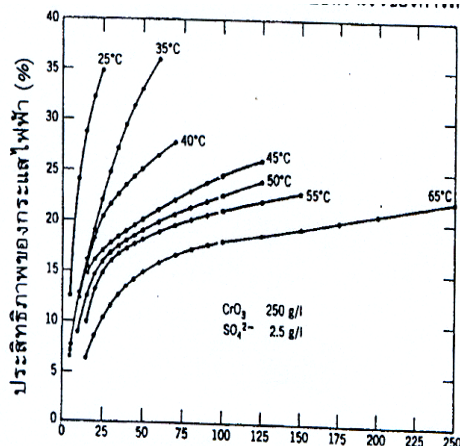
กรดโครมิก (CrO_3)	25	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)	2.5	”

ภาวะการทำงาน

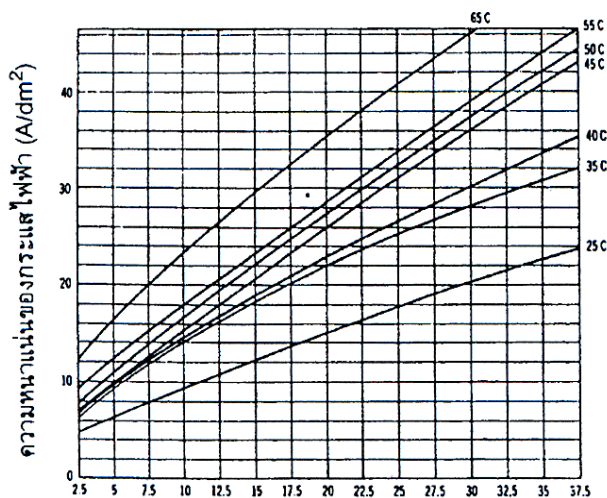
อุณหภูมิ	40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	3.1 – 15.5	แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า	15 – 25	เปอร์เซ็นต์

ถ้าต้องการชุบผิวให้เร็วขึ้น จะทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ และเพิ่มความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า เช่น อุณหภูมิ 55°C ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 31 แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร จะได้ความหนาแน่นของผิวโครเมียมที่เคลือบประมาณ 25 ไมโครเมตรต่อชั่วโมง แต่การเพิ่มในสิ่งเหล่านี้มีขีดจำกัด เพราะถ้าเพิ่มมากเกินไปจะทำให้ได้ผิวของชิ้นงานไม่เรียบ รูปต่อไปนี้จะแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้ากับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ส่วนอีกรูปหนึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ากับอัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวที่อุณหภูมิต่าง ๆ

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า และประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ

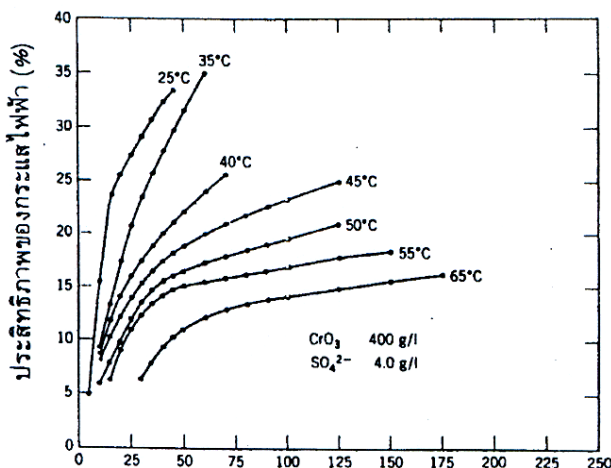


ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (A/ dm²)



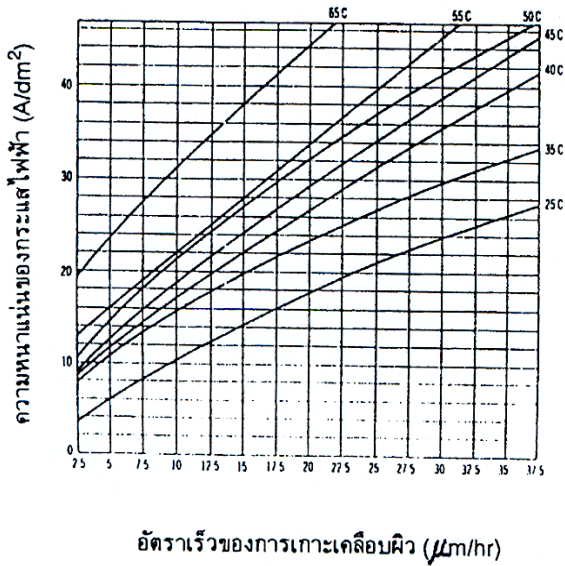
อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิว (µm/hr)

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวกับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อใช้กรดโครมิก 250 กรัมต่อลิตร และกรดซัลฟูริก 2.5 กรัมต่อลิตร



ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (A/dm²)

รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า และประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวกับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ เมื่อใช้กรดโครมิก 400 กรัมต่อลิตร และกรดซัลฟูริก 4 กรัมต่อลิตร

อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิว ($\mu\text{m/hr}$)

กำลังการเคลือบผิวของการชุบโครเมียมจะต่ำกว่าการชุบทองแดงและนิกเกิล โดยการหา กำลังการเคลือบผิวอาจทำได้ โดยใช้การทดสอบด้วยฮัลล์เซลล์

การดูแลรักษา

น้ำยาชุบโครเมียมมักจะไม่ต้องกรองบ่อยนัก แต่ถ้าจะกรองก็อาจจะใช้ใยแก้ว หรือผ้ากรองของ Vinylite (Vinyon) หรือ Saran เป็นไส้กรอง เพราะวัสดุเหล่านี้ทนต่อการกัดกร่อนของกรดโครมิกได้ดี เมื่อทำการชุบ จะมีกรดโครมิกบางส่วนถูกรีดิวซ์ไปเป็น Cr^{3+} แต่ Cr^{3+} ก็จะถูกออกซิไดซ์กลับไปเป็นกรดโครมิก หรือ Cr^{6+} ตามเดิม เมื่อไปสัมผัสกับผิวหน้าของขั้วบวกที่เป็นฟิล์มของตะกั่วไดออกไซด์ จึงเป็นการควบคุมปริมาณของ Cr^{3+} โดยอัตโนมัติ แต่จะต้องมีผิวหน้าของขั้วบวกใหญ่พอ แต่ถ้าขั้วบวกเป็นโลหะอื่น ก็จะไม่สามารถที่จะออกซิไดซ์ Cr^{3+} ไม่เป็น Cr^{6+} ได้

ปกติจะใช้ wetting agents ในน้ำยาชุบโครเมียมด้วย เพื่อลดอัตราการสูญเสียของน้ำยาที่จะถูกพาไปโดยก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วลบหรือขั้วงาน และยังช่วยให้ผิวของการชุบไม่เป็นหลุมหรือเป็นรูเล็ก ๆ อีกด้วย นอกจากนี้ ยังได้มีการพัฒนา wetting agents ให้มีคุณสมบัติในการลดไอพิชที่จะระเหยออกจากถังชุบในขณะที่ทำการชุบ ตัวอย่างของ wetting agents เช่น perfluorinate sulfonate

ข้าวบวก

ใช้แท่งตะกั่วซึ่งเป็นโลหะที่ไม่ละลายในกรดโครมิกเป็นข้าวบวก และฟิล์มของตะกั่วไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้น ขณะทำการชุบยังช่วยเปลี่ยนหรือออกซิไดซ์ Cr^{3+} ไปเป็น Cr^{6+} อีกด้วย แท่งตะกั่วที่ใช้ ถ้าเป็นโลหะผสมของแท่งตะกั่วกับดีบุกจะดีกว่าตะกั่วบริสุทธิ์ เพราะตะกั่วบริสุทธิ์ อาจจะเป็นตะกั่วโครเมตเกาะติดที่ผิวได้บ้าง ข้าวบวกจะต้องไม่เล็กหรือบางจนเกินไป เพราะการชุบโครเมียมใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงอาจทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้ ข้าวบวกใหม่จะต้องนำเตรียมผิวเสียก่อนที่จะใช้ โดยผ่านกระแสไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสูงประมาณ 1 ชั่วโมงจนกระทั่งผิวของข้าวบวกเป็นสีน้ำตาล หรือโกโก้ แล้วจึงจะใช้ได้ เมื่อใช้เสร็จแล้วจะต้องเอาออกจากถังชุบ แล้วทำความสะอาดด้วยแปรงล้างด้วยน้ำจนสะอาด และก่อนจะใช้จะต้องเตรียมผิวก่อนเสมอ สำหรับพื้นผิวข้าวบวกจะมากกว่าข้าวลบประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสาเหตุที่ว่าทำไมจึงไม่ใช้ข้าวบวกเป็นแท่งโลหะโครเมียมนั้น ก็เพราะว่าโลหะโครเมียมบริสุทธิ์นั้นเตรียมได้ยากจึงมีราคาแพงมาก และเมื่อเทียบราคาโครเมียมในกรดโครมิกแล้ว ในกรดยังถูกกว่าเสียอีก และอีกอย่างก็คือ ถ้าใช้ข้าวบวกเป็นโลหะโครเมียม จะมีอัตราการละลายของข้าวบวกประมาณ 80 – 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อัตราการเกาะเคลือบผิวของโครเมียมที่ข้าวลบมีเพียง 15 – 25 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ฉะนั้น เมื่อทำการชุบจะทำให้ปริมาณของโครเมียมในน้ำยาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถจะควบคุมได้

ถังชุบ

ถังบรรจุน้ำยาชุบโครเมียม อาจจะทำด้วยวัสดุหลายชนิดด้วยกัน เช่น อาจจะทำเป็นถังเหล็ก แล้วภายในบุด้วยตะกั่ว หรือตะกั่วผสมแอนติโมนี หรือตะกั่วผสมดีบุกซึ่งดีกว่า 2 ประเภทแรก หรืออาจจะเป็นถังเหล็กที่บุภายในด้วยพีวีซี (polyvinyl chloride) แต่ทนอุณหภูมิได้แค่ประมาณ 70°C ปัจจุบันยังได้มีการพัฒนาไปใช้วัสดุที่เป็นฉนวนพิเศษประเภทไวเนล

ส่วนการปรับอุณหภูมิของน้ำยาชุบ จะใช้คอยล์ที่ทำจากตะกั่วผสมหรือ Tantalum coils จุ่มลงไปใต้น้ำยาชุบ

ขั้นตอนต่าง ๆ ในการชุบโครเมียม การชุบโครเมียมบนชิ้นงานทองแดงและทองเหลือง

1. ชัดชิ้นงาน หรือจุ่มให้เงาในน้ำยาจุ่มเงาโลหะทองเหลือง แต่ถ้าหากจุ่มให้เงาจะต้องล้างไขมันบนชิ้นงานก่อนแล้วจึงจุ่มให้เงา
2. ล้างด้วยด่างแบบต้ม
3. ล้างน้ำ
4. ล้างด้วยไฟฟ้าโดยใช้งานเป็นขั้วลบ (cathodic clean)
5. ล้างน้ำ
6. จุ่มกรดกำมะถัน 5% (โดยปริมาตร)
7. ล้างน้ำ
8. ชุบนิเกิล
9. ล้างน้ำ
10. ชุบโครเมียม
11. จุ่มในถังแตรีกเฮ้าท์ (Dragout)
12. ล้างน้ำ
13. ล้างน้ำร้อน

ข้อแนะนำ ถ้าหากชิ้นงานที่ชุบนิเกิลแล้วไม่ได้ชุบโครเมียมทันที ผิวจะเกิดจะกระด้าง โครเมียมจะเกาะจับไม่แน่น ฉะนั้นก่อนจะชุบโครเมียมจะต้องจุ่มในน้ำยากระตุ้นผิว (Activate) ก่อนประมาณ 10 – 30 วินาที แล้วล้างน้ำ นำชิ้นงานลงชุบโครเมียมทันที

สูตรน้ำยากระตุ้นผิว

กรดกำมะถันเข้มข้น	20	ม.ล. / ลิตร
โปตัสเซียม ไอโอได	2	กรัม / ลิตร
ไอโอดีน	0.0125	กรัม / ลิตร

การผสมน้ำยา เอาภาชนะพลาสติกใส่น้ำครึ่งหนึ่งของความจุแล้วค่อย ๆ ใส่กรดกำมะถัน และกวนน้ำยาตลอดเวลา ทิ้งไว้ให้น้ำยาเย็นจนถึงอุณหภูมิปกติ จึงเอาโปตัสเซียม ไอโอไดละลายน้ำจำนวนเล็กน้อย และใส่ไอโอดีนลงไปเมื่อไอโอดีนละลายแล้ว จึงเทลงในถังที่มีกรดกำมะถัน

การชุบโครเมียมบนชิ้นงานสังกะสี (Zinc Alloy diecasting)

1. ล้างไขมันด้วยไตรคลอโรเอททีลีน
2. ล้างด้วยน้ำอย่างอ่อน
3. ล้างด้วยน้ำ
4. ล้างด้วยไฟฟ้า
5. ล้างน้ำ
6. จุ่มในกรดกำมะถัน $\frac{1}{2}$ เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (5 ซี.ซี. ต่อ น้ำ 1 ลิตร)
7. ล้างน้ำ
8. ล้างน้ำ
9. ชุบทองแดงสไตรค์ (ชนิดต่าง)
10. ล้างน้ำ
11. ชุบทองแดงต่าง (แบบมีประสิทธิภาพสูง) หรือ
 - ชุบทองแดงไพโรฟอสเฟต หรือ
 - ชุบทองแดงเงา (ชนิดกรด)
12. ล้างน้ำ
13. จุ่มกรดกำมะถัน 50 ซี.ซี. ต่อลิตร
14. ล้างน้ำ
15. ชุบนิเกิลเงา
16. ล้างน้ำ
17. ชุบโครเมียม
18. จุ่มในถึงน้ำสะอาด (Drag out)
19. ล้างน้ำ
20. ล้างน้ำร้อน

การชุบโครเมียมบนชิ้นงานที่เป็นเหล็ก

1. ขัดชิ้นงานให้เรียบ
2. ต้มในน้ำยาต่าง แล้วนำไปขัดถูด้วยแปรงและล้างน้ำ
3. ล้างด้วยไฟฟ้า โดยใช้งานเป็นขั้วบวก (Anodic clean)
4. ล้างน้ำ
5. จุ่มกรดเกลือ 30 – 50% โดยปริมาตร
6. ล้างน้ำ
7. จุ่มกรดกำมะถัน 5% โดยปริมาตร

8. ล้างน้ำ
9. ชุบนิเกิล
10. ล้างน้ำ
11. ล้างน้ำ
12. ชุบโครเมียม
13. จุ่มในถังแคตริกเอ๊าท์ (Drag out)
14. ล้างน้ำ
15. ล้างน้ำร้อน

ขั้นตอนการชุบโครเมียมบนอะลูมิเนียม

1. ล้างไขมันด้วย ไตรคลอโรเอทที่ลีน แล้วล้างด้วยน้ำอุ่น ๆ หรือน้ำยาล้างอะลูมิเนียมโดยเฉพาะ
2. ล้างด้วยไฟฟ้าประมาณ 1 ถึง 3 นาที
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด
4. แช่กรดดินประสิว 50 % โดยปริมาตร คือใช้กรดดินประสิวจำนวนเท่ากับน้ำผสมกัน โดยเทกรดลงไปในน้ำอย่างระมัดระวัง เวลาในการแช่ประมาณ 30 วินาที ถึง 3 นาที
5. ล้างน้ำสะอาด
6. แช่ในน้ำยาซิงเกต (Zincate Dip) 1 ถึง 2 นาที
7. ล้างน้ำสะอาด
8. ล้างน้ำสะอาด
9. ชุบนิเกิลเงา
10. ล้างน้ำสะอาด
11. ชุบโครเมียม
12. จุ่มในถังแคตริกเอ๊าท์ (Drag out)
13. ล้างน้ำ
14. ล้างน้ำร้อน

การชุบโครเมียมบนเหล็กหล่อ

- ขัดชิ้นงาน
- ต้มในน้ำยาล้าง
- ล้างด้วยไฟฟ้า ใช้งานเป็นขั้วบวก
- ล้างด้วยน้ำอุ่น
- ล้างน้ำ
- กัดผิวโดยกลับขั้วไฟฟ้าในกรดกำมะถัน 30 % โดยปริมาตร 30 วินาที ถึง 1 นาที
- ล้างน้ำ ขัดถูด้วยแปรง
- ล้างด้วยไฟฟ้า
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดกำมะถัน 10 % โดยน้ำหนัก หรือกรดเกลือ 30 % โดยปริมาตร
- ล้างน้ำ
- ชุบนิเกิล
- ล้างน้ำ
- ชุบโครเมียม
- ล้างน้ำ

บทที่ 8

การชุบโครเมียมแบบแข็ง (Hard Chromium Plating)

มีหลักการคล้าย ๆ กับการชุบโครเมียมเพื่อความสวยงามนั่นเอง แต่การชุบโครเมียมแบบแข็งจะมีชั้นของโครเมียมที่ชุบหนาตั้งแต่ 25 ไมโครเมตร หรือ 0.025 มิลลิเมตรขึ้นไป ผิวของชิ้นงานที่ทำการชุบแบบนี้ จะมีความแข็งแรงทนต่อความร้อนการเสียดสี ทนต่อปฏิกิริยาเคมี และมีความผิวดำ โดยส่วนใหญ่แล้ว มักจะชุบโครเมียมแบบแข็งกับชิ้นงานที่เป็นเหล็กมากกว่าจะชุบบนชิ้นงานที่เป็นวัสดุอื่น ๆ ตัวอย่างของชิ้นงานที่ชุบด้วยโครเมียมแบบแข็ง เช่น แกนไฮดรอลิก ไมโครมิเตอร์ เวอร์เนียส แคลิเปอร์ แม่พิมพ์ ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ลูกสูบ กระจับอกสูบ ฯลฯ

ค่าความแข็งของผิวโครเมียมที่ชุบแบบนี้ มีค่าที่ยอมรับกันอยู่ในช่วง 850 – 1000 วิพีเอ็น (VPN) โดยจะขึ้นกับภาวะที่ใช้ในขณะชุบและน้ำยาชุบ เช่น ถ้าต้องการความแข็ง 900 – 1000 วิพีเอ็น ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร จะต้องใช้อุณหภูมิ 30 – 40 °C หรือความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 30 – 60 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร อุณหภูมิ 55 – 60 °C แต่โดยปกติแล้ว จะใช้อุณหภูมิ 50 – 52 °C และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 27 – 30 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร ส่วนน้ำยาชุบนั้น จะใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของกรดโครมิก ต่อกรดซัลฟูริก เท่ากับ 100 ต่อ 1 ถ้าความเข้มข้นของกรดใดกรดหนึ่งเพิ่มขึ้น จะทำให้ความแข็งลดลง นอกจากนี้ปริมาณของ Cr^{3+} ยังจะต้องอยู่ในช่วง 3 – 25 กรัมต่อลิตร ถ้าหากมากกว่านี้ก็จะทำให้ความแข็งลดลงเช่นกัน

การต้านทานการเสียดสีนั้นจะขึ้นกับความแข็งโดยตรง คือ ถ้าแข็งมากจะต้านทานการเสียดสีได้มาก และถ้าแข็งน้อยก็จะต้านทานได้น้อย

ส่วนการต้านทานความร้อนนั้นพบว่า ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 400 °C ความแข็งยังคงเหมือนเดิมหรือใกล้เคียงกับความแข็งที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 400 °C ความแข็งจะเริ่มลดลง

การต้านทานการกัดกร่อน จะขึ้นกับความหนาของชั้นโครเมียม และการจัดตัวของโลหะโครเมียมที่เข้าไปเกาะบนชิ้นงานจะต้องแน่น ไม่มีรอยแตกหรือรูพรุน โดยปกติแล้วจะพบว่า

- สามารถต้านทานการกัดกร่อนของกรดต่อไปนี้ได้ดี คือ อาร์เซนิก โครมิก ไฮโดรไอโอคิก ซัลฟูริก เบนซีนซัลโฟนิค เบนโซอิก กลูโคนิก แมนเดิลิก โมโนคลอโรอะซีติก โอเลอิก ออกซาลิก ปาลมิติก ซาลีไซลิก สเตอริก ยูริก

- เกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ กับกรดเหล่านี้ คือ ไนตริก อะซีติก ซีตริก ฟอร์มิก แลคติก มาโนนิก พทาสิก ซักซินิก ทาร์ตาริก
- เกิดปฏิกิริยากับกรดเหล่านี้ด้วยอัตราเร็วปานกลาง คือ ไฮโดรโบรมิก เปอร์คลอริก ฟอสฟอริก ไตรคลอโรอะซีติก
- เกิดปฏิกิริยากับกรดเหล่านี้อย่างรวดเร็ว คือ คลอริก และไฮโดรคลอริก
- สามารถต้านทานการกัดกร่อนของก๊าซเหล่านี้ได้ ก็คือ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน ซัลไฟด์ ออกซิเจน และ ซัลเฟอร์โมโนคลอไรด์ ยกเว้นก๊าซคลอรีน เมื่อมีความชื้น
- สำหรับสารอื่น ๆ ผิวของชิ้นงานที่ชุบด้วยโลหะโครเมียมแบบหนาจะต้านทานการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี เช่น เบียร์ น้ำผลไม้ นํ้านม สบู่ น้ำหมัก ใอน้ำ ฯลฯ ความหนาที่เหมาะสมในการต้านทานการกัดกร่อนพอจะจำแนกได้ดังนี้
 - 8 – 10 ไมโครเมตร จะต้านทานได้ในสภาวะที่เป็นการกัดกร่อนอย่างอ่อน ๆ
 - 13 – 18 ไมโครเมตร จะต้านทานการขัดสีหรือการกัดกร่อนจากบรรยากาศ
 - 50 – 75 ไมโครเมตร จะต้านทานการกัดกร่อนจากสารเคมี

น้ำยาชุบโครเมียมแบบแข็ง

น้ำยาชุบโครเมียมแบบแข็งอาจจำแนกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. แบบธรรมดา

น้ำยาชุบแบบธรรมดานี้จะให้ผิวของโครเมียมเป็นเงางาม มีความแข็งประมาณ 850 – 1000 วิพีเอ็น แต่ที่ผิวจะมีรอยแตก ทำให้การป้องกันการกัดกร่อนไม่ดีนัก โดยปกติแล้ว น้ำยาชุบแบบนี้จะประกอบด้วยกรดโครมิก และกรดซัลฟูริกในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น กรดโครมิกต่อกรดซัลฟูริกเท่ากับหนึ่งร้อยต่อหนึ่งและควรเติมกรดซีตริกลงไปใต้น้ำยาชุบ 3 กรัมต่อลิตรของน้ำยาชุบ เพื่อควบคุมปริมาณ ของ Cr^{3+} โดยเติมลงไปในขณะที่ทำให้น้ำยาชุบมีอุณหภูมิเกินจะถึงจุดเดือด

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงาน

กรดโครมิก	250	กรัม / ลิตร
กรดซัลฟูริก	2.5	”
กรดซีตริก	3.0	”
อุณหภูมิ	50 – 55	”
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	27 – 32	”

2. แบบ SRHS (Self Regulating High Speed)

น้ำยาชุบแบบนี้จะให้ความแข็งของผิวโครเมียมเท่ากับแบบธรรมดา แต่มีความเงางามมากกว่าและรอยแตกร้าวลดลง และยังมีอัตราการเกาะเคลือบผิวเร็วมากอีกด้วย ส่วนผสมของน้ำยาชุบแบบนี้จะประกอบด้วยกรดโครมิกต่อกรดซัลฟูริกในอัตราส่วนหนึ่งร้อยต่อหนึ่งเช่นเดียวกับแบบธรรมดา แต่ได้เพิ่มสารเคมีที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เข้าไปด้วย

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงาน

กรดโครมิก	200	กรัม/ ลิตร
กรดซัลฟูริก	2	”
สตรอนเตียมซัลเฟต (SrSO ₄)	7	”
โปตัสเซียมซิลิโคฟลูออไรด์ (K ₂ SiF ₆)	9	”
อุณหภูมิ	55	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	50	แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของขั้วลบ	22	เปอร์เซ็นต์

3. แบบไม่มีรอยร้าว (crack – free)

ผิวชิ้นงานที่ได้จากการชุบแบบนี้จะไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น แต่ผิวไม่ค่อยเงางาม โดยจะมีสีของผิวเป็นสีเทาดำ ความแข็งจะลดลงเหลือประมาณ 500 – 600 วิพีเอ็น แต่ผิวจะเหนียวสามารถตัดเป็นรูปได้ การชุบแบบนี้จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิอย่างดียิ่ง อาจจะใช้ heating และ cooling ที่ทำด้วย Tantalum coil ก็ได้

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงาน

กรดโครมิก	450	กรัม / ลิตร
กรดซัลฟูริก	4.5	”
สตรอนเตียมซัลเฟต	4.75	”
โปตัสเซียมซิลิโคฟลูออไรด์	1.5	”
อุณหภูมิ	45	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	20	แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของขั้วลบ	12	เปอร์เซ็นต์

การป้องกันผิวของชิ้นงานบางส่วนไม่ให้ถูกเคลือบ

ชิ้นส่วนที่นำมาชุบโครเมียมแบบแข็งเป็นจำนวนมากที่ต้องการให้โลหะโครเมียมชุบเคลือบเป็นบางส่วน แต่บางส่วนไม่ต้องการที่จะถูกชุบเคลือบ ซึ่งก็ทำได้โดยการทาแลคเกอร์ชนิดพิเศษ หรือเอาเทปพลาสติก หรือแผ่นพลาสติก หรือขี้ผึ้ง ทาทับส่วนที่ไม่ต้องการให้โครเมียมเข้าไปเกาะเคลือบผิวก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบผิวต่อไป

- แลคเกอร์ที่ใช้ทาหรือสเปรย์ลงไปบนส่วนที่ไม่ต้องการที่จะให้มีการชุบเคลือบนั้นจะต้องเป็นแลคเกอร์ชนิดพิเศษ เพราะน้ำยาชุบโครเมียมมีฤทธิ์เป็นกรดที่แรงมาก และยังทำการชุบที่อุณหภูมิสูงอีกด้วย ถ้าใช้แลคเกอร์ธรรมดาจะทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบได้
- เทปพลาสติกหรือแผ่นพลาสติกที่จะใช้จะเป็นพลาสติกโพลีเอทิลีนหรือพีวีซี ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบและเอาออกได้ง่ายหลังจากการชุบเสร็จสิ้น
- จี๊ฟิ่ง จี๊ฟิ่งที่ใช้ควรจะมีจุดหลอมเหลวสูงพอสมควร เพราะอุณหภูมิของน้ำยาชุบค่อนข้างสูง ในการทำนั้นอาจจะนำชิ้นงานไปจุ่มลงในถังจี๊ฟิ่งที่กำล้งหลอมตัวด้วยความร้อน จะมีจี๊ฟิ่งเกาะติดโดยทั่วไปบนชิ้นงาน แล้วจึงนำชิ้นงานออกมา เมื่อถูกกับอากาศจะทำให้อุณหภูมิของชิ้นงาน และจี๊ฟิ่งลดลง และจี๊ฟิ่งจะแข็งตัว จากนั้นจะลอกเอาจี๊ฟิ่งในบริเวณที่ต้องการให้โครเมียมชุบผิวออกให้หมด แล้วจึงนำไปทำการชุบต่อไป อีกวิธีการหนึ่งจะนำจี๊ฟิ่งที่ได้รับความร้อนจนอยู่ในสภาพหลอมเหลวมากทาบไปบนผิวของชิ้นงาน เฉพาะส่วนที่ไม่ต้องการให้มีการเคลือบผิวเกิดขึ้นเท่านั้น ฉะนั้นเมื่อนำไปชุบโครเมียมก็จะเกิดการเกาะเคลือบผิวเฉพาะส่วนที่ไม่ได้ทาจี๊ฟิ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการชุบโครเมียมแบบแข็ง

1. เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Rectifier) การชุบโลหะทุกชนิดจำเป็นต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เพราะการชุบโลหะต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง การชุบฮาร์ดโครมก็จำเป็นต้องใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้านี้ส่วนมากจะใช้ขนาด 12 โวลต์ คือปรับโวลต์ มากน้อยได้ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะเหล่านี้ก็ผลิตได้ในประเทศไทย และคุณภาพก็ทัดเทียมกับของต่างประเทศ

2. ทางเดินกระแสไฟฟ้า (Bus Bars) ทางเดินกระแสไฟฟ้านี้คือสะพานไฟฟ้าที่ต่อจากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ไปยังถังชุบส่วนมากที่ใช้ในอุตสาหกรรมชุบโลหะจะใช้ Bus Bars ที่เป็นทองแดงกับอลูมิเนียม ซึ่งก็มีมาตรฐานของขนาดกำหนดไว้ด้วยว่า มีความหนาและหน้ากว้างด้านทางกระแสไฟฟ้า

ตารางเปรียบเทียบ Bus Bar ทองแดงกับอลูมิเนียม

ทองแดง		อลูมิเนียม		แอมแปร์
มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	
25 x 6	1 x ¼	32 x 6	1 ¼ x ¼	425
38 x 6	1 ½ x ¼	38 x 8	1 ½ x 5/16	690
51 x 6	2 x ¼	51 x 8	2 x 5/16	775
76 x 6	3 x ¼	76 x 8	3 x 5/16	1125
102 x 6	¼	102 x 8	4 x 5/16	1500

3. **ถังน้ำยา** โลหะที่เป็นมาตรฐานในการสร้างถังชุบโครเมียม คือแผ่นเหล็กทั่ว ๆ ไป ต่อเชื่อมให้เป็นสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ต้องการ แล้วบุภายในด้วยตะกั่ว หรือ พี.วี.ซี, เอ.พี.เอ. อย่างใดอย่างหนึ่ง และควรมีท่อหล่อเย็นภายในถังด้วย หากอุณหภูมิของน้ำยาสูงเกินไป จะได้ปล่อยน้ำเย็นผ่านน้ำยาทำให้เย็นลงได้

4. **เครื่องมือเปลี่ยนขั้วกระแสไฟฟ้า (Reversing Switch)** เนื่องจากในการชุบฮาร์ดโครม (Hard chrome) นี้ จำเป็นจะต้องกลับขั้วชิ้นงาน ให้ชิ้นงานเป็นขั้วบวกเพียงระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อกำจัดพวกออกไซด์ต่าง ๆ ที่ผิวงานออก เพื่อให้ผิวงานสะอาดและมีเนื้อแท้ของโลหะที่ต้องการจะชุบอย่างแท้จริง และก็กลับให้ชิ้นงานเป็นขั้วลบตามปกติ

5. **เครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้า (Resistance Board)** อันนี้เป็นเครื่องควบคุมกระแสที่ถังชุบ โดยจะเพิ่มกระแสหรือลดกระแสได้ตามความต้องการ และก็ขึ้นอยู่กับเนื้อที่ของชิ้นงานที่ชุบด้วย

6. **เครื่องให้ความร้อน (Heater)** เนื่องจากการชุบฮาร์ดโครมนี้ อุณหภูมิในการชุบต้องร้อนถึง 50 หรือ 55° ซ. หรืออาจจะแตกต่างกว่านี้เล็กน้อย ฉะนั้นเครื่องให้ความร้อนแก่น้ำยาชุบจึงจำเป็นมาก และส่วนมากจะให้ความร้อนโดยระบบไฟฟ้า ซึ่งแช่อยู่ในถังน้ำยาชุบ ถ้าหากน้ำยาร้อนเกินอุณหภูมิที่กำหนดก็ต้องปิดเครื่องให้ความร้อน หรือปล่อยน้ำเย็นไหลตามท่อผ่านน้ำยา

7. **เครื่องควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาชุบ (Thermoster)** นอกจากมีเครื่องให้ความร้อนแล้วควรมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิด้วยเพราะอุณหภูมิของน้ำยาชุบมีขีดจำกัดไว้

8. **เครื่องมือขัดชิ้นงาน** จะใช้มอเตอร์ขัดเช่นเดียวกับขัดงานชุบโดยทั่ว ๆ ไป แต่งานบางอย่างจำเป็นต้องเจียรนัยเพื่อให้ได้ขนาดตามกำหนด ฉะนั้นควรมีเครื่องเจียรนัย หรือเครื่องขัดงานแบบ Centerless ซึ่งสามารถใช้ขัดงานแบบมีรูปร่างทรงกระบอกขนาดยาว ๆ ได้ และได้ขนาดของชิ้นงานเท่ากันตลอดชิ้นงาน

9. **ขั้วบวก (Anode)** โครเมียมที่ชุบได้จากกรดโครมิกที่ผสมเป็นน้ำยาชุบ ขั้วบวกที่ใช้ นั้นเป็นตะกั่ว ซึ่งมีส่วนผสมของพลวงหรือดีบุกเช่นเดียวกับขั้วบวกในการชุบโครเมียมทั่ว ๆ ไป ลักษณะของขั้วบวกที่ดีควรเตรียมให้เป็นสีน้ำตาลชอคโกแลต ขั้วบวกควรมีเนื้อที่มากกว่าชิ้นงาน ดังนั้นจึงมักทำเป็นรูปลูกฟูก

10. **ขั้วบวกช่วย (Auxiliary Anode)** ต้องออกแบบตามรูปร่างชิ้นงาน เช่น งานแม่พิมพ์ต่าง ๆ

11. **เครื่องดูดไอกรด** ชุบโครเมียมแบบแข็งจะต้องมีอุปกรณ์ดูดไอกรดด้วย

การเตรียมผิวงานที่จะทำการชุบ

ชิ้นงานที่จะนำไปชุบจะต้องผ่านการขัดผิวหรือเจียรนัยผิวมาแล้วอย่างดี และจะต้องอยู่ในสภาพที่เรียบร้อย ถ้าเป็นชิ้นงานที่ใช้แล้วก็ต้องขัดเอาโครเมียมเก่าออกเสียก่อนที่จะทำการชุบใหม่ ถ้ามีสนิมอยู่ที่ต้องเอาสนิมออกให้หมด

การทำความสะอาด

การทำความสะอาด บางครั้งจะทำก่อนการเกาะเกี่ยวด้วยเครื่องมือจับ แต่ส่วนมากมักจะทำได้หลัง ส่วนมากมักใช้ไตรคลอโรเอทที่ลีนทำความสะอาด เพื่อกำจัดไขมัน หรือล้างด้วยน้ำยาล้างล้างอย่างอ่อน แล้วจึงทำการกัดผิว

ขั้นตอนการชุบโครเมียมแบบแข็งบนโลหะต่างชนิดกัน

1. แบบชุบหนา (Heavy deposits)

เหล็กเหนียว (Mild Steel)

1. ล้างชิ้นงานด้วยผง Pumice กับน้ำ หรือล้างด้วยไฟฟ้า
2. กัดผิวด้วยกรดกำมะถัน โดยใช้งานเป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้า 22 – 27 แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร (200 – 250 แอมป์ / ตารางฟุต)
3. ล้างด้วยน้ำสะอาด
4. จุ่มชิ้นงานลงถึงชุบ ใช้กระแสไฟฟ้า 27 – 30 แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร (250 – 300 แอมป์ / ตารางฟุต)

เหล็กแข็ง (Hardened Steel) หมายถึงเหล็กที่ผ่านการชุบให้แข็งมาแล้ว

1. ล้างชิ้นงานด้วยผง Pumice กับน้ำ หรือล้างด้วยไฟฟ้า
2. กัดผิวด้วยกรดกำมะถัน
3. ล้างด้วยน้ำ
4. จุ่มชิ้นงานลงถึงด้วยกระแสไฟฟ้า 27 – 30 แอมป์ / ตารางเดซิเมตร

ทองเหลือง ทองแดง และบรอนซ์ Brass, Copper and Bronze

ไม่จำเป็นต้องกัดผิว ใช้ชุบได้เลย หรือ ถ้าจะกัดผิวเล็กน้อย ใช้กัดผิวด้วยโซดาไฟ 5 – 10 นาที แล้วล้างน้ำก่อนลงถึงชุบ ต้องจุ่มในกรดเกลือ 5 % แล้วล้างน้ำอีกครั้งจึงชุบได้

2. แบบชุบบาง (Light deposits)

เหล็กเหนียว Mild Steel

1. ล้างชิ้นงานด้วยไฟฟ้า หรือเช็ดถูด้วยไตรคลอโรเอทที่ลีน
2. ล้างน้ำสะอาด
3. ชุบชิ้นงานกลับขั้ว 15 – 30 วินาที

4. ชุบปกติด้วยไฟฟ้า 27 - 30 แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร (250 – 300 แอมแปร์ / ตารางฟุต)

เหล็กแข็ง (Hardened Steel)

1. ขัดถูชิ้นงานด้วยผง Pumice กับน้ำ
2. ล้างน้ำ
3. กัดผิวสลัดขี้ด้วยใช้งานเป็นบวก 5 – 10 วินาที
4. ล้างน้ำ
5. ชุบทันทีในถังชุบ

ทองเหลือง ทองแดง และบรอนซ์ Brass, Copper and Bronze

1. เช็ดถูด้วยไตรคลอโรเอททีลีน
2. ล้างด้วยไฟฟ้า
3. ล้างน้ำ
4. ชุบทันทีในถังชุบ

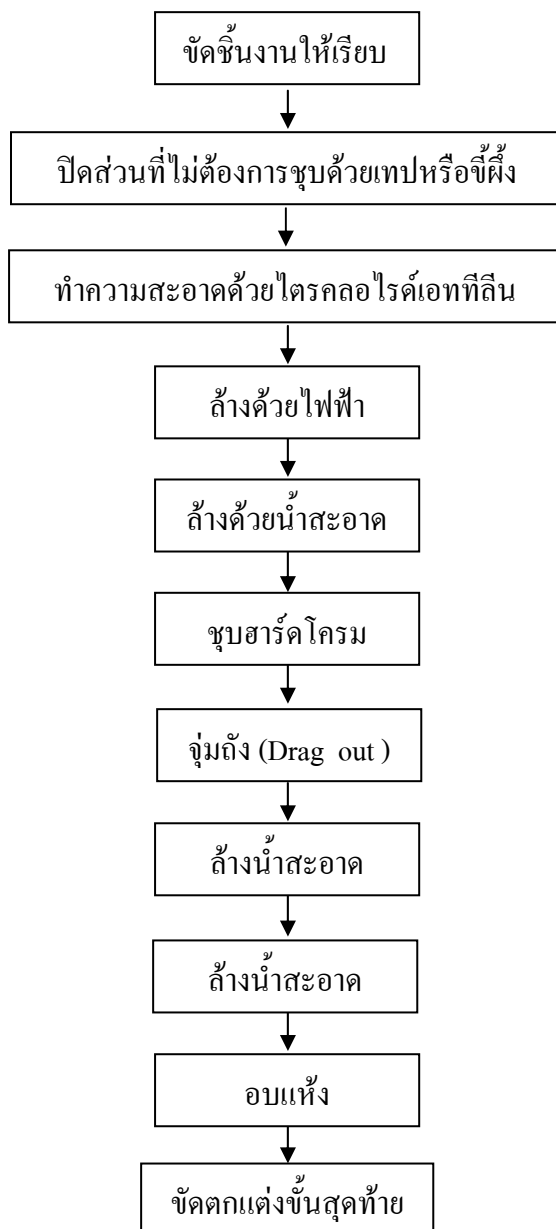
ขั้นตอนการชุบโครเมียมแบบแข็งบนงานที่ไม่ใช่เหล็ก (NON – Ferrous Metal)

1. ต้มล้างด้วยน้ำยาหรือล้างด้วยไฟฟ้า
2. ล้างด้วยน้ำสะอาด
3. จุ่มกรดเกลือเข้มข้น 50 % หรือกัดผิวด้วยไฟฟ้าในกรดกำมะถัน
4. ล้างด้วยน้ำ
5. ชุบโครเมียมแบบแข็ง
6. อบที่ 350 °F ใช้เวลา 1 – 3 ชั่วโมง

ชุบโครเมียมบนเหล็กหล่อ (Hard Chrome on cast Iron)

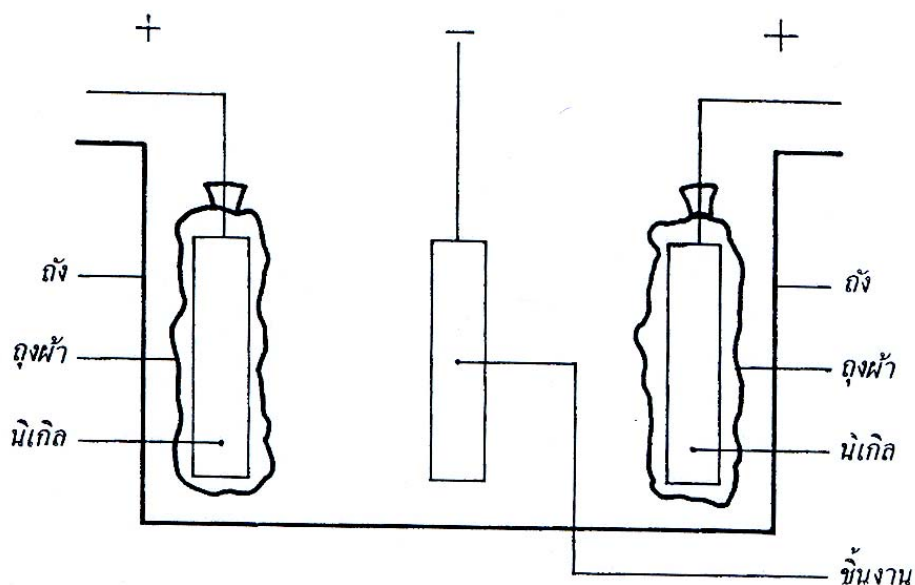
1. กำจัดไขมันด้วยไตรคลอโรเอททีลีน
2. ล้างด้วยด่าง
3. ล้างด้วยน้ำ
4. กัดผิวในกรดกำมะถันโดยใช้ไฟฟ้า 38 แอมแปร์ / ตารางเดซิเมตร
5. ชุบโครเมียมแบบแข็งใช้ไฟฟ้า 2 – 3 แอมแปร์ / ตารางนิ้ว

ขั้นตอนการชุบโครเมียมแบบแข็ง



บทที่ 9

การชุบนิเกิล

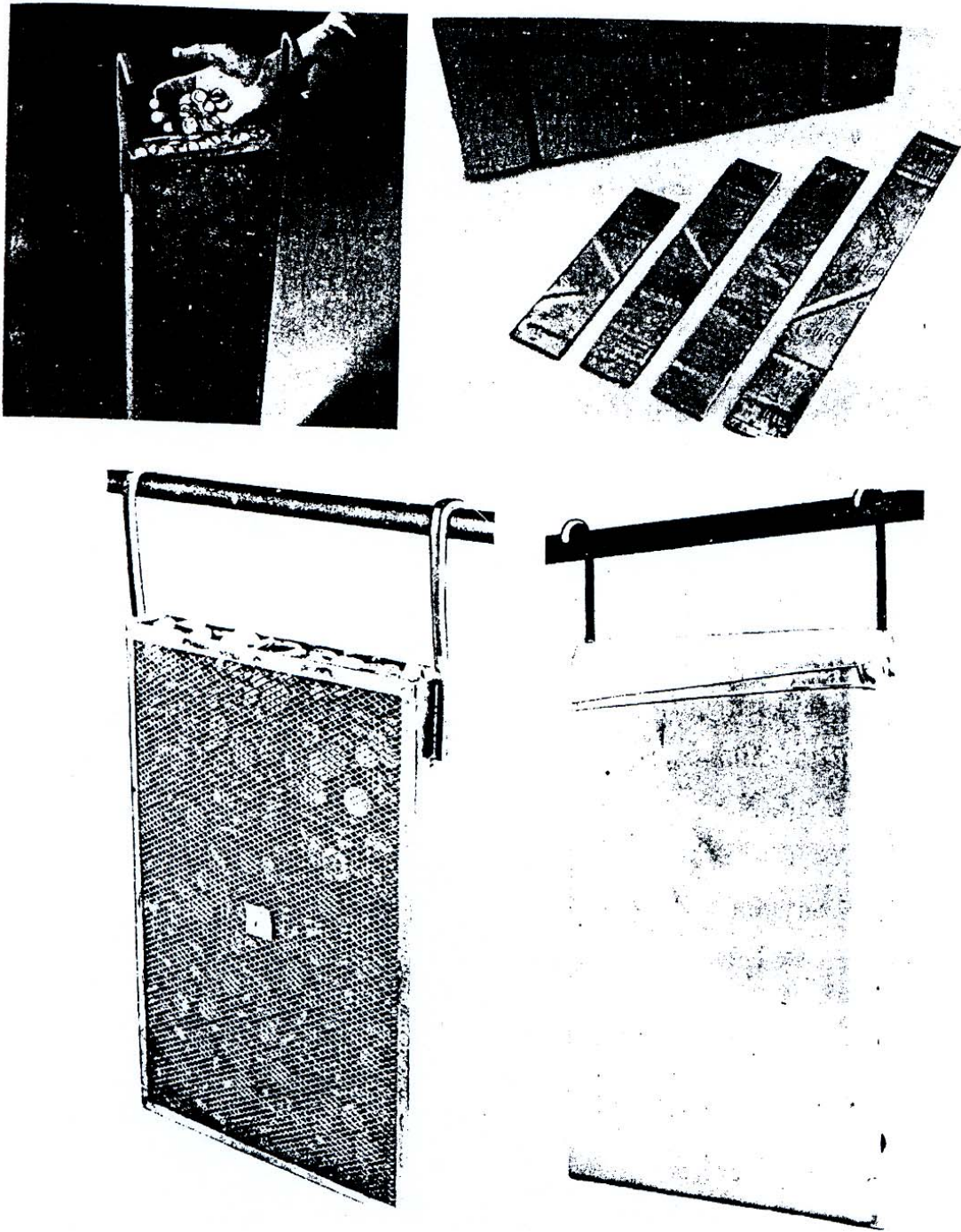


นิเกิลเป็นโลหะที่มีสีขาวด้านแต่เวลาชุบใส่น้ำยาเงาเข้าไปด้วย ทำให้ได้ผิวนิเกิลเป็นสีขาวคล้ายเงิน และมีความเงาสวยงามและทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดีมาก มีจุดหลอมที่ 1452°C มีความแข็งประมาณ 80 – 120 Brinell มีสัญลักษณ์ Ni นิเกิลใช้กันแพร่หลายมากในอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เพราะนิเกิลมีความทนทานต่อการสึกกร่อนได้ดี ดังนั้นการชุบนิเกิลบนโลหะอื่นเพื่อรักษาเนื้อโลหะเดิมไม่ให้เกิดสนิมง่าย และยังช่วยทำให้โลหะที่ชุบสวยงามอีกด้วย นิเกิลใช้ชุบรองพื้นบนชิ้นงานก่อนชุบโครเมียม และรองพื้นก่อนชุบทองหรือก่อนชุบเงิน

การชุบนิเกิลมีหลายแบบด้วยกัน นิเกิลดำ นิเกิลกึ่งเงา นิเกิลเงา ซาตินนิเกิล และนิเกิลดำ แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการชุบนิเกิลเงา และนิเกิลดำซึ่งมีบทบาทในอุตสาหกรรมชุบโลหะอย่างมาก

นิเกิล ที่ใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า มีนิเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) นิเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) และกรดบอริก (H_3BO_3) เป็นตัวคุม พี.เอช.

ต่อล่อ (Nickel Anode) มีหลายชนิด มีชนิดแผ่น ชนิดก้อนสี่เหลี่ยม ชนิดเม็ด ส่วนชนิดก้อนสี่เหลี่ยมและชนิดเม็ด เวลาใช้งานจะต้องใส่ตะกร้าตีตะกั่ว



นิเกิลด้าน (Dull Nickel)

นิเกิลด้านโดยทั่ว ๆ ไป ใช้ชุบลงบนชิ้นงานก่อนที่จะชุบโครเมียม แต่ชิ้นงานที่ชุบนิเกิลด้านแล้วจะต้องนำไปขัดด้วยเครื่องมือขัดให้ชิ้นงานเงา จึงนำไปชุบโครเมียม

ส่วนผสมของน้ำยา

สูตร	นิกเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	250	กรัม / ลิตร
	นิกเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	60	”
	กรดบอริก (H_3BO_3)	40	”
	ค่า pH	3.5 – 4.5	”
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	20 แอมแปร์ / ตารางฟุต	
	ตัวล่อ ใช้นิกเกิล		

นิกเกิลกึ่งเงา (Semi – Bright Nickel)

นิกเกิลกึ่งเงาใช้ชุบร่องพื้นบนชิ้นงานที่เป็นเหล็ก โดยเฉพาะชิ้นงานที่ใช้งานตากแดดตากฝน เนื่องจากนิกเกิลกึ่งเงาเป็นนิกเกิลที่ทนต่อการเกิดสนิมดีมาก และมีความเหนียว ชุบแล้วตัดงอได้โดยผิวไม่แตกหรือล่อนออก ชิ้นงานที่จะนำไปชุบโครเมียมจะต้องชุบนิกเกิลกึ่งเงาหนาประมาณ 60 % แล้วชุบทับด้วยนิกเกิลเงาอีกประมาณ 40 % ของความหนาทั้งหมดของนิกเกิล หรือชุบนิกเกิลกึ่งเงาประมาณ 18 ไมครอน และชุบนิกเกิลเงาอีกประมาณ 12 ไมครอน เป็นอย่างน้อยแล้วจึงชุบโครเมียม การชุบร่องพื้นด้วยนิกเกิล 2 ชั้น เรียกว่า Duplex Nickel

ส่วนผสมของน้ำยาชุบนิกเกิลกึ่งเงา

	นิกเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	300	กรัม / ลิตร
	นิกเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	40	”
	กรดบอริก (H_3BO_3)	40	”
	ตัวยา กึ่งเงา ตามคู่มือของน้ำยานั้น ๆ		
	อุณหภูมิ	55 – 60	ซ.
	ค่า pH	4.2	
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	20 – 40	แอมแปร์ / ตารางฟุต

นิกเกิลเงา (Bright Nickel)

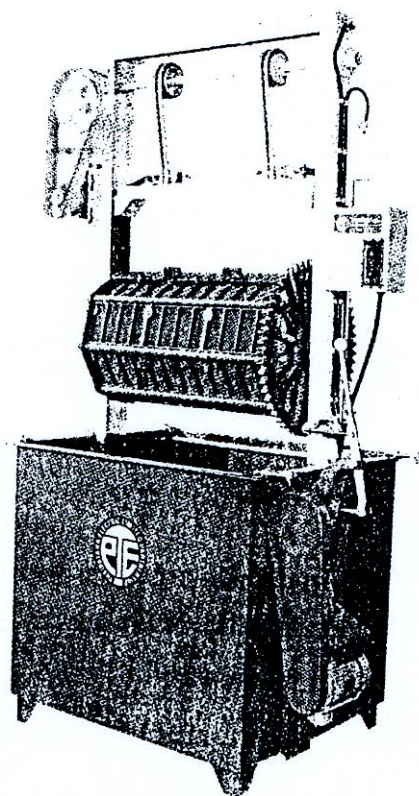
นิกเกิลเงาใช้ชุบร่องพื้นบนชิ้นงานก่อนชุบโครเมียม ก่อนชุบทองเหลือง และชุบร่องพื้นก่อนชุบเงิน และก่อนชุบทอง ถ้าหากชุบร่องพื้นด้วยนิกเกิลเงาแต่ชิ้นงานไม่ขึ้นเงาแสดงว่ามีการผิดพลาดระหว่างชุบ อาจใช้กระแสอ่อนไป หรือน้ำยาเงาไม่พอ จะต้องหาสาเหตุให้พบแล้วแก้ไข จนกระทั่งชุบแล้วชิ้นงานขึ้นเงาตามต้องการ จึงนับว่าใช้ได้ จึงนำชิ้นงานชุบในขั้นต่อไปได้

ส่วนผสมของน้ำยาชุบนิเกิลเงา

นิเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	250 - 300	กรัม / ลิตร
นิเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	40 - 60	”
กรดบอริก (H_3BO_3)	35 - 45	”
น้ำยาเงา เติมตามคู่มือของน้ำยานั้น ๆ		
ขั้วล่อ (Anode) ใช้ นิเกิล		

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	45 – 65 °ซ	
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	20 – 40	แอมป์ / ตารางฟุต



การชุบนิเกิลแบบถังหมุน (Barrel Nickel)

การชุบนิเกิลแบบนี้ เป็นชิ้นงานเล็ก และชุบครั้งละจำนวนมาก ๆ จำเป็นต้องขัดและชุบด้วยระบบถังหมุน เช่น ดอกกุญแจ ซีปป์ เข็มหมุด เป็นต้น

น้ำยาชุบนิกเกิลแบบถังหมวน

นิกเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	300	กรัม / ลิตร
นิกเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	55	”
กรดบอริก (H_3BO_3)	40	”
ค่า pH	4 - 4.6	
ตัวน้ำยาเงา ใสตามคู่มือของน้ำยานั้น ๆ		
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	20 – 40	แอมแปร์ / ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	4 – 12	โวลท์

การผสมน้ำยาชุบนิกเกิลเงา

1. ใส่น้ำกลั่นลงไปจนถึงประมาณ 2/3 ของความจุทั้งหมดแล้ว ให้ความร้อนประมาณ 60°C
2. ใส่กรดบอริกลงไปทีละน้อย กวนน้ำยาให้กรดบอริกละลายจนหมด
3. ใส่นิกเกิลซัลเฟต กวนน้ำยาให้นิกเกิลซัลเฟตละลายจนหมด
4. ใส่นิกเกิลคลอไรด์ กวนให้ละลาย
5. ใส่ผงคาร์บอน (Activated Carbon) 2 กรัม / ลิตร หรือ โปตัสเซียมเปอร์มันงานเกต 0.125 กรัม / ลิตร แล้วกวนตลอดเวลา อย่างน้อยครึ่งชั่วโมงเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำยา
6. กรองน้ำยาให้สะอาด
7. ใส่น้ำยาเงา
8. ปรับน้ำยาโดยเติมน้ำจนครบตามปริมาตรที่ต้องการ

หน้าที่ของส่วนผสมต่าง ๆ

นิกเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) เป็นเกลือให้นิกเกิลไอออนในสารละลาย นิกเกิลไอออนจะ เป็นตัวโลหะนิกเกิลไปจับเคลือบบนชิ้นงานที่ชุบ

อัตราการเคลือบผิวของนิกเกิล

สำหรับขั้วลบที่มีประสิทธิภาพ 95 – 96 % ตารางต่อไปนี้แสดงเวลาของการชุบ ซึ่งได้ความหนา 0.001 นิ้ว (25 ไมครอน)

ความหนาแน่น ของกระแสไฟฟ้า	แอมป์ / ตร.ฟุต	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
	แอมป์ / ตร.ดม.	0.5	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	4.3	4.3	5.4	6.5	8.6
	จำนวนนาทีกในการชุบ	240	120	80	60	48	40	30	24	20	17	15

นิเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) หน้าที่สำคัญของนิเกิลคลอไรด์ คือให้นิเกิลไอออนซ์ และคลอไรด์ไอออนซ์ คลอไรด์เป็นตัวทำให้การละลายของขั้วบวกดีขึ้น ช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าของสารละลายน้ำยาชุบ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มกำลังการชุบเคลือบผิวอันเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มประสิทธิภาพของขั้วลบ

กรดบอริก (H_3BO_3) ทำหน้าที่เป็นตัวปะทะในน้ำยาชุบนิกเกิล ก็จะเป็นตัวควบคุม พีเอชของน้ำยาชุบให้คงที่ ถ้าไม่มีกรดบอริกค่า พีเอช ของน้ำยาจะเปลี่ยนแปลงไปได้ง่าย ซึ่งค่าพีเอช นี้มีความสำคัญต่อน้ำยาชุบนิกเกิลมาก

น้ำยาเงา (Brightener) เป็นตัวเพิ่มความเงาให้กับผิวงานที่ชุบ โดยการช่วยทำการให้การเคลือบผิวของนิเกิลเรียงตัวกันอยู่เป็นชั้นบาง ๆ บนผิวของชิ้นงาน

น้ำยาเงา ควรเติมในขณะที่กำลังทำงานมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน น้ำยาเงามีส่วนสัมพันธ์กับค่าพีเอช ของน้ำยาชุบและความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามาก การชุบไม่ขึ้นเงาอาจเนื่องมาจากน้ำยามีค่าพีเอชต่ำ การเติมน้ำยาเงามากเกินไปนอกจากจะทำให้การชุบเปราะแล้วยังทำให้เป็นเงาน้อยลงก็ได้ ถ้ามีความหนาแน่นไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นไม่ควรเติมน้ำยาเงาทันทีเมื่อการชุบไม่ขึ้นเงา เพราะอาจจะเนื่องจากเหตุอื่นควรจะมีการวัดค่าพีเอชก่อน สิ่งสกปรก เช่น เศษโลหะต่าง ๆ ก็เป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ชุบไม่ขึ้นเงา

ในน้ำยาชุบที่มีน้ำยาเงาอย่างเพียงพอ แต่ถ้าเราใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง ก็อาจจะได้ผลงานที่มีความเงาไม่ดีเท่าที่ควร เครื่องมือทดลองมีชื่อว่า “ ฮัลเซลล์ ” (Hull Cell) เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ทราบว่า น้ำยาชุบแต่ละอย่างนั้นควรใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าใด และน้ำยาเงามีปริมาณมากน้อยเท่าใด ทดลองได้โดยนำแผ่นทดลองชุบในฮัลเซลล์

ความสำคัญของสภาวะการทำงานของน้ำยาชุบ

ค่า พีเอชมีความสำคัญที่สุดในน้ำยาชุบนิกเกิล ถ้ารักษาค่าพีเอช ไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ในการชุบ จึงควรตรวจสอบค่าพีเอช ทุกวัน เมื่อมีการชุบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากค่าพีเอช เปลี่ยนแปลงไปก็คือจะทำให้เกิดกำลังชุบเคลือบผิวไม่ดี ประสิทธิภาพของขั้วลบต่ำการเกาะเคลือบผิวขรุขระเปราะหรือเป็นหลุม ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 3.5 การชุบจะไม่ขึ้นเงาและไม่เรียบ ถ้าค่าพีเอชสูงเกิน 4.5 นิกเกิลที่ชุบจะเปราะ

ปรับค่า pH

การลดค่าของพีเอชให้ต่ำลงทำได้โดยเติมกรดกำมะถันเจือจางลงไปในน้ำยาชุบ โดยนำกรดกำมะถัน ผสมน้ำ 3 – 4 เท่า

การเพิ่มค่าพีเอชทำได้โดยเติมโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์) 5 % โดยเอาโซดาไฟผสมกับน้ำยาชุบนิเกิลในอัตราส่วน 50 กรัมต่อลิตร หรือเติมนิเกิลคาร์บอเนต โดยเอานิเกิลคาร์บอเนตละลายด้วยน้ำร้อนก่อน

เครื่องให้ความร้อน (Heater) อุณหภูมิโดยทั่วไปเราสามารถให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นในถังที่ร้อนมากกว่าในถังที่เย็น ฉะนั้นเครื่องให้ความร้อน (Heater) จึงจำเป็นสำหรับการชุบนิเกิล

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (Current Density)

อุณหภูมิปกติจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 5 – 20 แอมป์ / ตารางฟุต แต่ถ้าน้ำยาชุบร้อนจะใช้กระแสได้ถึง 20 – 40 แอมป์ / ตารางฟุต

การกวนน้ำยา จะทำให้ใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ชุบได้หนาโดยเวลาน้อยลง และทำให้ความเข้มข้นของน้ำยาเท่ากันตลอดถัง

ผลของสิ่งสกปรกและการกำจัด ในถังชุบนิเกิลแม้จะมีสิ่งเจือปนจำนวนเล็กน้อย เนื่องจากโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง หรือตะกั่ว จะทำให้ชิ้นงานที่ชุบนั้นแลดูไม่สวยงามลดความเงาและค่าคล้าบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้า

ทองแดง (Cu) ที่มีอยู่ในน้ำยาชุบนิเกิลจะทำให้ชิ้นงานเปราะเป็นหลุมและจะลดการจับเกาะของนิเกิลกับผิวโลหะชิ้นงาน

สังกะสี (Zn) ถ้าสังกะสีจำนวน 0.2 กรัม / ลิตร จะช่วยให้เกิดความเงาในการชุบนิเกิล แต่ถ้ามีสังกะสีมากกว่านี้จะทำให้เกิดลายเส้นดำ ๆ จับเกาะตรงที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ แก้ไขโดยวิธี “ คัมมี ” โดยใช้แผ่นเหล็กชุบฟูก แวนเป็นขั้วลบให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 2 แอมป์ / ตารางฟุต หรือกำจัดโดยใส่ตัวยานิเกิลเพียวรีไฟด์ ตัวยานี้จะจับ สังกะสีทองแดง ให้ตกตะกอนแล้วกรองน้ำยาให้สะอาด

สารอินทรีย์ กำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำยาชุบได้โดยใช้ผงถ่าน (Activate carbon) ผสมลงในน้ำยาชุบ 2 กรัม / ลิตร กวนน้ำยาตลอดเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้ผงถ่านตกตะกอนจึงกรองน้ำยาให้สะอาด

นิเกิลสไตรต์

นิเกิลสไตรต์ ใช้ชุบบนชิ้นงานที่เป็นสแตนเลส สแตนเลสมีความแข็งแรงและผิวด้านก่อนจะทำการชุบจะต้องเอาออกไซด์ออกจากผิวก่อน และเป็นการกระตุ้นผิวสแตนเลส นิเกิลสไตรต์ชุบแล้วจะได้ผิวชุบบาง ๆ และนำไปชุบในขั้นตอนต่อไป เช่น ทองแดงเงา, นิเกิลเงา

นิเกิลสไตรต์ มี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดคลอไรด์ ประกอบด้วย นิเกิลคลอไรด์และกรดเกลือ

สูตร	นิเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	240	กรัม / ลิตร
	กรดเกลือเข้มข้น ถ.พ. 1.18 (HCl)	86	ม.ล. / ลิตร
	กระแสไฟฟ้า	3 แอมป์ / ตารางเดซิเมตร	
	อุณหภูมิ	อุณหภูมิห้อง	
เวลาชุบ	2-3 นาที	ใช้งานเป็นขั้วบวก	
	6 นาที	ใช้งานเป็นขั้วลบ	

การชุบนิกเกิลสไตรต์ จะต้องล้างชิ้นงานให้สะอาด แล้วกัดผิวในกรดกำมะถัน 30 % โดยน้ำหนัก โดยใช้งานเป็นขั้วบวก เวลา 3 นาที ไฟฟ้า 6 โวลต์ เมื่อครบ 3 นาทีแล้ว ปิดไฟฟ้าประมาณ 15 วินาที แล้วจึงชุบโดยใช้งานเป็นขั้วลบ ประมาณ 6 นาที จะใช้แยกถังก็ได้ โดยแยกถังทำงานเป็นบวก กับถังที่ใช้งานเป็นลบ

2. ชนิดซัลเฟต ประกอบด้วย นิเกิลซัลเฟต และกรดกำมะถัน

สูตร	นิเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	250	กรัม / ลิตร
	กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	25	ม.ล. / ลิตร
	กระแสไฟฟ้า	16-22 แอมป์ / ตารางเดซิเมตร	
	อุณหภูมิ	35-40 ° ซ	
เวลาชุบ	5-10 นาที		

ความยุ่งยากในการชูป

อาการ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. ผิวที่เคลือบไหม้	ก. ส่วนผสมของน้ำยาเจือจาง ข. อุณหภูมิขณะปฏิบัติงานต่ำเกินไป ค. ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป ง. แวนชันงานไม่ถูกวิธี	ตรวจและแก้ไขโดยวิเคราะห์น้ำยาแล้วเติมส่วนที่ขาดและใช้กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้อง
2. ชูปเคลือบเป็นหลุม (ตามค)	ก. มีเหล็กปนในน้ำยาชูป ข. กรดบอริกต่ำไป ค. โลหะอื่นตกลงไปปนในน้ำยา	ใช้วิธี “คัมมี่” โดยนำแผ่นเหล็กถูกฟูกลงชูปเพื่อให้โลหะอื่น ๆ ติดมากับแผ่นเหล็กปรับค่าพีเอชให้ถูกต้อง ใช้กระแสให้ถูกต้องและกรองน้ำยาให้สะอาด
3. ผิวหยาบ ขรุขระ	ก. ค่าพีเอชสูงเกินไป ข. กรดบอริกต่ำ ค. ความหนาแน่นของกระแสไฟสูง ง. มีฝุ่นผงและสารที่ไม่ละลายในน้ำยาชูป ฉ. เนื่องจากผิวชิ้นงานมีสนิมมีตะกั่วปนในน้ำยาชูป	แก้ไขโดยคัมมี่หรือใส่ निकิลเพียวรีไฟด์
4. ผิวแข็งเปราะบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ		แก้ไขโดยคัมมี่หรือใส่ निकิลเพียวรีไฟด์
5. ผิวดำและแข็งเปราะโดยเฉพาะบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ		แก้ไขโดยคัมมี่ หรือใส่ निकิลเพียวรีไฟด์
6. ผิวเปราะแตกและมั่ว	มีเหล็กในถังน้ำยาชูป	ใช้วิธี “คัมมี่” หรือใส่ निकิลเพียวรีไฟด์
7. ชูปไม่เงา	น้ำยาเงาไม่พอ เตรียมผิวงานไม่ดี	ต้องเติมน้ำยาเงา

ลอกนิกเกิล

นิกเกิลเงา หรือนิกเกิลที่ชุบแล้วใช้ไม่ได้ จะต้องลอกออกเพื่อขัดแต่งผิวชิ้นงานใหม่

ส่วนผสมของน้ำยา

น้ำ	1	ส่วน
กรดดินประสิว (HNO_3)	1	ส่วน
กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	2	ส่วน

การผสม จะต้องใส่น้ำลงในถังพลาสติก หรือถังสแตนเลส ก่อนแล้วจึงค่อย ๆ เทกรดลงไปอย่างช้า ๆ

ลอกนิกเกิลและทองแดงบนชิ้นงาน Zinc Diecasting

กรดกำมะถัน (H_2SO_4) 50%	800	ม.ล.
กรดดินประสิว (HNO_3)	200	ม.ล.
กรดเกลือ (HCl)	3.5	ม.ล.

วิธีการลอก ชิ้นงานล้างให้สะอาด แล้วจุ่มแช่ในน้ำยา โดยใช้อุณหภูมิปกติ สังเกตดูชิ้นงานมีแก๊สเกิดขึ้น และดูด้วยว่าลอกนิกเกิลหมดแล้วเอาชิ้นงานล้างในน้ำสะอาด

การชุบนิเกิล – โครเมียมบนอลูมิเนียม

การที่จะนำอลูมิเนียมมาชุบนั้นจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กำจัดไขมันที่ผิวอลูมิเนียมด้วยไตรคอลลโรเอททีลีน หรือ ด้วยน้ำยาล้างแบบดัม ประมาณอุณหภูมิ 60 - 80 °C
2. ล้างด้วยไฟฟ้าโดยใช้งานเป็นขั้วลบ (Cathodic clean) ประมาณ 1 – 30 นาที น้ำยาอาจใช้น้ำยา Bondal cleaner หรืออาจผสมเองโดยใช้ดังต่อไปนี้
3. ล้างน้ำให้สะอาด
4. จุ่มงานลงในกรดดินประสิว ความเข้มข้น 50 % โดยปริมาตร
5. ล้างน้ำให้สะอาด
6. จุ่มชิ้นงานในน้ำยา Bondal Dip 1 – 2 นาที
7. ล้างน้ำให้สะอาด
8. ล้างน้ำให้สะอาด
9. ชุบนิเกิล
10. ล้างน้ำให้สะอาด
11. ชุบโครเมียม
12. ล้างน้ำให้สะอาด

หลังจากล้างน้ำในข้อ 5 ข้างบนแล้ว ดำเนินการแบบข้างล่างนี้ก็ได้

- 6 จุ่มน้ำยาใน Bondal Dip 30 – 45 วินาที
- 6 A ล้างในน้ำสะอาด
- 6 B จุ่มกรดดินประสิว 50% 10 – 30 วินาที
- 6 C ล้างน้ำสะอาด
- 6 D จุ่มในน้ำยา Bondal Dip 10 – 15 วินาที

น้ำยา Bondal Dip เป็นน้ำยาสำเร็จรูปจากประเทศอังกฤษ ซึ่งมีจำหน่ายตามร้านจำหน่ายเคมีสำหรับชุบโลหะ แต่มีไม่ทั่วไป ฉะนั้นหากหาตัวยานี้ไม่ได้เราก็สามารถผสมขึ้นมาใช้เองได้โดย

เรียกว่า Zincate Dip

น้ำยา Zincate Dip ประกอบด้วยสารเคมีดังนี้

ซิงออกไซด์ (Zno) 100 กรัม

โซดาไฟ (NaOH) 500 กรัม น้ำ 1 ลิตร

ขั้นตอนปฏิบัติ

1. ล้างไขมัน
2. ล้างน้ำ
3. จุ่มกรดดินประสิว 50% โดยปริมาตร 1 นาที
4. ล้างน้ำ
5. จุ่มน้ำยา Zincate Dip 3 นาที
6. ล้างน้ำ
7. จุ่มกรดดินประสิว 50%
8. ล้างน้ำ
9. จุ่มน้ำยา Zincate Dip
10. ล้างน้ำ
11. ชุบนิเกิล
12. ล้างน้ำ
13. ชุบโครเมียม

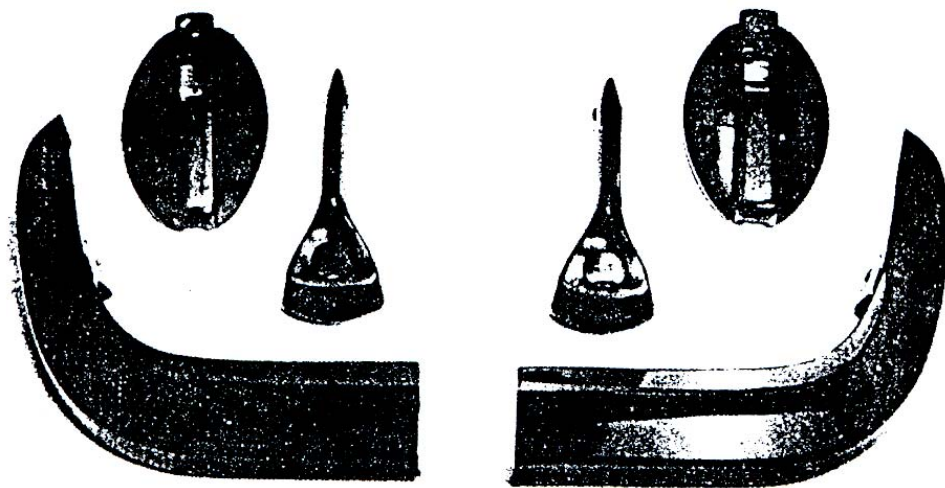
แต่ถ้าหากจะชุบ Hard Chrome บนอะลูมิเนียม น้ำกรดดินประสิว 50% ที่ใช้จุ่มจะต้องเปลี่ยนเป็น
ดังนี้ กรดดินประสิว 3 ส่วนโดยปริมาตร

กรดไฮโครฟลูออริก 60% 1 ส่วนโดยปริมาตร

น้ำ 4 ส่วนโดยปริมาตร

น้ำกรดนี้ต้องใส่ในถังซึ่งบุด้วย พี.วี.ซี หรือพลาสติก เวลาไม่ได้ใช้งานต้องปิดให้มิดชิด

การชุบนิเกิลดำ(Black Nickel plating)



นิเกิลดำส่วนมากจะใช้ในงานตกแต่งผิวให้เป็นสีดำ เช่น อุตสาหกรรมกรอบแว่นตา ประเภทอาวุธ ซึ่งไม่ต้องการให้สะท้อนแสง

คุณสมบัตินิเกิลดำ

น้ำยาชุบนิเกิลดำที่ใช้กันมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. น้ำยาที่ผสมด้วยนิเกิลซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และไทโอซายานต
2. น้ำยาที่ผสมด้วยนิเกิลซัลเฟตและแอมโมเนียมโมลิบเดต

ส่วนผสมน้ำยาที่ 1

นิเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	60-80	กรัม/ลิตร
นิเกิลแอมโมเนียมซัลเฟต	30-50	กรัม/ลิตร
โซเดียมไทโอซายานต (NaCNS)	15-20	กรัม/ลิตร
ซิงค์ซัลเฟต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	35	กรัม/ลิตร
พี.เอช.	5.0-6.0	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า สำหรับชุบบางชิ้นงาน	0.5-2	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
ชุบบางครั้งใช้กระแส	0.1-0.2	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
อุณหภูมิห้องถึง	60	⁰ ซ.

ส่วนผสมน้ำยาที่ 2

นิกเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{HO}$)	150	กรัม/ลิตร
แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(\text{HN}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	30-40	กรัม/ลิตร
กรดบิริก $\text{H}_3 \text{G}_3$	20-25	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช.	4.5-5.5	

นอกจากน้ำยาทั้ง 2 นี้แล้ว ยังมีน้ำยาชุบนิกเกิลดำที่ใช้ นิกเกิลคลอไรด์ แทนนิกเกิลซัลเฟต

ส่วนผสมของน้ำยา

นิกเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	60-80	กรัม/ลิตร
แอมโมเนียมคลอไรด์ AlCl_3	5-50	กรัม/ลิตร
โซเดียมไทโอซายานาต NaCnS	10-30	กรัม/ลิตร
ซิงค์คลอไรด์ ZnCl	10-50	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช.	5	กรัม/ลิตร

การผสมน้ำยา

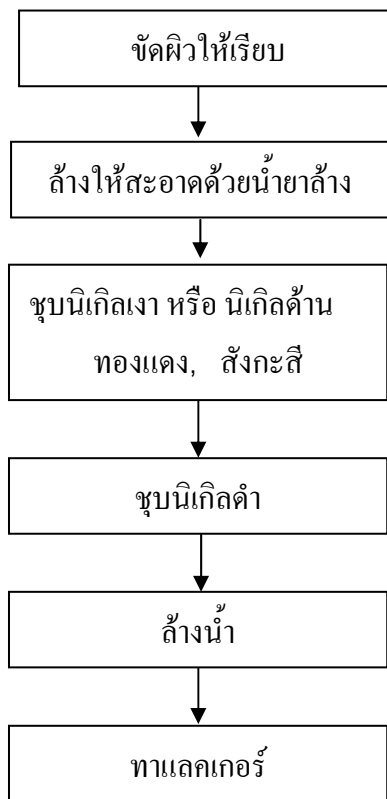
การผสมน้ำยา

ใส่น้ำในภาชนะ แล้วใส่สารลงไปทีละตัว กวนให้สารละลายจนหมด แล้วจึงใส่สารตัวอื่น ๆ ลงไปจนครบ แล้วกรองให้สะอาด สุดท้ายเติมน้ำจนครบตามจำนวนที่ต้องการ

คุณสมบัติของนิกเกิลดำ

นิกเกิลดำผิวไม่แข็ง ความหนาที่ชุบได้เฉลี่ยประมาณ 2 ไมครอน เมื่อชุบนิกเกิลดำแล้ว การขัดตกแต่งผิวแล้วก็ควรทาด้วยแลคเกอร์ หรืออะโลมน้ำมัน

ขั้นตอนการชุบนิเกิลดำ



การชุบนิกเกิลดำ ชิ้นงานต้องผ่านการชุบนิกเกิลเงา, นิกเกิลดำน, สังกะสี หรือทองแดง มาก่อน จึงจะได้ผิวนิกเกิลดำที่ดำสวยและทนทาน

การชุบโลหะผสมนิเกิล – เหล็ก(Nickel-Iron plating)

นิเกิลเป็นโลหะสีขาว นวล สวยงาม ใช้ชุบรองพื้นบนชิ้นงานก่อนที่จะนำชิ้นงานไปชุบโครเมียม ชุบรองพื้นบนชิ้นงานที่จะชุบทองและชุบเงิน หรือบางทีก็ใช้ชุบรองพื้นบนชิ้นงานที่จะชุบทองขาว (โรเดียม) นิเกิลมีบทบาทในอุตสาหกรรมชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ฉะนั้น นิเกิลจึงมีราคาสูงขึ้นอยู่กับสมอ ทำให้ต้นทุนการผลิตในกรรมวิธีการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าสูงขึ้นไปอย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง

แต่ปัจจุบันนี้ นักวิชาการหรือนักวิทยาศาสตร์ทางด้านการศึกษาชุบโลหะด้วยไฟฟ้า ได้คิดค้นวิธีลดต้นทุนในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า โดยให้ได้คุณภาพเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม โดยการคิดค้นวิธีการชุบนิกเกิลโดยลดสารนิเกิล และทดแทนโดยการเติมธาตุเหล็กลงไปแทนในอัตราส่วนที่พอเหมาะ และมีตัวช่วยทำให้ผิวเป็นเงางาม มีความเหนียวที่ผิว ไม่เปราะหรือเป็นสนิมทุกอย่างพิสูจน์แล้วว่าใช้งานได้ไม่แพ้กัน และต้นทุนถูกกว่านิเกิล การใช้งาน ใช้ชุบรองพื้นบนชิ้นงานก่อนชุบทองหรือชุบโครเมียม

น้ำยาชุบโลหะผสมนิเกิล-เหล็ก น้ำยาชุบโลหะผสมนิเกิลผสมเหล็กนี้ มีบริษัทผู้ผลิตน้ำยาเงาหลายแห่งด้วยกัน ส่วนสารอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกับการชุบนิกเกิลเงา คือมีน้ำยาเงาของนิเกิลมาจากผู้ผลิตหลายแห่งด้วยกัน แต่ละผู้ผลิตจะมีสูตรหรืออัตราส่วนที่ผ่านการทดสอบมาแล้วว่าได้ผลดี ต่อไปนี้ก็เป็นน้ำยาชุบโลหะผสมนิเกิลเหล็ก จากบริษัทผู้ผลิตชื่อ Udylite

ส่วนผสมของน้ำยา

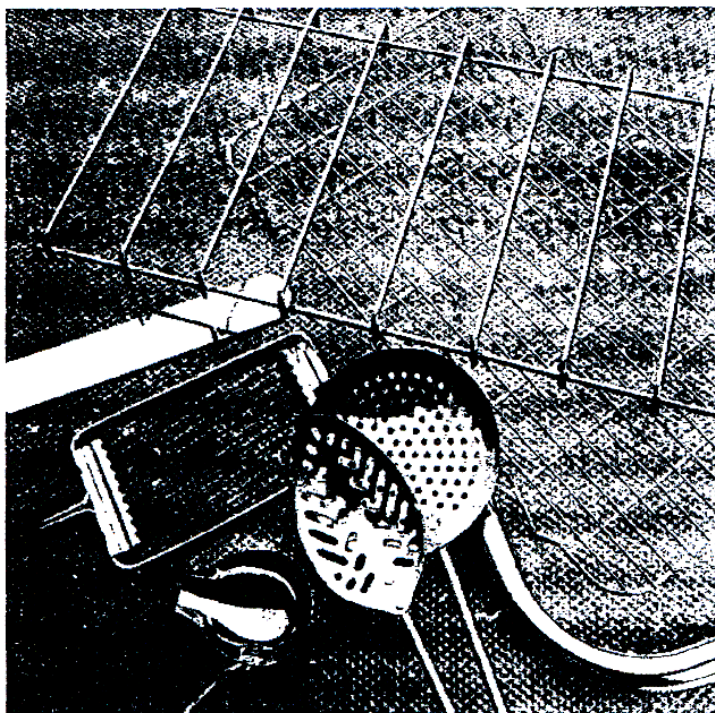
นิเกิลซัลเฟต ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	100	กรัม/ลิตร
นิเกิลคลอไรด์ ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	100	กรัม/ลิตร
กรดบอริก (H_3BO_3)	45	กรัม/ลิตร
เฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	10	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา FN-1	25	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา 84	20	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา FN-2S	2.5	ม.ล./ลิตร
Wetting agent 62A	1	ม.ล./ลิตร
อุณหภูมิใช้งาน	63	⁰ ซ.
ค่า พี.เอช.	3.4	
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
กวนน้ำยา ขณะทำการชุบด้วยลม		
ควรกรองน้ำยาขณะทำการชุบตลอดเวลา		

ตัวล่อ (Anode)

ใช้นิเกิลและเหล็กเป็นตัวล่อ โดยใช้เหล็ก 1 ส่วน ใช้นิเกิล 8 ส่วนถึง 10 ส่วน เช่นใช้นิเกิล 8 แผ่นก็ใช้เหล็ก 1 แผ่น หรือใช้ตัวล่อที่เป็นนิเกิลเป็นก้อน โดยใช้ตะกร้าดีเทเนียม 8 ตะกร้า ใช้ตัวล่อเหล็ก 1 ตะกร้า เป็นต้น รายละเอียดอื่น ๆ ทราบได้จากตัวแทนจำหน่าย การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำประมาณ 2/3 ของความจุของถัง แล้วให้ความร้อนประมาณ 60°ซ.
2. ใส่กรดบอริก กวนให้ละลายจนหมดแล้วเติมนิเกิลซัลเฟตและนิเกิลคลอไรด์
3. กวนน้ำยาจนกว่าสารละลายหมด
4. ปรับค่า พี.เอช. ให้ได้ 3.0-3.5
5. ใส่เฟอร์รัสซัลเฟต
6. กรองน้ำยาผ่านผงถ่าน
7. นำตัวล่อลงแขวนในถัง
8. ใส่น้ำยาเงา FN-1 15 ม.ล./ลิตร
 น้ำยาเงา 84 20 ม.ล./ลิตร
 น้ำยาเงา FN-2S 2.5 ม.ล./ลิตร
 Wetter 62 A 1 ม.ล./ลิตร
9. เติมน้ำจนครบตามต้องการ

การแก้ปัญหาการชุบนิเกิล



งานชุบนิเกิล

น้ำยาชุบนิเกิลจะต้องเก็บรักษาให้อยู่ในสภาพสะอาดอยู่เสมอ ให้ปราศจากน้ำมัน, ไขมัน, ผุ่นผง และการเจือปนของโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็ก, ทองแดง, สังกะสี และตะกั่ว โลหะอื่น ๆ นอกจากนี้ เกล็ดแล้วห้ามลงไปเจือปนในน้ำยาชุบนิเกิลโดยเด็ดขาด ไม่ว่าจะเป็นลวดทองแดงสำหรับผูกชิ้นงาน, หรือชิ้นงานชุบ

ต่าง ๆ ห้ามตกลงไปในถังชุบนิเกิล หรือถ้าตกลงไปก็ต้องดำเนินการนำขึ้นมาในทันที อย่างปลอดภัย ทิ้งไว้นาน ชิ้นงานจะถูกกัดให้ละลายด้วยน้ำยาชุบนิเกิลนั่นเอง และจะละลายปนกับน้ำยาชุบนิเกิล พอถึงจุดหนึ่งก็จะทำให้คุณสมบัติของผิวชุบนิเกิลเปลี่ยนไป เช่น ถ้าโลหะเหล็กตกลงไปปนกับน้ำยานิเกิล ผลที่ได้คือผิวนิเกิลที่ชุบจะเปราะไม่เกาะแน่นกับชิ้นงาน, ผิวชุบที่ได้จะมีคราบ, ไม่เงาเหมือนเดิม และผิวนิเกิลอาจเป็นตามด (pitting)

ทองแดง ทองแดงอาจจะตกลงไปปนในถังชุบนิเกิลได้ ทางหนึ่งก็อาจจะมาจากการล้างชิ้นงานไม่สะอาด หลังจากชุบทองแดงมาแล้ว หรือน้ำล้างชิ้นงานก่อนชุบนิเกิลมีทองแดงเจือปนอยู่ ทำให้ทองแดงติดชิ้นงานลงไปปนในถังชุบนิเกิลได้ หรืออีกทางหนึ่งมาจาก Jig จับชิ้นงาน หรือจากชิ้นงานทองเหลืองหรือชิ้นงานทองแดงที่ตกลงไปในถังน้ำยาชุบนิเกิล เมื่อชิ้นงานที่ตกลงไปละลายเข้ากับน้ำยา พอถึงจุดหนึ่ง เวลาชุบนิเกิลเงาปรกติแล้วนิเกิลเงาจะมีสีขาว เงาม สวขงาม แต่ถ้ามีทองแดงหรือทองเหลืองเข้าไปเจือปน ทำให้ชุบแล้วไม่เงาและผิวจะดำ ซึ่งเป็นผิวที่ใช้ไม่ได้

สังกะสี สังกะสีที่จะตกลงไปในถังชุบนิเกิลมีทางเดียว คือ ชี้นงานที่นำมาชุบนั้นเป็นโลหะที่มีสังกะสีผสมอยู่ หรือที่เรียกว่าโลหะผสมสังกะสี (Zinc alloy) ซึ่งในการชุบโลหะประเภทนี้จะต้องชุบทองแดงต่างให้ผิวหนาเพื่อปกปิดผิวสังกะสีไว้ให้มิดชิด ก่อนที่จะชุบทองแดงเงาซึ่งมีสภาพเป็นกรดหรือชุบนิเกิล ซึ่งมีสภาพเป็นกรดเช่นกัน โลหะผสมสังกะสีนี้จะถูกละลายออกได้ง่ายในน้ำยาที่มีสภาพเป็นกรด ถ้าชิ้นงานตกลงไปในน้ำยาชุบนิเกิลจะต้องนำออกจากถังในทันที

วิธีกำจัดสังกะสีที่ปนอยู่ในน้ำยาชุบนิเกิล

1. ปรับค่า pH ของน้ำยานิเกิลให้ได้ 4.0
2. ใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 ซีซี. ต่อน้ำยา 1 ลิตร
3. ชุบคัมมี โดยใช้กระแสไฟ 2 แอมป์/ดม² (20 แอมป์/ตารางฟุต) พร้อมกวนน้ำยาอย่างน้อยเป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. ถ้าหากสังกะสียังออกไม่หมด ก็จะต้องใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อีก และชุบให้สังกะสีออกมากับแผ่นคัมมีต่อไปจนสังกะสีออกหมด

วิธีกำจัดทองแดงในน้ำยาชุบนิเกิล

1. ปรับค่า pH ให้อยู่ที่ 3.0
2. ทำการชุบออกโดยใช้กระแส 0.2 แอมป์/ดม² (2 แอมป์/ตารางฟุต) พร้อมกวนน้ำยาจนกระทั่งแผ่นที่ชุบไม่เป็นสีดำ และทุกชั่วโมงจะต้องเพิ่มกระแสไฟฟ้าเป็น 4 แอมป์/ดม² (40 แอมป์/ตารางฟุต) เป็นเวลา 10 นาที แล้วลดไฟฟ้าลงเหมือนเดิมเพื่อชุบให้นิเกิลเคลือบปิดส่วนที่ดำ แล้วลดไฟฟ้าลงเหมือนเดิม ทำอย่างนี้จนกว่าได้ผิวชุบที่ไม่ดำ

โครเมียม การกำจัดโครเมียมที่อาจจะตกลงไปในน้ำยานิเกิลนั้นทำได้ดังนี้คือ

1. ใส่เฟอร์รัสซัลเฟต 0.15 กรัม/ลิตร เฟอร์รัสซัลเฟต ต้องละลายในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดก่อนแล้วเติมลงในถังนิเกิล
2. ปรับ pH ขึ้นเป็น 5.8 ถึง 6 โดยการเติมนิเกิลคาร์บอเนต หรือโซดาไฟ
ถ้าเติมโซดาไฟควรทำดังนี้ ใช้โซดาไฟ 10% 100 กรัมผสมในน้ำ 1 ลิตร ผสมกับน้ำยานิเกิล 1 ลิตร แล้วจึงเติมลงในถังนิเกิล โดยกวนน้ำยานิเกิลตลอดเวลา ประมาณ 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60⁰ ซ. แล้วกรองน้ำยาใส่ในถังสำรองอีกใบหนึ่ง แล้วเอาแผ่นตัวล่อล้างให้สะอาด และล้างถังให้สะอาด จึงดูดเอาน้ำยากลับมายังถังชุบดั้งเดิม โดยใช้สายยางสำหรับดูดน้ำยา แล้วปรับค่า pH ให้อยู่ 3.5-4.5

ปัญหาที่พบบ่อย ๆ และการแก้ไข

1. **ผิวชุบด้านตรงบริเวณที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูง คือไม่เงา สาเหตุขาดน้ำยาเงา ควร**
เติมน้ำยาเงาให้ถูกต้องตามคำแนะนำของกลุ่มมือการใช้งานน้ำยาเงานั้น ๆ
2. **ผิวชุบด้านตรงส่วนลึก ๆ บริเวณที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ** สาเหตุอย่างหนึ่งคือ น้ำยาเงามากเกินไป จะต้องใส่ผงคาร์บอน 2 กรัม/ลิตร กวนให้เข้ากับน้ำยา เพื่อให้ผงคาร์บอนคูดน้ำยาเงาออก แล้วกรองน้ำยาให้สะอาด ทดลองชุบดูใหม่ ถ้าน้ำยาเงาน้อยเกินไปก็เติมเข้าไปให้พอเหมาะ
3. **ผิวชุบเป็นสีเทา-ดำ บริเวณที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ** คือส่วนลึกของชิ้นงาน อาการเช่นนี้เนื่องจากมีธาตุโลหะอื่น ๆ เจือปนในน้ำยา เช่น ทองแดง หรือสังกะสี อาจมาจากขั้นตอนการชุบทองแดง แล้วล้างไม่สะอาด หรือน้ำล้างก่อนชุบนิเกิลมีทองแดงเจือปนอยู่ เวลาทองแดงตกลงไปในน้ำยาชุบนิเกิล พอชุบขึ้นมาทองแดงจะไปเกาะส่วนที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ ทำให้ชิ้นงานไม่เงาอย่างทั่วถึง จึงจำเป็นต้องกำจัดธาตุโลหะที่เจือปนออก โดยนำแผ่นเหล็กตัดให้เป็นลอนลูกฟูกเพื่อให้มีส่วนที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูง และส่วนที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ ชั้นแรกต้องทำความสะอาดแผ่นลูกฟูกก่อนแล้วจึงนำลงไปชุบด้วยกระแส 20 แอมป์/ตารางฟุตเวลา 20 นาที และแล้วก็ลดกระแสลงมาเหลือ 2 แอมป์/ตารางฟุต ชุบทิ้งไว้นาน ๆ สัก 3 ชั่วโมง นำแผ่นลูกฟูกออกมาขัดถูด้วยแปรงเพื่อให้คราบดำ ๆ ในซอกออกจนหมด แล้วนำลงชุบใหม่ กระทำอยู่เช่นนี้จนไม่คราบดำมาเกาะบนแผ่นลูกฟูกเป็นอันว่าน้ำยาใช้ได้ตามปกติ วิธีการเช่นนี้เรียก ดัมมี่ (Dummy)
4. **ชุบไม่ติดในส่วนที่ได้รับความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่ำ** อาจเป็นเพราะมีน้ำยาโครเมียมเข้าไปเจือปนในน้ำยา
การแก้ไขจะต้องเติม เฟอร์รัสซัลเฟต 0.16 กรัม/ลิตร โดยละลายเฟอร์รัสซัลเฟตลงในน้ำยานิเกิล แล้วปรับค่า pH ขึ้นเป็น 5.8-6 โดยการเติมนิเกิลคาร์บอเนต แล้วกวนน้ำยา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60° ซ. และกรองน้ำยาให้สะอาด ลดค่า pH ลงที่ 4 โดยการเติมกรดกำมะถันเจือจาง และทดลองชุบดูใหม่
5. **ผิวที่ชุบได้เปราะแตกและล่อนออกง่าย** สาเหตุจากมีน้ำมัน ไขมัน หรือยาขัดชิ้นงานที่ล้างออกไม่หมด
อีกอย่างหนึ่งคือ ตัวยาเงารองพื้น (Initial Brightener) น้อยเกินไปทำให้ขาดความเหนียว หรือน้ำยาเงา (Maintenance Brightener) มากเกินไป จะต้องแก้ไขโดยกรองด้วยผงคาร์บอน

สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ มีธาตุ โลหะอื่น ๆ เจือปนจะต้องชุบด้วยแผ่นเหล็กชุบฟลัก

6. ผิวชุบเป็นเม็ด (pitted deposit) สาเหตุประการหนึ่งก็คือ การกวนน้ำยาน้อยเกินไปหรือเบาเกินไป หรืออีกประการหนึ่งก็ขาดน้ำยากันตามด (Anti-pit) จะต้องเติมน้ำยากันตามดลงไปด้วย สาเหตุอย่างอื่น ก็มีสิ่งปลอมปนเล็ก ๆ อยู่ในน้ำยา กรองออกด้วยผง Filter aid หรือค่า pH ต่ำก็เป็นเม็ดได้เหมือนกัน จะต้องปรับ pH ให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด ถ้าหากกระทำตามนี้แล้วไม่หายละก็เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 130 Vol. จำนวน 0.1 ซีซี/ลิตร แล้วกวนน้ำยาตลอด 1 ชั่วโมง แล้วกรองน้ำยาให้สะอาดอีกครั้งหนึ่ง

บทที่ 10

การชุบตะกั่ว

ตะกั่ว (lead, Pb) เป็นโลหะที่อ่อน มีจุดหลอมเหลวประมาณ 327°C เมื่อเป็นโลหะบริสุทธิ์จะเฉื่อยชาต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาก แม้กระทั่งกรดซัลฟูริกหรือกรดโครมิกยังไม่สามารถจะทำปฏิกิริยากับตะกั่วได้ แต่ก็ยังมีสารอื่น ๆ ซึ่งทำปฏิกิริยากับตะกั่วได้ เช่น กรดไนตริก กรดน้ำส้ม และต่างของโลหะอัลคาไลน์ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นตะกั่วหรือชุบผิวด้วยตะกั่ว ห้ามนำมาใช้เป็นภาชนะใส่อาหารและเครื่องดื่ม เพราะตะกั่วหรือสารประกอบของตะกั่วเป็นพิษต่อร่างกาย

น้ำยาชุบตะกั่วมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมกันมีเพียง 2-3 ชนิด คือ น้ำยาชุบบนฟลูออโบเรต น้ำยาชุบบนฟลูออซิลิเกต และน้ำยาชุบบนซัลฟาเมต ในการชุบผิวด้วยตะกั่วนี้ ส่วนใหญ่จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของบรรยากาศที่มีสภาพเป็นกรดและสารเคมี โดยชิ้นงานที่จะนำมาชุบมักจะเป็นพวกเหล็ก ทองเหลือง ทองแดง ฯลฯ ต่อไปนี้จะเป็นการแสดงข้อเปรียบเทียบของการชุบบนฟลูออโบเรตและบนฟลูออซิลิเกต

แบบฟลูออโบเรต

- เกาะได้เรียบและแน่นกว่า
- น้ำยาละลายตัวง่ายกว่า
- ชุบเคลือบบนผิวเหล็กได้โดยตรง
- ราคาสารที่ใช้แพงกว่า

แบบฟลูออซิลิเกต

- โรงชุบขนาดเล็กเตรียมน้ำยาชุบยากกว่า
- น้ำยาละลายตัวช้ากว่าและควบคุมได้ด้วยซิลิกาหรือตะกั่วฟลูออไรด์
- ชุบเคลือบบนผิวเหล็กโดยตรงทำได้ยาก ส่วนใหญ่จะต้องรองพื้นด้วยทองแดง
- โรงงานชุบขนาดใหญ่จะมีราคาต้นทุนของการชุบถูกกว่า

จากข้อเปรียบเทียบข้างต้นนี้จะเห็นว่ายังไม่สามารถจะสรุปลงไปได้ว่าการชุบบนไหนจะดีกว่ากัน ฉะนั้น ในการเลือกวิธีการชุบจะต้องคำนึงถึงลักษณะของงานที่ชุบ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ทำการชุบเป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจด้วย

สำหรับรายละเอียดต่าง ๆ ของการชุบผิวด้วยตะกั่วจะขอล่าถึงเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. การเตรียมชิ้นงาน

สำหรับชิ้นงานที่จะนำมาทำการชุบผิวด้วยตะกั่ว ส่วนใหญ่จะเป็นพวกเหล็ก ทองแดง และทองเหลือง ซึ่งจะต้องทำความสะอาดด้วยไฟฟ้า และจุ่มในกรดเสียก่อนจึงจะนำไปชุบผิวด้วยตะกั่ว สารละลายกรดที่จะนำชิ้นงานมาจุ่มจะได้แก่สารละลายเข้มข้น 5-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดซัลฟูริก หรือกรดไฮโดรคลอริก หรือกรดฟลูออโบริก หรือกรดซัลฟามิก และต้องระวังอย่าให้สารละลายกรดทำความเสียหายกับชิ้นงาน โดยเฉพาะพวกเหล็กหล่อซึ่งทำปฏิกิริยากับกรดได้ง่าย สำหรับการจุ่มชิ้นงานในกรดกัดสนิมนั้น อย่าจุ่มให้นานเกินไป เพราะจะทำให้กำลังการเคลือบผิวของการชุบตะกั่วไม่ดี เหล็กและเหล็กกล้าสามารถที่จะชุบผิวด้วยตะกั่วด้วยน้ำยาชุบแบบฟลูออโบเรตได้โดยตรง แต่ถ้าชุบรองพื้นด้วยทองแดงไซยาไนด์ชนิดสไตรค์ก่อน ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดกร่อนและการยัดเกาะสูงขึ้น

2. การชุบผิวด้วยตะกั่วแบบต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงมีดังนี้

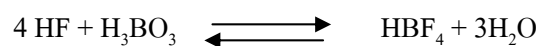
2.1 แบบฟลูออโบเรต

2.2 แบบฟลูออซัลเฟต

2.3 แบบซัลฟามิต

2.1 แบบฟลูออโบเรต น้ำยาชุบแบบนี้จะมีประสิทธิภาพและอัตราเร็วของการเคลือบผิวสูง ควบคุมง่าย ชุบได้ทั้งชิ้นงานที่เห็นเหล็กและเป็นโลหะอื่น ๆ สามารถชุบได้หนาถึง 2500 ไมโครเมตร หรือ 0.1 นิ้วโดยไม่มีปัญหาใด และสามารถชุบได้ทั้งแบบแขวนชิ้นงานและแบบถังกลิ้งถึงที่บรรจุน้ำยาชุบควรจะถูกภายในด้วยยางหรือพลาสติกส่วนขั้วบวจะใช้แท่งตะกั่วบริสุทธิ์มีพื้นที่ผิวหน้าเท่ากับขั้วลบและจะต้องนำขั้วบวออกจากถังชุบทุกวันหลังจากเลิกทำการชุบ เพราะถ้าทิ้งไว้ตะกั่วจะละลายลงไป在水ยาชุบ

กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) เป็นกรดอ่อนเมื่อนำมาผสมกับกรดบอริก (H_3BO_3) จะเกิดปฏิกิริยาได้กรดฟลูออโบริก (HF_4) กับน้ำดังสมการ



ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ ฉะนั้น ในสารละลายจึงมีสารเคมีทุกตัวตามสมการข้างบน และเพื่อ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดกรดฟลูออโบริกเกิดการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) คือ ทำปฏิกิริยากับน้ำกลับไปเป็นกรดไฮโดรฟลูออริก จึงได้มีการผสมกรดบอริก (ให้มีปริมาณมากกว่าที่จะรวมตัวกับกรดไฮโดรฟลูออริกไปเป็นกรดฟลูออโบริก) ลงไปในกรดฟลูออโบริกหรือเลคฟลูออโบเรต ($Pb(BF_4)_2$) ที่เป็นเกรดทางการค้า (commercial grade) น้ำยาชุบที่มีกรดฟลูออโบริกมากเกินไป จะช่วยให้การนำไฟฟ้าดีขึ้นและการเคลือบผิวแน่นและเรียบ แต่ถ้ามีกรดบอริกมากเกินไป จะช่วยลด

การสลายตัวของฟลูออโบเรตไปเป็นฟลูออไรด์ (F^-) ซึ่งสามารถรวมตัวกับไอออนของตะกั่วตกตะกอนเป็น PbF_2 ได้

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงานของการชุบแบบฟลูออโบเรต เป็นดังนี้

สูตรที่ 1

เลกฟลูออโบเรต ($Pb(BF_4)_2$)	220	กรัมต่อลิตร
กรดฟลูออโบริกอิสระ (free HF_4)	30	กรัมต่อลิตร
กรดบอริกเกินพอ (excess H_3BO_3)	13.3	กรัมต่อลิตร
แอมมีมอลกลู (Animal glue)	0.2	กรัมต่อลิตร
หรือ		
เปปโตน (peptone)	0.2-1.0	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	25-40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	0.5-5	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก	1-3	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกและขั้วลบ	100	เปอร์เซ็นต์

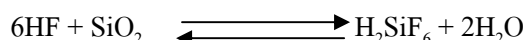
สูตรที่ 2

เลกฟลูออโบเรต ($Pb(BF_4)_2$)	440	กรัม/ลิตร
กรดฟลูออโบริกอิสระ (free, HF_4)	60	กรัม/ลิตร
กรดบอริกมากเกินพอ (excess, H_3BO_3)	26.6	กรัม/ลิตร
แอนิมอลกลู (Animal glue)	0.2	กรัม/ลิตร
หรือ		
เปปโตน (peptone)	0.2-1.0	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	25-40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	0.5-7	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก	1-3	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวกและขั้วลบ	100	เปอร์เซ็นต์

การชุบตามสูตรที่ 1 เป็นการชุบเคลือบผิวด้วยตะกั่วอย่างบาง คือ ชุบได้หนาไม่เกิน 25 ไมโครเมตร ส่วนการชุบตามสูตรที่ 2 จะชุบได้ทั้งแบบถึงกึ่งและแบบเขวนชิ้นงาน เป็นการชุบอย่างหนา คือ ชุบได้หนาถึง 1.25 มิลลิเมตร และใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าแบบที่ 1 น้ำที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาจะต้องไม่มีซัลเฟตหรือคลอไรด์ อีออน เพราะจะไปทำให้เกิดตะกอนกับไอออนของตะกั่วได้

น้ำยาชุบแบบฟลูออโบเรตนี้ เมื่อทำการชุบไปได้สักระยะหนึ่ง จะมีกากหรือตะกอนของ PbF_2 และ $PbSO_4$ เกิดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องมีการกรองน้ำยาเป็นระยะ ๆ ไป สำหรับ pH ของสารละลายนั้น ไม่ต้องควบคุมมากนัก เพราะมีความเป็นกรดสูงมากอยู่แล้ว ส่วนกรดฟลูออโบริกอิสระนั้น จะต้องควบคุมไม่ให้มีปริมาณน้อยกว่า 30 กรัมต่อลิตร

2.2 แบบฟลูออซิลิเกต กรดฟลูออซิลิซิก (H_2SiF_6) เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) กับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ดังสมการ



และเมื่อใส่เลคออกไซด์ (PbO) ลงไปในกรดฟลูออซิลิซิก ก็จะได้เลคฟลูออซิลิเคน ($PbSiF_6$) ละลายอยู่ในสารละลาย โดยปกติในน้ำยาชุบแบบฟลูออซิลิเกต นอกจากจะมีเลคฟลูออซิลิเคนแล้ว จะต้องมีการฟลูออซิลิซิกมากเกินไปด้วย และถ้าต้องการชุบให้เงางามโดยไม่ใช้น้ำยาเงา จะต้องชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ แต่ถ้าใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง จะทำให้เกิดรอยแตกขึ้นที่ผิวของตะกั่ว และถ้าใส่กาว (glue) ลงไปในน้ำยาชุบมากเกินไป จะทำให้ผิวของตะกั่วล้าหรือดำได้

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงานของการชุบแบบฟลูออซิลิเกต

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	
เลคฟลูออซิลิเคน ($PbSiF_6$)	126	304	กรัมต่อลิตร
กรดฟลูออซิลิซิก (H_2SiF_6)	100	33	กรัมต่อลิตร
แอนิมอลกลู (Animal glue)	0.2	5.4	กรัมต่อลิตร
ภาวะการทำงานของสูตรที่ 1 และ 2			
อุณหภูมิ		35-40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ		0.5-8	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
แรงเคลื่อนไฟฟ้า		0.1-0.2	โวลท์
(ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร)			
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก		0.5-3	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบและขั้วบวก		100	เปอร์เซ็นต์

2.3 แบบซัลฟาเมต น้ำยาชุบแบบนี้ประกอบด้วยเลคซัลฟาเมต ($Pb(SO_3NH_2)_2$) และกรดซัลฟามิก (HSO_3NH_2) มากพอที่จะทำให้ pH ของน้ำยาชุบมีค่าประมาณ 1.5 แต่ถ้า pH ต่ำเกินไปหรืออุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้น้ำยาชุบแบบซัลฟาเมตเกิดการไฮโดรไลซ์ไปเป็นแอมโมเนียมไบซัลเฟต (NH_4HSO_4) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอออนของตะกั่ว เกิดตะกอนของเลคซัลเฟต ($PbSO_4$) และถ้าใช้น้ำยาชุบมีความเข้มข้นของตะกั่วและสารเติมคุณสมบัตินี้มากเกินไป หรือใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป จะทำให้ผิวของชิ้นงานที่ชุบขรุขระ

สูตรน้ำยาชุบแบบซัลฟาเมต

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เลขซัลฟาเมต (Pb(SO ₃ NH ₂) ₂)	272	105	156
กรดซัลฟามิกอิสระ (free, HSO ₃ NH ₂)	-	50	100
pH	1.5	-	-

ภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	24-50	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	0.5-4	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบ	100	เปอร์เซ็นต์

การดูแลรักษาน้ำยาชุบแบบซัลฟาเมตนั้น ไม่ต้องเอาใจใส่อะไรมากนัก แต่ก็ต้องคอยตรวจดูว่าสารเพิ่มคุณสมบัติควรเติมใส่เข้าไปอีกเท่าใดและเมื่อใด สำหรับการควบคุม pH ของน้ำยาชุบนั้น ถ้า pH สูงเกินไป ก็ให้ใส่กรดซัลฟามิกลงไป และถ้า pH ต่ำเกินไป ก็ให้ใส่แอมโมเนียลงไป เพื่อปรับค่า pH ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

3. สิ่งที่ต้องทราบอื่นๆ

3.1 สารเพิ่มคุณสมบัติ เป็นสารที่ใส่ลงไปเพียงเล็กน้อย แล้วช่วยให้ผิวชิ้นงานที่ทำการชุบมีความเงางาม หรือมีการเกาะที่แน่นและเรียบ หรือช่วยลดรอยแตกร้าวของผิวที่ทำการชุบ ตัวอย่างของสารที่จะให้คุณสมบัติเหล่านี้ เช่น ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) ควิโนน (quinone) กาว (glue) เจลาติน (gelatin) เปปโตน (peptone) รีโซร์ซินอล (resorcinol) เป็นต้น

3.2 ขั้วบวก ตะกั่วที่ใช้ทำเป็นขั้วบวกที่ดี ได้แก่ คอร์โรดดิ้ง เลด (corroding lead) หรือเคมีคอล เลด (chemical lead) ซึ่งต้องมีความบริสุทธิ์ของตะกั่วไม่ต่ำกว่า 99.9 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากว่าขั้วบวกที่เป็นตะกั่วมีโลหะอื่นเจือปนอยู่ มันจะละลายลงไป ในน้ำยาชุบทำให้น้ำยาสกปรก และผลการชุบจะออกมาไม่ดี และเมื่อชุบเสร็จแล้วก็ควรจะเอาขั้วบวกออกจากถังชุบทุกวันด้วย

3.3 อุปกรณ์บางอย่าง เช่น ถังชุบ จะต้องบุภายในด้วยยางหรือพลาสติก เพราะว่าน้ำยาชุบเป็นกรดที่แรงมาก พลาสติกที่ใช้ เช่น ลูซิไลท์ (Lucile) ซึ่งเป็นชื่อทางการค้าของพลาสติกชนิดเมทิล เมทาคริเลท เรซิน (methyl methacrylate resin) แต่ไม่ควรใช้ถังที่บุด้วยตะกั่วหรือโลหะชนิดอื่น ๆ สำหรับเครื่องกรองน้ำยา ควรเป็นสแตนเลสปั๊ม และใส่กรองน้ำยาแบบฟลูออบอเรต ควรใช้ชนิดเซลลูโลสจะดีกว่าแอสเบสตอสหรือโคอะโคมมาเซียสเอิร์ท และถ้าจะใช้ถุงหุ้มขั้วบวก ก็ควรจะใช้พวกใยสังเคราะห์ เช่น ไดเนล (Dyne) ดราครอน (Dacron) และ วินยอน (Vinyon) ส่วนไนลอน (Nylon) และคอตตอน (Cotton) ไม่ควรใช้กับน้ำยาชุบแบบฟลูออบอเรต

3.4 การลอกผิวตะกั่ว

วิธีที่ 1 ต่อชิ้นงานที่จะลอกผิวตะกั่วกับขั้วบวกจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ร้อนซึ่งบรรจุอยู่ในถังเหล็ก ต่อขั้วลบเข้ากับถังเหล็ก เปิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่เกิน 1 โวลท์ เมื่อลอกผิวหมดแล้ว ชิ้นงานจะมีสีดำ นำชิ้นงานออกมาล้างน้ำให้สะอาดแล้วจุ่มในสารละลายของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร (กรดผสมน้ำด้วยปริมาตรที่เท่ากัน) 2 – 3 นาที ก็จะทำให้ฟิล์มสีดำหายไป แล้วจึงนำออกมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด

วิธีที่ 2 มีสูตรน้ำยาลอกผิวและภาวะการทำงานดังนี้

โซเดียมไฮดรอกไซด์	100	กรัมต่อลิตร
โซเดียมเมตาซิลิเกต	75	”
เกลือรอกเซลล์	50	”
อุณหภูมิ	82	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก (ขั้วบวกคือขั้วของชิ้นงานที่จะลอกผิว)	2 – 4	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

วิธีที่ 3 มีสูตรน้ำยาลอกผิวและภาวะการทำงานดังนี้

โซเดียมไนเตรด	500	กรัมต่อลิตร
pH	6 – 10	”
อุณหภูมิ	21 – 82	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก (ขั้วบวกคือ ขั้วของชิ้นงานที่จะลอกผิว)	2 – 20	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

วิธีที่ 4 จุ่มในสารละลายของกรดน้ำส้มเข้มข้น 10 – 85 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (100 ปริมาตร) เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

บทที่ 11

การชุบดีบุก

ดีบุกเป็นโลหะที่มีสีขาว เนื้อค่อนข้างอ่อน ชัดแต่งผิวได้ง่าย มีจุดหลอมเหลวต่ำ คือ ประมาณ 232°C ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ที่เจือปนอยู่ในอาหาร จึงนิยมเอาดีบุกมาเคลือบผิวหน้าของภาชนะที่ใช้บรรจุอาหารกันมาก แต่ดีบุกจะทำปฏิกิริยากับพวกกรดอินทรีย์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดไนตริก เป็นต้น และยังสามารถที่จะละลายในสารละลายต่างๆ ที่ร้อน เช่น ละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อนได้ ฉะนั้น จึงไม่ควรทำความสะอาดหรือขัดไขมันบนภาชนะที่ชุบด้วยดีบุกด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง

การชุบผิววัสดุด้วยดีบุกนั้น มีความมุ่งหมายในการป้องกันการกร่อน และรักษาความเงางามของชิ้นงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กหรือโลหะผสมของเหล็ก ในอดีตนั้น จะใช้วิธีเอาชิ้นงานจุ่มลงในดีบุกที่หลอมเหลว และเมื่อเอาชิ้นงานออก ชิ้นงานจะเย็นลง ดีบุกที่ติดมาก็จะแข็งตัวเคลือบอยู่บนชิ้นงาน แต่ต่อมานิยมการชุบผิวด้วยดีบุกแบบใช้ไฟฟ้ามากกว่า โดยมีเหตุผลดังนี้

1. นำยาชุบในปัจจุบันได้รับการพัฒนาจนทำให้คุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการชุบเป็นที่ยอมรับกัน
2. การดำเนินการในการชุบผิวด้วยไฟฟ้าสะดวกกว่า
3. ต้นทุนประหยัดกว่าและให้การเคลือบที่ดีกว่า
4. สามารถชุบได้หนากว่า
5. สามารถจะเลือกชุบด้านใดด้านหนึ่งหรือบางส่วนของชิ้นงานได้
6. โลหะหรือชิ้นงานบางอย่างไม่สามารถจะนำไปจุ่มลงในดีบุกที่กำลังหลอมเหลวได้

การชุบผิวด้วยดีบุก สามารถจะแบ่งประเภทตามลักษณะของน้ำยาได้ 2 ประเภท คือ

1. แบบต่าง
2. แบบกรด

โดยการชุบแบบกรดส่วนใหญ่จะมีกำลังการเคลือบผิวต่ำกว่าแบบต่าง แต่การชุบแบบกรดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า ประสิทธิภาพของขั้วลบสูงกว่าแบบต่าง และยังมีข้อเปรียบเทียบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง แต่ไม่สามารถจะระบุลงไปได้ว่าการชุบดีบุกแบบกรดหรือแบบต่างอย่างไหนจะดีกว่ากัน ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวถึงการชุบในแต่ละแบบโดยละเอียด

1. แบบต่าง

ในการชุบผิวด้วยดีบุกแบบต่าง มีน้ำยาชุบที่นิยมใช้กัน 2 ชนิด คือ น้ำยาชุบชนิดโซเดียมสแตนเนต (Sodium Stannate) ผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) กับน้ำยา

ซุบซุบชนิดโปตัสเซียมสแตนเนต (Potassium Stannate) ผสมกับโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) การจะเลือกใช้น้ำยาแบบต่างชนิดไหนนั้น อาจพิจารณาจากรายละเอียดต่อไปนี้

ก. ประสิทธิภาพของขั้วลบ ถ้าทำการซุบที่อุณหภูมิและความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่ากัน น้ำยาซุบที่มีลักษณะเดียวกัน จะพบว่าน้ำยาซุบชนิดโปตัสเซียมจะให้ประสิทธิภาพของขั้วลบสูงกว่าชนิดโซเดียม

ข. ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับขั้วลบ น้ำยาซุบชนิดโปตัสเซียมใช้ได้ในช่วงที่กว้างกว่ามาก โดยที่ประสิทธิภาพของขั้วลบเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ค. การละลาย การละลายของโปตัสเซียมสูงกว่าของโซเดียม และถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายของโปตัสเซียมจะเพิ่มขึ้น แต่ของโซเดียมกับลดลง

ง. การนำไฟฟ้า อีออนของโปตัสเซียม (K^+) นำไฟฟ้าได้ดีกว่าอีออนของโซเดียม (Na^+) ฉะนั้น น้ำยาซุบชนิดโปตัสเซียมจึงใช้ได้ทั้งการซุบบนแบบแว่นชิ้นงานและแบบถังกลิ้ง แต่น้ำยาซุบชนิดโซเดียมใช้ซุบบนแบบถังกลิ้งไม่ได้นัก

จ. ราคา ราคาของสารประกอบโซเดียมชนิดเดียวกับโปตัสเซียมของโซเดียมจะถูกกว่าทั้งในรูปแบบสแตนเนตและไฮดรอกไซด์

จากข้อเปรียบเทียบข้างต้นนี้จะเป็นแนวทางตัดสินใจได้ว่าในกรณีไหนควรจะซุบเคลือบผิวดีบุกแบบโปตัสเซียม และกรณีไหนควรจะเลือกแบบโซเดียม

ซึ่งต่อไปนี้จะแสดงถึงสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานของการซุบดีบุกแบบต่าง

สูตรที่ 1

โปตัสเซียมสแตนเนต (potassium stannate)	100	กรัมต่อลิตร
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระ (free potassium hydroxide)	15	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	65-90	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	3-10	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

สำหรับสูตรที่ 1 นี้ จะต้องควบคุมปริมาณของโปตัสเซียมสแตนเนต, ดีบุกและโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระให้อยู่ในช่วง 95-110, 38-43 และ 13-19 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สูตรที่ 2

โปตัสเซียมสแตนเนต	210	กรัมต่อลิตร
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระ	80	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	70-90	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบไม่เกิน	16	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

สำหรับสูตรที่ 2 จะต้องควบคุมปริมาณของโปตัสเซียมสแตนเนต ดีบุก และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระให้อยู่ในช่วง 195-220, 75-85 และ 15-30 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สูตรนี้สามารถ

ซุบแบบถึงกลิ้งได้โดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 12 โวลต์ แต่ถ้าซุบแบบแขวนชิ้นงานจะใช้ประมาณ 3-4 โวลต์

สูตรที่ 3

โปตัสเซียมสแตนแนต	420	กรัมต่อลิตร
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระ	22	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	70-90	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบไม่เกิน	40	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

สูตรที่ 3 นี้ จะต้องควบคุมปริมาณของโปตัสเซียมสแตนแนต คีนุก และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์อิสระให้อยู่ในช่วง 390-450, 150-170 และ 15-30 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ สูตรนี้มีอัตราการเกาะเคลือบผิวเร็วมาก

สูตรที่ 4

โซเดียมสแตนแนต (sodium stannate)	100	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์อิสระ (free sodium hydroxide)	10	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	60-85	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	0.5-3	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

สูตรที่ 4 นี้ จะต้องควบคุมปริมาณของโปตัสเซียมสแตนแนต คีนุก และโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ให้อยู่ในช่วง 95-110, 39-45 และ 7.5-11.5 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สูตรที่ 5

โซเดียมสแตนแนต	80	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	12.5	กรัมต่อลิตร
โซเดียมเปอร์คาร์บอเนต (NaCO ₃)	0.4	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	75	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	1	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า	85	เปอร์เซ็นต์
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6	โวลต์
ขั้วบวก		คีนุกบริสุทธิ์
ถังซุบ		ถังเหล็ก

ในการเตรียมสารละลายตามสูตรที่ 1-5 นั้น จะต้องอุ่นสารละลายของต่าง คือ สารละลายโปตัสเซียม หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิประมาณ 65 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อยๆ เติมเกลือสแตนแนต ลงไป พร้อมทั้งคนสารละลายตลอดเวลา

สำหรับพื้นที่ของขั้วบวกต่อพื้นที่ของขั้วลบนั้น จะใช้ในอัตราส่วน 2 : 1

หน้าที่ของสารเคมีในน้ำยาชุบ

อัลคาไลน์สแตนแนต $\text{Na}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ หรือ $\text{K}_2\text{Sn}(\text{OH})_6$ เป็นตัวให้โลหะดีบุกไปเกาะที่ขั้วลบ สำหรับความเข้มข้นของ อัลคาไลน์สแตนแนตนี้ ไม่ต้องควบคุมเคร่งครัดนัก แต่ถ้าต่ำเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง และอัตราเร็วของการเกาะพลอยลดลงไปด้วย สำหรับเกรดของสารเคมีทางการค้า (commercial grade) จะพบว่า โซเดียมสแตนแนตมีดีบุกอยู่ 41 เปอร์เซ็นต์ และ โพตัสเซียมสแตนแนตมีดีบุกอยู่ 38.5 เปอร์เซ็นต์

อัลคาไลน์ไฮดรอกไซด์ NaOH หรือ KOH จะเป็นตัวช่วยนำไฟฟ้า และเดินสารประกอบเชิงซ้อนของอัลคาไลน์สแตนแนต และยังทำให้ขั้วลบละลายได้ดีอีกด้วย แต่จะต้องควบคุมปริมาณให้อยู่ในช่วงที่กำหนด เพราะถ้ามากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง

ภาวะการณ์ในขณะทำการชุบ

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าจะใช้ค่าเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความเข้มข้นและชนิดของน้ำยาชุบ โดยถ้าใช้อุณหภูมิสูงความเข้มข้นของดีบุกสูง ของอัลคาไลน์ไฮดรอกไซด์ต่ำ และใช้โพตัสเซียมแทน โซเดียมสแตนแนต ก็สามารถที่จะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงได้ โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลงมากนัก

อุณหภูมิ ในกาชุบแบบต่าง จะต้องใช้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส และการใช้อุณหภูมิสูง จะทำให้ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบสูงด้วย รวมทั้งผิวของชิ้นงานที่ดีบุกไปเกาะจะมีสีขาวขึ้น

ประสิทธิภาพของกระแสไฟฟ้า และกำลังการเคลือบผิวจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของอัลคาไลน์ไฮดรอกไซด์อิสระ และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า ซึ่งในภาวะปกติแล้ว ประสิทธิภาพของขั้วลบและขั้วบวกจะมีค่า 60-90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกำลังการเคลือบผิวของการชุบดีบุกนั้นดีมาก

ขั้วบวก

ขั้วบวกหรือตัวล่อที่เป็นดีบุกบริสุทธิ์ ปกติจะละลายทันทีในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ฉะนั้น ในการจะนำไปใช้งาน จะต้องสร้างฟิล์มให้เกิดขึ้นที่ผิวของตัวล่อเสียก่อน โดยฟิล์มที่สร้างขึ้นจะมีสีเขียวปนเหลืองซึ่งทำได้โดยแขวนแผ่นเหล็กหรือแผ่นสแตนเลสที่ต่อกับขั้วลบลงในน้ำยาชุบ จากนั้นจะนำขั้วบวกซึ่งเป็นแท่งดีบุกจุ่มลงในน้ำยาชุบ แล้วเปิดกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านทันที โดยให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าการชุบปกติประมาณสองเท่า เมื่อเกิดฟิล์มสีเขียวปนเหลืองซึ่งส่วนมากจะเกิดเร็ว ให้ลดความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าลงมาในระดับที่ใช้ชุบตามปกติ จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่จะชุบแขวนลงในถังชุบแทนที่แผ่นเหล็ก หรือสแตนเลสที่ต่อกับขั้วลบ เพราะการชุบดีบุกนั้น วิธีที่ดีที่สุด คือ จะต้องทำการชุบติดต่อกัน เมื่อนำชิ้นงานหรือขั้วลบออก จะต้องนำชิ้นงานใหม่เข้าแทนที่ทันที เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้ำยาชุบอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยรักษาภาวะการ

ทำงานของตัวล่อให้เหมาะสมกับน้ำยาชุบ และเมื่อจะหยุดทำการชุบจะต้องนำตัวล่อออกก่อนเปิดสวิตซ์ไฟ ส่วนชิ้นงานก็นำออกต่อจากตัวล่อก่อนจะปิดสวิตซ์ไฟเช่นเดียวกัน

ถังชุบ

ใช้ถังเหล็กธรรมดาก็ได้ แต่บริเวณที่เป็นราวแขวนชิ้นงานหรือแขวนขั้วบวกจะต้องมีฉนวนกันเป็นอย่างดี เพราะมิฉะนั้นแล้วจะทำให้ถังกลายเป็นขั้วไฟฟ้าไปด้วย ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการชุบอย่างมาก

การชุบแบบถังกลิ้ง

ใช้น้ำยาชุบเช่นเดียวกับการชุบแบบแขวนชิ้นงาน แต่จะต้องทำให้น้ำยามีการนำไฟฟ้าที่สูงกว่าและขั้วบวกละลายได้ดีขึ้น โดยต้องเพิ่มอัลคาไลน์ไฮดรอกไซด์อิสระให้สูงกว่าในสูตรที่กล่าวมาแล้ว

2. แบบกรด

ในการชุบผิวด้วยดีบุกแบบกรด พอจะแบ่งชนิดของน้ำยาชุบได้เป็น 3 ชนิด คือ

ก.แบบซัลเฟต

ข.แบบฟลูออโบเรต

ค.แบบฮาโลเจน

โดยการชุบแต่ละชนิดมีรายละเอียด ดังนี้

ก. แบบซัลเฟต

การชุบแบบซัลเฟตนี้นิยมใช้ในการชุบผิวด้วยดีบุกแบบเงา โดยมีสารเพิ่มความเงาเติมลงไปด้วย เช่น กรดคริสซอลซัลฟอนิก (cresolsulfonic acid) กรดฟีนอลซัลฟอนิก (phenolsulfonic acid) เบตาแนฟโธล (B-naphthol) และเจลาติน (gelatin) เป็นต้น การชุบแบบนี้สามารถชุบที่อุณหภูมิห้องได้ และประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งคู่ สำหรับถังชุบจะต้องใช้ถังชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบที่มีฤทธิ์เป็นกรด

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงานของการชุบแบบซัลเฟต

สูตรที่ 1 (ไม่ต้องกวนน้ำยา)

สแตนนัสซัลเฟต (SnSO_4)	60-100	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)	40-70	กรัมต่อลิตร
กรดคริสซอลซัลฟอนิก	30-60	กรัมต่อลิตร
เจลาติน	2	กรัมต่อลิตร
เบตาแนฟโธล	1	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20-30	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	0.4-0.8	โวลท์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ	1-4	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของขั้วลบและขั้วบวกประมาณ	100	เปอร์เซ็นต์
พื้นที่ผิวของขั้วบวกต่อขั้วลบ	1 : 1	

สูตรที่ 2 (ทำการกวนน้ำยาหรือชุบแบบถังกลิ้งหรือชุบชิ้นงานที่ยาว)

สแตนนัสซัลเฟต (SnSO_4)	60	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)	50	กรัมต่อลิตร
กรดฟีนอลซัลฟอนิก	40	กรัมต่อลิตร
เบตาแนฟทรอล	1	กรัมต่อลิตร
ไดไฮดรอกซีไดซีนิลซัลโฟน	5	กรัมต่อลิตร

สูตรที่ 3 (ใช้ในการแยกคิบุกด้วยไฟฟ้าได้ด้วย)

สแตนนัสซัลเฟต	50	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก	60	กรัมต่อลิตร
กรดฟีนอลซัลโฟนิก	48	กรัมต่อลิตร
กรดครีโซลิก (cresylic acid)	2.4	กรัมต่อลิตร

ภาวะการทำงานของกรชุบด้วยสูตรที่ 2 และ 3

อุณหภูมิ	20-30	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	0.4-0.8	โวลท์
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบ		
- ไม่กวนน้ำยา	1-4	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- กวนน้ำยา	10	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตรความ
หนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วบวก	2	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
ประสิทธิภาพของขั้วบวกและขั้วลบประมาณ	100	เปอร์เซ็นต์
พื้นที่ผิวหน้าของขั้วบวกต่อขั้วลบ	1 : 1	

การเตรียมน้ำยาชุบ

ใส่น้ำลงไปจนถึงน้ำยาชุบประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรที่ต้องการเตรียม ค่อย ๆ เติมกรดลงไปอย่างช้า ๆ จากนั้นจึงใส่สแตนนัสซัลเฟตลงไป แล้วกวนน้ำยาให้ละลายสารให้เป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนเบตาแนฟทรอลและเจลาตินให้ใส่ลงไปทีหลัง โดยต้องละลายเจลาตินในน้ำร้อนเสียก่อน และเบตาแนฟทรอลละลายในเอทิลแอลกอฮอล์หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ แล้วจึงเติมลงไปจนถึงชุบอย่างช้า ๆ และกวนสารละลายอย่างแรง จากนั้นจึงทำการกรองน้ำยาก่อนจะนำไปใช้งาน

ข้าวบวก

แห้งดิบกับวิธีหุ้มด้วยถุงผ้า และควรนำออกจากน้ำยาชุบเมื่อไม่ได้ทำการชุบ และก่อนจะนำไปทำการชุบครั้งใหม่ ควรจะเอาแปรงขัดผิวหน้าเสียก่อน ไม่ควรจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ข้าวบวกเกิน 2.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เพราะจะทำให้ตัวล่อกระด้างหยุดการละลาย น้ำยาจะสลายตัว

อื่น ๆ

กำลังการเคลือบผิว และการปกคลุมของการเคลือบด้วยดีบุกแบบนี้จะดีมาก แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสารเพิ่มคุณสมบัติและความเข้มข้นของน้ำยาชุบ น้ำยานำไฟฟ้าดีมาก ฉะนั้น การปรับระยะห่างระหว่างข้าวบวกกับข้าวลอบจึงไม่ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมากนัก

ข. แบบฟลูออโบเรต

การชุบผิวด้วยดีบุกแบบนี้จะมีอัตราเร็วของการเกาะสูง สแตนเลสฟลูออโบเรตละลายได้ดีมาก ฉะนั้น น้ำยาชุบจึงมีปริมาณของดีบุกสูง อุณหภูมิที่ชุบประมาณ 16-38°C และในช่วงอุณหภูมินี้ สามารถใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าได้ช่วงกว้าง ผิวที่เกาะจะเรียบแน่น มีสีขาว ประสิทธิภาพของข้าวลอบและข้าวบวกเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ถึงชุบหรือส่วนของเครื่องกรองจะเป็นพวก พีวีซี ยาง โพลีโพรพิลีน หรือพลาสติกอื่น ๆ ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบ แต่ไม่ควรใช้ภาชนะที่มีซิลิกาผสมอยู่ เช่น แก้ว stoneware เป็นต้น สำหรับถุงหุ้มข้าวบวกควรจะเป็นพวก ไดเนล (Dyne) โพลีโพรพิลีน ฝ้าย

สูตรน้ำยาและภาวะการทำงานของการชุบแบบฟลูออโบเรต

สแตนเลสฟลูออโบเรต (Sn(BF ₄) ₂)	200	กรัมต่อลิตร
สแตนเลสไอออน (Sn ²⁺)	81	กรัมต่อลิตร
กรดฟลูออโบริก (HBF ₄)	100-200	กรัมต่อลิตร
เจลาติน (gelatin)	6	กรัมต่อลิตร
เบตาแนฟโธล (B-naphthol)	1	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	20-40	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ข้าวลอบ		
- ภาวะปกติที่ไม่มีการกวนน้ำยา	2.5-12.5	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ค่าสูงสุดที่ 20°C โดยกวนน้ำยา	25	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ค่าสูงสุดที่ 40°C โดยกวนน้ำยา	42.5	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
แรงเคลื่อนที่ไฟฟ้า	1-3	โวลท์
อัตราส่วนพื้นที่ผิวของข้าวบวกต่อข้าวลอบ	2 : 1	

ขี้บววก

ดีบุกบริสุทธิ์

อัตราการเคลือบผิว

25 ไมโครเมตรในเวลา 25 นาที ที่ 2.0 แอมแปร์

ต่อตารางเดซิเมตร

ค. แบบฮาโลเจน

นิยมใช้ชุบชิ้นงานที่มีความยาวมาก ๆ โดยสามารถชุบได้ความยาวถึง 450 - 600 เมตรต่อ นาที สารที่เติมลงไปเพื่อเพิ่มคุณสมบัติสำหรับน้ำยาชุบแบบนี้ ได้แก่ กรดเนฟทอลซัลโฟนิค หรือโพลีอัลคิลีนออกไซด์ (polyalkylene oxide) แต่บางครั้งก็ใช้เจลาติน หรือเปปโคน

สูตรน้ำยาชุบและภาวะการทำงานของการชุบแบบฮาโลเจน คือ

สแตนท์สคลอไรด์ ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	75	กรัมต่อลิตร
โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF)	25	กรัมต่อลิตร
โพตัสเซียมไบฟลูออไรด์ (KHF_2)	50	กรัมต่อลิตร
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	45	กรัมต่อลิตร
สแตนท์สอออน (Sn^{2+})	36	กรัมต่อลิตร
สแตนท์สอออน (Sn^{4+})	1	กรัมต่อลิตร
สารเพิ่มคุณสมบัติ	1-2	กรัมต่อลิตร
PH	2.7	กรัมต่อลิตร
อุณหภูมิ	65	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	45	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

การลอกฟิวดีบุก

การลอกฟิวดีบุกสามารถทำได้ทั้งในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดและเป็นด่าง มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 ต่อชิ้นงานที่จะลอกฟิวกับขี้บววกและขี้ลอบอาจจะใช้แผ่นสแตนท์สจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5-20 เปอร์เซนต์ ผ่านกระแสไฟฟ้าด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 โวลท์ลงไป

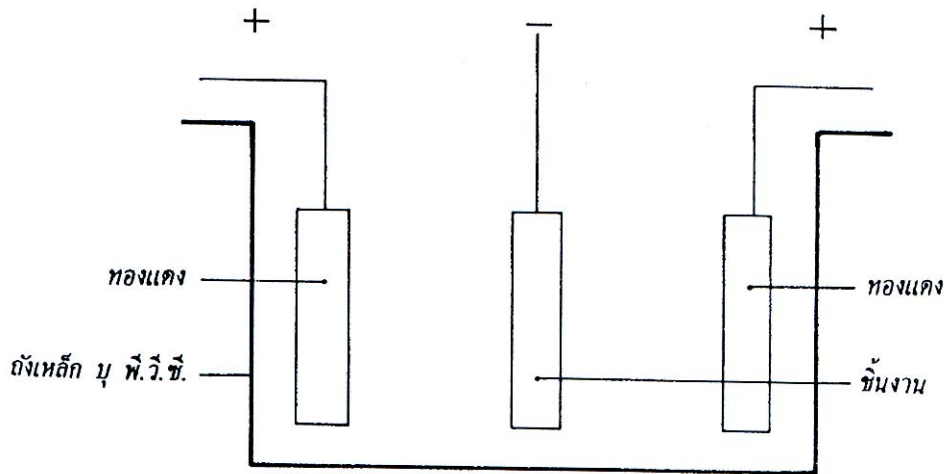
วิธีที่ 2 ทำเช่นเดียวกับวิธีที่ 1 แต่ใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร และต้องรีบเอาชิ้นงานออกเมื่อกลอกฟิวหมดแล้ว

วิธีที่ 3 จุ่มในสารละลาย sodium plumbite ที่ร้อน โดยสารละลาย sodium plumbite เตรียมจากสารละลายผสมของเลดอะซิเตต (lead acetate) 160 กรัมต่อลิตร ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 270 กรัมต่อลิตร ในอัตราส่วนโดยปริมาตรหนึ่งต่อหนึ่ง

- วิธีที่ 4 จุ่มในสารละลายที่มีองค์ประกอบต่อไปนี้ที่อุณหภูมิห้อง เฟอริกคลอไรด์ (Ferric chloride) 75-105 กรัมต่อลิตร กรดน้ำส้ม 56% (acetic acid 56%) 308-462 มิลลิลิตรต่อลิตร คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 135-158 กรัมต่อลิตร
- วิธีที่ 5 จุ่มในสารละลายที่มีองค์ประกอบต่อไปนี้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 50 กรัมต่อลิตร กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 100 มิลลิลิตรต่อลิตร

บทที่ 12

การชุบทองแดง



ทองแดงมีประโยชน์ในการชุบเคลือบผิวชิ้นแรกของโลหะเดิมก่อนที่จะไปชุบอย่างอื่น เช่น ใช้ชุบบนงานที่มีรอยบัดกรีและชุบบนสังกะสีผสม ก่อนที่จะไปชุบนิกเกิล เพราะถ้าหากเอาชิ้นงานที่มีรอยบัดกรี หรืองานที่มีสังกะสีผสมอยู่ สังกะสีจะละลายในน้ำยานิกเกิลทันที แต่ถ้าหากนำชิ้นงานไปชุบทองแดงแบบต่างก่อน แล้วไปชุบด้วยทองแดงแบบกรดและชุบด้วยนิกเกิลเงาตามลำดับ ก็จะทำให้ชิ้นงานนั้นแลดูสวยงามและทนทาน สามารถชุบในขั้นต่อไปได้

การชุบทองแดงแบ่งตามสภาพน้ำยาได้ดังนี้

การชุบทองแดงแบบต่าง

สารละลายของการชุบทองแดงแบบต่าง มีกำลังการเคลือบผิวดีมากและการเกาะจับผิวแน่น การชุบทองแดงแบบต่างนี้เหมาะสำหรับชุบรองพื้นชั้นแรก ก่อนที่จะเอาไปชุบในทองแดงแบบกรด และนิกเกิลเงา ในเมื่อโลหะที่จะชุบทองแดงนั้นไม่สามารถนำไปชุบในน้ำยาที่มีสภาพเป็นกรดได้ ดังนั้นจึงต้องนำชิ้นงานชุบในทองแดงแบบต่างก่อน แล้วจึงชุบในทองแดงแบบกรด (แบบเงา) หรือนิกเกิลเงา งานประเภทนี้ คืองานที่ทำด้วยสังกะสีหล่อ (Zinc Diecasting)

ทองแดงแบบต่างยังแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. แบบสไตรค์ (Strike Bath)
2. แบบร็อกเชล (Rochelle Bath)
3. แบบมีประสิทธิภาพสูง (High efficiency Bath)

แบบสไตรค์ ส่วนผสมของน้ำยา

คอปเปอร์ไซยาไนด์	30	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	48	กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	15	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	40-60	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	10-30	แอมแปร์/ตารางฟุต
อัตราส่วนของขั้วบวกต่อขั้วลบ	3 : 1	
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6	โวลท์

แบบร็อคเชล ส่วนผสมของน้ำยา

คอปเปอร์ไซยาไนด์	25	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	35	กรัม/ลิตร
ร็อคเชล ซ้อล	45	กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต	30	กรัม/ลิตร
ค่า pH	12.5	
อุณหภูมิ	50-60	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2-5	แอมแปร์/ตารางเดซิเมตร

แบบมีประสิทธิภาพสูง ส่วนผสมของน้ำยา

คอปเปอร์ไซยาไนด์	75	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์	93	กรัม/ลิตร
หรือ โปตัสเซียมไซยาไนด์	115	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	30	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	60	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	10-60	แอมแปร์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	0.75-4	โวลท์

หน้าที่ของส่วนผสมในน้ำยาชุบ**โซเดียมไซยาไนด์หรือโปตัสเซียมไซยาไนด์**

มีความสำคัญต่อน้ำยาชุบทองแดงมาก เป็นตัวช่วยนำกระแสไฟฟ้า ถ้าไซยาไนด์ในถังชุบน้อยกว่าที่กำหนด ผิวของขั้วบวกจะค่อย ๆ เป็นสีดำ และจะมีเยื่อบาง ๆ เป็นฉนวนจับอยู่ทำให้ขั้วบวกไม่ทำงาน กรณีเช่นนี้จะต้องค่อย ๆ เติมไซยาไนด์ลงไป จนสังเกตเห็นขั้วบวกเป็นสีทองแดง

โซเดียมหรือโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์

เติมลงในถังที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อช่วยทำให้การนำไฟฟ้าสูงขึ้น และเพื่อปรับค่าลั้งการเคลือบผิวให้ดีขึ้น พร้อมกันนี้ช่วยให้ขี้วัววกละลายดีขึ้น

โซเดียมคาร์บอเนต

ช่วยควบคุมค่า pH ของน้ำยาไม่ให้เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

การชุกของแอมโมเนียส่วนมากมักจะมีสารไซยาไนด์ ซึ่งเป็นสารมีพิษให้โทษต่อร่างกายและสิ่งมีชีวิตทั่ว ๆ ไป จึงขอแนะนำทองแดงต่างชนิดหนึ่งซึ่งไม่สารไซยาไนด์เจือปนและยังให้ผิวชุบที่ขึ้นเงาสวยงามอีกด้วย

ทองแดงต่างแบบไพโรฟอสเฟต

ส่วนผสมของน้ำยา

สารเคมี	ส่วนผสมโดยประมาณ	มาตรฐาน
คอปเปอร์ไพโรฟอสเฟต	80-105 กรัม/ลิตร	90 กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไพโรฟอสเฟต	290-370 กรัม/ลิตร	345 กรัม/ลิตร
แอมโมเนีย	2-4 ม.ล./ลิตร	3 ม.ล./ลิตร
น้ำยาเง SP 66	2-3 ม.ล./ลิตร	2.5 ม.ล./ลิตร
น้ำยาเง SP 67	0.2-0.3 ม.ล./ลิตร	0.25 ม.ล./ลิตร
อุณหภูมิ	50-60 ° ซ.	55 ° ซ.
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	2-6 แอมป์/ค.ม. ²	4 แอมป์/ค.ม. ²
ค่า pH	8.6-9.0	8.7

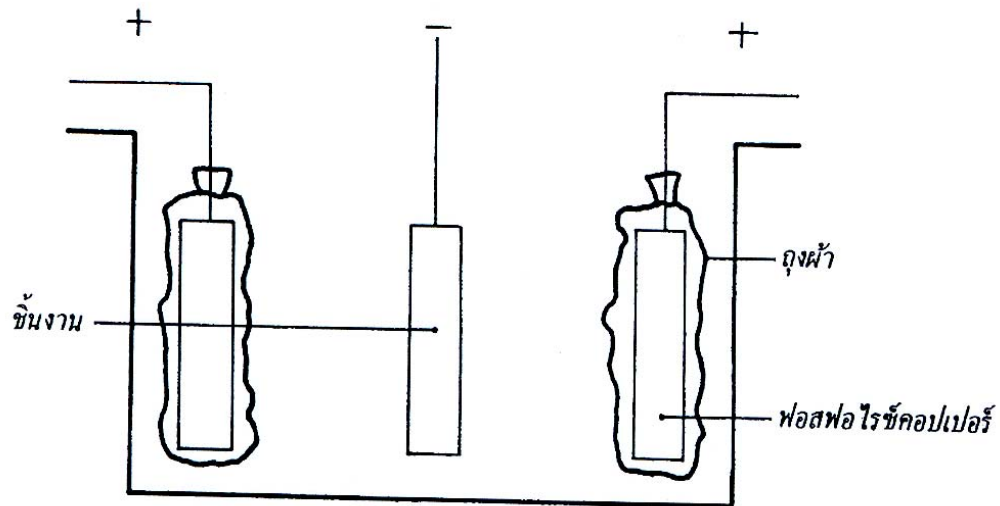
หมายเหตุ น้ำยาของคอปเปอร์ไพโรฟอสเฟต มีผู้ผลิตจำนวนมากใช้ชื่อต่าง ๆ กัน อัตราการใช้ก็ต่างกัน

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำในถังประมาณครึ่งถัง แล้วให้ความร้อน 50° ซ.
2. ใส่โปตัสเซียมไพโรฟอสเฟตและกวนน้ำยาให้ละลายจนหมด
3. ใส่คอปเปอร์ไพโรฟอสเฟต กวนให้ละลายจนหมด
4. กรองน้ำยาให้สะอาด
5. ใส่แอมโมเนีย
6. ใส่น้ำยาเง
7. เติมน้ำให้ครบตามปริมาตรที่ต้องการ

น้ำยาชุบทองแดงที่ให้เงาอย่างมากระบายงามมากก็คือน้ำยาชุบทองแดงเงาแบบกรด

การชุบทองแดงแบบกรด (ทองแดงเงา)



การชุบร่องพื้นด้วยทองแดงแบบกรด จะได้ผิวทองแดงที่เคลือบเรียบและเป็นเงาและชุบให้หนาได้ตามต้องการ การควบคุมน้ำยาก็ง่าย สารละลายในการชุบทองแดงชนิดกรดนี้ใช้คอปเปอร์ซัลเฟตกับกรดกำมะถัน และน้ำยาเงา (Brightener)

ตัวล่อ (Anode) ในการชุบทองแดงแบบกรด จะต้องใช้ตัวล่อที่เป็นฟอสฟอไรซ์ คอปเปอร์ (phosphorized copper Anode) ซึ่งเป็นทองแดงที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้เป็นตัวล่อในการชุบทองแดงเงา โดยเฉพาะฟอสฟอไรซ์ คอปเปอร์นี้ มีส่วนผสมของฟอสฟอรัสอยู่ในเนื้อทองแดง ซึ่งให้ผลดี 3 ประการดังนี้

1. จะได้ผิวชุบทองแดงที่เรียบและเป็นเงา
2. ตัวล่อชนิดนี้จะไม่ละลายลงในน้ำยาชุบ อันเป็นเหตุให้อัตราส่วนเปลี่ยนแปลงไป
3. จะไม่เกิดตะกอนของทองแดงในถังของน้ำยา

ส่วนทองแดงที่ไม่ใช่ฟอสฟอไรซ์ คอปเปอร์ จะละลายในน้ำยาชนิดกรดอย่างรวดเร็ว เกินกว่าที่ชั้นงานชุบจะรับได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดตะกอนทองแดงในน้ำยาชุบและทำให้อัตราส่วนของน้ำยาเปลี่ยนแปลง การชุบก็ไม่เงาและเป็นเหตุให้ผิวชุบไม่เรียบ กรณีที่การชุบทองแดงแบบเงาชนิดนี้ต้องกวนน้ำยาด้วยลม ทำให้ลมที่กวนนั้น กวนตะกอนของทองแดงขึ้นมาและลอยไปเกาะบนชั้นงานด้วย ทำให้ผิวหยาบ

ส่วนฟอสฟอไรซ์ คอปเปอร์นั้น การละลายดี ไม่ละลายจนเป็นตะกอนทองแดงในถังชุบ

ผลดีของการชุบทองแดงแบบเงา

1. ชุบทองแดงเงาแล้ว ไม่ต้องนำไปขัด เพราะการชุบทองแดงแบบเงานี้มีน้ำยาเงาใสในน้ำยาชุบ ชุบชิ้นงานขึ้นมาจะเงาเอง
 2. ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดไซยาไนด์ในทองแดงต่าง
 3. ชุบให้เงาได้ทั้งใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงและต่ำ
 4. ได้ความหนาที่เร็วกว่าทองแดงแบบต่าง และได้ผิวที่เรียบเป็นเงา
 5. และเหมาะสำหรับชุบแผ่นปริน ชนิดเจาะรู โดยชุบผ่านรูที่เจาะ
 6. การบำรุงรักษาก็ง่าย และค่าใช้จ่ายก็น้อยกว่าการบำรุงรักษาน้ำยาทองแดงแบบต่าง
- การชุบทองแดงแบบกรดหรือทองแดงแบบเงานี้ มีกำลังการเคลือบที่ดี และผิวชุบที่ได้จะเป็นทองแดงบริสุทธิ์ และมีความเหนียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้ชุบบน Zinc die casting ที่ผ่านการชุบทองแดงต่างมาแล้ว และต้องการความทนทานมาก ๆ อันนี้เป็นเหตุผลที่ทำให้การชุบทองแดงเงาใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะใช้ชุบร่องพื้นก่อนชุบนิเกิล และโครเมี่ยมบนชิ้นงานเหล็ก, บนชิ้นงานสังกะสีหล่อ และชุบบนพลาสติก

การบำรุงรักษาน้ำยา

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการควบคุมน้ำยานี้ก็หมายความว่าความถี่ในการควบคุมให้อัตราส่วนต่าง ๆ อยู่ในพิสัยที่กำหนดไว้ เช่น อุณหภูมิขณะทำการชุบก็ควรจะควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ คลอไรด์ ไอออน การกวนน้ำยาขณะทำการชุบ และการใช้กระแสไฟฟ้าก็ต้องให้ถูกต้องกับพื้นที่ของชิ้นงานที่ทำการชุบ

คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) คอปเปอร์ซัลเฟตนี้ เรียกว่าจูนสี ซึ่งเป็นตัวให้โลหะทองแดงในการชุบ และถ้าหากชุบชิ้นงานมาก ๆ คอปเปอร์ซัลเฟตก็จะจางลงไปเรื่อย ๆ อีกทางหนึ่งที่ทำให้คอปเปอร์ซัลเฟตจางลงไปก็คือ ติดมากับชิ้นงานที่ยกออกจากถังชุบ และถูกนำไปล้างทำให้คอปเปอร์ซัลเฟตที่ติดมากับชิ้นงานนั้นถูกล้างทิ้งไป เป็นการสูญเสียเปล่า กรณีที่ควรมีถังน้ำสะอาดเตรียมไว้สำหรับจุ่มชิ้นงานที่ยกออกจากถังชุบ ซึ่งเรียกว่าถังแดรกเอา (Drag out) แล้วจึงนำชิ้นงานไปล้าง และน้ำในถัง Drag out นี้ จะเก็บคอปเปอร์ซัลเฟตไว้ สามารถกลับไปยังถังชุบได้ ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดน้ำยาชุบที่ติดออกมาชิ้นงานได้อย่างดี

คอปเปอร์ซัลเฟตน้อยเกินไป จะทำให้ชิ้นงานที่ชุบอยู่นั้นเกิดการไหม้ บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูง เช่น บริเวณขอบของชิ้นงาน หรือบริเวณที่ยื่นแหลมออกมา

คอปเปอร์ซัลเฟตมากเกินไป จะทำให้น้ำยาดกผลึกเป็นก้อนคอปเปอร์ซัลเฟตอยู่ก้นถัง ทำให้ผืนิกคอปเปอร์ซัลเฟต ไปปิดรูท่อลม ซึ่งวางอยู่ก้นถัง และผืนิกคอปเปอร์ซัลเฟต ยังเกาะติดอยู่ที่ตัวล่อทองแดงอย่างหนาแน่น ทำให้ตัวล่อไม่ทำงานขณะทำการชุบ ฉะนั้นจึงต้องรักษาให้อยู่ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้

กรดกำมะถัน (H_2SO_4) กรดกำมะถันในน้ำยาชุบทองแดงชนิดกรดนี้ เป็นตัวให้ความนำไฟฟ้า ถ้าหากกรดกำมะถันในน้ำยาชุบมากเกินกว่าที่กำหนดไว้ จะทำให้การใช้กระแสไฟฟ้าต้องลดลงและลดกำลังการเคลือบ หรือความสม่ำเสมอของผิวที่เคลือบ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องควบคุมกรดกำมะถันให้อยู่ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้

คลอไรด์ไอออน (Cl) คลอไรด์ไอออน เป็นตัวหนึ่งซึ่งช่วยเสริมความเงา และจะต้องรักษาให้อยู่ในอัตราที่กำหนดไว้ โดยวิธีการวิเคราะห์ น้ำที่ใช้ผสมน้ำยาก็มีคลอไรด์ผสมอยู่พอเพียงกับการใช้คลอไรด์ไอออนในน้ำยาชุบ แต่คลอไรด์ไอออนในน้ำจะต้องไม่เกินไปจากที่น้ำยากำหนดไว้ คือ อย่างมากคลอไรด์ไอออนต้องไม่มากไปกว่า 80 มิลลิกรัมในน้ำยา 1 ลิตร ถ้าหากจะใช้น้ำที่มีคลอไรด์ไอออนผสมน้ำยาชุบ จะต้องวิเคราะห์น้ำก่อน แต่น้ำที่ผ่านกรรมวิธี Deionized จะเหมาะกว่า

คลอไรด์ไอออนต่ำไป ถ้าคลอไรด์ไอออนน้อยกว่า 20 มิลลิกรัม ต่อน้ำยา 1 ลิตร ผลลัพธ์คือกำลังการเคลือบไม่สม่ำเสมอ และความเงาก็ลดลง และผิวชุบหลุดออกในลักษณะเป็นผง (powdery) หรือผิวชุบเป็นริ้วรอย

คลอไรด์ไอออนสูงเกินไป ความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนในน้ำยาชุบสูงเกินไป คือสูงกว่า 60 มิลลิกรัม ในน้ำยา 1 ลิตร จะทำให้ความเรียบสม่ำเสมอของผิวชุบลดลง และการใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าก็ลดลง ความเงาก็ลดลง และต้องเพิ่มน้ำยาเงา ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำยาเงา

คลอไรด์ไอออน ในน้ำยาชุบทองแดงเงา สามารถใช้กรดเกลือเกรด C.P. กรดเกลือ 0.05 ม.ล./ลิตร หรือใช้โซเดียมคลอไรด์ 0.03 กรัม/ลิตร

อุณหภูมิของน้ำยา น้ำยาชุบทองแดงเงา ใช้อุณหภูมิ 20-32^oซ. หรือประมาณ 25^oซ. ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำยาทำงานดีที่สุด มีความเงามากที่สุด และกำลังการเคลือบดีที่สุด ถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้นำไฟฟ้าของน้ำยาดำลง แต่ถ้าหากอุณหภูมิของน้ำยาสูงกว่า 32^oซ. ความสม่ำเสมอจะลดลง และความเงาก็ลดลง

การกวนน้ำยา (Agitation) ขณะทำการชุบจะต้องกวนน้ำยาตลอดเวลา เพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำยาให้เท่ากันตลอดทั้งถัง และทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าได้สูงตามที่กำหนด จะทำให้งานที่ชุบเงาเร็วขึ้น

การกรองน้ำยา (Filtration) การชุบทองแดงเงา จำเป็นจะต้องกรองน้ำยาให้สะอาดอยู่เสมอ หรือถ้าเป็นไปได้ควรกรองตลอดเวลาที่ทำการชุบ

ถุงผ้าใส่ตัวล่อ (Anode bags) ในการชุบทองแดงแบบกรด จะต้องสวมด้วยถุงผ้าชนิดทนกรด

เครื่องให้ความร้อนและเครื่องทำความเย็น (heating and cooling Equipment)

ทางที่ถูกแล้วถึงน้ำยาชุบทองแดงเงานี้ควรจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อน และอุปกรณ์ทำความเย็นไว้ทั้ง 2 อย่าง โดยใช้ท่อใส่ไปทำด้วยตะกั่ว หรือดีบุก แต่ที่จำเป็นมากที่สุดคือเครื่องทำความเย็น เพราะอุณหภูมิของน้ำยาอาจร้อนขึ้นขณะทำการชุบ

การเตรียมผิวของชิ้นงานก่อนชุบทองแดงเงา (แบบกรด)

ชิ้นงานที่เป็นเหล็กหรือสังกะสี (Zinc diecasting) ไม่สามารถชุบในน้ำยาทองแดงแบบกรดได้ เพราะการเกาะจับจะไม่แน่น และเกิดการกัดกร่อน เพราะน้ำยาชุบทองแดงแบบกรดนี้มีกรดผสมอยู่มาก ฉะนั้นชิ้นงานที่เป็นเหล็ก จะต้องชุบด้วยทองแดงแบบด่างสไตรด์ หรือนิกเกิลสไตรด์เสียก่อนแล้ว จึงชุบด้วยทองแดงเงา ส่วนชิ้นงานที่เป็นสังกะสีจะต้องชุบด้วยทองแดงด่างแบบสไตรด์ก่อน แล้วชุบด้วยทองแดงด่างแบบมีประสิทธิภาพสูงแล้วจึงชุบทองแดงเงา

ส่วนผสมของน้ำยาเงา ตามสูตรใช้น้ำยาเงา Levco EX

สารเคมี	อัตราส่วนโดยประมาณ	มาตรฐาน
คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	200 – 250 กรัม/ลิตร	220 กรัม/ลิตร
กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	45 – 75 กรัม/ลิตร	60 กรัม/ลิตร (32.6 ซี.ซี./ลิตร)
คลอไรด์ไอออน (Cl^-)	15 – 80 ม.ก./ลิตร	20 ม.ก./ลิตร
น้ำยาเงา Levco EX	1 – 4 ม.ล./ลิตร	1.5 – 2.5 ม.ล./ลิตร
ตัวล่อ ฟอสฟอไรซ์ คอปเปอร์		
อุณหภูมิ	20 – 32 °ซ.	25 °ซ.
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	2 – 6 แอมแปร์/ตร.ดซม.	3 – 4 แอมแปร์/ตร.ดซม.
กวนน้ำยาคด้วยลมขณะทำการชุบ		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นหรือน้ำที่ผ่านการกรอง ประมาณ 2/3 ของความจุของถังให้ความร้อน 50 °ซ.
2. ใส่วัตถุคอปเปอร์ซัลเฟตทีละน้อย กวนน้ำยาตลอดเวลาเพื่อให้คอปเปอร์ซัลเฟตละลายจนหมด
3. ใส่วัตถุผงถ่าน (Activated carbon) 2 กรัมต่อน้ำยา 1 ลิตร กวนน้ำยาตลอดเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้ผงถ่านตกตะกอนอย่างน้อย 8 ชั่วโมง
4. กรองน้ำยาให้สะอาด
5. ใส่วัตถุกรดกำมะถันอย่างช้า ๆ และกวนน้ำยาตลอดเวลาเพื่อให้กรดกำมะถันผสมเข้ากับน้ำยา
6. เติมน้ำยาเงา Levco EX 2.5 ม.ล./ลิตร (2.5 ซี.ซี. ต่อน้ำยา 1 ลิตร)
7. เติมน้ำให้เต็มตามปริมาตรที่ต้องการ

ปัญหาในการชุบ

ล้างชิ้นงานไม่สะอาด

- ชิ้นงานผิวจะหยาบและอาจเป็นเม็ด ๆ (Roughness & pitting)
- การเกาะจับจะไม่ดี (poor Adhesion)

น้ำยาเจือจางเกินไป

- ความเงาจะเงาไม่เต็มที่
- อาจเกิดการไหม้บนผิวชิ้นงาน
- ผิวงานจะหยาบ

น้ำยาเจือจางมากเกินไป

- การเกาะจับไม่ดี (coarse Deposit)
- กำลังการเคลือบไม่ดี (poor coverage)

ถ้าอุณหภูมิของน้ำยาต่ำกว่า 170 กรัม/ลิตร

- จำทำให้ชิ้นงานเกิดการไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟสูง

ถ้ากรดกำมะถันต่ำกว่า 30 กรัม/ลิตร

- การเกาะจับไม่ดี
- ผิวชุบจะหยาบ
- กำลังการเคลือบไม่ดี

ถ้ากรดกำมะถันสูงกว่า 80 กรัม/ลิตร

- ความเงาจะลดลง
- ทำให้เกิดการไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟสูง
- ผิวงานจะหยาบ ๆ ขรุขระ

ถ้าอุณหภูมิของน้ำยาต่ำกว่า 20°C.

- ความเงาจะลดลง
- ผิวงานอาจไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟสูง
- ผิวงานหยาบ

ถ้าอุณหภูมิของน้ำยาสูงกว่า 32°C.

- ผิวงานจะด้านบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าต่ำ
- กำลังการเคลือบไม่ดี

ถ้ามีโลหะชนิดอื่นปะปนในน้ำยาชุบ

- ความเงาจะลดลง
- ผิวงานอาจไหม้
- ผิวงานหยาบ

- การเกาะจับไม่ดี, ชุบติดไม่แน่น
- ผิวงานจะดำ, มั่ว บริเวณกระแสไฟฟ้าต่ำ
- กำลังการเคลือบไม่ดี

ถ้ากระแสไฟฟ้าสูงกว่า 3 แอมป์/ตารางเดซิเมตร

- ความเงาของผิวชุบจะลดลง
- ผิวชุบจะหยาบ

ถ้าใช้ตัวล่อไม่ถูกต้อง

- ผิวชุบจะหยาบ หรือผิวเป็นเม็ด ทำให้ไม่สวยงาม

ถ้ากวนน้ำยาขณะทำการชุบเบาเกินไป

- ความเงาจะลดลง
- ผิวงานอาจไหม้บริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูง
- ผิวงานชุบจะหยาบ ไม่เรียบ

เมื่อผิวงานชุบแล้วเกิดการไหม้, ผิวหยาบ และผิวชุบด้านบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้าต่ำ

จะต้องใส่ผงคาร์บอน 2 กรัม/ลิตร แล้วกวนน้ำยาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้ตกตะกอน แล้วกรองน้ำยาให้สะอาด เติมน้ำยาเงาเข้าไปใหม่

ส่วนผสมน้ำยาชุบทองแดงเงาตามสูตรที่ใช้ น้ำยาเงา UBAC

สารเคมี	ส่วนผสมโดยประมาณ	มาตรฐาน
คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	180-240 กรัม/ลิตร	225 กรัม/ลิตร
กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	24-33 ม.ล./ลิตร	30 ม.ล./ลิตร
น้ำยาเงา UBAC # 1 A	1.5-2.5 ม.ล./ลิตร	2 ม.ล./ลิตร
คลอไรด์ไอออน (Cl)	20-80 ม.ล./ลิตร	30 ม.ล./ลิตร
ใช้กรดเกลือเข้มข้น	0.05-0.20 ม.ล./ลิตร	
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	3-6 แอมป์/ตร.ดซม.	3-6 แอมป์/ตร.ดซม.
แรงเคลื่อน	3-8 โวลท์	3-8 โวลท์
อุณหภูมิ	24-40 ⁰ ซ.	24-40 ⁰ ซ.
ตัวล่อใช้ฟอสฟอไรซ์คอปเปอร์		
ถุงใส่ตัวล่อใช้ผ้าทนกรด		
กวนน้ำยาด้วยลมขณะทำการชุบ		

การบำรุงรักษาและควบคุมน้ำยา

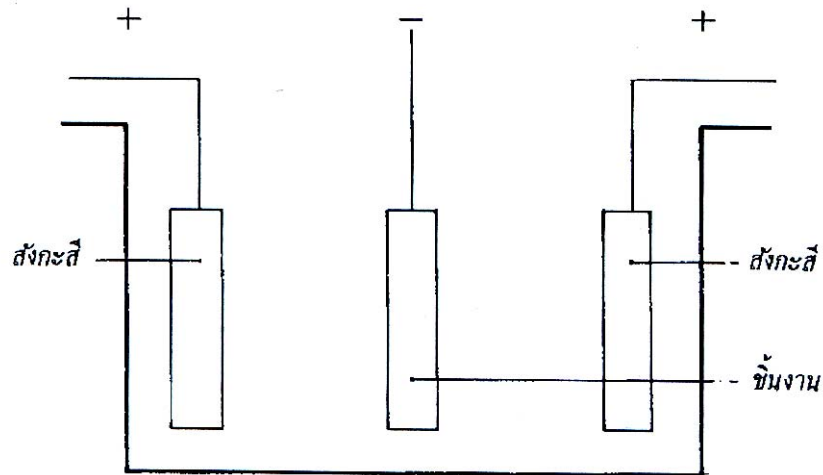
การบำรุงรักษาและควบคุมน้ำยาให้อยู่ในสภาพคืออยู่เสมอ นั้น กระทำได้โดยการนำน้ำยาไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกรดกำมะถัน และคอปเปอร์ซัลเฟต แต่ถ้าหากไม่มีอุปกรณ์วิเคราะห์สามารถควบคุมน้ำยาได้โดยวิธีควบคุมความหนาแน่นของน้ำยา โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ขนาด 0 ถึง 70 องศาโบเม่ จุ่มในน้ำยาและปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ลอยอยู่ในน้ำยาชุก แล้วอ่านค่าตัวเลขจากไฮโดรมิเตอร์ ตรงตัวเลขที่พอดีกับระดับน้ำยา ตัวเลขที่บอกระดับความหนาแน่นของน้ำยานั้นมีหน่วยเป็นองศาโบเม่ (Baume) เมื่อทราบจำนวนองศาโบเม่แล้ว ก็เทียบกับตารางเปรียบเทียบ โดยดูตารางช่ององศาโบเม่ แล้วดูตารางด้านขวา ซึ่งบอกความเข้มข้นของกรดกำมะถันรวมกับคอปเปอร์ซัลเฟต โดยปกติน้ำยาชุกทองแดงเงา (แบบกรด) ที่ผสมใหม่ จะมีความหนาแน่นประมาณ 19 ถึง 22 องศาโบเม่ ถ้าหากต่ำกว่านี้ก็ต้องปรับโดยการเติมคอปเปอร์ซัลเฟต ส่วนกรดกำมะถัน อาจตรวจสอบโดยวัดค่า พี.เอช. ปกติค่าพี.เอช. จะอยู่ระหว่าง 1 หรือต่ำกว่า แต่ถ้าหากจะให้ค่าที่แน่นอนจะต้องวิเคราะห์

ตารางเปรียบเทียบความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่นของสโตนโดยบอกความเข้มข้นของ
คอปเปอร์ซัลเฟต รวมกับกรดกำมะถัน

ความถ่วงจำเพาะ Sp.gr.	ความหนาแน่นเป็นของสโตน Be	คอปเปอร์ซัลเฟต + กรดกำมะถัน กรัม/ลิตร
1.01	1.4	20
1.02	2.7	36
1.03	4.1	52
1.04	5.4	68
1.05	6.7	84
1.06	8.0	100
1.07	9.4	117
1.08	10.6	133
1.09	11.9	150
1.010	13.0	166
1.011	14.2	183
1.012	15.4	200
1.013	16.5	217
1.014	17.7	234
1.015	18.8	251
1.016	19.8	268
1.017	20.9	286
1.018	22.0	303
1.019	23.0	321
1.020	24.0	339
1.021	25.0	357
1.022	26.0	375
1.023	26.9	393

บทที่ 13

การชุบสังกะสี (Zinc plating)



คุณสมบัติของโลหะสังกะสี สังกะสีเป็นโลหะชนิดหนึ่งมีสีขาว - เทา ขัดให้เป็นเงาได้ แต่เปราะ ในทางชุบโลหะนิยมชุบโลหะนิยมชุบบนชิ้นงานที่เป็นเหล็ก เพราะสังกะสีทนต่อการเกิดสนิมดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางอุตสาหกรรมชุบโลหะทั่ว ๆ ไป การชุบสังกะสี จะมีบทบาทมาก นอกจากทางชุบแล้ว โลหะสังกะสียังใช้ผสมกับโลหะชนิดอื่นแล้วอัดหรือฉีดออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเป็นเครื่องใช้ เครื่องประดับเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ แต่จะต้องนำไปชุบโครเมียม หรือชุบทองเหลือง - ทองแดง - รมดำก่อนนำไปใช้งาน

สังกะสีที่ได้จากการชุบ ผิวจะเงามาก และทนทานต่อการเกิดสนิม

สังกะสีละลายได้ง่ายในน้ำกรดเจือจาง และในน้ำค้าง

การใช้งาน และการทนต่อการเกิดสนิม

สังกะสีใช้เคลือบลงบนผิวเหล็ก โดยตรงเพื่อกันสนิม ซึ่งเรียกว่าการกัลวาไนซ์ (galvanise) การกัลวาไนซ์ เป็นการหลอมสังกะสีให้หลอมเหลว แล้วจุ่มเหล็กซึ่งทำความสะอาดแล้วลงไปทำให้สังกะสีเกาะจับบนผิวเหล็ก เช่น แป้น้ำต่าง ๆ

การชุบสังกะสีนั้น เป็นการทำให้สังกะสีเกาะจับบนชิ้นงานโดยใช้เคมี-ไฟฟ้า เพื่อกันสนิมบนชิ้นงานเหล็ก ส่วนสารเคมีที่ใช้ในการชุบสังกะสีก็เป็น ซิงออกไซด์ (Zinc oxide) และซิงไซยาไนด์ (Zinc Cyanide) อย่างใดอย่างหนึ่ง

น้ำยาชุบสังกะสี

น้ำยาชุบสังกะสีชนิดใช้ไซยาไนด์ เป็นน้ำยาที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมชุบสังกะสี เพราะการควบคุมง่าย การชุบก็ง่าย แต่มีข้อเสีย คือ จำเป็นต้องใช้ไซยาไนด์เป็นสารละลาย ซึ่งไซยาไนด์ เป็นสารพิษ

สูตรน้ำยา

ซิงออกไซด์ (ZnO)	45 – 50	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	110 – 120	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	75 – 85	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา	3	ม.ล./ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	15 – 30	แอมป์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	3 – 5	โวลท์
ตัวล่อ (Anode)	สังกะสี	
อุณหภูมิ	27 – 38 °	ซ.

นอกจากนี้แล้วยังมีสูตรน้ำยาชุบสังกะสีอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละสูตรก็จะต้องประกอบด้วย ซิงออกไซด์, โซเดียมไซยาไนด์, โซเดียมไฮดรอกไซด์, น้ำยาเงา และบางสูตรยังเติมโซเดียมซัลไฟด์ ประมาณ 0.5 กรัมต่อลิตร ซึ่งโซเดียมซัลไฟด์นี้ จะทำหน้าที่ทำให้สิ่งสกปรกที่ลอยปะปนอยู่ในน้ำยาชุบนั่นตกตะกอนทำให้น้ำยาสะอาด

วิธีผสมน้ำยาชุบสังกะสี

1. เอน้ำใส่ลงไปจนถึงประมาณครึ่งหนึ่งของความจุของถัง
2. ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วกวนให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายจนหมด
3. ใส่โซเดียมไซยาไนด์ กวนน้ำยาให้โซเดียมไซยาไนด์ละลายจนหมด
4. ใส่ซิงออกไซด์ พร้อมกวนน้ำยาตลอดเวลาเพื่อให้ซิงออกไซด์ละลาย
5. เติมน้ำจนได้ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของความจุแล้วปล่อยให้ให้น้ำยาเย็นลงจนได้อุณหภูมิปกติ
6. เติมน้ำยาเงา และเติมน้ำจนครบตามปริมาณที่ต้องการ

น้ำยาชุบสังกะสีแบบใช้ซิงค์ไซยาไนด์

สูตร

ซิงค์ไซยาไนด์ ($Zn(CN)_2$)	45	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	90	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	75	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา ใสตามคู่มือของน้ำยานั้น ๆ		
อุณหภูมิใช้งาน	10-40°	ซ.
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	2-6	แอมป์/ตารางเดซิเมตร

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำในถังประมาณครึ่งถึง
2. ใสโซเดียมไฮดรอกไซด์ กวนให้ละลาย
3. ใสโซเดียมไซยาไนด์ กวนให้ละลายจนหมด
4. ใสซิงค์ไซยาไนด์ แล้วกวนน้ำยาให้ซิงค์ไซยาไนด์ละลายจนหมด แล้วปล่อยให้ น้ำยาเย็นลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิปกติ
5. ใส่น้ำยาเงา
6. เติมน้ำจนครบตามปริมาณที่ต้องการ

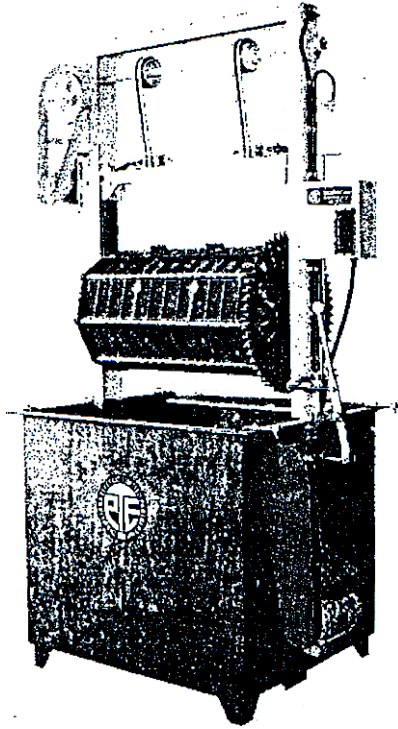
การเติมน้ำยาเงา น้ำยาเงาบางยี่ห้อ ก่อนเติมลงไป ในน้ำยาชุบสังกะสี จะต้องเจือจางกับน้ำก่อนแล้วจึงใช้เติมลงไปได้

เจลาติน (Gelatin) ใช้เติมลงไป ในน้ำยาชุบสังกะสี 0.1 กรัม/ลิตร เพื่อรักษาความเงาและเพิ่มอัตราต่อต้านต่อสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่ปนในน้ำยา ในการเติมเจลาตินนี้ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง ในการเติมควรละลายเจลาตินกับน้ำเย็นก่อน

เกลือต่าง ๆ ในการที่จะรักษาอัตราส่วนของน้ำยาให้คงที่อยู่เสมอนั้น จะต้องวิเคราะห์ค่าของซิงค์, ค่าของไซยาไนด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์

ซิงค์ออกไซด์	1	กรัม	มีซิงค์อยู่	0.8	กรัม
ซิงค์ออกไซด์	1.25	กรัม	มีซิงค์อยู่	1	กรัม
ซิงค์ไซยาไนด์	1	กรัม	มีซิงค์อยู่	0.55	กรัม
ซิงค์ไซยาไนด์	1.8	กรัม	มีซิงค์อยู่	1	กรัม

การชุบสังกะสีแบบถังหมุน (Barrel Plating)



การชุบสังกะสีชนิดนี้ ไม่ต้องผูกชิ้นงานด้วยลวดทองแดง ส่วนมากจะเป็นชิ้นงานเล็ก ๆ จำนวนมาก ๆ เช่น น็อต, สกรูต่าง ๆ งานเช่นนี้จะต้องชุบด้วยถังหมุน โดยนำชิ้นงานที่จะชุบ ชัดด้วยถังหมุนแล้วก็ชุบด้วยถังหมุน ถังหมุนที่วางนี้จะถูกแช่อยู่ในถังซึ่งบรรจุน้ำยาชุบและขั้วด้วยเฟืองและมอเตอร์ ทำให้ถังหมุนอยู่ตลอดเวลา ภายในถังหมุนจะมีขั้วลบบ่อยภายใน เวลาถังหมุนไปชิ้นงานจะสัมผัสกับขั้วลบบ ส่วนขั้วบวกจะถูกแขวนอยู่กับถังบรรจุน้ำยา

สูตรน้ำยาชุบสังกะสี (ซิง) แบบถังหมุน

ซิงออกไซด์ (ZnO)	43 – 50	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	80 – 90	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	80 – 95	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา ใสตามคู่มือ	10 – 16	โวลท์
ขั้วบวก ใช้ สังกะสี แรงเคลื่อนไฟฟ้า	10 – 16	โวลท์
อุณหภูมิ	21 – 38 ^o ซ.	

การจุ่มน้ำยาเพิ่มความต้านทาน (Passivation)

จุดประสงค์ของการทำ Passivation ก็เพื่อป้องกันผิวของชิ้นงานที่ชุบสังกะสีไม่ให้เกิดสนิมได้ง่าย หนทางที่ชิ้นงานจะเกิดสนิมนั้นมีหลายทางด้วยกัน เช่น ความชื้น, อุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ โดยเฉพาะการกลั่นตัวของไอน้ำ เป็นหยดน้ำเกาะบนชิ้นงาน งานที่ชุบสังกะสีตัวสังกะสีสามารถฟอร์มสนิมขาว (white corrosion) ขึ้นบนตัวมันเองได้เรียกว่า white rust หรือชิ้นงานที่ผ่านการชุบสังกะสีแล้ว ถูกบรรจุไว้ในกล่อง เช่น กล่องไม้อัด ซึ่งงานนั้นอาจเกิดสนิมขาวได้ โดยเกิดจากไม้อัดรองและภาวะในไม้อัด เป็นเหตุให้ชิ้นงานเกิดสนิมขาวได้

การทำ passivation บนชิ้นงานชุบสังกะสี เพื่อเพิ่มความต้านทานและต่อต้านการเกิดสนิมชนิดนี้บนชิ้นงาน ทำให้ยืดอายุของชิ้นงานให้ยาวนานขึ้น และชิ้นงานยังมองดูสวยงามมีสีสดุดตา เกิดขึ้นอีกด้วย เช่น สีรุ้ง, สีขาวแกมน้ำเงิน และสีดำ

การอบแห้ง (Drying)

ชิ้นงานที่ผ่านการชุบและจุ่ม passivation ใหม่ๆ ผิวยังอ่อน ห้ามจับต้องผิวจะเสีย จะต้องนำชิ้นงานอบแห้ง หรือตากแดดให้ผิวแห้งก่อนจึงจับต้องได้

ส่วนผสมของน้ำยา passivation ชนิดต่าง ๆ

1. น้ำยา passivation สีรุ้ง

สูตรที่ 1	โซเดียมไดโครเมต ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	200	กรัม/ลิตร
	กรดกำมะถัน (H_2SO_4) ถ.พ. 1.84	6.6	ม.ล./ลิตร
	เวลาจุ่ม	5 – 10	วินาที
	อุณหภูมิ ปรกติ		

การผสมน้ำยา

1. เอน้ำใส่ภาชนะพลาสติกจำนวน $\frac{1}{2}$ ของภาชนะ
2. ใส่กรดกำมะถัน กวนให้เข้ากับน้ำ
3. ใส่โซเดียมไดโครเมต กวนให้ละลายจนหมด
4. ใส่น้ำจนครบตามต้องการ

สูตรที่ 2

	กรดโครมิก (CrO_3)	5	กรัม/ลิตร
	กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	1	ม.ล./ลิตร
	กรดดินประสิว (HNO_3)	3.5	ม.ล./ลิตร

การผสมน้ำยา

1. เอน้ำใส่ภาชนะพลาสติก จำนวน $\frac{1}{2}$ ของภาชนะ
2. ใส่กรดโครมิก แล้วกวนให้ละลาย
3. ใส่กรดกำมะถัน กวนให้เข้ากัน
4. ใส่กรดดินประสิว กวนให้เข้ากัน

2. น้ำยา passivation สีขาว

ซิงโครเมตติ้ง ซีล	3	กรัม/ลิตร
กรดดินประสิว 70% (เกรดเล็บ)	12.5	ม.ล./ลิตร
เวลาจุ่ม	14 – 40	วินาที

การผสมน้ำยา

1. เอน้ำใส่ภาชนะพลาสติก
2. ใส่กรดดินประสิว กวนให้เข้ากัน
3. ใส่ซิงโครเมตติ้ง ซีล กวนให้เข้ากัน
4. เติมน้ำจนครบตามต้องการ

น้ำยา passivation สีดำ**สูตรที่ 1**

โปแตสเซียม คลอเรท ($KClO_3$)	20	กรัม/ลิตร
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	15	กรัม/ลิตร

การผสมน้ำยา

1. เอน้ำใส่ภาชนะพลาสติก ประมาณ $\frac{1}{2}$ ของความจุ
2. ใส่โปแตสเซียมคลอเรท
3. ใส่คอปเปอร์ซัลเฟต
4. ใส่โซเดียม คลอไรด์ กวนให้ละลายจนหมด
5. เติมน้ำจนครบตามต้องการ

สูตรที่ 2

โซเดียมไดโครเมต ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	40	กรัม/ลิตร
กรดโครมิก (CrO_3)	4	กรัม/ลิตร
กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)	3	ม.ล./ลิตร
ซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) 0.1 N	20	ม.ล./ลิตร
กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	4	ม.ล./ลิตร

ขั้นตอนการชุบสังกะสีเงา (Bright Zinc plating)

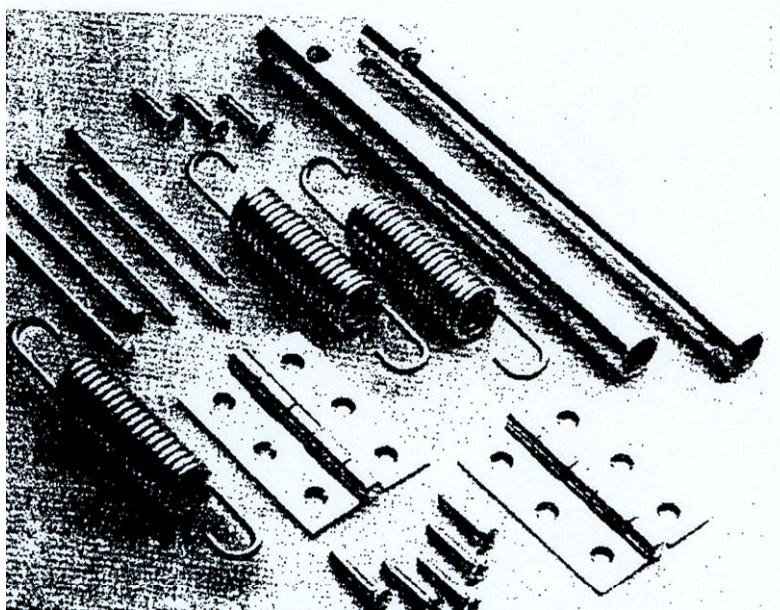
- ล้างชิ้นงานด้วยด่างร้อน แต่ถ้าชิ้นงานมีคราบน้ำมันมากจะต้องล้างด้วยไตรคลอโรเอทที่ลีนก่อน
- ล้างด้วยไฟฟ้า อุณหภูมิ 82 – 93⁰ ซ. ใช้กระแส ประมาณ 50 แอมป์ ต่องาน 1 ตารางฟุต เวลาประมาณ 1 – 2 นาที
- ล้างในน้ำซึ่งไหลแรงตลอดเวลา
- จุ่มในกรดเกลือเจือจาง 30 – 50%
- ล้างในน้ำ
- จุ่มชิ้นงานในโซเดียมไซยาไนด์ 5% (50 กรัม/ลิตร)
- ชุบสังกะสี
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดดินประสิวเจือจาง 5 – 10 ซี.ซี/ลิตร
- ล้างน้ำ
- จุ่มน้ำยาเพิ่มความต้านทาน (passivate) 10 – 15 วินาที
- ล้างน้ำ
- อบแห้ง

การชุบสังกะสีด้าน DULL Zinc plating

การชุบสังกะสีด้านใช้ส่วนผสมเช่นเดียวกับการชุบสังกะสีเงา แต่การชุบแบบด้านไม่ต้องใส่น้ำยาเงา หลังจากการชุบสังกะสีแล้ว ก็ต้องล้างอย่างดีด้วยน้ำสะอาด แล้วก็จุ่มในน้ำยาแพสซิเวทตามต้องการ แต่ถ้าหากว่าไม่ต้องการจุ่มน้ำยาแพสซิเวทก็ดำเนินการตามขั้นตอน ต่อไปนี้

ขั้นตอนการชุบสังกะสีด้าน

- ล้างชิ้นงานด้วยด่างร้อน
- ล้างด้วยไฟฟ้า
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดเกลือ 30 – 50% (300 – 500 ซี.ซี./ลิตร)
- ล้างน้ำ
- จุ่มไซยาไนด์ 5%
- ชุบสังกะสี
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ
- จุ่มในกรดโครมิก 50 กรัม/ลิตร 15 – 20 วินาที
- ล้างน้ำ
- อบแห้ง



ชิ้นงานชุบสังกะสี

การแก้ไขปัญหาในการชุบสังกะสี

ผลการชุบ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. การชุบติดไม่แน่น, พอง และลอก	<ol style="list-style-type: none"> อัตราส่วนของน้ำยาชุบผิดพลาด อาจมีไฮโดรเจนที่ผิวงานมาก ขณะล้างด้วยไฟฟ้า อาจมีไขมันที่ผิวงาน หรือคราบ ออกไซด์ที่ผิวงาน 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์หาค่าสังกะสี, ค่าโซดาไนต์และค่าของโซดาไฟและแก้ไขให้อัตราส่วนถูกต้อง ถ้าเป็นเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งเวลาล้างด้วยไฟฟ้า จะต้องให้งานเป็นขี้บวก ตรวจขั้นตอนการล้างทั้งหมดรวมทั้งน้ำยาและน้ำล้าง
2. ผิวชุบได้หยาบและดำ และเป็นเม็ด ๆ	<ol style="list-style-type: none"> ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป หรือน้ำยาขาดโซเดียมไซยาไนต์กับ โซดาไฟ 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์น้ำยา และแก้ไขส่วนผสมให้ถูกต้อง
3. ผิวที่ชุบได้ค่อนข้างดำ	<ol style="list-style-type: none"> ส่วนผสมของน้ำยาไม่ได้สัดส่วน มีโลหะชนิดอื่นปนอยู่ในน้ำยา อาจจะมีโลหะชนิดอื่นตกแช่อยู่ในน้ำยา 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์น้ำยา แล้วแก้ไขให้ถูกต้อง ใส่โซเดียมซัลไฟด์ลงในน้ำยาประมาณ 0.6 กรัมต่อน้ำยา 1 ลิตร เพื่อให้สิ่งสกปรกต่างๆในน้ำยาตกตะกอน หรือจะใส่ผงสังกะสี (Zinc Dust) ก็ได้
4. ผิวชุบมีรอยดำ	<ol style="list-style-type: none"> น้ำยาชุบ อัตราส่วนผสมผิดพลาด ขั้นตอนการล้างไม่ดี น้ำล้างไม่สะอาด น้ำยาเจาน้อยเกินไป อาจมีโลหะอย่างอื่นตกลงไปในน้ำยา 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์น้ำยา และแก้ไขส่วนผสมให้ถูกต้อง จะต้องล้างชิ้นงานในน้ำสะอาดมากๆ ก่อนจุ่มลงในน้ำกรด เติมน้ำยาเจา
5. ผิวชุบมองดูสวยงาม แต่ผิวหยาบ	<ol style="list-style-type: none"> มีสิ่งเจือปนอยู่ในน้ำยา 	<ol style="list-style-type: none"> ต้องกรองเอาสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำยานั้นออกไปให้หมด

การแก้ไขปัญหาในการชุปสังกะสี (ต่อ)

ผลการชุป	สาเหตุ	การแก้ไข
6. ผิวชุปบางและติดช้า	1. น้ำยามีความนำไฟฟ้าน้อย อัตราส่วนผสมไม่ได้ส่วน หรือ อุณหภูมิขณะชุปต่ำเกินไป	1. ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปก็เพิ่มให้สูงขึ้น และวิเคราะห์น้ำยาแล้ว ปรับส่วนผสมให้ถูกต้อง
7. กำลังการเคลือบไม่ดี มีแก๊สขณะชุปมากบนชิ้นงาน	1. โซลยไนต์มากเกินไป หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป	1. จะต้องวิเคราะห์หาน้ำยาหาค่าของส่วนประกอบ และปรับให้ถูกต้อง
8. ตัวล่อถูกเคลือบด้วยสีขาวขณะชุปแอมแปร์ตก แต่โวลท์สูงขึ้น	1. ตัวล่อไม่ทำงานเพราะน้ำยาขาด โซลยไนต์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์	1. วิเคราะห์หาค่าของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมโซลยไนต์ ปรับอัตราส่วนให้ถูกต้อง
9. สังกะสีในน้ำยามากเกินไป	1. เนื้อที่ของตัวล่อในถังน้ำยาชุปมากเกินไป	1. ลดจำนวนตัวล่อ
10. น้ำยาเป็นตะกอนเกาะที่ตัวล่อและข้างถังชุป	1. มีคาร์บอนตเกิดขึ้นในถังมาก	1. แชะตะกอนที่ข้างถังทิ้งไปให้หมด แล้วเติมน้ำให้เท่าระดับเดิม

การชุบสังกะสีแบบไม่ใช้ไซยาไนด์ (NON – Cyanide Zinc)

การชุบสังกะสี (ซิงค์) แบบไม่ใช้ไซยาไนด์ ทำให้ลดอันตรายจากสารพิษไซยาไนด์แก่ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม สารเคมีที่ใช้ในการชุบประกอบด้วย ซิงค์ออกไซด์, โซดาไฟ และน้ำยาเงา ดังสูตรต่อไปนี้

ส่วนผสมของน้ำยา

ชุบซิงค์แบบแขวนชิ้นงาน (Rack)

สูตร	ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	5 – 18	กรัม/ลิตร
	โซดาไฟ (NaOH)	70 – 180	กรัม/ลิตร
	น้ำยาเงา ใส่ตามคู่มือการใช้งานน้ำยานั้น		
	ยาดับกลิ่นซิงค์		
	อุณหภูมิใช้งาน	20 – 40	ซ.
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0.5 6	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	3 – 12	โวลท์

ชุบซิงค์แบบไม่ใช้ไซยาไนด์ ถังหมุน (Barrel)

เป็นการชุบชิ้นงานเล็ก ๆ จำนวนมาก ๆ เช่น น็อต, ตะปูเกลียว ซึ่งไม่สะดวกในการผูกและแขวนในถังชุบ

สูตร	ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	5 - 18	กรัม/ลิตร
	โซดาไฟ (NaOH)	70 – 180	กรัม/ลิตร
	น้ำยาเงาใส่ตามคู่มือของน้ำยานั้น ๆ		
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	1 – 10	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	3 – 15	โวลท์

การผสมน้ำยา ควรมีถังสำรอง 1 ใบ ครั้งแรกผสมน้ำยาในถังสำรองก่อน โดยมีขั้นตอนการผสม ดังนี้

1. ใส่น้ำลงไปในถังประมาณ 1/5 ของความจุของถัง
2. ใส่โซดาไฟ กวนน้ำยาให้โซดาไฟละลายจนหมด
3. ใส่ซิงค์ออกไซด์ ลงไปที่ละน้อย เพื่อสะดวกในการละลาย และกวนน้ำยาให้ซิงค์ออกไซด์ละลายจนหมด
4. ใส่น้ำในถังอีกใบหนึ่งซึ่งเป็นถังชุบ ประมาณ 2/3 ของถัง

5. เหนี่ยาจากถังสำรองลงในถังชุบ
6. กรองน้ำยาให้สะอาด
7. ใส่น้ำยาเงา
8. เติมน้ำจนครบตามปริมาตรที่ต้องการ

โซดาไฟ ช่วยเป็นตัวนำไฟฟ้าและละลายตัวล่อ

ซิงออกไซด์ เป็นตัวให้ซิงเกาะบนชิ้นงาน และรักษาอัตราส่วนอยู่ระหว่าง

4 – 15 กรัมต่อน้ำยา 1 ลิตร ถ้าหากวิเคราะห์น้ำยาแล้ว ผลบอกว่า ซิงออกไซด์ น้อยเกินไป แก้ไขโดยเพิ่มจำนวนตัวล่อ แต่ถ้าผลวิเคราะห์ซิงมากเกินไป แก้ไขโดยลดจำนวนตัวล่อ

ถ้าหาก ซิง มากกว่า 15 กรัม ต่อน้ำยา 1 ลิตร ชิ้นงานบริเวณที่ได้รับกระแสไฟฟ้า น้อยจะเป็นสีเทา และบริเวณที่ได้รับกระแสจะไหม้ ถ้าหากซิงต่ำกว่า 4 กรัมต่อลิตร การเคลือบจะช้ามากและเกิดแก๊สมากขณะทำการชุบ

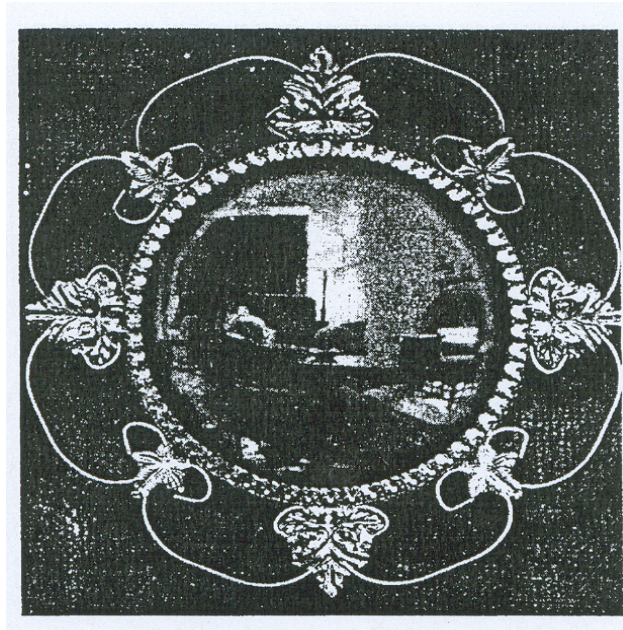
ขั้นตอนการชุบ

- ล้างในค่างร้อน (ต้ม)
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดเกลือ 50% โดยปริมาตร
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดกำมะถัน 5%
- ล้างน้ำ
- ชุบซิง
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดดินประสิว 10 ซี.ซี. ต่อลิตร
- ล้างน้ำ
- จุ่มน้ำยาเพิ่มความต้านทาน (passivate)
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ
- อบแห้ง

บทที่ 14

การชุบทองเหลือง

(Brass plating)



การชุบทองเหลืองเป็นการชุบโลหะอย่างอื่นให้เป็นทองเหลือง เช่น ชิ้นงานเป็นเหล็กถ้าชุบให้เป็นทองเหลืองก็จะทำให้โลหะเหล็กนั้นถูกเคลือบด้วยทองเหลือง ทำให้มีค่าสูงขึ้น เช่น เฟอร์นิเจอร์เหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้โลหะเหล็กแล้วยังมีโลหะประเภทสังกะสีหล่อหรือสังกะสีฉีดออกมาตามแบบ (Zinc Diecasting) และนำมาชุบทองเหลือง อีกอย่างหนึ่งก็เป็นพลาสติก A.B.S. ก็ชุบทองเหลืองได้ เช่น มือจับประตู มือจับลิ้นชัก เฟอร์นิเจอร์เหล็ก และชิ้นส่วนเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น

ทองเหลืองเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงกับสังกะสีโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว จะมีส่วนผสมของทองแดง 60 เปอร์เซ็นต์ และสังกะสี 40 เปอร์เซ็นต์ หรือทองแดง 70 เปอร์เซ็นต์ กับสังกะสี 30 เปอร์เซ็นต์

ตัวล่อ Anode ตัวล่อที่ใช้ในการชุบทองเหลืองเป็นส่วนผสมของทองแดง 60% กับสังกะสี 40% ถ้าต้องการชุบทองเหลืองให้สีเข้มใช้ตัวล่อที่มีส่วนผสมของทองแดง 70% สังกะสี 30%

ส่วนผสมของน้ำยาชุบทองเหลือง

สูตรที่ 1	คอปเปอร์ไซยาไนด์(CUCN)	50	กรัม/ลิตร
	ซิงค์ไซยาไนด์ (Zn(CN) ₂)	9	กรัม/ลิตร
	โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	54	กรัม/ลิตร
	โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)	20	กรัม/ลิตร
	โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	20	กรัม/ลิตร
	อุณหภูมิ	24-38°ซ	
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	3-5	แอมแปร์/ตารางฟุต
	ตัวล่อใช้ทองเหลือง		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำประมาณครึ่งถัง
2. ใส่โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ กวนให้ละลาย
3. ใส่โซเดียมไซยาไนด์ พร้อมกวนน้ำยาให้โซเดียมไซยาไนด์ละลาย
4. ใส่คอปเปอร์ไซยาไนด์ กวนให้ละลาย
5. ใส่ซิงค์ไซยาไนด์
6. ใส่โซเดียมคาร์บอเนต แล้วกวนน้ำยาให้สารทุกตัวละลาย
7. กรองน้ำยาให้สะอาด
8. เติมน้ำจนครบตามปริมาณที่ต้องการ

น้ำยาชุบทองเหลืองสูตรที่ 2

คอปเปอร์ไซยาไนด์(CUCN)	75	กรัม/ลิตร
ซิงค์ไซยาไนด์ (Zn(CN) ₂)	30	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	150	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	4.5	กรัม/ลิตร
โซเดียมคาร์บอเนต (Na ₂ CO ₃)	15	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช (pH)	12.5	
อุณหภูมิ	43°ซ	
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5-20	แอมแปร์/ตารางฟุต
ตัวล่อใช้ทองเหลือง		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำประมาณครึ่งถัง
2. ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์
3. ใส่โซเดียมไซยาไนด์ และกวนให้ละลายจนหมด
4. ใส่คอปเปอร์ไซยาไนด์ และกวนให้ละลาย
5. ใส่ซิงค์ไซยาไนด์ และกวนให้ละลาย
6. ใส่โซเดียมคาร์บอเนต กวนให้ละลาย
7. เติมน้ำจนครบ

ส่วนผสมของน้ำยาชุบทองเหลืองโดยใช้เกลือทองเหลือง Zonax Brass Salt

แบบน้ำยาเย็น (Cold Solution)

เกลือทองเหลือง (Brass Salt)	100	กรัม/ลิตร
แอม โมเนียม คลอไรด์	3	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	3-4	แอมแปร์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	3-4	โวลท์
ค่า พี.เอช (pH)	9.8-10.8	

แบบน้ำยาอุ่น (Warm Solution)

เกลือทองเหลือง (Brass Salt)	75	กรัม/ลิตร
แอม โมเนียม คลอไรด์	3	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5-6	แอมแปร์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	2.5-3	โวลท์
ค่า พี.เอช (pH)	7.8-10.8	
อุณหภูมิ	50°ซ	

น้ำยาชุบทองเหลือง Dewe Ka – Color (ประเทศเยอรมัน)

น้ำยาชุบทองเหลืองชนิดนี้สามารถชุบบนเหล็กได้โดยตรง โดยไม่ต้องชุบรองพื้นด้วยนิเกิล หรือจะชุบรองพื้นด้วยนิเกิลแล้วชุบทองเหลืองก็ได้

ส่วนผสมของน้ำยา

เกลือทองเหลือง (Brass Salt)	150	กรัม/ลิตร
แอมโมเนียม คลอไรด์	6	กรัม/ลิตร
ตัวใช้ถังเหล็กชุบด้วย พี.วี.ซี. หรือ เอ.พี.เอ.		
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	6-10	โวลท์
ค่า พี.เอช (pH)	10.2-11.0	
อุณหภูมิ	20°ซ	

น้ำยาชุบทองเหลือง Dewe Ka – Color (ประเทศเยอรมัน)

น้ำยาชุบทองเหลืองชนิดนี้สามารถชุบบนเหล็กได้โดยตรง โดยไม่ต้องชุบรองพื้นด้วยนิเกิล หรือจะชุบรองพื้นด้วยนิเกิลแล้วชุบทองเหลืองก็ได้

ส่วนผสมของน้ำยา

Brass Salt Dewe Ka – Color	180	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา DeweKa – Color I	1	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงา DeweKa – Color II	1	ม.ล./ลิตร
อุณหภูมิขณะใช้งาน	40-50°ซ	
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	1.5-3	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	1.5-3	โวลท์
ค่า pH	9.0-10.5	
ความหนาแน่นของน้ำยา	13	องศาโบเม่

การบำรุงรักษาน้ำยา

1. ถ้าความหนาแน่นของน้ำยาตกลง จะต้องปรับให้เท่าเดิมโดยการเติม Brass Salt Dewe Ka – Color

ถ้าต้องการเพิ่มความหนาแน่นของน้ำยา 1 องศาโบเม่ จะต้องเติม Brass Salt 15 กรัม ต่อน้ำยา 1 ลิตร การเติมต้องละลาย Brass Salt ก่อนแล้วจึงเติมลงในถังชุบ

2. ขณะทำการชุบที่ตัวล่อ มีสิ่งอื่นมาเคลือบอยู่เป็นสีดำทำให้ตัวล่อไม่ทำงานหรือกระแสดิ้นไม่สะดวก แสดงว่าโซเดียมไซยาไนด์ในน้ำยาชุบน้อยเกินไป จะต้องค่อย ๆ เติมโซเดียมไซยาไนด์ จนกว่าสิ่งที่เคลือบบนตัวล่อหายไป

3. ถ้าหากตัวล่อสะอาดมาก และขณะทำการชุบมีแก๊สเกิดขึ้นที่ชิ้นงานมาก แสดงว่าโซเดียมไซยาไนด์มากเกินไปจะต้องเติมคอปเปอร์ไซยาไนด์ กับซิงค์ไซยาไนด์ แต่จะต้องเติมเท่าใดนั้นควรจะนำน้ำยาไปวิเคราะห์ในการชุบติดต่อกัน 8 ชั่วโมง จะต้องเติมโซเดียมไซยาไนด์ 0.2-0.5 กรัม และน้ำยา Activation Salt 0.2-0.5 กรัม น้ำยาเงา DeweKa – Color I 0.3 และน้ำยาเงา DeweKa – Color II 0.1 ม.ล ต่อน้ำยา 1 ลิตร

การปฏิบัติหลังจากชุบทองเหลือง

หลังจากชุบทองเหลืองแล้วจะต้องล้างชิ้นงานให้สะอาดในทันที มีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งผิวงานที่ชุบทองเหลืองจะเปลี่ยนสีง่าย ถ้าหากไม่ยอมให้เปลี่ยนสีหรือรักษาความเงาของทองเหลืองนาน ๆ จะต้องจุ่มในน้ำยากันหมองหรือน้ำยาโครเมท

สูตรน้ำยากันหมอง

โซเดียมไบโครเมต	50	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	50-60°ซ.	

การผสมน้ำยา ใส่ น้ำในภาชนะครึ่งหนึ่งของความจุ แล้วใส่โซเดียมหรือโปตัสเซียมไบโครเมต 50 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร กวนให้ละลายจนหมดแล้วเติมน้ำจนครบ

น้ำยาชุบทองเหลืองของ M & T Brassit Salt อเมริกา

ส่วนผสมของน้ำยา

เกลือทองเหลือง (Brassit Salt)	75-100	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	2.5-4	แอมป์/ตารางฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	3-4	โวลท์
อุณหภูมิ	17-50°ซ.	
ตัวล่อ Anode	ใช้แผ่นทองเหลือง	
ความหนาแน่นของน้ำยา	8-16	โบเม

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำลงไปประมาณ 1/2 ของความจุให้ความร้อน 48°ซ.
2. ใส่เกลือทองเหลือง แล้วกวนให้ละลายจนหมด
3. ใส่แอมโมเนีย 57 มิลลิลิตร/ลิตร (57 ซี.ซี./ลิตร)
4. เติมน้ำจนครบปริมาตรที่ต้องการ

การบำรุงรักษา

ค่าของไซยาไนด์ในน้ำยาชุบทองเหลืองต้องรักษาให้อยู่ในอัตราที่กำหนดไว้ ถ้าหากค่าของไซยาไนด์ต่ำเกินไปก็ต้องเติมโซเดียมไซยาไนด์ลงไป แต่ถ้าค่าของไซยาไนด์สูงเกินไปจะต้องแก้ไขโดยการเติมซึ่งไซยาไนด์กับคอปเปอร์ไซยาไนด์

ถ้าต้องการลดค่าไซยาไนด์ลง	1	กรัม/ลิตร
จะต้องเติมซึ่งไซยาไนด์	0.3	กรัม/ลิตร
และกับคอปเปอร์ไซยาไนด์	0.6	กรัม/ลิตร

ถ้าชุบทองเหลืองติดช้า

ควรเติมโซเดียมไซยาไนด์	6	กรัม/ลิตร
ซึ่งไซยาไนด์	2	กรัม/ลิตร
คอปเปอร์ไซยาไนด์	4	กรัม/ลิตร
ถ้าลดค่า พี.เอช. ต้องเติมกรด อาซีติก		
ถ้าเพิ่มค่า พี.เอช. ต้องเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์		

การบำรุงรักษาและควบคุมสีทองเหลือง

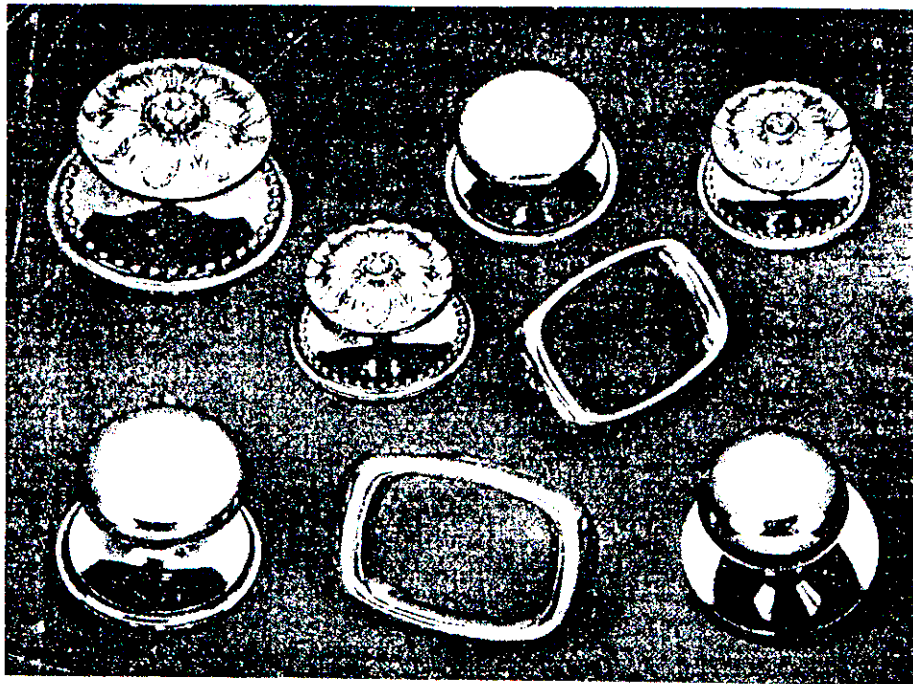
โดยปกติแล้วสีงานที่ชุบทองเหลือง ชุบแล้วจะได้สีเหลืองคล้ายสีทองแต่สามารถควบคุมสีเข้ม สีอ่อนได้ โดยการปรับอุณหภูมิของน้ำยาและความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

ถ้าอุณหภูมิของน้ำยาสูง เวลาชุบจะได้สีเข้มออกแดง แต่ถ้าลดอุณหภูมิเวลาชุบสีจะอ่อนลง

ขั้นตอนการชุบทองเหลือง

- จัดชิ้นงานให้เรียบ
- ล้างด้วยด่างร้อน
- ล้างด้วยน้ำสะอาด
- ล้างด้วยไฟฟ้า
- ล้างด้วยน้ำสะอาด
- จุ่มกรดกำมะถัน 5% (50 ซี.ซี./ลิตร)
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบนิเกิลเงา
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบทองเหลือง 1-5 นาที
- ล้างน้ำสะอาด

- จุ่มน้ำยา (โซเดียมไดโครเมต 25-30 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร หรือใช้โซเดียมไบโครเมต 50 กรัม/ต่อน้ำ 1 ลิตรก็ได้)
- ล้างน้ำสะอาด
- ล้างน้ำร้อน
- เคลือบแลคเกอร์
- อบแห้ง



ชิ้นงานชุบทองเหลือง

ปัญหาและการแก้ปัญหาในการชุบทองเหลือง

ชุบทองเหลืองแล้วมีรอยฟองและลอกออก

สาเหตุ

1. ค่าของไซยาไนด์สูงเกินไป เวลาชุบจะเกิดแก๊สที่ขึ้นงานมาก จะต้องลดอุณหภูมิ น้ำยาลงตามที่กำหนด
2. ซิงค์ไซยาไนด์ ในน้ำยาชุบน้อยเกินไป จะต้องวิเคราะห์น้ำยาหาค่าของซิงค์และเติม ซิงค์ไซยาไนด์ให้ได้อัตราส่วน
3. ค่าของไซยาไนด์ไม่ถูกต้อง จะต้องวิเคราะห์น้ำยาและปรับค่าของไซยาไนด์ให้ ถูกต้อง
4. ใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป

หุบทองเหลืองได้สีซิดเกินไป

สาเหตุและการแก้ไข

1. อุณหภูมิของน้ำยาหุบต่ำเกินไป ต้องเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาขึ้นมเท่ากับที่กำหนด
2. น้ำยาขาดคอปเปอร์ไซยาไนด์ จะต้องเติมคอปเปอร์ไซยาไนด์ลงไป แล้วหุบดูอีกครั้ง เติมคอปเปอร์ไซยาไนด์จนกว่าจะได้สีตามต้องการ
3. ไซยาไนด์น้อยเกินไป จะต้องวิเคราะห์น้ำยาและเติมไซยาไนด์ให้ถูกอัตราส่วน
4. ใช้กระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง

ที่ผิวตัวล่อเป็นสีดำ

สาเหตุและการแก้ไข

1. น้ำยาหุบขาดไซยาไนด์ จะต้องเติมโซเดียมไซยาไนด์จนกว่าสีดำที่ผิวล่อหายไป

หุบไม่ติด

สาเหตุและการแก้ไข

1. ทางเดินกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จะต้องแก้ไขทางเดินไฟฟ้า โดยทำให้กระแสไฟเดินสะดวก
2. ผิวชิ้นงานกระด้าง จะต้องขัดผิวงานใหม่ หรือจุ่มในกรดเพื่อกระตุ้นผิวงานใหม่
3. ไซยาไนด์มากเกินไป จะต้องลดไซยาไนด์ลงโดยการเติมคอปเปอร์กับซึ่งไซยาไนด์ ก่อนเติมควรวิเคราะห์ก่อน

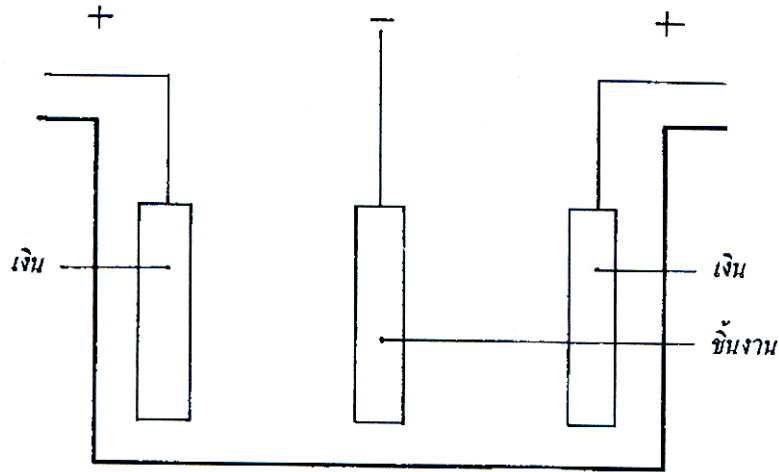
ผิวงานหยาบ

สาเหตุและการแก้ไข มีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ปนอยู่ในน้ำยาหุบ การแก้ไขจะต้องกรองน้ำยาให้สะอาด

บทที่ 15

การชุบเงิน

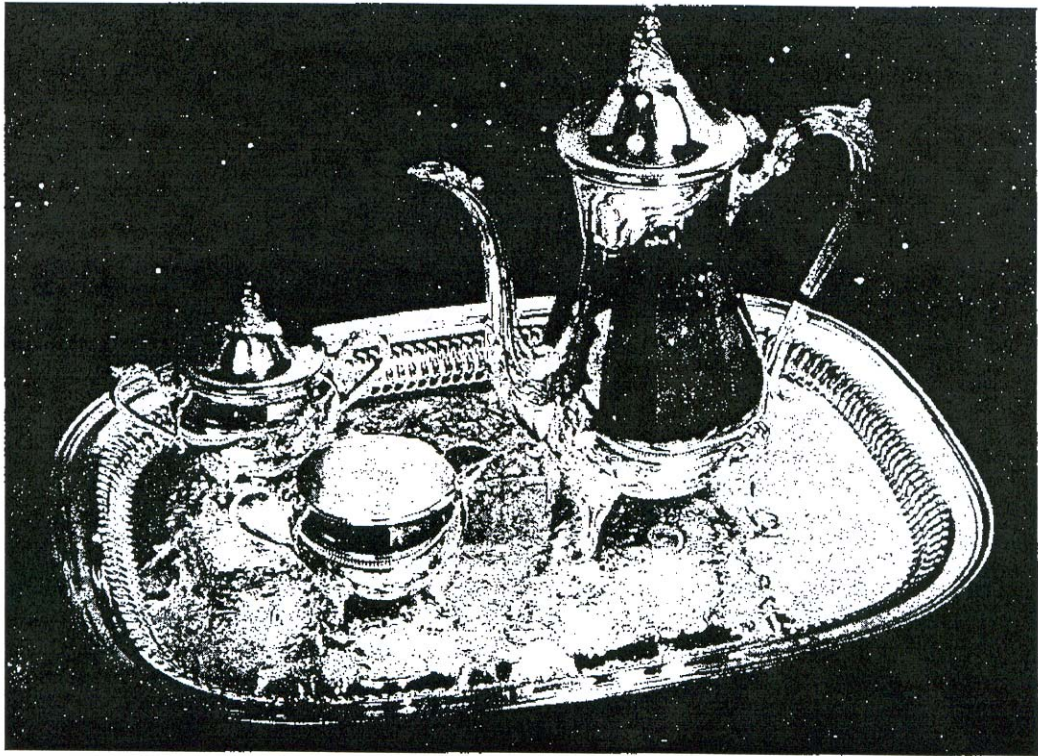
(Silver plating)



เงินเป็นโลหะที่ไม่ทำปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ และอาหาร และมีผิวขาวเป็นประกายที่สุดดูตา เมื่อได้ทำการขัดด้วยยาขัดเงิน

เงินเป็นโลหะชนิดแรกที่นำมาทำการชุบในทางการค้า และยังเป็นที่ยอดนิยมอยู่ในปัจจุบัน ปกติจะใช้เงินชุบเครื่องใช้ประจำโต๊ะ เช่น ช้อน ส้อม ช้อนน้ำชา ถาด ในภัตตาคาร หรือ โรงแรมใหญ่ ๆ เครื่องประดับเพชรพลอย และถ้วยรางวัลในการแข่งขัน ส่วนมากผิวเงินชุบนี้จะทาเคลือบด้วยแลคเกอร์ใสอีกครั้ง เพื่อรักษาผิวไม่ให้หมองมัวเร็วเกินไป สำหรับงานที่ใช้เป็นประจำ เช่น ในภัตตาคารหรือโรงแรม แลคเกอร์อาจทนไม่ได้ จึงต้องมีการทำความสะอาดและขัดให้เป็นเงาประกายอยู่เสมอ ในกรณีนี้อาจทำการขัดด้วยเครื่อง หรือด้วยมือกับยาขัดเงิน หรือจะเก็บรักษาไว้ในน้ำยาอุ่นที่มีสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมคลอไรด์ ผสมรวมกัน หรือทำการชุบเคลือบผิวบาง ๆ ด้วย โรเดียม เพื่อเพิ่มความวาวประกายความคงทน และไม่ให้นำล้างได้ง่าย ซึ่งจะนำลงได้ก็ต่อเมื่อใช้ในบรรยากาศที่มีซัลเฟอร์ หรือใช้กับไขเท่านั้น

เนื่องจากเงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงนำไปใช้เป็นตัวคอนแทกต์ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำไฟฟ้า



อุปกรณ์ที่ใช้ในการชงเงิน

ถังใส่น้ำยาชงเงิน ใช้ถัง พี.วี.ซี. พี.พี. หรือ เอ.พี.เอ.

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ใช้ตามขนาดที่ต้องการขึ้นอยู่กับปริมาณการชง ขนาดไม่เกิน 12 โวลท์

เครื่องกรอง น้ำยาชงเงิน จำเป็นต้องกรองให้ใสสะอาดอยู่เสมอ เพื่อป้องกันผิวที่ชงไม่ให้หยาบ

ถ้าหากน้ำยาไม่สะอาดพอก็จะทำให้ผิวเงินที่ชงได้ไม่เรียบ ทำให้ไม่สวยงาม

การกวนน้ำยา การชงเงิน จะต้องใช้วิธีเคลื่อนที่ราวเขวนขึ้นงานอย่างช้า ๆ

เครื่องมือควบคุมอุณหภูมิของน้ำยา เนื่องจากการชงเงิน อุณหภูมิในการชงอยู่ระหว่าง 21-37°ซ.

ฉะนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องให้ความร้อน แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำยาดำกว่า 20°ซ. จำเป็นต้องใช้

เครื่องให้ความร้อนแบบหุ้มด้วยสแตนเลส เข้าช่วย

ตัวล่อ (Anode) ใช้เงินบริสุทธิ์อย่างน้อย 99.99% และต้องสวมถุงผ้า ระยะห่างตัวล่อกับชิ้นงาน

ประมาณ 127-152 มม.

การผสมของน้ำยาชง การชงเงินมีทั้งแบบด้าน และแบบเงา การชงเงินแบบเงา ก็เพียงแต่ใส่

น้ำยาเงาสำหรับชงเงินเข้าไปในน้ำยา ก็จะทำให้ได้ผิวเงินที่ชงเป็นเงา แต่ถ้าหากไม่ได้ใส่น้ำยาเงา ก็

จะชงได้ผิวเงินที่ด้าน แต่ก่อนที่จะชงเงินแบบเงาหรือชงเงินแบบด้าน จำเป็นต้องชงเงินสไตรค์

ก่อนเพื่อให้เงินสไตรค์ ชุบรองพื้นไว้ชั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงชงด้วยเงินแบบเงา หรือแบบหนา

น้ำยาชุบเงินแบบด้าน (Dull Silver plating)

ส่วนผสมที่ 1

ซิลเวอร์โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KAg(CN) ₂)	40	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	30	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมคาร์บอเนต(K ₂ CO ₃)	30	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า	5-15	แอมป์/ตารางฟุต
หรือ	0.5-1.5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
แรงเคลื่อน	0.5-1	โวลท์

ส่วนผสมที่ 2

ซิลเวอร์ไซยาไนด์ (AgCN)	30	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	45	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมคาร์บอเนต(K ₂ CO ₃)	27	กรัม/ลิตร
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5-15	แอมป์/ตารางฟุต
หรือ	0.5-1.5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร

ส่วนผสมทั้ง 2 นี้ชุบแล้วจะได้ผิวเงินด้านถ้าจะให้เงาต้องนำไปขัดด้วยยาขัดเงิน ถ้าหากจะประสงคืจะชุบให้เงา โดยไม่ต้องขัด ก็ต้องชุบในน้ำยาประเภทเงินเงา

น้ำยาชุบเงินแบบเงา (Bright Silver plating)

ส่วนผสม

โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	150	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมซิลเวอร์ไซยาไนด์ (KAg(CN) ₂)	68	กรัม/ลิตร
น้ำยาเงาเทคนิค-ซิลเวอร์ Make up A	10	ซี.ซี./ลิตร
น้ำยาเงาเทคนิค-ซิลเวอร์ Make up B	40	ซี.ซี./ลิตร

สภาวะการทำงาน

กระแสไฟฟ้า	1.5-2.5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
อุณหภูมิ	21-37°ซ.	
เวลาชุบต้องเคลื่อนขั้วลบ		
อัตราส่วนของขั้วบวกกับขั้วลบ	1 : 1	
ชุบหนา 1 ไมครอน ใช้เวลา 1 นาที		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นหรือน้ำ Deionized จำนวน ½ ของถัง
2. ใส่โปตัสเซียมไซยาไนด์ที่ละลายแล้วลงในถังจนหมด
3. ใส่โปตัสเซียมซิลเวอร์ไซยาไนด์ จนละลายเข้ากันจนหมด
4. ใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30% จำนวน 1 ม.ล. ต่อน้ำยา 1 ลิตร
5. กรองน้ำยาผ่านผงคาร์บอนจนน้ำยาใสสะอาด
6. เติมน้ำยาเทคนิค-ซิลเวอร์ A 10 ซี.ซี./ลิตร กวนให้เข้ากัน
และเติมน้ำยาเทคนิค-ซิลเวอร์ B 40 ซี.ซี./ลิตร กวนให้เข้ากัน
น้ำยาชุบเงินเจานี้ก็พร้อมที่จะชุบได้

น้ำยาชุบเงินแบบเงาอีกชนิดหนึ่ง

ส่วนผสม

ซิลเวอร์ไซยาไนด์ (AgCN)	45	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	112	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมคาร์บอเนต(K ₂ CO ₃)	15	กรัม/ลิตร
Starter Complexer	10	กรัม/ลิตร
Silver Glo 3KBP	20	ม.ล./ลิตร
Silver Glo Ty	5	ม.ล./ลิตร
ตัวล่อใช้แท่งเงิน	99.9%	(สวมถุงผ้าไนลอน)
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0-7	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
เวลาชุบเคลื่อนขั้วลบเล็กน้อย		
ความหนา 5 ไมครอน ใช้เวลาชุบ 7.5 นาที ใช้ไฟ 1 แอมป์/ด.		

การชุบเงินแบบสไตรค์ (Silver Strike)

ก่อนที่จะชุบเงินให้หนาหรือชุบเงินแบบเงาที่กำหนด ความหนาหรือ ความทนทานควรชุบเงินแบบสไตรค์ ก่อนเพื่อเป็นการรองพื้นเงินชั้นแรกให้เกาะแน่นกับพื้นโลหะชิ้นงาน แล้วจึงชุบเงินแบบเงาที่ต้องการหนาทับลงไป

น้ำยาชุบเงินสไตรค์ (ชุบบาง)

สูตรที่ 1

โปตัสเซียมไซยาไนด์	1.5	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์	25	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์	20	กรัม/ลิตร
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	4-6	โวลท์
เวลา 30 วินาที ถึง 1 นาที		

สูตรที่ 2

ซิลเวอร์ไซยาไนด์	1.5-3.75	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์	100-115	กรัม/ลิตร
กระแสไฟฟ้า	0.5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
อุณหภูมิ	20°ซ.	
เวลา 30 วินาที ถึง 1 นาที		

ขั้นตอนการชุบเงิน

- ขัดผิวชิ้นงานให้เรียบเป็นเงา
- ล้างด้วยด่างร้อน (Hot soak) หรือล้างด้วยอุลตราโซนิก
- ล้างน้ำสะอาด
- ล้างด้วยไฟฟ้า (Electro - clean)
- ล้างน้ำสะอาด
- จุ่มไซยาไนด์ 5%
- ล้างน้ำกลั่น
- ชุบเงินสไตรค์ 30 วินาที ถึง 1 นาที
- ล้างน้ำสะอาด
- ล้างน้ำกลั่น
- ชุบเงินเงา หรือชุบเงินหนา
- ล้างน้ำสะอาด

ความหนาในการชุบเงิน

งานชุบเงินนี้ใช้มากในโรงแรมชั้นหนึ่ง เช่น จำพวกภาชนะเครื่องใช้ต่าง ๆ หรือจำพวกถ้วยรางวัล แจกัน และข้อต่อ หรือขั้วสัมผัสสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า ภาชนะที่ใช้ในโรงแรม ซึ่งเป็นภาชนะที่มีคุณภาพสูง เช่น ช้อนส้อม มีดตัดอาหาร เป็นต้น ฯลฯ ต้องชุบหนา 50 ไมครอน (0.002 นิ้ว) โดยประมาณ เพราะจะต้องขัดถูให้ใหม่อยู่เสมอ สำหรับภาชนะที่ใช้ประจำบ้าน ควร

ชุบหนา 20-30 ไมครอน (0.008-0.0012 นิ้ว) แจกกัน, ถ้วยรางวัล หรือตุ๊กตา, รูปปั้นควรชุบหนา 10-15 ไมครอน เป็นต้น

การชุบเงินแบบไม่ใช้ไฟฟ้า (Immersion Silver)

ชิ้นงานที่เป็นโลหะ ทองแดง หรือทองเหลือง ซึ่งผ่านการขัดเงามาแล้วและล้างให้สะอาด ปราศจากไขมัน หรือชิ้นงานที่เป็นเหล็ก แต่ได้ผ่านการชุบทองแดงหรือชุบทองเหลืองมาแล้ว ถ้าประสงค์จะชุบเงินสามารถชุบได้โดยไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า เพียงแต่จุ่มชิ้นงานที่ขัดเงาและล้างให้สะอาดแล้ว จุ่มลงในน้ำยาเงินเท่านั้น ก็จะได้ชิ้นงานที่ชุบเงินตามต้องการ

ส่วนผสมของน้ำยาชุบเงินแบบไฟฟ้า (Immersion Silver Solution)

สูตรที่ 1	ซิลเวอร์ไซยาไนด์ (AgCN)	7	กรัม/ลิตร
	โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	10	กรัม/ลิตร
สูตรที่ 2	ซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO ₃)	6.5	กรัม/ลิตร
	แอมโมเนีย (NH ₄ OH)	62	กรัม/ลิตร
	โซเดียมไทโอซัลเฟต Na ₂ S ₂ O ₃ 5H ₂ O	86.8	กรัม/ลิตร

กันหมอง (Tarnish protection of silver)

งานชุบเงิน ถ้าหากทิ้งไว้ในอากาศโดยไม่ได้เคลือบด้วยยากันหมอง มักจะเกิดการหมองคล้ำ แต่ถ้าหากประสงค์จะให้เงินที่ชุบนั้นรักษาความเงาไว้ได้นาน จะต้องจุ่มชิ้นงานในน้ำยากันหมองต่อไปนี้

น้ำยาสูตรที่ 1	กรดโครมิก (CrO ₃)	0.5	กรัม/ลิตร
	เวลาจุ่ม	1	นาที
น้ำยาสูตรที่ 2	โปตัสเซียมไดโครเมท (K ₂ Cr ₂ O ₇)	10	กรัม/ลิตร
	ค่า pH	3-4.5	กรัม/ลิตร
	เวลา	20	นาที

กันหมองโดยวิธีใช้ไฟฟ้า

วิธีการทำกันหมองวิธีนี้เรียกว่า (Chromate passivating treatment) ซึ่งเป็นการเพิ่มความต้านทานบนผิวเงินที่ชุบไม่ให้เปลี่ยนสีได้ง่าย

สูตรน้ำยา	โซเดียมไดโครเมต ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	25-50	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3)	25-50	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)	25-50	กรัม/ลิตร
	อุณหภูมิ	22-30°ซ.	
	ตัวล่อ (Anode) ใช้สแตนเลส		
	เวลา	1-5	นาที

การแก้ไขปัญหาในการชุบเงิน

ผลการชุบ	สาเหตุ	การแก้ไข
1. ชิ้นงานชุบแล้วพอง, และจะลอกเมื่อนำไปขัด	ก. มีไขมันบนผิวก่อนนำไปชุบ ข. ชุบน้ำโดยไม่เปิดไฟ ค. การเตรียมผิวงานยังไม่ถูกต้อง	ก. ล้างชิ้นงานให้สะอาด ก่อนนำลงถังชุบ ข. ควรเปิดไฟก่อนนำชิ้นงานลงถังชุบ และควรชุบซิลเวอร์สไตรค์ก่อน ลงชุบเงินเงาหรือด้าน ค. จะต้องล้างชิ้นงาน ให้ถูกต้องตามวิธีล้างโลหะก่อนชุบ
2. ผิวชุบเป็นรูและสีดำ	กระแสไฟฟ้ามากเกินไป	ลดโวลท์, นำชิ้นงานไปแปรงและล้างให้สะอาดแล้วชุบใหม่
3. ผิวชุบหยาบขรุขระ	มีสิ่งอื่นลอยปนอยู่ในน้ำยา	ปล่อยให้สิ่งที่เป็นน้ำยาตกตะกอน แล้วเติมน้ำยาที่ใส ๆ ใส่ถึงอื่น แล้วกรองส่วนที่สกปรก
4. ผิวชุบด้านและแข็งและยากแก่การขัดให้เงา	กระแสไฟฟ้าขณะชุบต่ำเกินไป	ไม่ควรใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 2 แอมป์ต่อตารางฟุต (0.2 แอมป์) ตารางเดซิเมตร
5. ผิวชุบเงาแต่เคลือบช้า	ก. อุณหภูมิต่ำหรือโลหะเงินน้อยเกินไป ข. ค่าของไซยาไนด์ไม่ถูกต้อง	ก. ไม่ควรให้อุณหภูมิของน้ำยาดำต่ำกว่า 15°ซ. และตรวจสอบค่าของโลหะเงินให้ถูกต้อง
6. ตัวล่อคล้ำ	ค่าไซยาไนด์ไม่ถูกต้อง	วิเคราะห์หาไซยาไนด์และเติมส่วนที่ขาดไปจนกว่าตัวล่อจะสะอาด
7. ตัวล่อ, เงาและผิวเป็นเกล็ดกระแสไฟสูงขณะที่โวลท์ปกติ	โปตัสเซียมไซยาไนด์มากเกินไป	เติมซิลเวอร์ไซยาไนด์
8. กระแสไฟฟ้าค่าขณะที่โวลท์ปกติ	ก. อุณหภูมิต่ำ ข. น้ำยาไม่สมบูรณ์ ค. ตะขอแขวนสกปรก	ก. ไม่ควรชุบขณะน้ำยาดำต่ำกว่า 15°ซ. ข. เติมเกลือเงิน ค. ทำความสะอาดข้อต่อไฟฟ้า
9. ผิวชุบออกเป็นสีน้ำตาลหรือเป็นจุด ๆ	สาเหตุอันนี้มักเป็นเสมอบนชิ้นงานที่มีตำหนิ ซึ่งอาจมีน้ำยาชุบเหลืออยู่	เมื่อล้างชิ้นงานด้วยน้ำเย็นแล้ว ต้องล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง ก่อนที่จะอบแห้ง หรือแช่ไว้ในน้ำยาโปตัสเซียมไฮโดรเจน คาเตรท 6 กรัม/ลิตร สัก 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดไซยาไนด์ให้หมดก่อนนำไปล้างและอบแห้ง
10. ผิวชุบมีความเงาเป็นแห่ง ๆ ไม่เสมอกันตลอดชิ้นงาน	มีอินทรีย์สารติดมาบนชิ้นงานตอนขัด	ตรวจสอบขั้นตอนการทำทำความสะอาด
11. ผิวชุบเป็นสีเหลืองแกมชมพู	มีโลหะทองแดงปนในน้ำยาชุบและโลหะเงินน้อยเกินไป	ระวังอย่าให้ลวดทองแดงตกลงไปในถังชุบ
12. เงินไม่เกาะบนงานที่ชุบนิเกิล	โดยทั่วไปเป็นเพราะผิวนิเกิลกระด้าง	เมื่อชุบนิเกิลแล้ว ต้องรีบชุบเงินทันที
13. ผิวชุบด้านจากการชุบเงินแบบเงา	ขาดน้ำยาเงา	เติมน้ำยาเงา

ลอกเงิน (Silver Strip)

ชิ้นงานที่ชุบแล้วแต่ผิวไม่สวยงาม เป็นต้นว่า ผิวเกิดการไหม้คล้ำจำเป็นต้องชุบใหม่ จะต้องลอกผิวเงินเก่าออกก่อน จึงทำการเตรียมผิวใหม่

วิธีที่ 1

ลอกโดยจุ่มในน้ำยา
ส่วนผสมของน้ำยา

กรดกำมะถันเข้มข้น (H_2SO_4)	19	ส่วน
กรดดินประสิว (HNO_3)	1	ส่วน

วิธีที่ 2

ลอกโดยใช้ไฟฟ้า
ส่วนผสมของน้ำยา

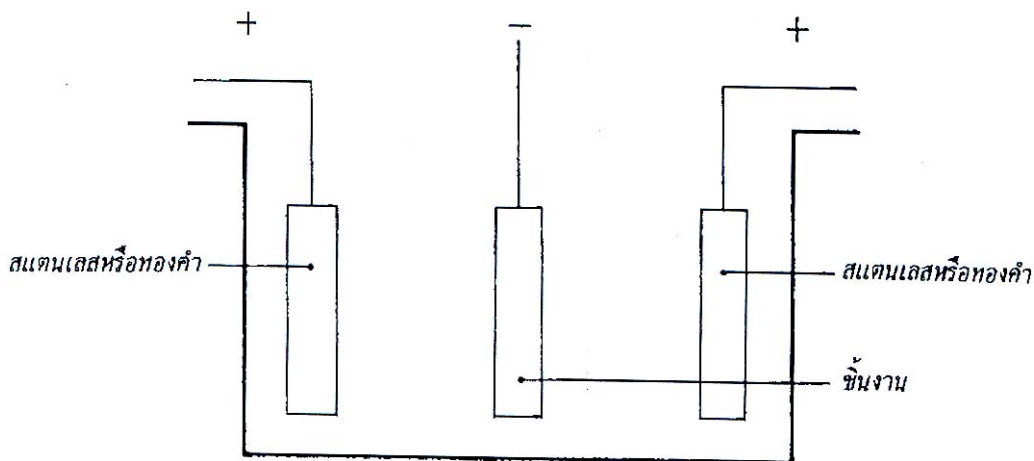
โซเดียมไซยาไนด์ ($NaCN$)	100	ส่วน
โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$)	50	ส่วน
ไฟฟ้า	5	โวลท์

เหล็กเป็นขั้วลบ งานเป็นขั้วบวก

บทที่ 16

การชุบทอง

(GOLD PLATING)



ทอง (gold) เป็นโลหะมีค่าสูง มีสีเหลือง มีความเหนียวและอ่อน ทนต่อการเกิดออกไซด์ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงได้ดี แต่จะหมองถ้าถูกกับสารซัลเฟอร์ ทำปฏิกิริยากับคลอรีน และน้ำยาไซยาไนด์

ทองมีจุดหลอมละลายที่ 1063°C . ละลายได้ในกรดกัตทอง (Aqua regia) ซึ่งเป็นส่วนผสมของกรดเกลือ (Hydrochloric Acid) 3 ส่วน กับกรดดินประสิว (Nitric Acid) 1 ส่วน พบมากแถบแอฟริกาตอนใต้ รัสเซีย และทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศแคนาดา

การชุบทอง จากประวัติการชุบทองนี้ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะชุบโลหะที่ไม่ใช่ทองให้เป็นทองเฉพาะบริเวณผิวนอก เพื่อความสวยงาม นักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบวิธีการนี้เป็นชาวอิตาลีได้ทำการทดลองชุบทองโดยใช้กระแสไฟฟ้า ต่อมาได้มีการค้นคว้ารายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับการชุบและเหมาะกับการนำไปใช้งานทางด้านต่าง ๆ กัน เช่น งานวิศวกรรม, งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ มีข้อเสียอยู่อย่างหนึ่งคือ ทองนี้อ่อนและมีราคาสูง และต่อมาได้มีการค้นคว้าดัดแปลงน้ำยาชุบทองแบบธรรมดา ซึ่งชุบแล้วมีแต่ความสวยงาม ไม่ทนทานให้มีความทนทานมากขึ้น ก็ได้ดัดแปลงน้ำยาชุบทองให้อยู่ในรูปของทองผสมกับโลหะอื่น ๆ (gold alloy) ซึ่งทำให้ผิวที่ชุบได้แข็งและทนทานกว่าเนื้อทองธรรมดา แต่สีทองที่ชุบได้จะเปลี่ยนไปจากเนื้อทองธรรมดา คือจะได้สีที่อ่อนกว่า แต่ทนทานกว่า

การชุบรองพื้นก่อนชุบทอง การชุบทองจะให้สวยงามสุกใสได้ ก็จะต้องทำให้โลหะที่จะชุบทองนั้นเป็นเงาสุกใสก่อน ถ้าหากชิ้นงานที่จะชุบทองไม่เป็นเงา เวลาชุบทองขึ้นมาก็ไม่เป็นเงา ฉะนั้นก่อนที่จะนำชิ้นงานไปชุบทองจึงต้องชุบรองพื้นด้วยนิเกิลเงาก่อน หรือถ้าหากชิ้นงานเป็น Zinc Diecasting ก็จำเป็นจะต้องชุบด้วยทองแดงแบบต่าง, ทองแดงเงา และนิเกิลเงา แล้วจึงชุบทอง เป็นต้น ส่วนชิ้นงานเป็นทองคำอยู่แล้วไม่ต้องชุบรองพื้น

น้ำยาชุบทอง มีหลายชนิดด้วยกัน เช่น น้ำยาแบบไซยาไนด์ น้ำยาแบบสภาพน้ำยาเป็นกลาง น้ำยาแบบสภาพน้ำยาเป็นกรด ในการชุบทองนั้น น้ำยาอย่างหนึ่งก็จะได้สีทองอย่างหนึ่ง แต่ถ้านำไปชุบในน้ำยาอีกชนิดหนึ่งก็จะได้สีทองอีกสีหนึ่ง ซึ่งสีทองที่ชุบนี้สีจะเข้มหรือไม่เข้ม ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเกลือทองที่มีอยู่ในน้ำยานั้น ๆ แต่น้ำยาชุบทองแบบไซยาไนด์ทั่ว ๆ ไปแล้ว จะชุบเพื่อความสวยงามเท่านั้น ไม่เหมาะที่จะชุบบนเครื่องใช้ ส่วนชิ้นงานที่ต้องการความทนทานนั้น จะต้องชุบทองชนิดหนา คือชุบทองแบบกรดให้หนา แล้วจึงชุบทองชนิดที่สีสวยตามต้องการทองแบบกรด เช่น ทอง 1N, 2N, 3N ซึ่งเป็นทองผสมอยู่กับเกลือโลหะอย่างอื่นเพื่อความทนทานของทอง

ทองสไตรค์ (Gold Strike)

ทองสไตรค์เป็นการชุบทองชั้นแรก รองพื้นบนชิ้นงานก่อนจะชุบทอง 24 K หรือทองชนิดอื่น ๆ ทองสไตรค์ชนิดนี้เป็นแบบต่างหรือเรียกว่าแบบไซยาไนด์

ส่วนผสมของน้ำยา

เกลือทอง 68% (KAu(CN) ₂)	1.5	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	10	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไฮโดรเจน ฟอสเฟต (KH ₂ PO ₄)	15	กรัม/ลิตร
ค่า pH	10.0-11.5	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	50-60	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	1-1.5	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
ตัวล่อ	สแตนเลส	

น้ำยาชุบทอง 24 เค (24 Karat)

สูตร		
โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์ 68% (KAu(CN) ₂ (เกลือทอง)	1-3	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	7.5	กรัม/ลิตร
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K ₂ HPO ₄)	15	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	60-70	องศาเซลเซียส

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

10-14 แอมแปร์/ตารางฟุต

ตัวล่อ (Anode) ใช้สแตนเลส หรือใช้ทอง

ถึงน้ำยาใช้ ถึง พี.วี.ซี. หรือแก้ว, ถึงสแตนเลส

วิธีผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นหรือน้ำฝนลงไปจนถึงประมาณครึ่งหนึ่งของความจุทั้งหมด

2. ให้ความร้อนประมาณ 50°ซ. เพื่อให้สารเคมีละลายได้ง่าย

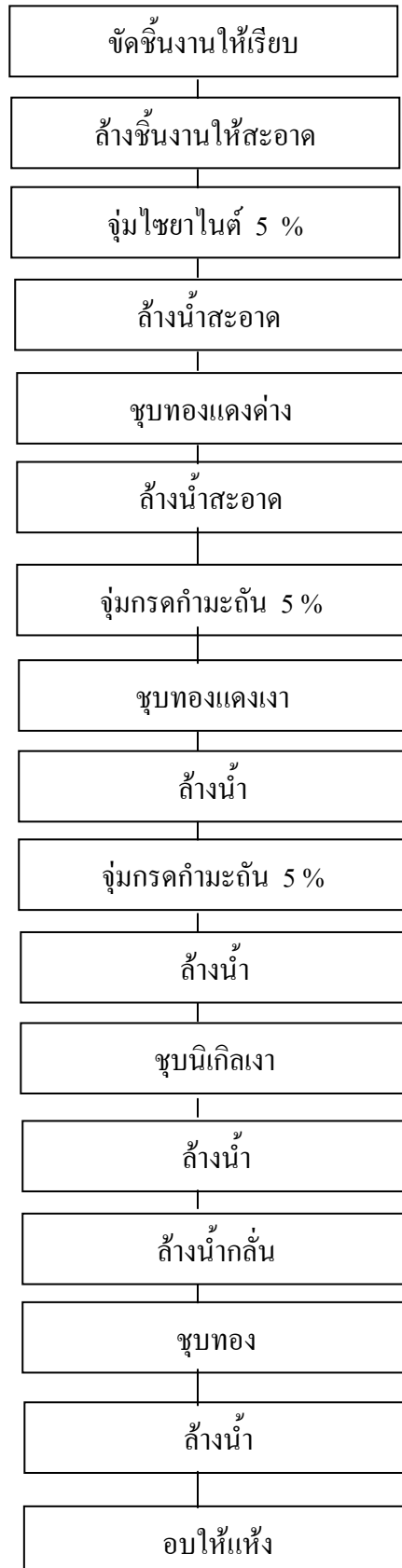
3. ใส่โปตัสเซียมไซยาไนด์แล้วกวนให้โปตัสเซียมไซยาไนด์ละลายจนหมด

4. ใส่โคโปตัสเซียมฟอสเฟต กวนให้โปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตละลายจนหมด

5. ใส่โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์

6. เติมน้ำให้เท่าระดับที่ต้องการเป็นการเสร็จพิธี ผสมน้ำยาชุบทอง เวลาชุบให้ความร้อนโดยการตั้งภาชนะที่ใส่น้ำยาบนเตาไฟฟ้า แต่ถ้าเป็นถึงน้ำยาจำนวนมาก ๆ ต้องใช้เครื่องให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Heater) จุ่มแช่อยู่ในถึงน้ำยาชุบทอง ซึ่งต้องมีสวิทช์ปิด – เปิด ได้ตามต้องการ และถ้าหากเป็นงานผลิตต้องติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิไว้ด้วย

ขั้นตอนการชุบทอง

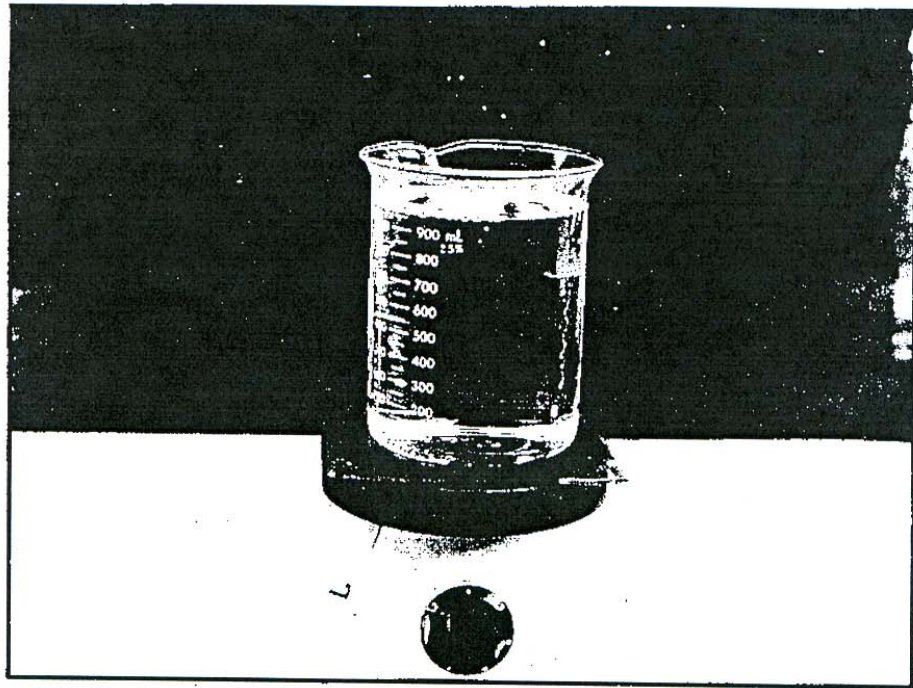


การผสมน้ำยาชุบทองจากทองคำ

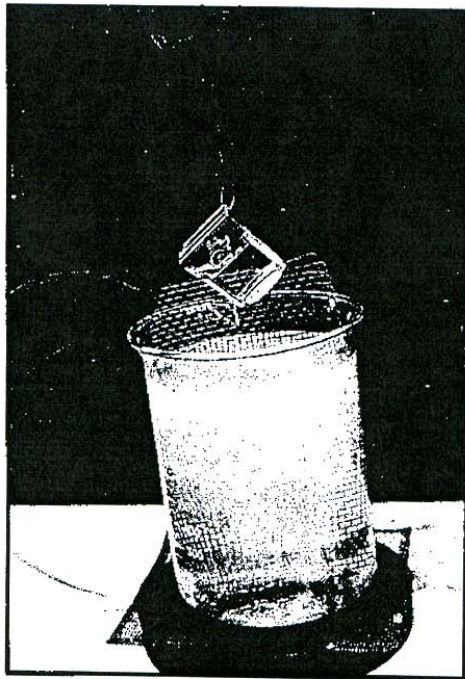
น้ำยาชุบทองแบบต่าง นอกจากใช้เกลือทองแล้ว ยังเตรียมได้โดยการเตรียมจากทองคำบริสุทธิ์ เนื่องจากคุณสมบัติของทองคำสามารถละลายได้ในกรดกัดทอง (aqua regia) กรดกัดทองนี้มี ส่วนผสมของกรดดินประสิว (HNO_3) 1 ส่วน กรดเกลือ (HCl) 3 ส่วน ผสมเข้าด้วยกันเรียกว่า กรดกัดทอง (Aqua regia)

วิธีการผสมน้ำยาชุบทอง 1 ลิตร

1. ใส่ทองคำจำนวน 1-2 กรัม ลงในแก้วทนความร้อนหรือภาชนะเคลือบ
2. เทกรดกัดทองลงไปจำนวนเล็กน้อย แล้วให้ความร้อนประมาณ 80°C. สังเกตดูว่าทองคำละลายหมดหรือไม่ ถ้าทองคำละลายไม่หมด ถ้ากรดแห้งต้องใส่กรดลงไปอีก จนกว่าทองคำละลายหมด และปล่อยให้แห้ง
3. เอาแก้วทนความร้อนอีกใบหนึ่งใส่น้ำกลั่นประมาณครึ่งหนึ่งของความจุ
4. ใส่โซเดียมไซยาไนด์ 7.5-15 กรัม กวนให้ละลายจนหมด
5. เอาทองคำที่ละลายแล้วเทลงไปแล้วกวนให้เข้ากับน้ำยา ใส่ไดโอดีสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 15 กรัม เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ก็จะได้น้ำยาชุบทองที่ผสมจากทองคำ



น้ำยาชงทอง



แสดงการชงทอง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการชุบทองแบบไซยาไนด์และการแก้ไข

ชุบทองแล้วสีซีดเกินไป

- สาเหตุ 1. จำนวนโปตัสเซียมไซยาไนด์ หรือ โซเดียมไซยาไนด์ในน้ำยาชุบทองมากเกินไป
กว่าที่กำหนด ฉะนั้นจึงต้องนำน้ำยาชุบทองไปวิเคราะห์ค่าของไซยาไนด์และ
วิเคราะห์หาค่าของทองในน้ำยาชุบ แล้วปรับค่าของไซยาไนด์ให้อยู่ในพิสัยที่
กำหนด และปรับค่าของทองให้อยู่ในพิสัยที่กำหนด โดยทั่ว ๆ ไปในการปรับค่า
ของทองจะต้องใส่โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์ลงไป เช่น ขนาดทอง 1 กรัม
จะต้องใส่โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์ 68% ลงไป 1.47 กรัม

ชุบทองขึ้นมาแล้วสีเข้มเกินไป

- สาเหตุ 1. อุณหภูมิของน้ำยาขณะทำการชุบนั้นสูงเกินไป การแก้ไขก็คือจะต้องปล่อยให้
ไว้ให้น้ำยาเย็นลงจนถึงอุณหภูมิปกติเสียก่อนจึงทำการชุบ
2. ขณะชุบทองนั้นใช้กระแสไฟฟ้ามากเกินไป ฉะนั้นการแก้ไขก็คือจะต้องลด
กระแสไฟฟ้าลงมา

ขณะชุบทองการเคลือบของทองช้ามาก

- สาเหตุ 1. อุณหภูมิของน้ำยาชุบทอง ขณะทำการชุบต่ำเกินไป การแก้ไขก็คือต้องเพิ่มอุณหภูมิ

ขณะชุบทองเคลือบช้าและชุบออกมาได้สีทองแกมทองแดง

- สาเหตุ เป็นเพราะว่าทองที่ผสมอยู่ในน้ำยานั้นน้อยเกินไป จะต้องนำน้ำยาไปวิเคราะห์และ
เติมส่วนที่ขาดลงไป

ชุบทองไม่ติด

- สาเหตุ เป็นเพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่เดิน จะต้องตรวจทางเดินของกระแสไฟฟ้าทุกจุดและ
อีกสาเหตุหนึ่ง ถ้าหากจำนวนไซยาไนด์ในน้ำยามากเกินไปก็เป็นสาเหตุให้ชุบไม่ติด
ได้เหมือนกัน จะต้องลดไซยาไนด์ลงมา

การชุบทองแบบน้ำยาเป็นกลาง (Neutral gold)

การชุบทองแบบนี้ก็ได้สีทองแบบ 24 K และชุบบาง ๆ เหมาะกับเครื่องประดับราคาถูก
สภาพของน้ำยาเป็นกลางไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

น้ำยาชุบทองแบบน้ำยามีสภาพเป็นกลาง (Neutral gold)

ส่วนผสมของน้ำยา

โปตัสเซียมโกลไซยาไนด์ 68%	6	กรัม/ลิตร
โมโนโซเดียมฟอสเฟต	15	กรัม/ลิตร
ไดโปตัสเซียมฟอสเฟต	20	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมนิเกิลไซยาไนด์	0.5	กรัม/ลิตร
ค่า pH	6.5-7.5	
อุณหภูมิ	65-75°ซ.	
โวลท์	2-3	
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5	แอมแปร์/ตารางฟุต
ตัวล่อใช้ สแตนเลส		

ส่วนผสมของน้ำยา

1. ใส่น้ำลงในถังประมาณ ½ ของถัง ให้ความร้อน 50°ซ.
2. ใสโปตัสเซียมไซยาไนด์
3. ใสโมโนโซเดียมฟอสเฟต
4. ใสไดโปตัสเซียมฟอสเฟต กวนให้ละลายจนเข้ากันดี
5. ใสผงคาร์บอน 2 กรัม/ลิตร แล้วกวนให้เข้ากันดี 30 นาที
6. กรองน้ำยาให้สะอาด
7. ใสโปตัสเซียมโกลไซยาไนด์
8. ปรับน้ำยาให้ได้ระดับที่ต้องการ

การชุบทองสแตนเลส

- ชัด
- ล้างด้วยด่างร้อน
- ล้างด้วยไฟฟ้า
- ล้างน้ำ
- ชุบนิเกิลสไตรค์

ส่วนผสม

นิเกิลคลอไรด์	240	กรัม/ลิตร
กรดเกลือ ถ.พ. 1.18	86	ม.ล./ลิตร
อุณหภูมิห้อง		
กระแสไฟฟ้า	3	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
กลับซ้ำ	2-3	นาที งานเป็นบวก
เวลาชุบ	6	นาที
ตัวล่อ นิเกิล		
หรือใช้ นิเกิล ซัลเฟต	250	กรัม/ลิตร
กรดกำมะถัน	25	ม.ล./ลิตร
อุณหภูมิ	35-40°ซ.	
เวลา	5-10	นาที
ตัวล่อ นิเกิล		
- ล้างน้ำ		
- ชุบนิเกิลเงา		
- ล้างน้ำ		
- ชุบทอง		

ความหนาในการชุบทอง

ชุบเพื่อความสวยงาม หนา 0.02 ถึง 0.2 ไมครอน (Mm)

ชุบข้อต่อจุดสัมผัส หนา 0.2 ถึง 0.75 ไมครอน

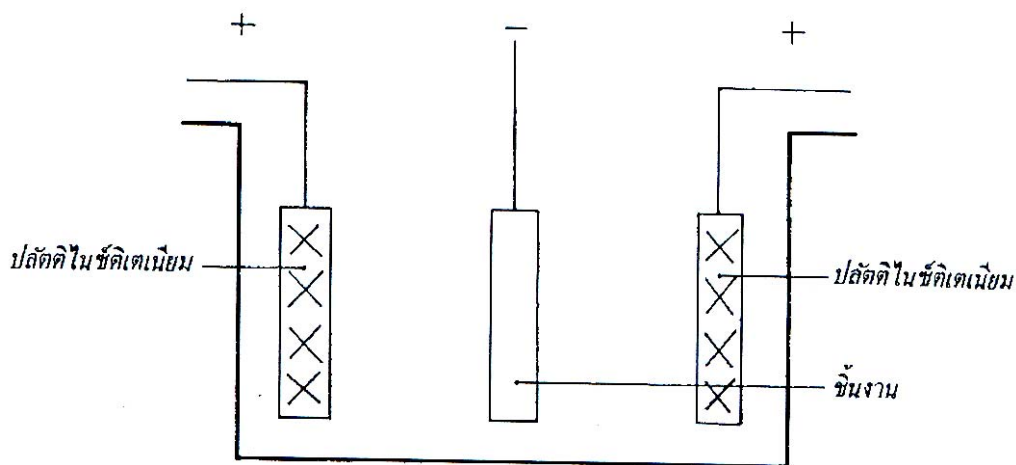
ชุบทองบนแผ่นวงจร หนา 1.25 ถึง 2.5 ไมครอน

ชิ้นงานที่สวยงามและทนทานพอสมควร ควรชุบหนา 2.5 ถึง 5 ไมครอน

ชิ้นงานที่ใช้งานประจำ ควรชุบหนา 5 ถึง 7.5 ไมครอน

การชุบทองแบบกรด

(Acid gold)



การชุบทองแบบกรดนี้ สีทองจะอ่อนเพราะน้ำยาชุบทองแบบกรดนี้ เป็นน้ำยาที่ปรับปรุง เพื่อให้ชิ้นงานชุบมีความทนทาน เช่น ตัวเรื่อนนาฬิกา สายนาฬิกา กรอบแว่นตา ไฟแช็ค

น้ำยาชุบทองแบบนี้จะต้องเจือปนโลหะอื่น ๆ เข้าไปด้วยเพื่อให้เนื้อทองที่ชุบแข็งทนทาน และประเทศสวิสเซอร์แลนด์ได้กำหนดจัดมาตรฐานสีทองเป็น 1 N, 2 N, 3N โดยกำหนดสีอ่อน และเข้มมากขึ้นตามลำดับ

ตัวล่อ (Anode) ใช้ปลัตทินในซัดเตเนียม (platinize titanium)

ชุบทอง 1 เอ็น (NORMAR CLAD 1 N)

ส่วนผสมน้ำยา 5 ลิตร (สีเหลืองอ่อน)

1. ใส่น้ำกลั่น จำนวน 3 ลิตร ให้ความร้อน 50°ซ.
2. ใสเบสิคซ้อล 390 กรัม
3. ใส่น้ำยา 1 ยูนิต “ B ” 250 ซี.ซี. กวนน้ำยาประมาณครึ่งชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส
4. เติม แอซิกซ้อล 400 กรัม กวนให้เข้ากันแล้วปล่อยให้เย็น
5. ปรับ พี.เอช. ระหว่าง 3.2-3.8

หมายเหตุ ถ้าต้องการเพิ่มค่า พี.เอช. ให้เติม เบสิคซ้อล

ถ้าต้องการลดค่า พี.เอช. ให้เติม แอซิกซ้อล

6. ใส่เกลือทอง 68% 5.88 กรัม/ลิตร แต่ต้องละลายเกลือทองในน้ำร้อนก่อน (2.940 กรัมต่อน้ำยา 5 ลิตร)

7. เติมน้ำกลั่นจนครบ 5 ลิตร

สภาวะการทำงาน

เกลือทอง 68%	5.88	กรัม/ลิตร
ถ้าใช้ทอง 100%	4	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช.	3.2-3.8	
อุณหภูมิ	35	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0.8-1	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
เวลาการชุบหนา 1 ไมครอน	6.5-7	นาที
กวนน้ำยาขณะทำการชุบเล็กน้อย		
ตัวต่อ (Anode) ใช้แพลตตินั่มเคลือบไทเทเนียม (Platinize titanium)		

การบำรุงรักษาน้ำยา

1. จะต้องรักษาเกลือทอง 68% ในน้ำยาให้อยู่ในอัตราส่วนที่กำหนด และจะต้องละลายเกลือทองด้วยน้ำร้อนก่อนเติมลงในน้ำยา
2. ให้เติม “ R ” 1 ยูนิต (100 ซี.ซี.) ทุก ๆ ครั้งที่ใช้เกลือทอง 68% ไป 100 กรัม
3. ควบคุม พี.เอช. อยู่ตลอดเวลาด้วยเอซิกซ็อลและเบสิคซ็อล
4. ควบคุมความหนาแน่นของน้ำยาประมาณ 12 โบเม่ โดยการเติม คอนดัคติ้งซ็อล (Conducting Salt)

ชุบทอง 2 เอ็น (NORMAR CLAD 2 N)

ผสมน้ำยา 5 ลิตร (สีเหลืองปานกลาง)

1. ใส่น้ำจำนวน 3 ลิตร ในภาชนะและให้ความร้อน 50°ซ.
2. ใส่เบสิคซ็อล จำนวน 390 กรัม
3. ใส่ 1 ยูนิต “ B ” 250 ซี.ซี. พร้อมกวนน้ำยาประมาณครึ่งชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส
4. ใส่เอซิกซ็อล 400 กรัม กวนให้ละลายแล้วปล่อยให้เย็น ปรับ พี.เอช. ให้อยู่ระหว่าง 3.2-3.8

หมายเหตุ ถ้าต้องการเพิ่มค่า พี.เอช. ให้เติม เบสิคซ็อล

ถ้าต้องการลดค่า พี.เอช. ให้เติม แอซิกซ็อล

5. ใส่เกลือทอง 68% 29.40 กรัม (ละลายเกลือทองด้วยน้ำร้อนก่อนเติมลงในน้ำยา)
6. เติมน้ำกลั่นจนครบ 5 ลิตร

สภาวะการทำงาน

เกลือทอง 68%	5.88	กรัม/ลิตร
(ทอง 100%)	4	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช.	3.2-3.8	
อุณหภูมิ	55	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0.8-1	แอมป์/ตารางเดซิเมตร
เวลาชุบหนา 1 ไมครอน	6.5-7	นาที
กวนน้ำยาขณะทำการชุบเล็กน้อย		
ตัวต่อ (Anode) ใช้แพลตตินั่มเคลือบไทเทเนียม (Platinize titanium)		

การบำรุงรักษา บำรุงรักษาเช่นเดียวกับน้ำยาชุบทอง 1 N

ส่วนผสมชุบทอง 2 N จำนวน 1 ลิตร

เกลือ 68%	5.88	กรัม
เบสิกซัลไฟต์	78	กรัม
น้ำยา “ B ”	50	ซี.ซี.
น้ำยาเอซิกซัลไฟต์	80	กรัม

ชุบทอง 3 เอ็น (NORMAR CLAD 3 N)

ผสมน้ำยา 5 ลิตร (สี่เหล็องเข้้ม)

1. ใส่น้ำกลั่นในภาชนะจำนวน 3 ลิตร ให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส
2. ใส่เบสิกซัลไฟต์ จำนวน 390 กรัม
3. ใส่น้ำยา “ B ” 1 ยูนิต 250 ซี.ซี. กวนน้ำยาครึ่งชั่วโมงที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส
4. ใส่เอซิกซัลไฟต์ 400 กรัม กวนให้เข้ากันแล้วปล่อยให้เย็น ปรับ พี.เอช. ให้อยู่ระหว่าง 3.2-3.8

หมายเหตุ ถ้าต้องการเพิ่มค่า พี.เอช. ให้เติม เบสิกซัลไฟต์

ถ้าต้องการลดค่า พี.เอช. ให้เติม แอซิกซัลไฟต์

5. ใส่อเกลือทอง 29.40 กรัม (ละลายเกลือทองในน้ำร้อนก่อนเติมลงในน้ำยา)
6. เติมน้ำกลั่นจนครบ 5 ลิตร

สภาวะการทำงาน

เกลือทอง 68%	5.88	กรัม/ลิตร
(ทอง 100%)	4	กรัม/ลิตร
ค่า พี.เอช.	3.2-3.8	
อุณหภูมิ	35	องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	0.8-1	แอมป์/ตารางเดซิเมตร

เวลาในการชุบหนา 1 ไมครอน 6.5-7 นาที
กวนน้ำยาขณะทำการชุบเล็กน้อย
ตัวต่อ (Anode) ใช้แพลตตินั่ม

การบำรุงรักษาน้ำยา

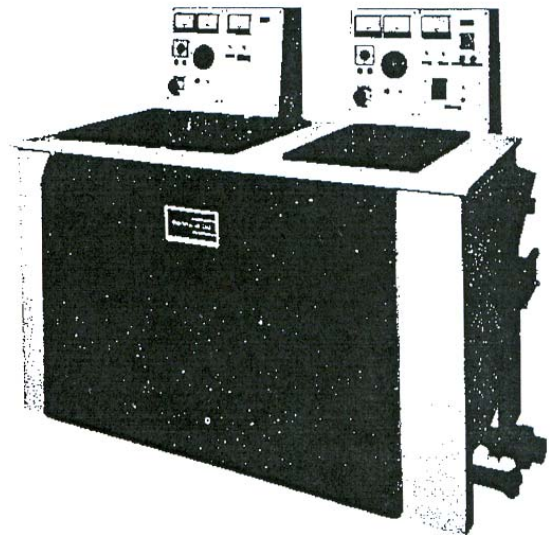
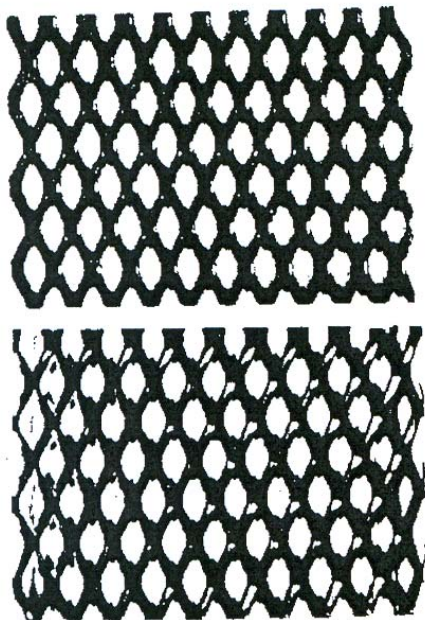
1. รักษาความเข้มข้นของเกลือทองให้อยู่ในอัตราที่กำหนด 5.88 กรัม/ลิตร
2. จะต้องเติม “R” 1 ยูนิต (100 ซี.ซี.) เมื่อเติมเกลือทอง 68% 100 กรัม
3. ควบคุมค่า พี.เอช. 3.2-3.8
4. รักษาความหนาแน่นของน้ำยา 12 โปเมจขึ้นไป ด้วยการเติมคอนคัตติ้งซอล

ส่วนผสมชุบทอง 3 N จำนวน 1 ลิตร

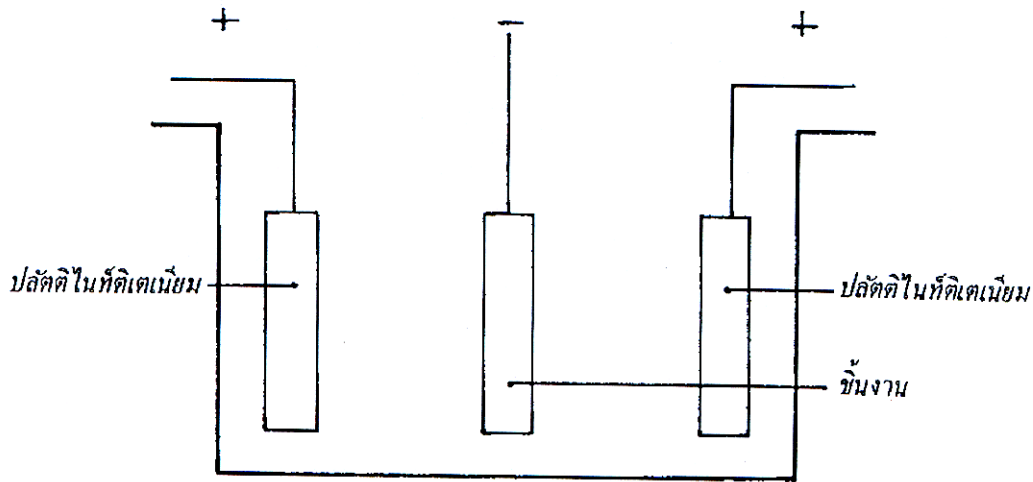
เกลือทอง 68%	5.88	กรัม
เบสิคซอล	78	กรัม
น้ำยา “B”	50	ซี.ซี.
น้ำยาเอซิกซอล	80	กรัม

ขั้นตอนของการชุบทอง

- จัดชิ้นงาน
- ล้างชิ้นงานให้สะอาดด้วยน้ำยา
- ล้างด้วยไฟฟ้า
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบทองแดงดำ (เฉพาะชิ้นงาน Zinc Die Casting)
- ล้างน้ำสะอาด
- จุ่มกรดกำมะถัน 5%
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบทองแดงเงา
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบนิเกิลเงา 5-15 นาที
- ล้างน้ำสะอาด
- ชุบทองสีไทรค์
- ล้างน้ำ
- ชุบทอง 24 K หรือทอง 1 N, 2 N, 3 N



ชุบทองกรด (แบบใหม่)



ปัจจุบัน การชุบทองได้มีการปรับปรุงอย่างรวดเร็วในด้านอุตสาหกรรม และอิเล็กทรอนิกส์ และทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องประดับได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ เน้นเรื่องคุณภาพและการลดต้นทุนมาใช้ AUROMEX ได้มีการปรับปรุงการชุบทองแบบกรดแบบใหม่ โดยวิธีการเอาขบวนการปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์และโลหะ มาชุบติดกับทอง ชื่อภาษาอังกฤษเรียกว่า New Organo-Metallic-Gold Alloy Acid Gold Process เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านความแข็ง (Hardness), การทนต่อการเสียดสี (Wearing Resistance), ความหนาแน่น (Density) และคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ดีขึ้น รายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเน้นทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องประดับเท่านั้น

ประโยชน์ของขบวนการชุบทองกรดแบบใหม่

ข้อดี

1. จะได้ทองที่ติดเป็นโลหะผสมอยู่จริง
2. ความหนาแน่นของเนื้อทองที่ติดลดลงได้ เป็นการประหยัดทอง
3. โคบอลท์ของทองที่ติดอยู่ในรูปแบบของโคบอลท์แบบใหม่ที่เรียกว่า Gold-Metallic-Organic-Complexes
4. ให้โคบอลท์ที่เป็นพวก Pore Free
5. ทนกรดได้สูง (High Acid Resistance)
6. มีความเหนียวที่ดีขึ้น (Ductility)
7. การเกิดการซึมผ่านของชั้นล่าง (Diffusion) มีน้อยลง ทำให้ทนการสึกกร่อนดีขึ้น (Corrosion Resistance)
8. ความแข็งดี (Hardness)
9. ความเงาดี (Brightness)
10. เหมาะสำหรับการเชื่อม (Solderability)

รายละเอียดของขบวนการชุบทองกรดแบบใหม่

AUROMEX DECORMEX 'N' SERIES เป็นระบบใหม่ เพื่ออุตสาหกรรมเครื่องประดับ
ชั้นสูง ทางด้านอุตสาหกรรมอัญมณี, กรอบแว่นตา, ตัวเรือนนาฬิกา และพวกเครื่องตัดเป็น
ขบวนการที่ให้ประสิทธิภาพในการชุบสูง การติดตามชอกดี และประหยัดในการใช้งาน

ขบวนการดังกล่าวมีชื่อต่อไปนี้

1. Decormex 424 C เป็นโลหะผสม ทอง-โคบอลท์ ทองที่ติด = 23.5 กะรัต
2. Decormex 424 N เป็นโลหะผสม ทอง-นิกเกิล ทองที่ติด = 23.5 กะรัต
3. Decormex NIC เป็นโลหะผสม ทอง-นิกเกิล-โคบอลท์ ทองที่ติด = 22.5 กะรัต
4. Decormex NIW เป็นโลหะผสม ทอง-นิกเกิล ทองที่ติด = 22.0 กะรัต
5. Decormex N-Super เป็นโลหะผสม ทอง-นิกเกิล ทองที่ติด = 22.5 กะรัต

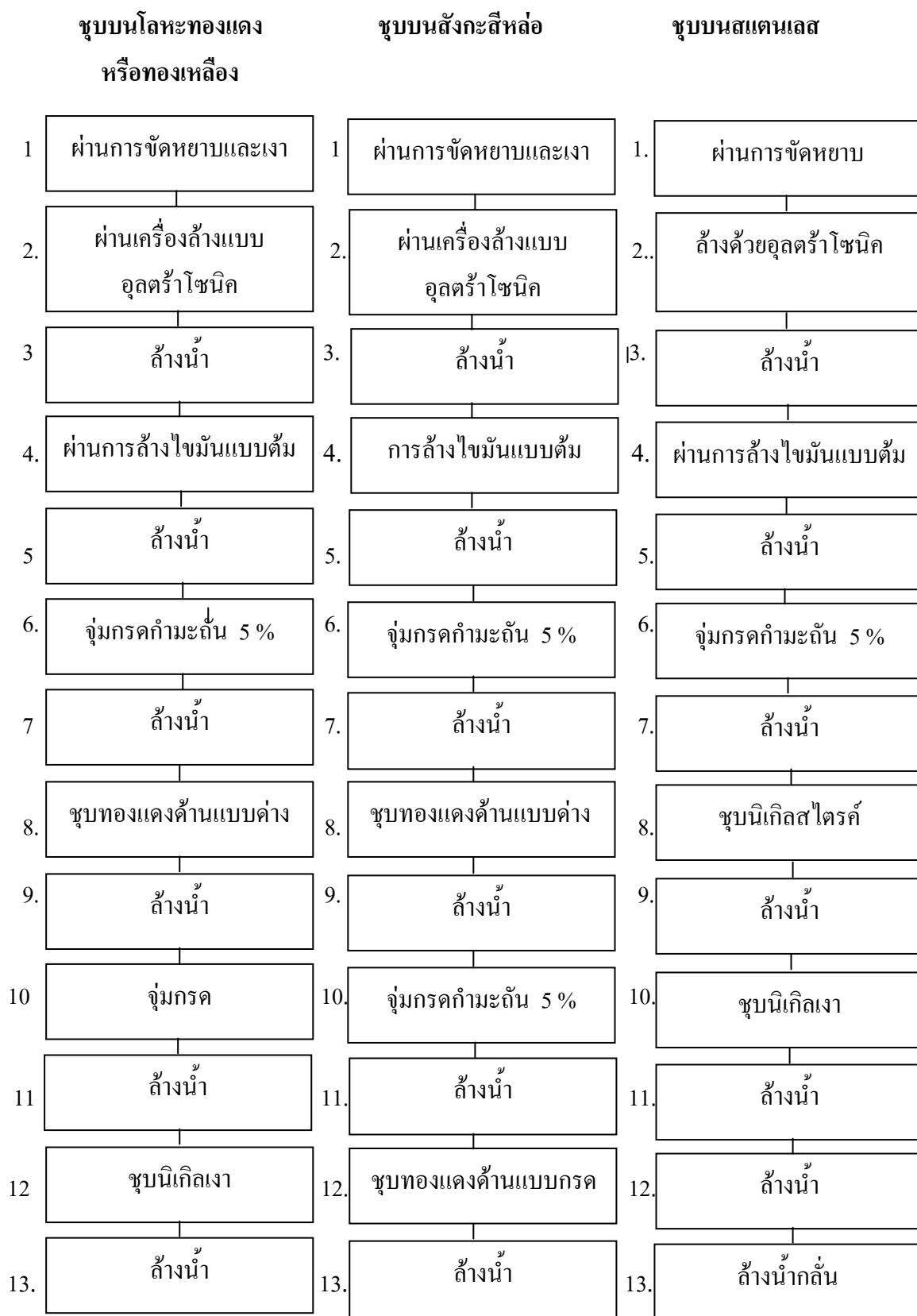
ลักษณะเด่นของ AUROMEX DECORMEX 'N' SERIES

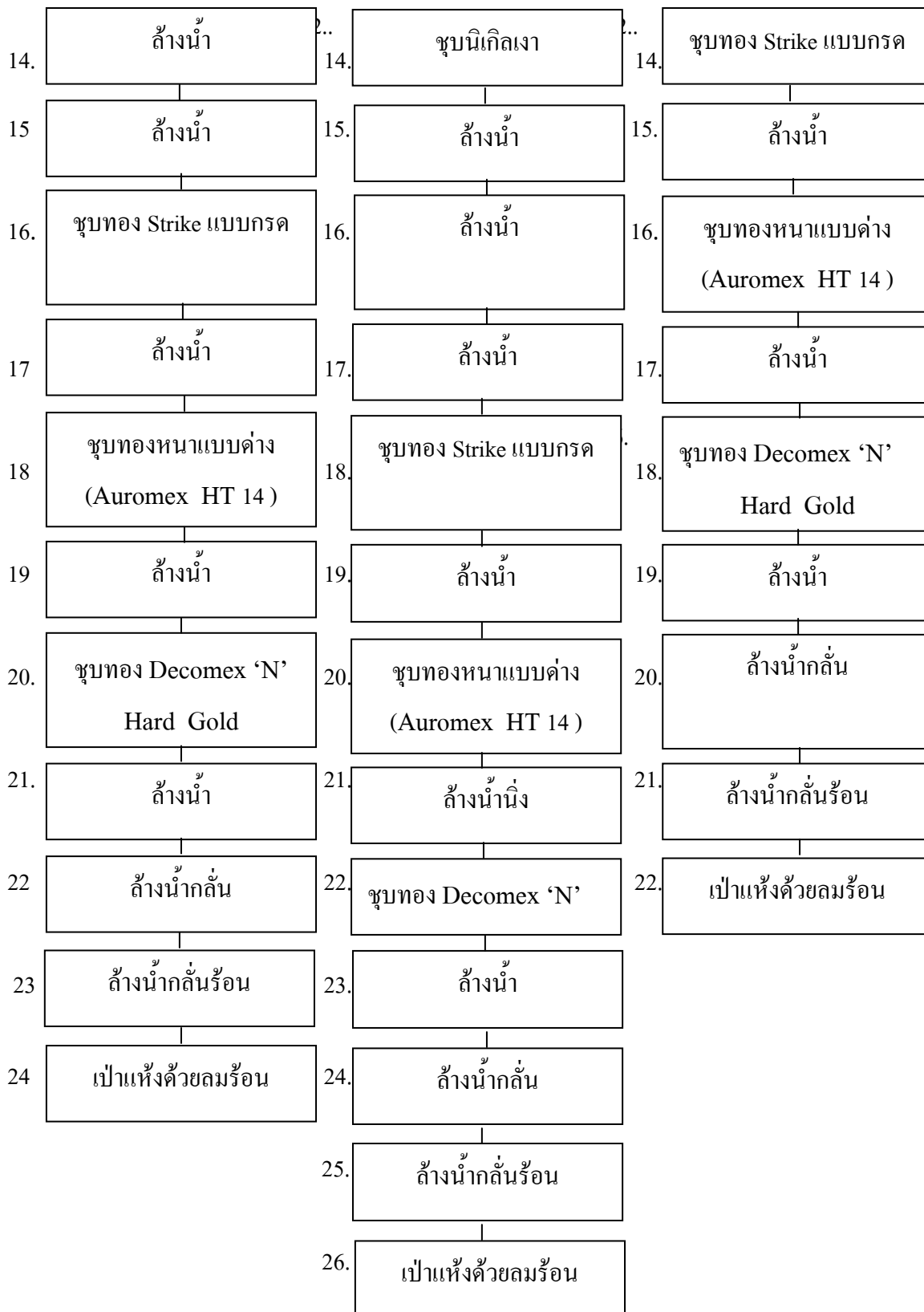
1. ลดต้นทุน-ทองที่ติดจะมีความหนาแน่นน้อย แต่ทนการสึกหรอและรอยขีดข่วนดี
2. ประสิทธิภาพในการชุบสูง – ทำให้ประหยัดเวลา และได้ผลผลิตสูง
3. ความหนาแน่นสม่ำเสมอและการชุบติดชอกดี – ทำให้ประหยัดทองในส่วนที่หนาเกินไป
4. สีคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง – ทำให้การควบคุมง่ายขึ้น
5. ชุบง่าย – วิธีการชุบ และจุดที่ควบคุมกว้างและอุปกรณ์ที่ใช้ชุบไม่ยุ่งยาก
6. ง่ายต่อการบำรุงรักษา – เนื่องจากน้ำยาที่มีความคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ทำให้การควบคุมง่ายขึ้น
7. มีความเงาที่ดี – ความเงาจะสม่ำเสมอตามความหนาทุกระดับ
8. ทนต่อโลหะแปลกปลอม – โลหะดังกล่าวคือ นิกเกิล เหล็ก ทองแดง และซิงค์ เป็นต้น

รายละเอียดลักษณะทองที่ติดของ DECORMEX 'N' SERIES

	424C	424N	NIC	NIW	N-SUPER
กะรัตที่ติด (Deposit Carat)	23.5	23.5	22.5	22.0	22.0
ปริมาณทองที่ติด (Gold content in deposit) (%)	98.0	97.5	95.0	92.0	93.5
ความแข็ง (HARDNESS) (mHv20g)	-	1.7	2.8	4.8	4.5
สี (Colour)	23K	24K	2N-3N	1N-2N	1N
การทนต่อการเสียดสี (Wearing Resistance)	ดี	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
การทนต่อรอยขีดข่วน (Scratch Resistance)	ดี	ดี	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
การทนต่อการสึกกร่อน (Corrosion Resistance)	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
ต้นทุนทองหนา 1 ไมครอน ² ที่ติดบนพื้นที่ 1 ตารางเดซิเมตร (Cost for 1 micron deposit/dm ²)	79	175	164	156	157

ขั้นตอนในการชูปทงโดยทั่วไป





สภาวะการทำงานของ DECORMEX 'N' SERIES

1. ความหนาที่ซึบน้อยกว่า 5 ไมครอน

		424C	424N	NIC	NIW	N-SUPER
ปริมาณทอง	กรัม/ลิตร (g/L)	4	4	4	4	4
ค่าพีเอชของน้ำยา	(pH. ที่อุณหภูมิ 60°ซ.)	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
ความหนาแน่นของน้ำยาเป็นองศาโบเม	(°Be)	10-18	10-18	10-18	10-18	10-18
กระแสไฟที่ขั้วลบ (ชิ้นงาน)	(แอมป์/ตร.ดม.)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
อุณหภูมิของน้ำยาเป็นองศา °ซ.	(°C)	35	35	35	35	35
ความเร็วในการโยกราวแทนชิ้นงาน (เมตร/นาที)		5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
อัตราความเร็วในการชุบติด	(mg/Amp-min)	55	55	40	40	40
เวลาที่ใช้ชุบ	(ที่กระแสไฟ 1 แอมแปร์/ ตร.ดม)	3.5	3.5	4	4	4

2. ความหนาที่ซึบมากกว่า 5 ไมครอน

		424C	424N	NIC	NIW	N-SUPER
ปริมาณทอง	กรัม/ลิตร (g/L)	8	8	8	8	8
ค่าพีเอชของน้ำยา	(pH. ที่อุณหภูมิ 60°ซ.)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
ความหนาแน่นของน้ำยาเป็นองศาโบเม	(°Be)	10-18	10-18	10-18	10-18	10-18
กระแสไฟที่ขั้วลบ (ชิ้นงาน)	(แอมป์/ตร.ดม.)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
อุณหภูมิของน้ำยาเป็นองศา °ซ.	(°C)	35	35	35	35	35
ความเร็วในการโยกราวแทนชิ้นงาน (เมตร/นาที)		5-10	5-10	5-10	5-10	5-10
อัตราความเร็วในการชุบติด	(mg/Amp-min)	75	75	55	55	55
เวลาที่ใช้ชุบ	(ที่กระแสไฟ 1 แอมแปร์/ ตร.ดม)	2.5	2.5	3.5	3.5	3.5

สภาวะการทำงานขณะชุบที่มีผลต่องานชุบ

1. สีทอง Decormex 'N' Series สามารถมีได้ตั้งแต่สีออกเหลืองเขียว (Greenish Yellow) หรือ เหลืองเข้ม (Rich yellow) ขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานตามข้อต่าง ๆ

2. ปริมาณของโลหะนิเกิลและโคบอลต์ในน้ำยา ก็มีผลต่อสีทองที่ชุบได้ ดังนั้น การควบคุมน้ำยาที่ดีโดยการวิเคราะห์ปริมาณโลหะดังกล่าว แทนที่จะควบคุมโดยกระแสไฟที่ใช้อย่างเดียว หรือตามจำนวนงานที่ชุบ

3. สภาพะการทำงานที่มีผลต่อคุณภาพทองที่ชุบในด้านความแข็ง ความทนต่อการเสียดสีและรอยขีดข่วน มีปัจจัยหลักอยู่ 4 ประการ คือ

ฟิเอร์

ค่าฟิเอร์สูง ความเงาและความแข็งลดลง ประสิทธิภาพในการติดทองสูงขึ้น

ค่าฟิเอร์ลด ความเงาและความแข็งสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการติดทองสูงขึ้น

อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูง ความเงาและความแข็งลดลง ประสิทธิภาพในการติดทองสูงขึ้น

อุณหภูมิต่ำ ความเงาและความแข็งสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการติดทองลดลง

กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟสูง ความแข็งมากขึ้น ถ้ามากเกินไปอาจถึงขั้นความเหนียวลดลง ประสิทธิภาพในการติดแน่นลดลง

กระแสไฟต่ำ ความเงาและความแข็งลดลง ประสิทธิภาพในการติดสูงขึ้น

ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำยา

ถ้ามีปริมาณสูงไป ความเงาและความแข็งดี แต่ประสิทธิภาพการชุบลดลง

ถ้ามีปริมาณต่ำไป ความเงาและความทนต่อการเสียดสีลดลง ประสิทธิภาพในการชุบสูงขึ้น

รายละเอียดของเคมีที่ใช้ใน DECORMEX 'N' SERIES

1. DECORMEX 424C ประกอบด้วย

1. Decormex 424C Make Up Pack 1 ยูนิท สำหรับผสมน้ำยา 10 ลิตร ประกอบด้วย
 - 1.1 Decormex 424C Make Up Salt 1.5 กิโลกรัม
 - 1.2 Decormex 424C Make Up Brightener 500 มิลลิลิตร
2. Decormex 424C Replenisher 1 ยูนิท สำหรับปริมาณทองที่ชุบไป 100 กรัม
 - 2.1 Decormex 424C Replenisher Brightener 100 มิลลิลิตร
3. Decormex 424C Conducting Salt 1 กิโลกรัม

2. DECORMEX 424N ประกอบด้วย

1. Decormex 424N Make Up Pack 1 ยูนิท สำหรับผสมน้ำยา 10 ลิตร ประกอบด้วย
 - 1.1 Decormex 424N Make Up Salt 1.5 กิโลกรัม
 - 1.2 Decormex 424N Make Up Brightener 500 มิลลิลิตร
2. Decormex 424N Replenisher 1 ยูนิท สำหรับปริมาณทองที่ชุบไป 100 กรัม
 - 2.1 Decormex 424N Replenisher Brightener 100 มิลลิลิตร
3. Decormex 424N Conducting Salt 1 กิโลกรัม

3. DECORMEX NIC ประกอบด้วย

1. Decormex NIC Make Up Pack 1 ยูนิต สำหรับผสมน้ำยา 10 ลิตร ประกอบด้วย
 - 1.1 Decormex NIC Make Up Salt 1.5 กิโลกรัม
 - 1.2 Decormex NIC Make Up Brightener 1 ลิตร
2. Decormex NIC Replenisher 1 ยูนิต สำหรับปริมาณทองที่ชุบไป 100 กรัม
 - 2.1 Decormex NIC Replenisher Brightener 100 มิลลิลิตร
3. Decormex NIC Conducting Salt 1 กิโลกรัม

4. DECORMEX NIW ประกอบด้วย

1. Decormex NIW Make Up Pack 1 ยูนิต สำหรับผสมน้ำยา 10 ลิตร ประกอบด้วย
 - 1.1 Decormex NIW Make Up Salt 1.5 กิโลกรัม
 - 1.2 Decormex NIW Make Up Brightener 1 ลิตร
2. Decormex NIW Replenisher 1 ยูนิต สำหรับปริมาณทองที่ชุบไป 100 กรัม
 - 2.1 Decormex NIW Replenisher Brightener 100 มิลลิลิตร
3. Decormex NIW Conducting Salt 1 กิโลกรัม

5. DECORMEX N-SUPER ประกอบด้วย

1. Decormex N-SUPER Make Up Pack 1 ยูนิต สำหรับผสมน้ำยา 10 ลิตร ประกอบด้วย
 - 1.1 Decormex N-SUPER Make Up Salt 1.7 กิโลกรัม
 - 1.2 Decormex N-SUPER Make Up Brightener 1 ลิตร
2. Decormex N-SUPER Replenisher 1 ยูนิต สำหรับปริมาณทองที่ชุบไป 100 กรัม
 - 2.1 decormex N-SUPER Replenisher Brightener 100 มิลลิลิตร
3. Decormex N-SUPER Conducting Salt 1 กิโลกรัม

การควบคุมน้ำยา DECORMEX 'N' SERIES

1. การเติมทอง

การควบคุมปริมาณทองเพื่อรักษาประสิทธิภาพในการชุบให้คงที่ ควรทำการเติมทองทุก ๆ 10-15% ของทองที่ใช้ไป ซึ่งทราบได้จากการวิเคราะห์ หรือจากการบันทึกจำนวนแอมแปร์-นาทีที่ใช้ไป ตามตารางต่อไปนี้

ชนิดน้ำยา	แอมแปร์-นาที	ปริมาณทองที่ใช้ไป
424C	1860	100 กรัม
424N	1860	100 กรัม
NIC	2250	100 กรัม
NIW	2250	100 กรัม
N-SUPER	2250	100 กรัม

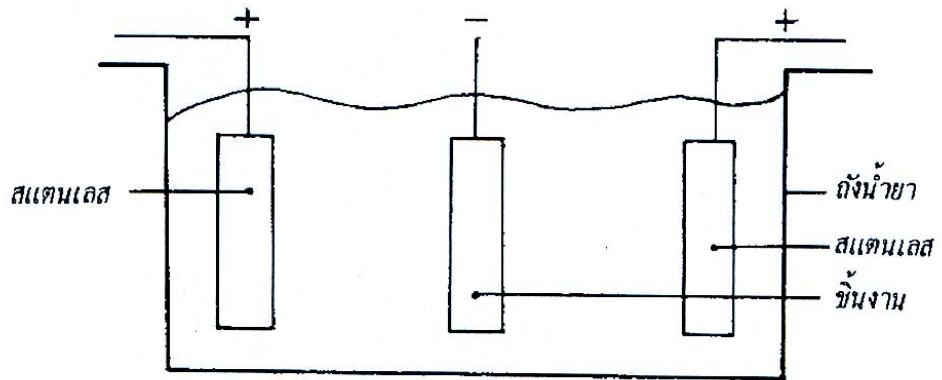
2. การเติมยาเงา

เพื่อรักษาคุณสมบัติต่าง ๆ คือ ความเงา ความแข็ง การทนต่อการเสียดสี และสีที่คงที่ จะต้องทำการเติมยาเงา DECORMEX 'N' Replenisher Brightener ตามตารางดังต่อไปนี้

ทุก ๆ 100 กรัม ทองที่ใช้ไป หรือ เท่ากับทุก ๆ 147 กรัม เกลือทอง GPC 68.3% ให้เติมดังนี้

424C	100	มิลลิลิตร
424N	100	มิลลิลิตร
NIC	100	มิลลิลิตร
NIW	100	มิลลิลิตร
N-SUPER	100	มิลลิลิตร

น้ำยาชุบทองสีเหลืองอ่อน (Pale Yellow gold/Hamilton)



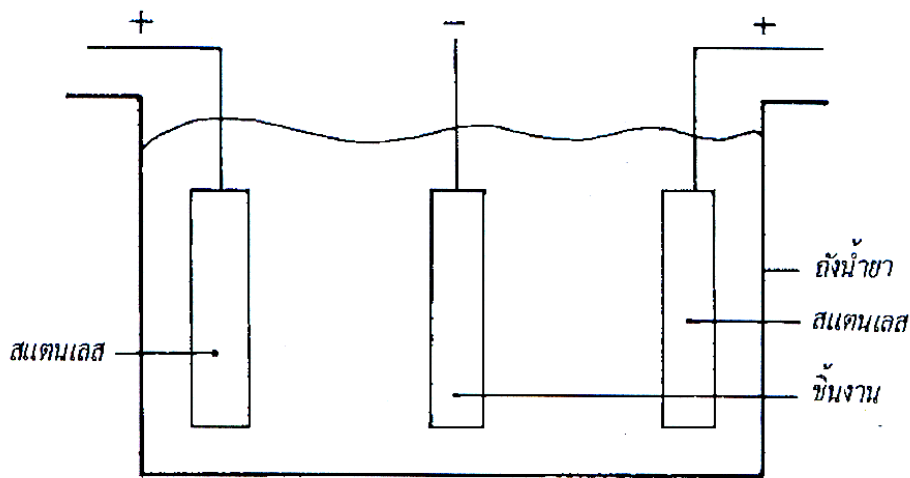
น้ำยาชุบทองชนิดนี้สีอ่อนชนิดสวยงามอีกแบบหนึ่ง ปรกติน้ำยาชุบทองจะเป็นสีทองชนิดเหลืองทอง แต่ถ้าต้องการให้สีทองอ่อนลงเล็กน้อย และเพิ่มความแข็งให้กับผิวทองก็ต้องเติมสารเคมีที่ลดสีทองให้อ่อนลง โดยเติมนิเกิลไซยาไนด์ลงไปเล็กน้อย

สูตรน้ำยา	เกลือทอง (Potassium gold Cyanide) 8.3%	3	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียม เฟอร์โรไซยาไนด์	25	กรัม/ลิตร
	นิเกิลไซยาไนด์	1	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียม ไซยาไนด์	7.5	กรัม/ลิตร
	อุณหภูมิ	55-65	°ซ.
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	10-40	แอมป์/ตารางฟุต
	ตัวต่อ (Anode) ใช้สแตนเลส		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นประมาณ ½ ของถัง แล้วให้ความร้อน 50 °ซ.
2. ใส่โปตัสเซียม ไซยาไนด์ กวนน้ำยาให้ละลายเข้ากัน
3. ใส่นิเกิลไซยาไนด์ กวนน้ำยาให้ละลายเข้ากัน
4. โปตัสเซียม เฟอร์โรไซยาไนด์
5. ใส่ผงถ่าน (Activated Carbon) 2 กรัม/ลิตร กวนให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ผงถ่านตกตะกอน แล้วกรองน้ำยา
6. ใส่เกลือทอง กวนให้ละลายจนหมด แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบตามปริมาณที่ต้องการน้ำยา ก็พร้อมที่จะชุบได้

น้ำยาชุบทองเขียว (Green Gold)



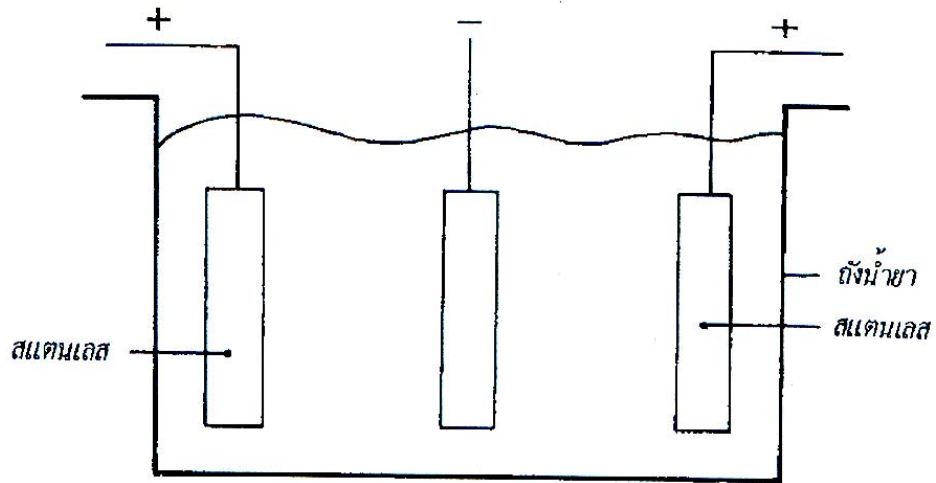
น้ำยาชุบทองชนิดนี้ สีทองที่ชุบได้เป็นสีทองอ่อน ๆ แกรมเขียว เหมาะกับการชุบเครื่องประดับที่ต้องการสีอ่อน ๆ สารเคมีที่มีหน้าที่ทำให้สีทองอ่อนลงจนเป็นสีทองแกรมเขียว คือ เกลือเงิน (Silver Potassium Cyanide)

สูตรน้ำยา	เกลือทอง (Potassium gold Cyanide 68.3%)	3	กรัม/ลิตร
	เกลือเงิน (Silver Potassium Cyanide)	1.5	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียม โซยาไนต์	7.5	กรัม/ลิตร
	ไดโปตัสเซียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต	15	กรัม/ลิตร
	อุณหภูมิ	55-65	°ซ.
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	5-25	แอมป์/ตารางฟุต
	ตัวล่อ (Anode) ใช้สแตนเลส		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นลงในภาชนะประมาณ ½ ของความจุ แล้วให้ความร้อนประมาณ 50 °ซ.
2. ใส่โปตัสเซียม โซยาไนต์ และกวนน้ำยาให้โปตัสเซียม โซยาไนต์ละลายจนหมด
3. ใส่ไดโปตัสเซียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต กวนให้ละลายเข้ากัน
4. ใส่ผงถ่าน (Activated Carbon) 2 กรัมต่อน้ำยา 1 ลิตร กวนให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ผงถ่านตกตะกอน แล้วกรองน้ำยาให้สะอาด
5. ใส่เกลือเงิน แล้วกวนให้เกลือเงินละลายจนหมด
6. ใส่เกลือทอง กวนให้ละลายจนหมด แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบตามปริมาณที่ต้องการน้ำยาชุบทองนี้ก็พร้อมนำไปชุบได้

น้ำยาชุบทอง 18 K.



สูตรน้ำยา	เกลือทอง	1.5	กรัม/ลิตร
	คอปเปอร์ไซยาไนด์	10.5	กรัม/ลิตร
	แคดเมียมไซยาไนด์	0.3	กรัม/ลิตร
	เกลือเงิน	0.05	กรัม/ลิตร
	โปตัสเซียมไซยาไนด์	5	กรัม/ลิตร
	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	10-20	แอมป์/ตารางฟุต
	อุณหภูมิ	55-60	°ซ.
	ตัวต่อ (Anode) ใช้สแตนเลส		

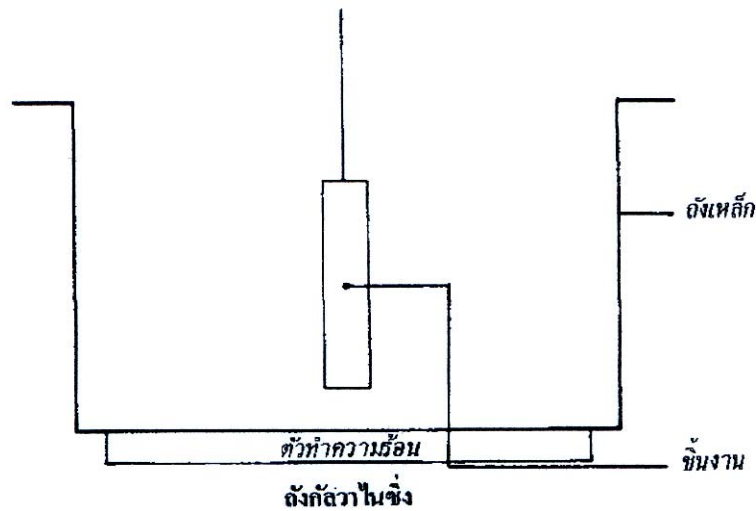
การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นประมาณ ½ ของถัง แล้วให้ความร้อน 50 °ซ.
2. ใส่โปตัสเซียมไซยาไนด์ แล้วกวนน้ำยา
3. ใส่คอปเปอร์ไซยาไนด์ กวนน้ำยาให้คอปเปอร์ไซยาไนด์ ละลายจนหมด
4. ใส่แคดเมียมไซยาไนด์
5. ใส่ผงถ่าน 2 กรัม/ลิตร กวนให้เข้ากัน แล้วปล่อยให้ตกตะกอนหลังกรองน้ำยาให้สะอาด
6. ใส่เกลือเงิน
7. ใส่เกลือทอง แล้วกวนให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบตามปริมาณตามต้องการ

บทที่ 17

กัลวาไนซิ่ง (Galvanizing)

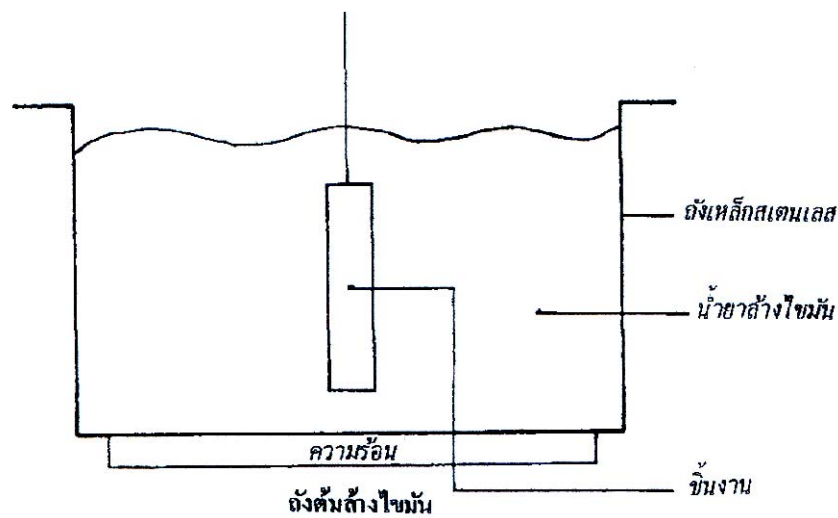
กัลวาไนซิ่ง หรือ Hot dip galvanizing เป็นกรรมวิธีการเคลือบโลหะสังกะสีลงบนผิวเหล็ก โดยกรรมวิธีความร้อน โดยให้ความร้อนกับสังกะสี จนกระทั่งสังกะสีหลอมละลายแล้วจุ่มชิ้นงาน ซึ่งเป็นเหล็กลงไปในสังกะสีที่หลอมละลาย เพื่อให้โลหะสังกะสีเคลือบติดบนผิวงานเหล็ก เพื่อปกป้องผิวเหล็กไว้ด้วยโลหะสังกะสี ทำให้ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบสังกะสีมีความต้านทานต่อการเกิดสนิม และต้านต่อการสึกกร่อนได้ดีขึ้น เช่น ชิ้นงานประเภทแป๊บ น้ำประปาที่ทำด้วยเหล็กแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีที่ใช้มุงหลังคาบ้าน, ถังน้ำ, ลวดหนาม อุปกรณ์ติดตั้งทางไฟฟ้าที่ต้องติดตั้งไว้กลางแจ้ง เหล่านี้มักจะใช้วัสดุเหล็กแล้วทำกัลวาไนซิ่ง



ถังกัลวาไนซิ่ง ถังกัลวาไนซิ่งทำด้วยเหล็ก ความหนาประมาณ 25-50 มม. เวลาใช้งานจะต้องให้ความร้อนจนกระทั่งสังกะสีหลอมละลายประมาณ 450°C . ในการให้ความร้อนนั้นทำได้หลายวิธีเช่นให้ความร้อนด้วยถ่านโค้ก, ให้ความร้อนด้วยน้ำมัน, แก๊ส และให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม

การเตรียมงานก่อนกัลวาไนซ์

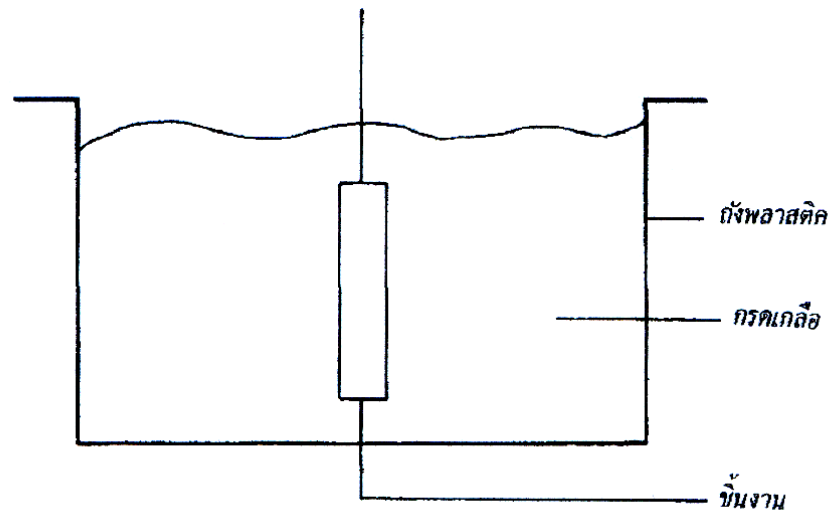
การกำจัดไขมัน (Degreasing) ก่อนจะนำชิ้นงานเหล็กไปเคลือบสังกะสี ด้วยวิธีกัลวาไนซ์ หรือ Hot dip galvanizing จะต้องกำจัดไขมันที่ผิวงานออกให้หมด โดยวิธีล้างด้วยไตรคลอโรเอทที่ลีนเป็นอันดับแรก ตามด้วยต้มล้างใน탕ร้อน (Hot Soak Clean) น้ำยาตัวนี้ เป็นน้ำยาตัวที่ใช้ในการล้างไขมันบนผิวโลหะโดยตรง ให้ความร้อนกับน้ำยาประมาณ 60-80 °ซ. แล้วนำชิ้นงานลงแช่ในระยะเวลาหนึ่ง ไขมันบนผิวเหล็กจะละลายออก ทางที่ดีควรเช็ดถูด้วยแปรงอีกครั้ง แล้วจึงล้างด้วยน้ำสะอาด



การกำจัดสนิม (Pickling) สนิมเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการทำกัลวาไนซ์ ถ้าชิ้นงานมีสนิมสังกะสีจะไม่เกาะบริเวณที่มีสนิม ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดสนิมออกให้หมด วิธีที่จะกำจัดสนิมออกจากผิวเหล็กที่ใช้กันมานานแล้ว และได้ผลดี คือการนำชิ้นงานจุ่มแช่ในกรดเกลือระยะเวลาหนึ่ง แล้วนำชิ้นงานล้างน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ชิ้นงานสะอาด

ส่วนผสมของกรดเกลือ

น้ำ	5	ส่วน
กรดเกลือ	1-2	ส่วน



กรรณกลี้อกัดสนิมมักมีควัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน Acid cleaner เป็นกรรณที่ใช้ล้างไขมันและกำจัดสนิมออกในเวลาเดียวกัน และไม่มีควัน ใช้สะดวกมาก

ส่วนผสมของ Acid Cleaner

ส่วนผสมที่ 1	น้ำ	700	ซี.ซี.
	กรรณกลี้อ	200	ซี.ซี.
	Techner	100	ซี.ซี.
ส่วนผสมที่ 2	น้ำ	600	ซี.ซี.
	กรรณกลี้อ	300	ซี.ซี.
	Techner 100		ซี.ซี.

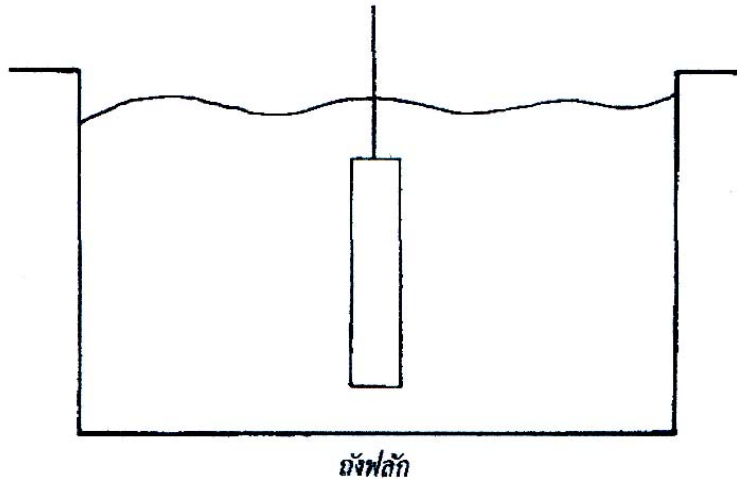
การผสม

1. ใส่น้ำในถังพลาสติก
2. ใส่กรรณกลี้ออย่างช้า ๆ และกวนน้ำยาตลอดเวลา
3. ใส่เทคนอร์ แล้วกวนน้ำยาให้เข้ากัน เป็นอันว่าน้ำยาพร้อมจะใช้งาน

น้ำประสาน (Flux) ชิ้นงานเหล็กถึงแม้จะผ่านการกำจัดสนิมและกำจัดไขมันมาแล้ว แต่ก็เกิดคราบออกไซด์, คลอไรด์ บนผิวเหล็กขณะจุ่มเหล็กลงไปในถังสังกะสีที่หลอมละลาย ฟลักจะกำจัดคราบออกไซด์เหล่านี้ออกจากผิวเหล็ก ทำให้ผิวเหล็กสะอาด การเกาะจับหรือการเคลือบของสังกะสีกับผิวเหล็ก ก็จะสนิทแน่นและสม่ำเสมอ

ส่วนผลของฟลัก ฟลักในการกัลวาไนซ์นิยมใช้ Zinc ammonium chloride

ส่วนผสม	ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl ₂) เข้มข้น 25-30 องศาโบเม่ จำนวน	176	ซี.ซี./ลิตร
	แอมโมเนีย คลอไรด์ (HN ₄ Cl)	168	ซี.ซี./ลิตร
	สารทำให้เปียก (Wetting agent)	10	ซี.ซี./ลิตร
	ปรับ pH ด้วย ammonium hydroxide ph. 6-7		



การทำกัลวาไนซ์มี 2 วิธี ดังนี้คือ

1. กัลวาไนซ์ผิวงานเปียก (Wet galvanizing) วิธีนี้จะต้องใส่ฟลักลอยไว้บนผิวน้ำโลหะสังกะสีที่หลอมละลาย เมื่อจุ่มชิ้นงาน ชิ้นงานจะต้องผ่านฟลักลงไป ในการจุ่มนี้ชิ้นงานอยู่ในสภาพเปียก

2. กัลวาไนซ์ผิวงานแห้ง (Dry galvanizing) วิธีนี้จะต้องแยกฟลักไว้ต่างหาก โดยไม่ต้องใส่ฟลักลงไปในการกัลวาไนซ์ เมื่อชิ้นงานผ่านการล้างไขมัน, ล้างน้ำ, กำจัดสนิม, ล้างน้ำและจุ่มฟลักแล้วจะต้องอบชิ้นงานให้แห้งก่อน จึงจุ่มชิ้นงานลงในน้ำสังกะสีที่หลอมละลาย

โลหะอื่น ๆ ที่ผสมในถังกัลวาไนซ์

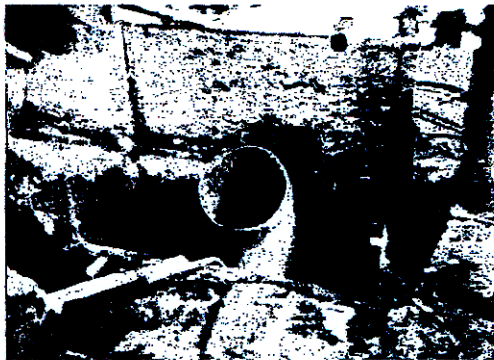
- อะลูมิเนียม ใส่ลงไปในการกัลวาไนซ์ จำนวนที่เหมาะสม 0.2-0.3% เพื่อเพิ่มความเงาให้กับชิ้นงาน
- ดีบุก ดีบุกทำให้ผิวงานเงา และทำให้ผิวกัลวาไนซ์ขาว และทนต่อการเกิดสนิมได้ดี จำนวนที่เหมาะสม 1%
- พลวง พลวงก็เป็นธาตุอีกชนิดหนึ่ง ที่ให้คุณสมบัติคล้ายดีบุก แต่ถ้าหากมีพลวงเกินกว่า 0.1% จะทำให้ผิวเปราะ

เวลาในการจุ่มกัลวาไนซิ่ง (Immersion Time)

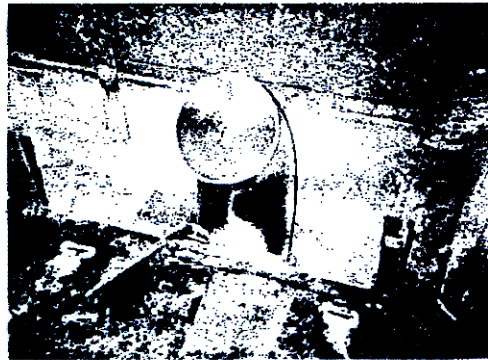
ความหนาในการเคลือบสังกะสีโดยวิธีกัลวาไนซิ่ง ควบคุมโดยเวลาในการจุ่มชิ้นงานลงในน้ำยาจัลวาไนซิ่ง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะใช้เวลาในการจุ่มชิ้นงานประมาณ 1-5 นาที

ขั้นตอนการเคลือบสังกะสีโดยกัลวาไนซิ่ง

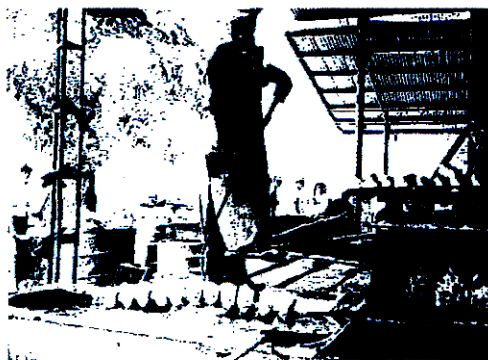
1. กำจัดไขมัน (Degreasing)
2. ล้างน้ำสะอาด (Rinsing)
3. กำจัดสนิม (Pickling)
4. ล้างน้ำสะอาด (Rinsing)
5. จุ่มฟลักซ์ (Pre-fluxing)
6. ทำให้แห้ง (Drying 120-200°ซ.)
7. กัลวาไนซิ่ง 1-3 นาที อุณหภูมิ 450°ซ.-460°ซ.
8. ยกชิ้นงานขึ้นแล้วจุ่มน้ำสะอาด



จุ่มฟลักซ์



จุ่มกัลวาไนซิ่ง

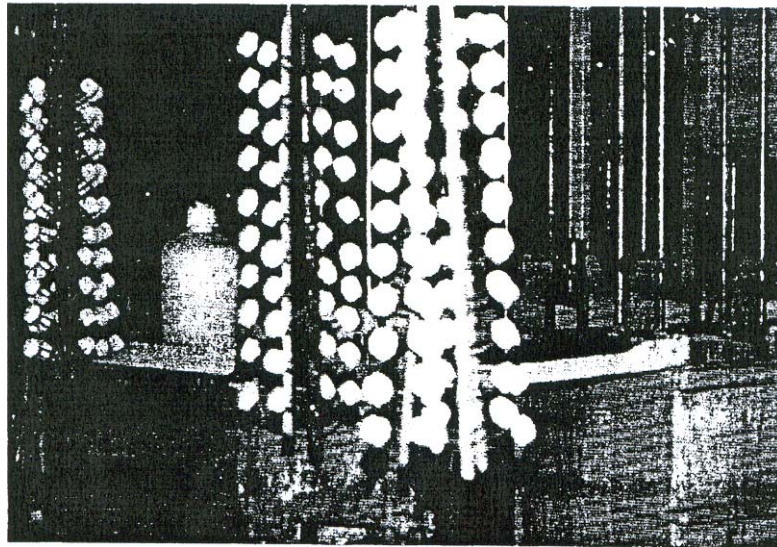


ล้างน้ำ

บทที่ 18

การชุบพลาสติกด้วยโลหะ

(Plating on plastics)



ปัจจุบันพลาสติกมีบทบาทในการชุบเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากว่าพลาสติกมีน้ำหนักเบา, ราคาถูก, คงทน และไม่เป็นสนิมเหมือนโลหะ ทนการกัดกร่อนได้ดี การขึ้นรูปที่สลับซับซ้อนก็ทำได้ง่ายกว่าโลหะ แม้ว่าการทนต่อความร้อนและความแข็งของพลาสติกจะไม่ดีเท่าโลหะ แต่ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงโดยการเติมสารบางอย่างลงไปพลาสติกซึ่งทำให้พลาสติกมีความแข็งเพิ่มขึ้น

ประเภทของพลาสติก พลาสติกที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกเนื้ออ่อนไม่แข็งมาก ทนความร้อนได้ไม่มากนัก และสามารถแปรรูปได้ง่าย เมื่อถูกความร้อนมากจะหลอมเหลว เช่น A.B.S. (Acrylonitrile Butadiene Styrene) P.P. (Polypropylene) P.V.C. (Poly Vinyl chloride)

2. เทอร์โมเซต (Thermoset) เป็นพลาสติกเนื้อแข็งสามารถทนความร้อนได้สูงกว่าประเภทแรก พลาสติกจำพวกนี้เมื่อถูกความร้อนครั้งแรกจะหลอมเหลวครั้งเดียว เมื่อแข็งตัวแล้วหากนำมาให้ความร้อนอีกจะไม่หลอมเหลวอีก เช่น ฟีนอลิก, ยูเรีย, เมลามีน เป็นต้น สำหรับพลาสติกที่นำมาชุบได้นั้นจะต้องไม่ใช่พลาสติกที่มีผิวอ่อน จะต้องเป็นพลาสติกที่มีผิวค่อนข้างแข็ง แต่ไม่แข็ง

มากจนเกินไป เพราะสารละลายที่ใช้ในขบวนการชุบจะไม่สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวพลาสติกได้ พลาสติกที่สามารถนำมาชุบได้นั้น เช่น A.B.S., P.P., P.P.O. แต่ที่นิยมใช้มากคือ A.B.S. เพราะผิวของพลาสติกไม่แข็งหรืออ่อนเกินไป และยังสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผิวได้อีกด้วย

A.B.S. เป็นพลาสติกที่ทนแรงกระแทกได้ดีมาก ทนความร้อนได้ประมาณ 80-85 °ซ. ทนกรด, ด่าง ได้ดีพอสมควร นิยมใช้ทำลูกบิดวิทยุ-โทรทัศน์ ลูกบิดของก๊อกน้ำ, ของเครื่องสุขภัณฑ์ ชิ้นส่วนในรถยนต์ ชิ้นส่วนของตู้เย็น และอื่น ๆ

การใช้งาน

พลาสติกที่ชุบโครเมียมแล้วถูกนำไปใช้งานหลายทางด้วยกัน เช่น ทำมือจับปิด-เปิด ภายในรถยนต์ ชิ้นส่วนวิทยุ-โทรทัศน์ ชิ้นส่วนเครื่องพิมพ์ดีด โทรศัพท์ หวี ไฟท้ายรถมอเตอร์ไซด์กระดุม ป้ายประดับตกแต่งรถ ชิ้นส่วนของเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น

การเลือกชนิดของพลาสติก A.B.S. เพื่อการชุบ

ในอุตสาหกรรมชุบโลหะบนพลาสติกแล้ว ส่วนมากพลาสติกที่นำมาชุบจะใช้พลาสติก A.B.S. พลาสติกชนิดอื่น ๆ ก็มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ชุบเหมือนกัน เช่น Polypropylene และ Polycarbonate แต่ยังไม่แพร่หลาย และอาจมีปัญหาทางด้านการฉีดขึ้นรูป จึงไม่เป็นที่นิยม

พลาสติก A.B.S. ประกอบขึ้นด้วย Acrylonitrile Butadiene และ Styrene ซึ่งส่วนประกอบอันนี้มีหลายอัตราส่วนด้วยกันแล้วแต่การใช้งาน ส่วน A.B.S. ที่ใช้เพื่อการชุบนั้นจะต้องมีส่วนผสมของ Butadiene อยู่ 20 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ พลาสติก A.B.S. เพื่อการชุบนี้ก็มีหลายเกรด แต่ละเกรดก็มีขั้นตอนการชุบแตกต่างกันไป

เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างชิ้นงานที่ชุบโครเมียมบนพลาสติกกับชุบบนโลหะ

ข้อดี

1. น้ำหนักเบากว่า 5 ถึง 10 เท่า ในชิ้นงานขนาดเท่ากัน
2. เนื้อของพลาสติกไม่มีการขึ้นสนิม ฉะนั้นอายุการใช้งานจึงเก็บความสวยงามไว้ได้นานกว่าโลหะ
3. ขบวนการขัดก็ไม่จำเป็นต้องใช้ แต่โลหะก่อนจะชุบต้องผ่านการขัดให้ผิวเรียบก่อนซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องขัด, ล้อขัด, ยาขัด และแรงคน หรือเครื่องขัด ขบวนการนี้จึงทำให้โลหะต้นทุนสูงกว่า
4. พลาสติกราคาถูกกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก, สังกะสีหล่อ (Zinc diecasting หรือโลหะอื่น ๆ)

ข้อเสีย

1. ทนอุณหภูมิสูงไม่ได้ คือทนได้ไม่เกิน 80 ถึง 85 °ซ. หากอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้พลาสติกเสียรูป
2. ทนความเค้นต่ำกว่าโลหะ
3. กรรมวิธีการชุบยากกว่าโลหะ

4. ใช้โครมิกมากในขบวนการกัดผิว ซึ่งอาจก่อปัญหาทางด้านน้ำทิ้ง

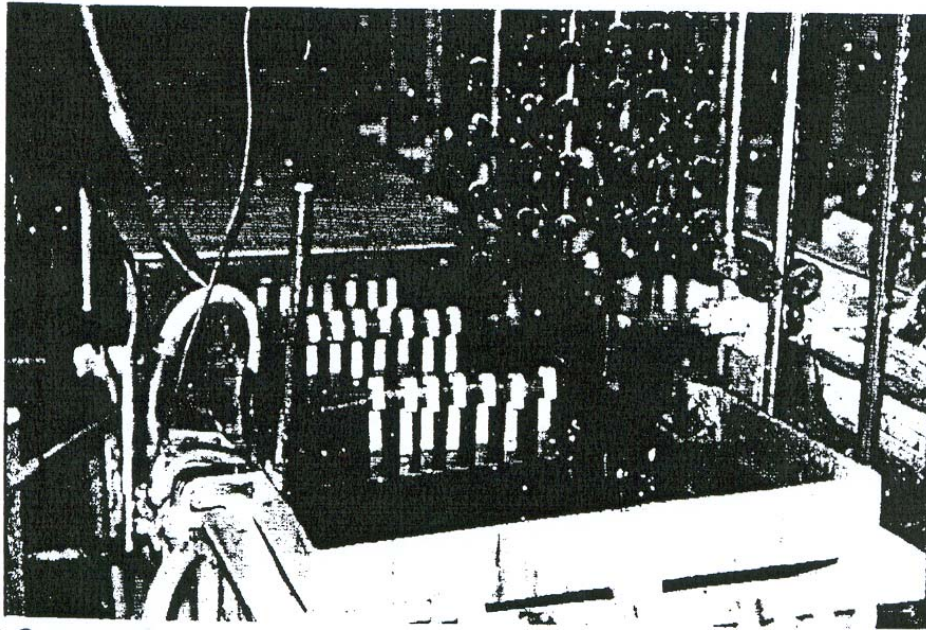
ขั้นตอนการชุบโลหะบนพลาสติกมีดังนี้ คือ

1. การทำความสะอาดผิวพลาสติก (Cleaning) การทำความสะอาดเพื่อที่จะกำจัดคราบน้ำมัน และไขมันต่าง ๆ ที่ติดอยู่บนผิวพลาสติกให้หมดจดอย่างแท้จริง โดยใช้ผงซักฟอกหรือใช้น้ำยาที่มีส่วนประกอบต่อไปนี้

โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	20	กรัม/ลิตร
โซเดียมฟอสเฟต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{H}_2\text{O}$)	20	กรัม/ลิตร
โซเดียมเมตาซิลิเกต	5	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	10	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	40°ซ.	
เวลา	5	นาที

การผสมน้ำยา จะต้องเอาสารเคมีในสูตรนี้ทั้งหมดผสมกับน้ำได้ 1 ลิตร เมื่อขึ้นงานผ่านการล้างไขมัน หรือล้างสิ่งสกปรกบนผิวพลาสติกแล้ว ก็ต้องสลัดน้ำออกให้หมดจึงทำการกัดผิวในขั้นต่อไป

2. **Chemical Etching** ขั้นตอนนี้สำคัญมากเพราะก่อนจะนำพลาสติกไปชุบได้จะต้องผ่านขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการกัดผิวพลาสติกให้หยาบเพื่อประโยชน์ในการซึมซับของเคมีในขั้นต่อไป ส่วนการทำงานของน้ำยานั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำยา และอุณหภูมิของน้ำยา



น้ำยักัดผิวพลาสติก

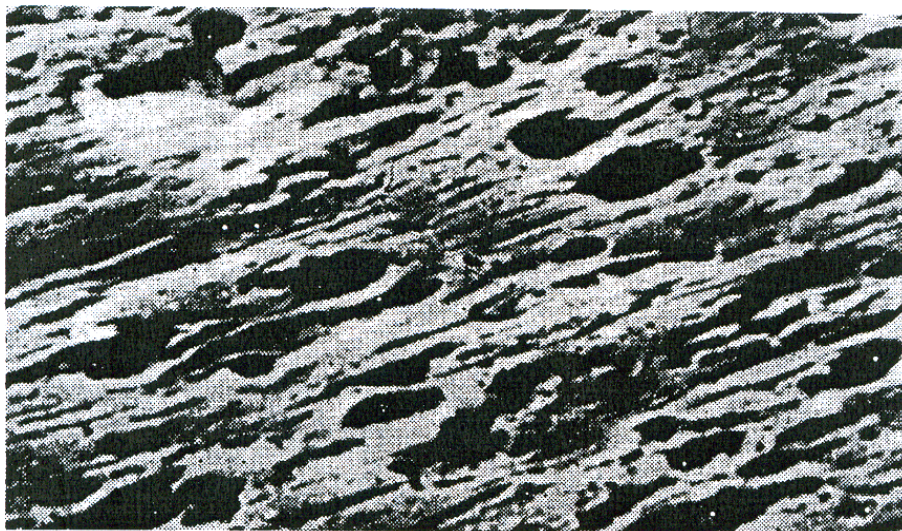
สูตรน้ำยา	กรมโครมิก (CrO_3)	420	กรัม/ลิตร
	กรดกำมะถัน (H_2SO_4)	380	ม.ล./ลิตร
	อุณหภูมิ	65°C .	
	เวลา	7	นาที
	ถังใช้สแตนเลส หรือถังเหล็กบุภายในด้วยตะกั่ว, บู พี.วี.ซี.		

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำในถังพอประมาณ
2. ใส่กรดโครมิก และกวนให้ละลายปนกับน้ำจนหมด
3. ใส่กรดกำมะถันอย่างช้า ๆ เพราะน้ำยาจะร้อนขึ้นมาก
4. เติมน้ำจนครบ

3. เซ็นซิไทซิ่ง (Sensitizing) เป็นการทำให้พลาสติกไวต่อปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งทำให้เกิดชั้นของดีบุกขึ้นบนผิวพลาสติก น้ำยาเซ็นซิไทซิ่งมีส่วนผสมดังนี้

สูตรน้ำยา	สแตนเนส คลอไรด์ ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	100	กรัม/ลิตร
	กรดเกลือ (HCl)	40	ม.ล./ลิตร
	อุณหภูมิห้อง		
	เวลา	2-3	นาที
	ถัง, ใช้พลาสติก, พี.วี.ซี.		



การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นประมาณครึ่งหนึ่งของภาชนะพลาสติก
2. ใส่วัสดุเกลือ และกวนให้เข้ากับน้ำ
3. ใส่วัสดุคลอรีน คอลอไรด์ กวนให้ละลายจนหมด
4. เติมน้ำจนครบ

4. แอคติเวท (Activate) เป็นการเร่งให้ผิวพลาสติกไวต่อปฏิกิริยาดีขึ้นโดยพลาตาเดียม คลอไรด์ จะซึมลงบนผิวพลาสติก

สูตรน้ำยา	พลาตาเดียม คลอไรด์ ($PdCl_2$)	0.25-0.5	กรัม/ลิตร
	กรดเกลือ (HCl)	10	ม.ล./ลิตร
	ถังใช้ พี.วี.ซี. หรือ พลาสติก		
	ใช้งานอุณหภูมิห้อง		
	เวลา	2	นาที

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นในภาชนะพลาสติก ประมาณครึ่งถัง
2. ใส่วัสดุเกลือ และกวนน้ำยา
3. ใส่วัสดุพลาตาเดียม คลอไรด์ และกวนน้ำยาให้พลาตาเดียมละลาย
4. เติมน้ำจนครบ

หรือ แอคติเวทด้วยซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$)

น้ำยาแอคติเวทด้วยซิลเวอร์ไนเตรท แบ่งส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วน คือ

น้ำยา ก.	ซิลเวอร์ไนเตรท	50	กรัม/ลิตร
	แอมโมเนีย จำนวนหนึ่งจันตะกอนใส่		

การผสมน้ำยา ใส่ซิลเวอร์ในเตรทลงในถังซึ่งใส่น้ำกลั่นกวนให้ซิลเวอร์ในเตรทละลาย แล้วเติมแอมโมเนียลงไปใต้น้ำยาจนเกิดตะกอน เติมแอมโมเนียจนตะกอนหายไปน้ำยาใสเหมือนเดิม

น้ำยา ข.	โซเดียมโปตัสเซียมตาเตรท	50	กรัม
	(ร็อคเชลซ็อล)		
	น้ำกลั่น	125	ม.ล.

การผสมน้ำยา ละลายโซเดียมโปตัสเซียมตาเตรท 50 กรัม ในน้ำกลั่น 125 ม.ล.

การใช้งาน	น้ำยา ก.	75	ม.ล./ลิตร
	น้ำยา ข.	25	ม.ล./ลิตร

5. น้ำยาชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้า หรือการชุบนิกเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้า

(Electroless Copper or Electroless Nickel)

เป็นการเคลือบโลหะทองแดง หรือ โลหะนิกเกิลลงบนผิวพลาสติกโดยไม่ใช้ไฟฟ้า วิธีการนี้เป็นการใช้

Reducing agent ซึ่งก็สามารถใช้ได้ทั้งทองแดงและนิกเกิล

น้ำยาชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้า แบ่งส่วนเป็น ๒ ส่วน

น้ำยา ก.	คอปเปอร์ ซัลเฟต	5	กรัม/ลิตร
	โซเดียม ไฮดรอกไซด์	7	กรัม/ลิตร
	โซเดียมโปตัสเซียมตาเตรท	40	กรัม/ลิตร

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นในภาชนะพลาสติก แก้ว หรือภาชนะเคลือบประมาณครึ่งถัง
2. ใส่โซเดียม ไฮดรอกไซด์กวนให้ละลาย
3. ใส่โซเดียมโปตัสเซียมตาเตรท กวนให้ละลาย
4. ใส่คอปเปอร์ ซัลเฟต กวนให้ละลาย
5. เติมน้ำจนครบ

น้ำยา ข.	ฟอมาลดีไฮด์	37 %	
การใช้งาน	ต้องเอาน้ำยา ก. ผสมกับน้ำยา ข.		
วิธีผสมใช้งาน	น้ำยา ก.	1	ลิตร
	น้ำยา ข.	30	ม.ล. (ซี.ซี.)
	เวลาชุบ	10	นาที

น้ำยาชุบนิกเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้า (Electroless Nickel)

สูตรที่ 1	นิกเกิลซัลเฟต	40	กรัม/ลิตร
	โซเดียมซิงเตรท	24	กรัม/ลิตร
	โซเดียม อาซีเตรท	14	กรัม/ลิตร
	โซเดียม ไฮโปฟอสไฟท์	20	กรัม/ลิตร

แอมโมเนียม คลอไรด์	5	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิใช้งาน	60°ซ.	
เวลา	10	นาที

การผสมน้ำยา

1. ใส่น้ำกลั่นในถังประมาณครึ่งถัง
2. ใส่นิกเกิลซัลเฟต
3. ใส่โซเดียมซัลเฟต กวนน้ำยาตลอดเวลา
4. ใส่โซเดียมอะซิเตต
5. ใส่แอมโมเนียม คลอไรด์
6. ใส่โซเดียม ไฮโปฟอสไฟท์ และกวนให้ละลายหมด
7. เติมน้ำจนครบตามปริมาตรที่ต้องการ

ขั้นตอนการชุบพลาสติก

1. ล้างไขมัน
2. ล้างน้ำสะอาด
3. จุ่มกรดกำมะถัน 10% (โดยปริมาตร)
4. ล้างน้ำ
5. กัดผิว 7 นาที
6. ล้างน้ำ
7. เซ็นซิไทซิ่ง 2-3 นาที
8. ล้างน้ำ
9. แอคติเวท 2 นาที
10. ล้างน้ำ
11. ชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้า 10-15 นาที
12. ล้างน้ำ
13. ชุบทองแดงเงา 10-15 นาที
14. ล้างน้ำ
15. ชุบนิกเกิลเงา 10-15 นาที
16. ล้างน้ำ
17. ชุบโครเมียม
18. ล้างน้ำ

ปัจจุบันนี้การชุบพลาสติกได้ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น และย่อกรรมวิธีการชุบให้ขั้นตอนน้อยลง โดยใช้ขั้นตอนเซ็นซิไทซิ่ง (Sensitizing) ร่วมกับแอคติเวท (Activate) ซึ่งเรียกว่า Catalyst

ส่วนผสมของ Catalyst สูตรที่ 1

สแตนนัส คลอไรด์	2	กรัม/ลิตร
พาลาเดียม คลอไรด์	0.2	กรัม/ลิตร
กรดเกลือ	10	ม.ล./ลิตร
ปฏิกิริยา	$\text{Sn}^{2+} + \text{Pd}^{2+} \longrightarrow \text{Sn}^{4+} + \text{Pd}^0$	

ส่วนผสมของ Catalyst สูตรที่ 2

พาลาเดียม คลอไรด์	0.7	กรัม/ลิตร
สแตนนัส คลอไรด์	35	กรัม/ลิตร
สแตนนิค คลอไรด์	4.5	กรัม/ลิตร
กรดเกลือ	500	ม.ล./ลิตร

นอกจากสูตรทั้ง 2 นี้แล้ว ยังมี Catalyst สำเร็จรูปสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมชุบพลาสติก

โดยตรง

ส่วนผสม	แคททาไลส	1	ส่วน
	กรดเกลือ 35%	1	ส่วน
	น้ำ	5	ส่วน
	อุณหภูมิปรกติ		
	เวลา	2-5	นาที

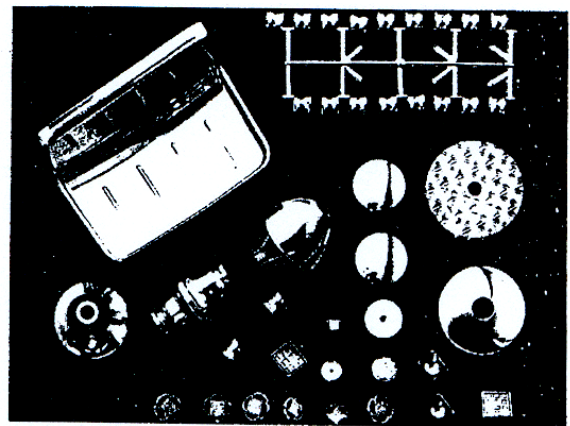
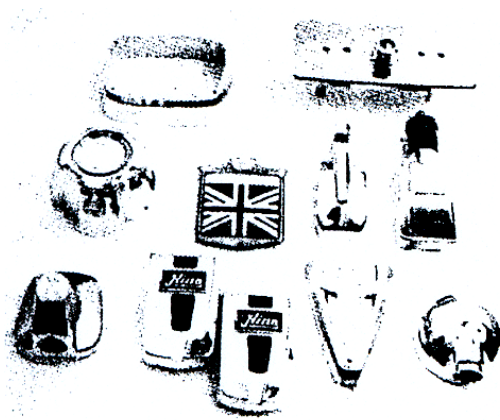
ขั้นตอนการชุบพลาสติกแบบใช้ Catalyst

- ล้างไขมัน
- ล้างน้ำ
- กัดผิว 7 นาที
- จุ่มกรดเกลือ 50 ม.ล./ลิตร
- ล้างน้ำ
- จุ่มแคททาไลส 3-5 นาที
- ล้างน้ำ
- จุ่มกรดกำมะถัน 50-150 ม.ล./ลิตร 2-5 นาที
- จุ่มในแอมโมเนีย 50 ม.ล./ลิตร 5-10 นาที
- ล้างน้ำ
- ชุบนิเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้า 4-10 นาที
- ล้างน้ำ
- ชุบทองแดงเงา 10-15 นาที
- ล้างน้ำ

- ชุบนิเกิลเงา 10-15 นาที
- ล้างน้ำ
- ชุบโครเมียม 30 วินาที -2 นาที
- ล้างน้ำ
- ล้างน้ำ

การลอกชิ้นงานที่ชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้าและชิ้นงานที่ชุบนิกเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้า บางส่วนที่ต้องการจะลอกออก กระทำได้ดังนี้คือ นำชิ้นงานแช่ในน้ำยาตามสูตรต่อไปนี้

กรดเกลือ (HCl)	210	ม.ล./ลิตร
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (HO ₂)	50	ม.ล./ลิตร



6. การชุบผิวด้วยทองโดยไม่ใช้ไฟฟ้า การชุบแบบนี้จะใช้โบโรไฮไดรด์หรือเอมีนโบเรนเป็นตัวรีดิวซ์ซึ่งมีสูตรน้ำยาและภาวะการทำงานดังนี้

โปตัสเซียมโกลด์ไซยาไนด์ (KAu(CN) ₂)	5.8	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไซยาไนด์ (KCN)	13.8	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมไฮดรอกไซด์(KOH)	11.2	กรัม/ลิตร
โปตัสเซียมโบโรไฮไดรด์(KBH ₄)	21.6	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	75	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิว	0.7	ไมโครเมตร/ชั่วโมง

7. การชุบผิวด้วยเงินโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ใช้ไดเมทิลามีนโบเรนเป็นตัวรีดิวซ์ ซึ่งมีสูตรน้ำยาดังนี้

โซเดียมซิลเวอร์ไซยาไนด์ (NaAg(CN) ₂)	1.83	กรัม/ลิตร
โซเดียมไซยาไนด์ (NaCN)	1.00	กรัม/ลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	0.75	กรัม/ลิตร
ไดเมทิลามีนโบเรน ((CH ₃) ₂ NHBH ₃)	2.00	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	55	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิว	2.5	ไมโครเมตรต่อชั่วโมง

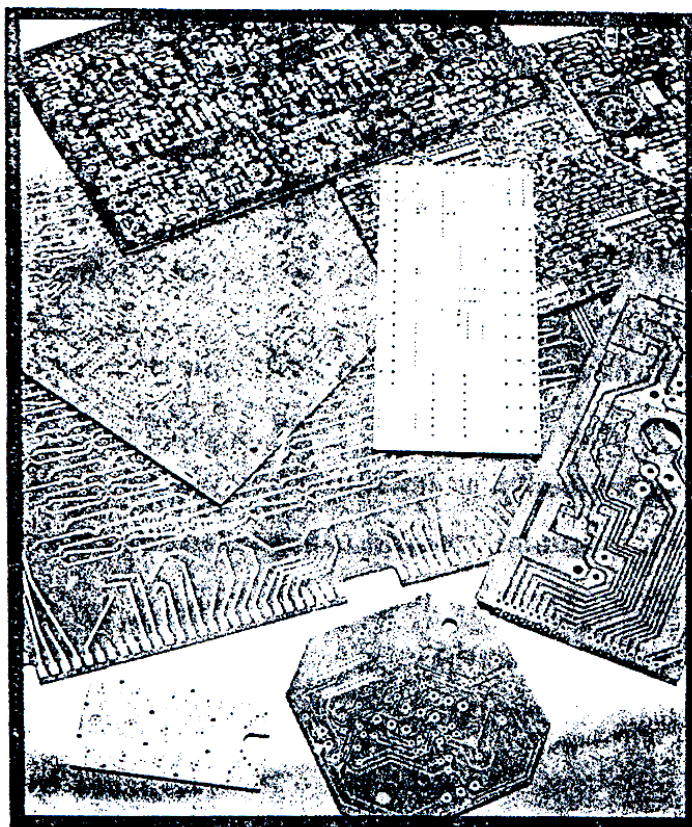
น้ำยาชุบน้ำถั่วเติมไทโอยูเรียลงไป 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร จะช่วยรักษาสภาพของน้ำยาได้เป็นอย่างดี และยังทำให้อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวเพิ่มขึ้นเป็น 6 ไมโครเมตรต่อชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสอีกด้วย

8. การชุบผิวด้วยโลหะโดยใช้ไฟฟ้า หลังจากที่พลาสติกหรือชิ้นงานผ่านการชุบผิวด้วยโลหะโดยไม่ใช้ไฟฟ้าแล้ว ในงานบางอย่างก็อาจจะเพียงพอเพียงแค่นั้น แต่ก็ยังมีงานอีกจำนวนมากที่ต้องการหรือจำเป็นจะต้องทำการชุบผิวด้วยโลหะต่อไป ซึ่งก็จะต้องทำการชุบผิวด้วยโลหะโดยใช้ไฟฟ้า เพราะผิวของชิ้นงานสามารถที่จะนำไฟฟ้าได้แล้ว เช่นงานที่ผ่านการชุบผิวด้วยทองแดงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ก็อาจจะนำมาชุบต่อโดยใช้ไฟฟ้าตามลำดับการชุบคือ ชุบทองแดงแบบสไตรค์ ชุบทองแดงเงาแบบกรด ชุบนิเกิลเงา และชุบโครเมียมก็จะใช้ชิ้นงานที่ชุบโครเมียมที่สวยงาม หรือชิ้นงานที่ชุบนิเกิลแบบไม่ใช้ไฟฟ้าก็อาจจะนำมาชุบต่อแบบใช้ไฟฟ้า เช่น ชุบนิเกิลแบบสไตรค์ ชุบนิเกิลเงาและชุบโครเมียม ตามลำดับ ก็จะได้ชิ้นงานที่ชุบโครเมียมที่เงางาม หรือชิ้นงานที่ชุบผิวด้วยโลหะมีค่าแบบไม่ใช้ไฟฟ้า ก็มักจะชุบแบบใช้ไฟฟ้าด้วยโลหะมีค่าเหล่านั้นต่อไปก็ได้ ซึ่งพอจะสรุปได้ว่าเมื่อชิ้นงานถูกชุบผิวด้วยโลหะแบบไม่ใช้ไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานเหล่านี้ก็จะมีความสามารถในการนำไฟฟ้า และสามารถที่จะนำไปใช้ชุบผิวด้วยโลหะโดยใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ได้ผิวชิ้นงานชั้นนอกสุดเป็นอะไรก็ได้ ซึ่งสามารถจะดูรายละเอียดของการชุบผิวด้วยโลหะโดยใช้ไฟฟ้าของชิ้นงานที่เป็นโลหะได้เพราะมีวิธีการอย่างเดียวกัน นอกจากนี้แล้ว ในปัจจุบันเริ่มมีการผลิตพลาสติกชนิดพิเศษซึ่งสามารถจะนำไฟฟ้าที่บริเวณผิวหน้าได้ ซึ่งพลาสติกชนิดนี้จะมีชื่อทางการค้าขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตจะตั้งชื่ออย่างไร ฉะนั้นพลาสติกชนิดพิเศษนี้เมื่อทำความสะอาดผิวเรียบร้อยแล้วจึงสามารถที่จะนำมาชุบผิวด้วยโลหะโดยใช้ไฟฟ้าได้เลย ตัวอย่างของพลาสติกแบบนี้ เช่น CAPREZ ของบริษัท INCO เป็นต้น

บทที่ 19

การชุบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Printed circuit board plating (PCB)



แผ่นวงจรทำด้วยไฟเบอร์กลาส หรือทำด้วย อีพ็อกซี กลาส เคลือบผิวด้วยทองแดงทั้งสองด้าน (Copper Clad laminate) เมื่อออกแบบวงจรแล้ว ก็นำแผ่นวงจรไปเจาะรูตามแบบวงจรที่ต้องการ ขนาดของรูที่เจาะประมาณ 0.8 ถึง 1.6 มม. เมื่อเจาะแล้วก็ต้องแต่งผิวที่เจาะให้เรียบ แล้วจึงดำเนินการชุบ

การชุบบนแผ่นวงจรชนิดเคลือบทองแดง 2 ด้านนี้จุดประสงค์ที่ชุบก็คือชุบผ่านรูที่เจาะ (Through – hole plating) ให้ทองแดงชุบภายในรูจนได้ความหนาของทองแดงตามต้องการ จึงนำแผ่นวงจรไปดำเนินการในขั้นต่อไป เป็นต้นว่า การทำสกรีน, การกัดเอาทองแดงส่วนที่ไม่ใช่วงจรออกไป, การชุบทองบนแผ่นวงจร หรือชุบโลหะผสมดีบุกกับตะกั่ว เพื่อผลทางการบัดกรี ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะการชุบแผ่นวงจรแบบผ่านรู (Through – hole) เท่านั้น

ขั้นตอนการชุบแผ่นวงจรแบบ Through – hole

1. การกำจัดไขมัน (Degreasing)

เมื่อชิ้นงานเจาะรูมาแล้วจะต้องนำมากำจัดไขมันที่ผิวออกให้หมด โดยการล้างด้วย ไตรคลอโรเอททีลีน, ขัดถูด้วยผง pumice stone powder หรือล้างด้วยน้ำยาล้างทองแดง โดยเฉพาะ ก็ยังดี แล้วจับชิ้นงานด้วย Jig จับชิ้นงาน

2. ล้างด้วยน้ำสะอาด ชิ้นงานที่ล้างไขมันแล้วจะต้องล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ น้ำประปาหรือน้ำที่ผ่านการกรอง

3. การกัดผิว (Etching) ขั้นตอนนี้สำคัญมาก การกัดผิวนี้กระทำเพื่อให้ผิวของแผ่นวงจรนั้นเกิดความหยาบขึ้นที่ผิวโดยการกัดด้วยน้ำยา เพื่อให้มีการซึมซับของสารเคมีในขั้นตอนต่อไป

น้ำยากัดผิว (Etching Solution) น้ำยากัดผิวนั้นใช้ได้ 2 ชนิด คือ

ก. แบบใช้แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (Ammonium persulphat)

ข. แบบใช้คอปเปอร์คลอไรด์ (Copper chloride)

สูตรน้ำยาแบบแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต

แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต $(\text{HN}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$	250	กรัม
น้ำจนครบ	1	ลิตร
อุณหภูมิใช้งาน	อุณหภูมิห้อง	
เวลาใช้งาน	2	นาที

สูตรน้ำยาแบบคอปเปอร์คลอไรด์

คอปเปอร์ คลอไรด์ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	200	กรัม
น้ำจนครบ	1	ลิตร
เวลาใช้งาน	2	นาที

4. ล้างด้วยน้ำสะอาด ชิ้นงานหลังจากกัดผิวมาแล้ว จะต้องล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง เพื่อให้ชิ้นงานสะอาดจริง ๆ

5. จุ่มกรดกำมะถัน กรดกำมะถันที่ใช้มีความเข้มข้นประมาณ 25% โดยปริมาตรโดยใช้กรดกำมะถันเข้มข้นผสมกับน้ำในอัตราส่วนกรดกำมะถัน 250 ม.ล. ผสมกับน้ำจนครบ 1 ลิตร

6. ล้างด้วยน้ำสะอาด ทุกขั้นตอนจะต้องผ่านการล้างด้วยน้ำสะอาดในที่นี้ควรใช้น้ำกลั่นแช่ชิ้นงานประมาณ 15 วินาที

7. จุ่มในกรดเกลือ 25% โดยใช้กรดเกลือผสมกับน้ำในอัตราส่วน กรดเกลือ 250 ม.ล. ผสมกับน้ำแล้วได้ 1 ลิตร

8. เซ็นซิไทซิง (Sensitizing) เป็นการเร่งผิวให้ไวต่อปฏิกิริยาโดยใช้กรดเกลือกับสแตนนัส คลอไรด์

ส่วนผสม	สแตนนัส คลอไรด์ (SnCl ₂)	10	กรัม/ลิตร
	กรดเกลือ (37%) HCl	15	ม.ล./ลิตร
เวลา		1	นาที

9. ล้างด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ ดีไอออนไนซ์ (Deionized water)

10. แอคติเวตติ้ง (Activating) เป็นการกระตุ้นผิวให้ไวต่อปฏิกิริยา โดยใช้พาลาเดียม คลอไรด์กับกรดเกลือ

ส่วนผสม	พาลาเดียม คลอไรด์ (PdCl ₂)	1.5	กรัม/ลิตร
	กรดเกลือ (37%) (HCl)	8	ม.ล./ลิตร
เวลา		1	นาที

11. ล้างด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ ดีไอออนไนซ์ โดยการเขย่าและโยกชิ้นงานขึ้นลง เพื่อให้ น้ำผ่านเข้าไปในรูของแผ่นวงจร

12. ล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

13. ชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้า (Electroless copper)

โดยนำชิ้นงานที่ผ่านขั้นตอนมาแล้ว จุ่มและแช่ในน้ำยาโดยไม่ต้องใช้กระแสไฟฟ้า ทองแดงก็จะเคลือบบนผิวชิ้นงาน

ส่วนผสมของน้ำยาชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟ

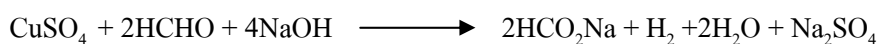
น้ำยาชุบทองแดงแบบไม่ใช้ไฟฟ้าแบ่งเป็นน้ำยา ก. กับน้ำยา ข. จะผสมน้ำยาเข้าด้วยกันก็เฉพาะเวลาใช้งานเท่านั้น

น้ำยา ก.	คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO ₄ 5H ₂ O)	5	กรัม/ลิตร
	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	7	กรัม/ลิตร
	โซเดียม โปตัสเซียมตาเตรท KNaC ₄ H ₄ O ₆ 4HO	40	กรัม/ลิตร

การผสมน้ำยา ใช้ น้ำกลั่นใส่ในภาชนะประมาณครึ่งหนึ่งแล้วใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ กวนให้ละลายปนกับน้ำ ปล่อยให้ น้ำยาเย็นเท่าอุณหภูมิปกติ จึงเติมคอปเปอร์ซัลเฟต โซเดียมโปตัสเซียมตาเตรท กวนให้ละลายจนหมด แล้วกรองให้สะอาด เติมน้ำกลั่นจนครบ ตามต้องการ

น้ำยา ข.	น้ำยานี้ไม่ต้องผสมใช้ฟอมาดีไฮด์ชนิด	37%	
	การใช้งาน น้ำยา ก. 1 ลิตร ผสมกับน้ำยา ข.	30	ม.ล.
	เวลา	5-15	นาที

ปฏิกิริยาทางเคมี



14. ล้างน้ำสะอาด

15. จุ่มกรดกำมะถัน 5%

16. ล้างน้ำสะอาด

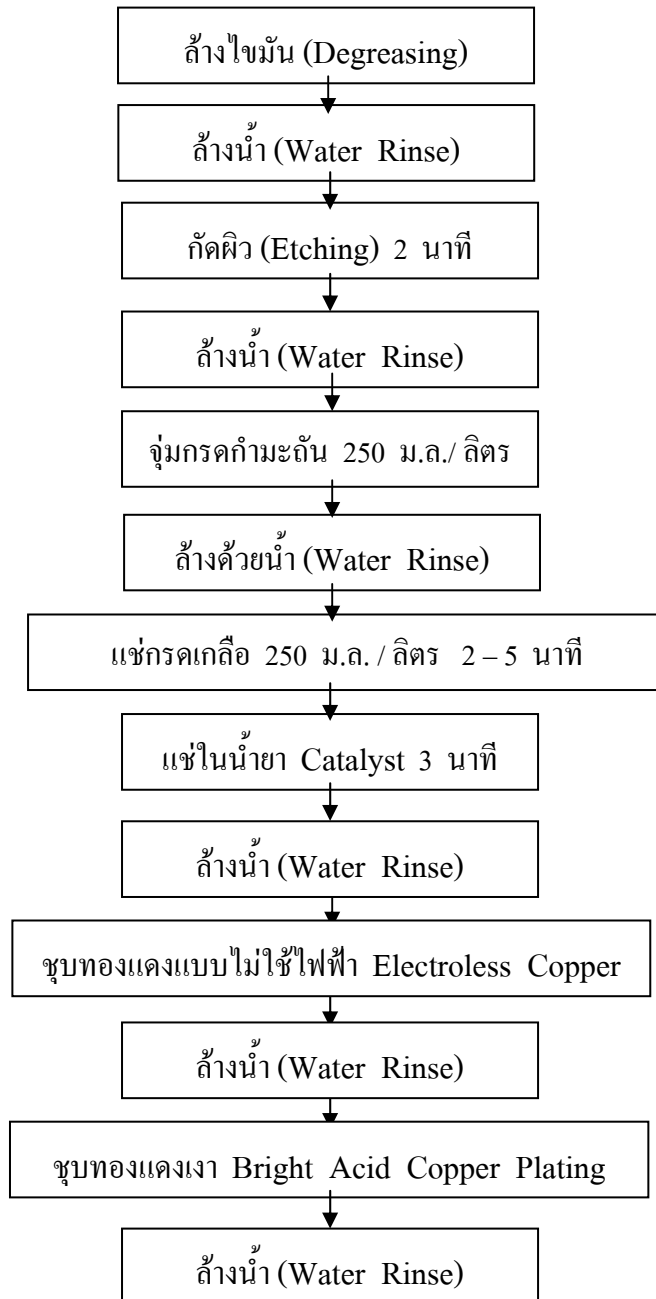
17. ชุบทองแดงเงา ในการชุบทองแดงเงา จะต้องชุบภายในรูให้หนาอย่างน้อยประมาณ 0.001 นิ้ว

18. ล้างน้ำสะอาด และทำให้แห้ง แล้วตรวจดูชิ้นงาน

19. ดำเนินการในขั้นต่อไปตามต้องการ

นอกจากขั้นตอนดังกล่าวแล้ว ปัจจุบันนี้ กรรมวิธีการชุบได้ถูกพัฒนาให้ทันสมัยและรวดเร็วขึ้น โดยการรวมขั้นตอน เช่นซีไอซิ่ง และขั้นตอนแอคติเวตติ้งเข้าด้วยกัน เรียกน้ำยานี้ว่า แคททาไลส (Catalyst) น้ำยาแคททาไลสเป็นส่วนผสมระหว่างสแน็ส คลอไรด์, พาลาเดียม คลอไรด์ และกรดเกลือ ซึ่งมีน้ำยาจำหน่ายโดยตรงกับงานชุบพลาสติก แต่ขบวนการชุบแผ่นวงจรก็จะมีน้ำยาสำหรับงานนี้โดยตรงเช่นกัน

ขั้นตอนการชุบแผ่นวงจรโดยใช้ Catalyst



การกัดทองแดงส่วนที่ไม่ต้องการ

เมื่อแผ่นคอปเปอร์ลามีเนต (Copper Laminate) ได้เจาะรูแล้ว และผ่านการชุบทองแดงแล้ว ส่วนที่เหลือนอกเหนือจากบริเวณที่เป็นวงจรถูกกัดออก เพื่อให้เหลือไว้บริเวณที่เป็นวงจรถ่านั้น การที่จะกัดออกก็ต้องปิดส่วนที่เป็นวงจรวี โดยวิธีสกรีนด้วยหมึกทนกรด หรือวิธี photoresist.

น้ำยาคัดทองแดงบนแผ่นวงจร

1. กัดด้วยเฟอร์ริค คลอไรด์

สูตร	เฟอร์ริค คลอไรด์ (FeCl ₃)	370-440	กรัม
	น้ำจืด	1	ลิตร

2. กัดด้วยคอปเปอร์ คลอไรด์ (CuCl₂)

สูตร	คอปเปอร์ คลอไรด์ (CuCl ₂)	200-375	กรัม
	กรดเกลือ (HCl)	150	กรัม
	น้ำจืด	1	ลิตร

3. กัดด้วยแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต (NH₄)₂S₂O₈

	น้ำ	250	กรัม
		1	ลิตร

4. กัดด้วยกรดโครมิกกับกรดกำมะถัน (CrO₃ + H₂SO₄)

สูตร	กรดโครมิก (CrO ₃)	240	กรัม/ลิตร
	กรดกำมะถัน (H ₂ SO ₄)	180	กรัม/ลิตร

บทที่ 20

การวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะ

การวิเคราะห์น้ำยาชุบโลหะ เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะทำให้ได้งานชุบเคลือบผิวโลหะที่มีคุณภาพดี คงทนถาวร วิธีการวิเคราะห์ชุดนี้ ได้พยายามเขียนตามลำดับขั้นอย่างชัดเจน เพื่อให้ความสะดวกแก่ ผู้ที่จะนำเอาวิธีการไปปฏิบัติในห้องทดลองของตน เครื่องมือเครื่องแก้วที่จะต้องใช้ก็หาซื้อได้ง่าย มีขายโดยทั่วไปในท้องตลาด น้ำยามาตรฐานและอินดิเคเตอร์ต่าง ๆ ไม่ได้ให้วิธีผสมไว้ในที่นี้ เนื่องจากน้ำยาเหล่านี้มีส่วนผสมด้วยยาก่อนข้างแพง ต้องผสมโดยใช้เครื่องมือพิเศษที่ละเอียดมาก ๆ และผู้ผสมก็ต้องเป็นผู้ที่มีความเข้าใจอย่างแท้จริง เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ประกอบการชุบโลหะที่ ประสงค์จะทำการวิเคราะห์น้ำยาชุบเอง ต้องซื้อเครื่องมือแพง ๆ และพบปัญหายุ่งยากในการผสมน้ำยา มาตรฐานเหล่านี้ จึงขอแนะนำให้ติดต่อซื้อน้ำยามาตรฐานและอินดิเคเตอร์ได้จากร้านจำหน่ายสารเคมี ทั่วไปจะเป็นการประหยัดดีกว่า

การนำน้ำยามาทำการวิเคราะห์

ก่อนที่นำน้ำยามาทำการวิเคราะห์ควรจะเติมน้ำกลั่นจนระดับของน้ำยาชุบอยู่ในระดับปกติ เสียก่อน แล้วกวนให้ความเข้มข้นเท่ากันตลอดทั้งถัง การกวนอาจใช้แท่งแก้ว พลาสติกหรืออาจจะ กวนโดยใช้ลมเป่าก็ได้ น้ำยาชุบบางชนิดที่ขุ่นโดยให้น้ำยาอยู่นิ่ง ๆ ก็จำเป็นต้องกวนก่อนเช่นเดียวกัน

การนำน้ำยามาวิเคราะห์

โดยทั่วไปอุปกรณ์สำหรับแบ่งน้ำยาวิเคราะห์มักจะใช้ท่อแก้วใสยาวประมาณ 1 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณครึ่งนิ้ว การแบ่งทำได้โดยจุ่มท่อแก้วลงในน้ำยา ใช้นิ้วแม่มือปิดปากท่อให้ สนิท แล้วปล่อยน้ำยาชุบที่ขังอยู่ในท่อแก้วไหลลงในขวดที่เตรียมไว้ ในถังหนึ่ง ๆ ควรตักน้ำยาสัก 3 – 4 แห่ง เช่นที่บริเวณมุมถึงข้าง ที่บริเวณกลาง ๆ ถึงข้าง เช่นนี้เป็นต้น แล้วนำมารวมกันวิเคราะห์

การวิเคราะห์น้ำยาชุบนิเกิล

1. วิเคราะห์หา โลหะนิเกิลทั้งหมด

สารเคมีที่จำเป็น

1. แอมโมเนีย คลอไรด์
2. 1 : 1 แอมโมเนีย
3. เมอเรกไซค์ – โซเดียมคลอไรด์ 1 : 100
4. 0.1 โมลาร์ อี.ดี.ที.เอ.

กรรมวิธีของการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาชุบ 10 ซี.ซี. ลงในขวดก้นกลมมาตรฐานจุก 100 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 ซี.ซี.
3. ถ่ายน้ำยาจากข้อ 2. 10 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 300 ซี.ซี.
4. เติมน้ำกลั่น 50 ซี.ซี.
5. ใส่แอมโมเนียมคลอไรด์ เล็กน้อย (ไม่เกิน 1 กรัม)
6. ใส่ 1 : 1 แอมโมเนีย 30 ซี.ซี.
7. ใส่เมอเรกไซค์ เล็กน้อย (ไม่เกิน 1 กรัม)
8. วิเคราะห์กับ อี.ดี.ที.เอ. 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนเป็นสีม่วง

การคำนวณ

จำนวน ซี.ซี. ของ 0.1 โมลาร์ อี.ดี.ที.เอ. x 5.87 กรัม/ลิตร ของโลหะนิเกิลทั้งหมด

2. วิเคราะห์หานิเกิลคลอไรด์

สารเคมีที่จำเป็น

1. โซดัสเซียม โครเมท 10 %
2. 0.1 เอ็น ซิลเวอร์ไนเตรท

กรรมวิธีการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาชุบ 10 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 300 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่น 50 ซี.ซี.
3. ใส่โซดัสเซียม โครเมท 10 % 3 ซี.ซี.
4. วิเคราะห์กับ 0.1 เอ็น ซิลเวอร์ไนเตรท จนกระทั่งตะกอนเป็นสีน้ำตาลแกมแดง

คำนวณ

จำนวน ซี.ซี. ของซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 เอ็น x 1.17 = กรัม/ลิตร ของนิเกิลคลอไรด์

วิเคราะห์หาโลหะนิกเกิลทั้งหมด (วิธีที่ 2)

สารเคมีที่ใช้ (Reagent)

1. แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์
2. เมอร์แคปไซด์ อินดิเคเตอร์
3. น้ำยามาตรฐาน อี.ดี.ที.เอ. 0.1 โมลาร์ (37 กรัม/ลิตร)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 2 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 250 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่น 100 ซี.ซี.
3. เติม แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 0.880 จำนวน 10 ซี.ซี.
4. ใส่ เมอร์แคปไซด์ อินดิเคเตอร์ ประมาณครึ่งกรัม
5. ไตรเตรท กับ อี.ดี.ที.เอ. 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้ม

การคำนวณ จำนวน ซี.ซี.ของ อี.ดี.ที.เอ. x 14.05 = จำนวนโลหะนิกเกิลทั้งหมด

วิเคราะห์หานิกเกิลคลอไรด์ (วิธีที่ 2)

สารเคมีที่ใช้ (Reagent)

1. น้ำยามาตรฐาน ซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 N (17 กรัม/ลิตร)
2. โซลิวชันโครเมต 10 % (100 กรัม/ลิตร)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 2 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุประมาณ 250 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่น 100 ซี.ซี.
3. ใส่โซเดียมโครเมต 1 ซี.ซี.
4. ไตรเตรทกับน้ำยามาตรฐาน ซิลเวอร์ไนเตรท จนกระทั่งน้ำยาเกิดตะกอนสีชมพูอ่อน

การคำนวณ จำนวน ซี.ซี.ของซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 N x 5.976 = กรัม/ลิตรนิกเกิลคลอไรด์

การหานิกเกิลซัลเฟต โลหะนิกเกิลทั้งหมด - (นิกเกิลคลอไรด์ x 1.18)

= กรัม/ลิตร นิกเกิลซัลเฟต

วิเคราะห์หากรดโบริก

สารเคมีที่จำเป็น

1. Saturated potassium Ferro Cyanide
2. 0.1 N Hydrochloric Acid
3. 0.1 N Sodium hydroxide
4. Manitol (Reagent grade)
5. 0.1 % Bromocresol purple indicator

(0.1 g Bromocresol ละลายในกอสอลล์ 100 ml)

6. Methylated alcohol
7. Phenolphthalein indicator

กรรมวิธีวิเคราะห์

1. ถ่าน้ำยาซุบ 2 c.c. ลงในขวดทรงกรวยขนาด 250 c.c.
2. เติมน้ำกลั่น 50 c.c.
3. ใส่น้ำ potassium Ferrocyanide 10 ml
4. ใส่น้ำ Bromocresol 8 – 10 หยด
5. ถ่าน้ำยาเป็นสีเขียว ใส่น้ำ 0.1 N NaOH จนน้ำยาเป็นสีน้ำเงิน
ถ่าน้ำยาเป็นสีน้ำเงินอยู่แล้ว
6. เติมน้ำ 0.1 N HCl จนกระทั่งน้ำยากลายเป็นสีเขียว
7. เติมน้ำ 0.1 N NaOH จนน้ำยาเป็นสีน้ำเงิน
8. ใส่น้ำ Mannitol 5 กรัม
9. เติมน้ำ phenolphthalein 10 – 15 หยด
10. ทำการ titration ด้วย 0.1 N NaOH เป็นสี Violet – blue

การคำนวณ

จำนวน C.C. ของ 0.1 N NaOH x 0.1 x 30.9 = กรัม/ลิตร กรดโบโรริก

การวิเคราะห์น้ำยาซุบทองแดงชนิดกรด

1. วิเคราะห์หา Copper Sulphate

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. 0.1 N Sodium thiosulphate
2. 6 N Sulphuric acid
3. 10 % potassium iodide
4. 1 % Starch Solution

กรรมวิธีวิเคราะห์ (Procedure)

1. ถ่าน้ำยาซุบ 5 c.c. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 400 c.c.
2. เติมน้ำกลั่น 100 c.c.
3. เติมน้ำกรดกำมะถัน 6N 10 c.c.
4. เติมน้ำ potassium iodide 10 % 10 c.c.
5. ครอบด้วยแก้ว ทิ้งไว้ 5 นาที
6. ใส่น้ำ Starch Solution 2 – 3 c.c. แล้วเขย่าให้เข้ากันดี

7. วิเคราะห์กับ 0.1 N Sodium thiosulphate จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน (pale yellow)

การคำนวณ

จำนวน c.c. ของ 0.1 N sodium thiosulphate x 1.28 = กรัม/ลิตร ของทองแดง

จำนวน c.c. ของ 0.1 N sodium thiosulphate x 4.99 = กรัม/ลิตร ของ Copper Sulphate

2. การวิเคราะห์หาคาร์บอกไซด์ (Sulphuric Acid)

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. 1 N Sodium hydroxide
2. 1 % Methyl orange Solution

กรรมวิธีวิเคราะห์ (procedure)

1. ถ่ายน้ำยาซุ่ม 10 c.c. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 250 c.c.
2. เติม Methyl orange 5 หยด
3. วิเคราะห์ด้วย 1 N Sodium hydroxide จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนสี

การคำนวณ

จำนวน c.c. ของ 1 N Sodium hydroxide x 4.9 = กรัม/ลิตร ของกรดกำมะถัน

การวิเคราะห์น้ำยาซุ่มทองแดงชนิดไซยาไนด์

1. วิเคราะห์หาไซยาไนด์

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. Ammonia
2. Potassium iodide Solution 100 กรัม/ลิตร
3. 0.1 N Silver Nitrate

กรรมวิธีวิเคราะห์ (procedure)

1. ถ่ายน้ำยาซุ่ม 10 c.c. ลงในขวดทรงกรวยจุ 300 c.c.
2. เติมน้ำกลั่น 150 c.c.
3. ใส่ Ammonia 3 หยด
4. ใส่ potassium iodide Solution 1 c.c.
5. วิเคราะห์ด้วย 0.1 N Silver Nitrate จนกระทั่งน้ำยาเป็นสีขาวขุ่น

คำนวณ

จำนวน c.c. ของ 0.1 N Silver Nitrate x 0.98 = กรัม/ลิตร ของ โซเดียมไซยาไนด์

จำนวน c.c. ของ 0.1 N Silver Nitrate x 1.30 = กรัม/ลิตร ของ โพตัสเซียมไซยาไนด์

2. วิเคราะห์หา hydroxide

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. 1 N Sulphuric Acid
2. Epsilon blue (1 กรัม/ลิตร ละลายกับน้ำ)

กรรมวิธีวิเคราะห์ (procedure)

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 10 c.c. ลงในขวดทรงกรวยที่จุ 300 c.c.
2. เติมน้ำกลั่น 25 c.c.
3. ใส Epsilon 4 – 6 หยด
4. วิเคราะห์ด้วย 1 N Sulphuric Acid จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนจากสี Bluish purple เป็น Orange Yellow

คำนวณ

จำนวน c.c. ของ 1 N Sulphuric Acid x 2.24 = กรัม/ลิตร ของ potassium hydroxide

จำนวน c.c. ของ 1 N Sulphuric Acid x 1.6 = กรัม/ลิตร ของ Sodium hydroxide

2. การวิเคราะห์หาไซยาไนด์ (วิธีที่ 2)

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์

1. น้ำยามาตรฐาน นิเกิลซัลเฟต (นิเกิลซัลเฟต 14.328 กรัม/ลิตร)

การวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 10 ม.ล. ลงในขวดทรงกรวยจุ 300 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่น 150 ม.ล.
3. ไตเตรตด้วยน้ำยานิเกิล จนกระทั่งน้ำยาขุ่น

การคำนวณ

กรัม/ลิตร โซเดียมไซยาไนด์ = จำนวน ม.ล. x 0.625

กรัม/ลิตร โพตัสเซียมไซยาไนด์ = จำนวน ม.ล. x 0.794

วิเคราะห์หาค่าทองแดงและคอปเปอร์ไซยาไนด์

สารเคมีที่จำเป็น

1. E.D.T.A. 0.05 Molar.
(EDTA 1806 กรัม ละลายน้ำให้ได้ 1 ลิตร)
2. แอมโมเนียเปอร์ซัลเฟต (แยกวิเคราะห์)
3. 6 N Ammonium hydroxide
(Ammonium hydroxide 0.880 400 ม.ล. ผสมน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร)
4. PAN. Indicator. 1 – (2 – pyridylazo) – 2 – naphthol 0.1 % (ผสมกับแอลกอฮอล์)

การวิเคราะห์

1. ถายนํ้ายา 1 ซี.ซี. ลงในขวด Erlenmeyer Flask ขนาด 300 ซี.ซี.
2. เติมแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 0.5 – 1 กรัม แล้วเขย่าขวด
3. ใส่ PAN indicator 2 – 3 หยด
4. ไตเตรทด้วย 0.05 M. E.D.T.A. จนนํ้ายาเป็นสีเขียว
จำนวน ซี.ซี. ของ EDTA x 3.177 = กรัม/ลิตร ทองแดง
จำนวน ซี.ซี. ของ EDTA x 4.478 = กรัม/ลิตร คอปเปอร์ไซยาไนด์

วิเคราะห์หาร็อคเชลซัล

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. phenolphthalein
2. Nitrobenzene
3. Silver Nitrate 5 %
4. Manganese Sulphate 5 %
5. 0.1 N Sulphuric Acid
6. Sulphuric 20 % โดยปริมาตร
7. 0.1 N potassium permanganate
8. 0.1 N potassium thiosulphate

การวิเคราะห์

1. คูดนํ้ายา 25 ซี.ซี. โดยใช้ปิเปต ถ่ายลงขวดทรงกรวย
2. เติมนํ้ากลั่น 225 ซี.ซี.
3. ใช้นํ้ายาจากข้อ 2. 25 ซี.ซี. ถ่ายลงขวดทรงกรวยขนาด 250 ซี.ซี.
4. เติมนํ้ากลั่น 75 ซี.ซี.
5. ใส่ phenolphthalein จำนวนเล็กน้อย
6. ใส่ 0.1 N Sulphuric Acid จนนํ้ายาเป็นกลาง
7. ใส่ Nitrobenzene 5 ซี.ซี.
8. ใส่ Silver Nitrate 5 %จนตะกอนเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเทา (ปกติใช้ Silver Nitrate 5 – 6 ซี.ซี.)
9. เติมนํ้าจนได้ประมาณ 255 ซี.ซี.
10. ตักนํ้ายานี้ 100 ซี.ซี. ลงใส่ขวดวิเคราะห์
11. ใส่กรดกำมะถัน 20 % จำนวน 5 ซี.ซี.
12. ใส่ Manganese Sulphate 5 % จำนวน 100 ซี.ซี. แล้วให้ความร้อน 20° ซ.

13. ใต้ potassium permanganese 0.1 N จำนวน 25 ซี.ซี. กวนน้ำยาด้วยแท่งแก้วแล้วปล่อยให้
น้ำยาให้เย็น

14. ใต้ potassium iodide 2 กรัม

15. ไตเตรทด้วย 0.1 N Sodium thiosulphate

คำนวณ (25 - จำนวน ซี.ซี. ของ Sodium thiosulphate) x 4.7 กรัม/ลิตร ของร็อกเชลซ็อล

การวิเคราะห์น้ำยาซูโครเมียม

วิเคราะห์หาค่าของกรดกำมะถัน

สารเคมีที่จำเป็น

1. Acetic Acid 50 %
2. Hol CONC
3. Isopropylalcohol
4. Barium Chloride Solution 10 %

การวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยา 25 c.c. ลงในขวดจุก 800 c.c.
2. เติม Acetic 50 % ลงไป 100 c.c.
3. เติมกรดเกลือ 50 c.c.
4. alcohol 30 c.c.
5. ต้ม 15 นาที
6. เติมน้ำจนครบ 500 c.c.
7. เติม Barium Chloride 10 % 30 c.c.
8. ต้ม 2 ชม. รักษาระดับของน้ำยาให้อยู่ที่ 500 c.c. ด้วยการเติมน้ำเดือดแล้วทิ้งค้างคืน
9. กรองด้วยกระดาษกรอง No 42 (18.5 ซม.) ล้างตะกอนบนกระดาษกรองให้สะอาด แล้วปล่อยให้ น้ำหยดจนแห้ง
10. นำกระดาษกรองและตะกอน ไปใส่ใน Crucible (Silica) ที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว
11. นำเอาไปอบที่อุณหภูมิ 600 - 800 ° C. แล้วนำมาชั่งอีกครั้ง

คำนวณ น้ำหนัก (กรัม) ที่เพิ่มขึ้น x 16.8 กรัม/ลิตร ของกรดกำมะถัน

วิเคราะห์หากรดโครมิก (Cr₂O₃)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Reagent)

1. แอมโมเนียมโบฟลูออไรด์
2. กรดเกลือ

3. โปแตสเซียม ไอโอไดด์ (10 % + 0.1 % โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์)
4. 0.1 N โซเดียมไทโอซัลเฟต
5. 1 % Starch Solution

การวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบโครเมียม 10 ซี.ซี. ลงในขวดมาตรฐานจ 500 ซี.ซี.
2. เติมน้ำจนถึง 500 ซี.ซี.
3. นำเอาน้ำยาจากข้อ 2. 10 ซี.ซี. ลงในขวดมาตรฐานจ 300 ซี.ซี.
4. เติมน้ำ 100 ซี.ซี.
5. เติมแอมโมเนียมไบฟลูออไรด์ 2 กรัม
6. เติมกรดเกลือ 10 ซี.ซี.
7. เติมโปแตสเซียม ไอโอไดด์ 5 ซี.ซี.
8. ใส่่น้ำยา Starch 0.5 ซี.ซี.
9. ไตเตรทด้วย 0.1 N โซเดียม ไทโอซัลเฟต จนกระทั่งน้ำยาเป็นสีน้ำเงิน

การคำนวณ

$$\text{กรัม/ลิตร กรดโครมิก} = \text{จำนวน ซี.ซี.} \times 16.67$$

การวิเคราะห์น้ำยาซุบสังกะสี

สารเคมีที่จำเป็น

1. น้ำยาแอมโมเนียม คลอไรด์ 20 %
2. อีรีโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (ERIOCHROM BLACK T)
3. น้ำยาโซเดียม โซยาไนต์ 3 %
4. คลอโรล ไฮเดรท (CHLORAL HYDRATE)
5. น้ำยามาตรฐาน อีดีทีเอ 0.1 โมลาร์ (0.1 MOLAR E.D.T.A.)

กรรมวิธีการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 2 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 1000 ซี.ซี. การถ่ายน้ำยากระทำได้โดยใช้ปิเปตที่มียางสำหรับดูด ไม่ควรถ่ายน้ำยาโดยใช้ปากดูดเป็นอันขาด
2. เติมน้ำกลั่น 500 ซี.ซี.
3. เติมแอมโมเนีย คลอไรด์ 20 % จำนวน 5 ซี.ซี.
4. เติมอีรีโอโครม แบลคที อินดิเคเตอร์ จำนวนเล็กน้อย น้ำยาจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงินใส แต่ถ้าน้ำยาเป็นสีค่อนข้างแดงเข้มให้ทำการเติมน้ำยาโซเดียม โซยาไนต์ ทีละหยด ๆ จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงินใส
5. เติมโคลอโรลไฮเดรท 1 กรัม แล้วเขย่าให้ละลายดี ในขั้นนี้น้ำยาจะเปลี่ยนสีเป็นสีแดงเข้ม

6. ทำการวิเคราะห์กับน้ำยามาตรฐาน อีดีทีเอ 0.1 โมลาร์ จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงินใส

การคำนวณ

1 ซี.ซี. 0.1 โมลาร์อีดีทีเอ = สังกะสี 6.538 มิลลิกรัม

จำนวน ซี.ซี. ของ อีดีทีเอ x 6.538 = กรัม/ลิตร สังกะสีที่มีอยู่ในถัง

การวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในถัง

สารเคมีที่จำเป็น

1. น้ำยา คอสติค โซดา 25 %
2. น้ำยา โปแตสเซียม ไอโอไดด์ 10 % ไอโอไดด์
3. น้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 เอ็น

กรรมวิธีการวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาหุบ 2 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวยที่มีความจุ 500 ซี.ซี. การถ่ายน้ำยากระทำโดยใช้ปิเปตที่มียางสำหรับดูด ไม่ควรถ่ายน้ำยาโดยใช้ปากดูดเป็นอันขาด
2. เติมน้ำกลั่น 100 ซี.ซี.
3. เติมน้ำยาคอสติค โซดา 25 % จำนวน 25 ซี.ซี.
4. เติมน้ำยาโปแตสเซียมไอโอไดด์ 10 % จำนวน 2 ซี.ซี.
5. ทำการวิเคราะห์กับน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 เอ็น จนกระทั่งตะกอนที่เกิดขึ้นไม่ละลายต่อไปอีก การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ค่อนข้างยาก ผู้ทำการวิเคราะห์จะต้องเข่าน้ำยาให้ดี ถ้าตั้งน้ำยาทิ้งไว้สักครู่ตะกอนก็ยังไม่ละลายหมดไปก็นับว่าใช้ได้

การคำนวณ

1.0 ซี.ซี. ของ 0.1 เอ็น ซิลเวอร์ไนเตรท = โซเดียมไซยาไนด์ หนัก 0.0098 กรัม

∴ ซี.ซี. ของ ซิลเวอร์ไนเตรท x 4.900 = กรัม/ลิตร ของจำนวนโซเดียมไซยาไนด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำยา

3 การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารเคมีที่จำเป็น

1. เกล็ดโปตัสเซียมไซยาไนด์
2. โทโรปีโอลิน โอ อินดิเคเตอร์, 0.05 เปอร์เซ็นต์ละลายในน้ำ (TROPEAOLIN O INDICATOR)
3. น้ำกรดกำมะถันมาตรฐาน เอ็น นอร์แมล

กรรมวิธีการวิเคราะห์

1. ถายน้ำยาซุบ 5 ซี.ซี. ลงในกระบอกตวงเนสเลอร์ไบท์ 1 โดยใช้ปิเปตที่มียางอุดเป็นอุปกรณ์สำหรับถายน้ำยา ห้ามดูดน้ำยาด้วยปากเป็นอันขาด
2. เติมน้ำกลั่น 20 ซี.ซี.
3. เติมผงโปตัสเซียมไซยาไนด์ ประมาณ 1 กรัม
4. เติมโทรปีโอดีนไออินดิเคเตอร์ 5 หยด
5. ในกระบอกตวงไบท์ 2 เติมผงโปตัสเซียมไซยาไนด์ ประมาณ 1 กรัม, เติมโทรปีโอดีนไออินดิเคเตอร์ 5 หยด ลงในน้ำกลั่น ซึ่งรวมกันแล้วมีปริมาตรเท่ากับ 25 ซี.ซี.
6. นำน้ำยาในกระบอกตวงไบท์ 1 มาทำการวิเคราะห์กับกรดกำมะถันมาตรฐาน จนกระทั่งน้ำยามีสีเหมือนกับสีของน้ำในกระบอกตวงไบท์ 2
7. เติมน้ำกลั่นในกระบอกตวงไบท์ 2 จนกระทั่งมีปริมาตรเท่ากับน้ำยาในกระบอกตวงไบท์ 1

การคำนวณ

จำนวน ซี.ซี.ของกรดกำมะถัน $\times 8.0 =$ กรัม/ลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์

การวิเคราะห์น้ำยาซุบทองเหลือง

การวิเคราะห์หาทองแดงและสังกะสี

สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์

1. 0.880 แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์
2. น้ำยาแอมโมเนียมคลอไรด์ 54 กรัม/ลิตร
3. อาซีโทน
4. 0.1 N อี.ดี.ที.เอ.
5. อิริโครม แบล็ก.ที. 0.2 กรัม ผสมกับโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม
6. 100 Volume hydrogen peoxide
7. 0.1 N ซิลเวอร์ไนเตรท
8. Merexide indicator (Merexide 0.2 กรัม + Sodiumchloride 100 กรัม)

การวิเคราะห์

1. เอน้ำยาซุบทองเหลืองจำนวน 10 ซี.ซี. โดยใช้ปิเปตดูดใส่ในขวด ซึ่งมีความจุ 100 ซี.ซี. ผสมกับน้ำกลั่นจนครบ 100 ซี.ซี.
2. เอน้ำยาจากข้อ 1. โดยใช้ปิเปตดูดจำนวน 10 ม.ล. ใส่ลงในขวดทรงกรวยซึ่งจุ 350 ม.ล.
3. เติมน้ำกลั่น 100 ม.ล.
4. เติมแอมโมเนีย 0.880 จำนวน 5 ม.ล.
5. ใส่ อิริโครม แบล็ก.ที. 0.4 กรัม

6. ใส่อาซีโทน จำนวน 40 ม.ล.
7. ไตเตรทด้วย อี.ดี.ที.เอ. 0.1 N จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เรียกจำนวน อี.ดี.ที.เอ. จำนวน ก.

การคำนวณ จำนวน ม.ล. อี.ดี.ที.เอ. x 3.269 = จำนวนสังกะสีเป็นกรัมต่อลิตร

การวิเคราะห์ทองแดง

1. ควบน้ำยาซุบทองเหลืองด้วยปิเปตจำนวน 10 มิลลิลิตร ถ่ายลงในขวดซึ่งจุ 350 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นจำนวน 100 มิลลิลิตร
3. เติมแอมโมเนีย 0.880 จำนวน 5 มิลลิลิตร
4. ใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (100 Vol.) จำนวน 3 มิลลิลิตร
5. ใส่ซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 N จำนวน 6 มิลลิลิตร
6. ใส่น้ำแอมโมเนียมคลอไรด์ 5 มิลลิลิตร
7. ใส่เมอร์เร็กไซด์ อินดิเคเตอร์ จำนวน 0.4 กรัม
8. ไตเตรท กับ อี.ดี.ที.เอ. 0.1 N จนกระทั่งน้ำยาเปลี่ยนเป็นสีม่วง เรียกจำนวน อี.ดี.ที.เอ. ที่ใช้ว่า จำนวน ข.

การคำนวณ (จำนวน ก. – จำนวน ข.) x 3.177 = จำนวนทองแดงเป็นกรัมต่อลิตร

วิเคราะห์หาค่าของไซยาไนด์

สารเคมีที่จำเป็น (Reagent)

1. 0.1 N น้ำยามาตรฐานนิเกิลซัลเฟต

การวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 30 ซี.ซี. ลงในกระบอกตวง (Nessler Cylinder)
2. ไตเตรทด้วย 0.1 N นิเกิลซัลเฟต เขย่ากระบอกขณะไตเตรท จนกระทั่งตะกอนไม่ละลาย

การคำนวณ จำนวน ซี.ซี. นิเกิลซัลเฟต x 1.304 = โปตัสเซียมไซยาไนด์กรัม/ลิตร

x 0.98 = โซเดียมไซยาไนด์กรัม/ลิตร

การวิเคราะห์หาโซเดียมคาร์บอเนต

สารเคมีที่จำเป็น

1. แบเรียมคลอไรด์ 30 %
2. Methyl orange (เมททิล โอเรนจ์)
3. 1 N Hydrochloric Acid (กรดเกลือ 1 เอ็น)

การวิเคราะห์

1. ถ่ายน้ำยาซุบ 10 ซี.ซี. ลงในปิเกตอร์จ 400 ซี.ซี.
2. เติมน้ำกลั่น 300 ซี.ซี. ให้ความร้อนประมาณ 950 ซ.

3. ใส่เบรียมคลอไรด์ 30 % จำนวน 10 ซี.ซี. หรือมากกว่า เพื่อให้เกิดตะกอน และเติมลงไปอีก 5 ซี.ซี.
4. ปล่อยให้เบรียมคาร์บอเนตตกตะกอน
5. กรองด้วยกระดาษกรอง whatman No.40
6. ล้างตะกอน และล้างปีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นร้อน ๆ ปีกเกอร์
7. เอาตะกอนเทใส่ปีกเกอร์อีกครั้ง
8. เติมน้ำกลั่น 200 ซี.ซี.
9. ใส่ Methyl orange 3 – 4 ช้อน
10. ไตเตรทด้วย 1 N Hydrochloric Acid จนกระทั่งน้ำยาเป็นสีชมพู

คำนวณ

จำนวน ซี.ซี.ของกรดเกลือ x 5.30 = โซเดียมคาร์บอเนต เป็นกรัม/ลิตร

การวิเคราะห์น้ำยาขุบทอง

1. วิเคราะห์หาทอง

1. ถ่ายน้ำยาขุบทองจำนวน 25 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวย (Erlenmeyer – Flask) ที่จุ 500 ซี.ซี.
2. เติมกรดกำมะถันเข้มข้นจำนวน 25 ซี.ซี. (ทำในห้องที่มีเครื่องดูดไอกรด)
3. ตั้งบนเตาไฟฟ้า (Hot plate) ให้ความร้อนจนกระทั่งน้ำยาใส
4. ปล่อยให้ น้ำยาเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
5. เติมน้ำกลั่นจนได้ประมาณ 120 ถึง 130 ซี.ซี.
6. กรองน้ำยาด้วยกระดาษกรองวัดต์แมน (what man) เบอร์ 42
7. ล้างตะกอนที่ติดบนกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นร้อน ๆ
8. ชั่งตะกอน

คำนวณ น้ำหนักตะกอน x 40 = จำนวนทองเป็นกรัมต่อลิตร

วิเคราะห์หาโปรตีนเชื่อมใยชาในต้น

สารเคมีที่จำเป็น

1. โปรตีนเชื่อมไอโอไดด์ 10 เปอร์เซ็นต์
2. 0.1 N ซิลเวอร์ไนเตรท

การวิเคราะห์

1. ถายน้ำยาชง จำนวน 10 ซี.ซี. ลงในขวดทรงกรวย
2. เติมน้ำกลั่น 40 ซี.ซี.
3. เติมโปรตีนเชื่อมไอโอไดด์ 10 % 2-3 หยด
4. ไตเตรทด้วยซิลเวอร์ไนเตรท 0.1 N

การคำนวณ จำนวน ซี.ซี.ของซิลเวอร์ไนเตรท $\times 1.30 =$ โปรตีนเชื่อมใยชาในต้นกรัมต่อลิตร

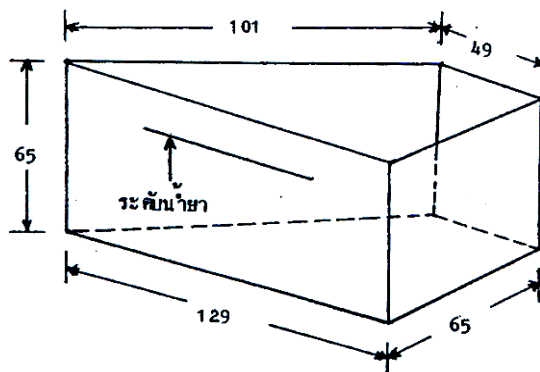
บทที่ 21

ฮัลล์เซลล์ (Hull Cell)

ฮัลล์เซลล์เป็นภาชนะที่บรรจุน้ำยาชุบที่มีขนาดเล็ก หรือเป็นการย่อส่วนถังหรือการชุบให้มีขนาดเล็ก และถังชุบแบบนี้จะถูกออกแบบผิดไปจากถังชุบปกติ โดยจะมีรูปร่างเป็นถังสี่เหลี่ยมคางหมู ดังรูปหน้าซ้ายมือนี้

ฮัลล์เซลล์จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำยาและภาวะการทำงาน โดยจะนำน้ำยาชุบที่ต้องการตรวจสอบคุณภาพใส่ลงไป ในฮัลล์เซลล์ปรับอุณหภูมิของน้ำยาชุบให้เท่ากับอุณหภูมิที่จะทำการชุบจริง ๆ แล้วใส่ขั้วบวกและขั้วลบลงไปในตำแหน่งของมันจากนั้นก็ต่อไฟฟ้ากระแสตรงให้ครบวงจร โดยให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2 – 3 แอมแปร์ไหลผ่านสารละลายสำหรับน้ำยาชุบทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าเป็นน้ำยาชุบโครเมียมจะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 5 แอมแปร์ หรือถ้าเป็นน้ำยาชุบโครเมียมแบบแข็งจะใช้ประมาณ 10 แอมแปร์ ซึ่งจะทำให้การชุบเคลือบผิวขั้วลบประมาณ 5 – 10 นาที (ขึ้นกับชนิดของน้ำยา) แล้วนำขั้วลบออกมาล้างทำความสะอาดและจดบันทึกลักษณะของการชุบผิวที่ขั้วลบโดยละเอียด (แต่จะต้องไม่ลืมว่าการวางตำแหน่งของขั้วลบเป็นอย่างไรในขณะที่ชุบด้วย เพราะมีผลต่อการแปลความหมายลักษณะของการชุบผิว) จากนั้นจะนำผลที่บันทึกไว้และลักษณะของชิ้นงานหรือขั้วลบมาแปลความหมายลักษณะของการเกาะชุบผิว ว่าการเกาะเช่นนี้คุณภาพของน้ำยาภาวะการทำงานเป็นอย่างไร ซึ่งจะเป็นแนวทางที่จะบอกให้ทราบว่าภาวะการทำงานและน้ำยาที่ใช้ดีอยู่แล้วหรือควรแก้ไขอย่างไร

ฮัลล์เซลล์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ 3 ขนาด คือ ขนาดที่จุน้ำยาชุบ 267,534 และ 1000 มิลลิลิตร โดยขนาด 267 มิลลิลิตรเป็นที่นิยมกันมากที่สุด วัสดุที่ใช้ทำฮัลล์เซลล์มักจะเป็นพลาสติกชนิดโปร่งใสที่ทนต่อสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของน้ำยาและอุณหภูมิได้ดี พลาสติกที่ใช้ทำกัน เช่น โพลีเอทิลีน พีวีซี เพอร์สเปกซ์ (Perspex) เป็นต้น ต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นถึงขนาดของฮัลล์เซลล์ที่ใช้บรรจุน้ำยา 267 มิลลิลิตร ขนาดดังรูปข้างล่างนี้



รูปแสดงขนาดของด้านต่าง ๆ ของฮัลล์เซลล์ โดยตัวเลขในสเกลเหล่านี้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

จากรูปต่าง ๆ ที่แสดงลักษณะของอัลล์เซลล์จะเห็นว่า ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแผ่นชิ้นงานที่เป็นขั้วลบจะไม่เท่ากัน โดยบริเวณที่อยู่ใกล้ขั้วบวกมากที่สุดจะมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามากที่สุด ส่วนบริเวณที่อยู่ไกลจะมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด สำหรับการกระจายของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ขั้วลบในตำแหน่งต่าง ๆ จะเป็นไปตามสมการข้างล่างนี้ และสมการนี้จะใช้ได้กับน้ำยาชุบทุกชนิด

$$C.D. = I (5.1 - 5.24 \log X)$$

เมื่อ C.D. คือ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ห่างจากด้านหรือขอบของขั้วลบที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุดเป็นระยะทาง X เซนติเมตร และหน่วยของ C.D. เป็นแอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านน้ำยาชุบมีหน่วยเป็นแอมแปร์

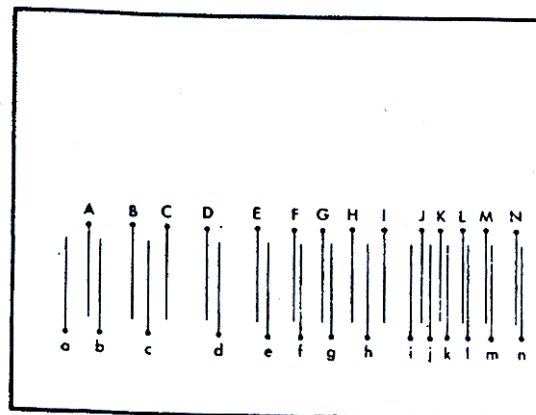
X คือ ระยะทางที่ห่างจากขอบของขั้วลบที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด โดย X มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตัวอย่างการกระจายของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสำหรับอัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบขนาด 267 มิลลิลิตร เป็นดังตารางและรูปข้างล่างนี้

ตารางแสดงการกระจายของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของขั้วลบในอัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบ 267 มิลลิลิตร

Current Applied Amperes	Current density - Amp / dm ²													
	Position on Hull Cell panel													
	a	b	c	d	e	f	g	h	I	j	k	l	m	n
1	5	4	3	2	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05
2	10	8	6	4	3	2.5	2	1.5	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.1
3	15	12	9	6	4.5	3.75	3	2.25	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3	0.15
5	25	20	15	10	7.5	6.25	5	3.75	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.25

ด้านที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด หรืออยู่ใกล้ขั้วบวกมากที่สุด



ด้านที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำสุด หรืออยู่ไกลขั้วบวกมากที่สุด

รูปแสดงตำแหน่งต่าง ๆ บนแผ่นโลหะที่ใช้เป็นขั้วลบในอัลล์เซลล์ที่บรรจุน้ำยาชุบขนาด 267 มิลลิลิตร

จากชิ้นงานที่ทำการชุบหรือขั้วลบที่ได้จากการชุบจะบอกได้ทันทีว่า น้ำยาชุบนี้ควรจะชุบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเท่าใดจึงจะให้ผลงานออกมาดี ตัวอย่างเช่น ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารละลาย 3 แอมแปร์ แล้วทำให้ผิวชิ้นงานที่ชุบมีความเงามอยู่ในช่วงตำแหน่ง c ถึงตำแหน่ง g ก็ควรจะใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 3 – 9 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เป็นต้น

ประโยชน์ของอัลต์เซลล์

1. สามารถประมาณค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในช่วงที่ทำการชุบแล้ว ได้ผิวที่ชุบเป็นเงามและค่าที่ควรใช้ที่ดีที่สุดควรจะเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ทดสอบได้
2. ช่วยประมาณค่าความเข้มข้นของสารที่เป็นองค์ประกอบของน้ำยาชุบ เช่น ปริมาณของอิออนของโลหะที่จะไปเกาะบนผิวของชิ้นงานมีมากเกินไป ก็จะทำให้ต้องใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติ จึงจะทำให้ชิ้นงานเงาม
3. จากลักษณะการเกาะเคลือบผิวที่ขั้วลบของอัลต์เซลล์จะช่วยบอกได้ว่าสารเพิ่มคุณสมบัติ เช่น น้ำยาเง สารเพิ่มความชื้น ฯลฯ มีปริมาณมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งสะดวกกว่าการวิเคราะห์ทางเคมี
4. สิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการให้มีในน้ำยาชุบ เช่น อิออนของโลหะอื่น ๆ หรือสารอินทรีย์เคมี ถ้ามีแล้วจะทำให้เกิดผลเสียต่อการชุบหรือไม่จะดูได้จาก การเกาะเคลือบผิวของขั้วลบเพราะถ้าหากสิ่งเหล่านี้ มีปริมาณไม่เกินขีดจำกัดที่จะมีได้ก็ไม่มีผลเสียอะไร แต่ถ้ามีเกินกว่าขีดจำกัด จึงจะปรากฏผลออกมาให้เห็น
5. อัลต์เซลล์เป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับสารเพิ่มคุณสมบัติ (addition agent) กำลังการขีดเกาะความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำสุดที่จะใช้ได้ ประสิทธิภาพของขั้วลบโดยเฉลี่ยกำลังการเคลือบผิว ผลของพี.เอช. อุณหภูมิ สารที่เกิดจากการแตกสลายในขณะที่ชุบ เป็นต้น

สิ่งที่ควรทราบในการทดสอบน้ำยาด้วยอัลต์เซลล์

1. ใส่น้ำยาลงไปในเซลล์ให้ได้ระดับหรือปริมาตรที่ต้องการ
2. คนหรือกวนน้ำยาให้ทั่ว อาจจะใช้แท่งแก้วกวนหรือลมเป่าก็ได้
3. ปรับอุณหภูมิของน้ำยาให้คงที่เท่ากับอุณหภูมิของการชุบจริง ซึ่งก็ควรจะใช้อัลต์เซลล์ชนิดที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ห้ามปรับอุณหภูมิโดยเอาอัลต์เซลล์ไปตั้งบนแหล่งกำเนิดความร้อนโดยตรง
4. ถ้าต้องการทดสอบน้ำยาชุบที่มีความเข้มข้นต่างกันหรือต่างชนิดกันในอัลต์เซลล์อันเดิมจะต้องทำความสะอาดอัลต์และขั้วไฟฟ้าให้สะอาดเสียก่อน
5. น้ำยาชุบก่อนที่จะนำมาทดสอบด้วยอัลต์เซลล์ ควรจะทำวิเคราะห์ปริมาณของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบและปรับให้มีปริมาณตามสูตรของน้ำยาเสียก่อน จะได้ดูผลแต่เพียงสิ่งที่เกิดจากสิ่งอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้สะดวกขึ้น

6. ถ้าจะใช้แผ่นเหล็กที่ชุบด้วยสังกะสีเป็นขั้วลบ จะต้องทำการลอกผิวเอาสังกะสีออกให้หมดเสียก่อน
7. เวลาที่ใช้ในการชุบของน้ำยาแบบต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาชุบ
8. ฮัลล์เซลล์มี 3 ขนาด คือ ขนาดที่จุน้ำยา 267, 534 และ 1000 มิลลิลิตร การเติมสารลงในฮัลล์เซลล์ขนาด 267 มิลลิลิตร จำนวน 2 กรัม หรือขนาด 534 มิลลิลิตร จำนวน 4 กรัม หรือขนาด 1000 มิลลิลิตร จำนวน 7.5 กรัม จะเหมือนกับการเติมสารลงในถังชุบปกติจำนวน 7.5 กรัมต่อลิตร
9. เรคตีไฟเออร์ที่ใช้กับฮัลล์เซลล์จะต้องให้กระแสไฟฟ้าที่เรียบมาก
10. น้ำยาชุบทองแดง นิกเกิล และ โครเมียม นิยมใช้แผ่นทองเหลืองเป็นขั้วลบ เมื่อใช้แล้วไม่ควรจะลอกผิวเพื่อนำมาใช้ในการนี้้อีก เพราะลักษณะผิวหน้าที่ลอกออกอาจจะแตกต่างกับผิวหน้าที่ยังไม่เคยทำการชุบ
11. น้ำยาชุบที่นำมาทดสอบในคราวหนึ่ง ๆ ไม่ควรจะนำชิ้นงานมาชุบหลายแผ่น เช่น น้ำยาชุบนิกเกิล เมื่อชุบไปได้ 2 – 3 แผ่น ควรจะตรวจสอบ พี.เอช. ก่อน และจะชุบได้อย่างมาก 6 – 8 แผ่นเท่านั้น
12. ขั้วบวกที่ใช้จะเป็นวัสดุอะไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาชุบที่นำมาทดสอบ ส่วนขนาดของขั้วบวกจะเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่เป็นตำแหน่งของขั้วบวกของฮัลล์เซลล์ และส่วนใหญ่แล้วขั้วบวกจะเป็นแผ่นแบน แต่ถ้าต้องการให้ขั้วบวกมีการละลายสูง จะใช้ขั้วบวกที่มีลักษณะเป็นตะแกรงหรือแผ่นลูกฟูก
13. ขั้วลบเป็นแผ่นโลหะแบน เรียบ มีขนาดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของฮัลล์เซลล์ที่เป็นตำแหน่งของขั้วลบ และมักจะใช้แผ่นทองเหลืองมากกว่าโลหะอื่น ๆ
14. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะนิยมใช้เรคตีไฟเออร์ขนาด 10 แอมแปร์ 12 โวลท์ มากกว่าที่จะใช้แบตเตอรี่
15. สำหรับฮัลล์เซลล์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสูง เช่น 9 หรือ 10 แอมแปร์ จะต้องใช้น้ำหล่อข้างนอกด้วย เพราะน้ำยาจะเกิดความร้อนสูง

การใช้ฮัลล์เซลล์ทดสอบน้ำยาชุบต่าง ๆ

1. น้ำยาชุบนิกเกิลเงา

น้ำยาชุบแบบนี้มักจะใช้ฮัลล์เซลล์เพื่อทดสอบน้ำยาเงาและภาวะการทำงาน ถ้าพบว่าน้ำยาเงามีน้อยเกินไป ก็ให้เติมลงไปให้เพียงพอ แต่ถ้ามีมากเกินไป ก็จะแก้ได้โดยเอาน้ำยานี้ไปผสมกับน้ำยาชนิดเดียวกันแต่ยังไม่ได้เติมน้ำยาเงา การทดสอบนี้จะใช้แผ่นเหล็กหรือแผ่นทองเหลืองเป็นขั้วลบก็ได้ แต่ก่อนจะนำน้ำยาไปทำการทดสอบ ควรจะได้วัดกระแสที่หาปริมาณของนิกเกิลคลอไรด์ กรดบอริก และ พี. เอช. เสียก่อน ถ้าพบว่าปริมาณไม่ถูกต้อง ก็ควรปรับเสียให้ถูกต้องแล้วจึงจะนำไปทดสอบด้วยฮัลล์เซลล์

สำหรับฮัลล์เซลล์ขนาด 267 และ 534 มิลลิเมตร จะใช้กระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ และฮัลล์เซลล์ขนาด 1000 มิลลิเมตร จะใช้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ เวลาที่ชุป 5 นาที ขั้วบวกใช้แท่งนิเกิลหุ้มด้วยถั่วฝัก อุณหภูมิปรับให้เท่ากับการชุบจริง ๆ จำนวนแผ่นของขั้วลบที่ชุบ โดยไม่ต้องทำการตรวจสอบพี.เอช.ใหม่ 3 และ 5 แผ่น สำหรับฮัลล์เซลล์ขนาด 267 และ 534 มิลลิเมตรตามลำดับ การกวนน้ำยาจะใช้แท่งแก้วกวนน้ำยาใกล้ ๆ กับผิวหน้าของขั้วลบ หรืออาจจะใช้ฮัลล์เซลล์ชนิดที่สามารถกวนน้ำยาได้ก็ได้ เมื่อทำการชุบแล้วจะสังเกตสิ่งที่ปรากฏบนขั้วลบเพื่อสรุปถึงสาเหตุหรือสภาพของน้ำยาได้ดังนี้

สภาพของน้ำยา

- ส่วนผสมดีที่สุด
- พี.เอช. สูง
- พี.เอช. ต่ำ
- ปริมาณของนิเกิลต่ำ
- ปริมาณของกรดบอริกต่ำ
- ปริมาณของคลอไรด์ต่ำ
- สารที่ป้องกันผิวไม่ให้เป็นรู มีปริมาณสูง
- สารที่ป้องกันผิวไม่ให้เป็นรู มีปริมาณต่ำ
- ปริมาณของน้ำยาแกนนิค primary หรือ carrier สูง
- ปริมาณของน้ำยาแกนนิค primary หรือ carrier ต่ำ
- ปริมาณของน้ำยาแกนนิค secondary หรือ booster สูง

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ผิวชิ้นงานจะเรียบสดใส ไม่เป็นรู ในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.5 – 12.5 แอมแปร์ ต่อตาราง เดซิเมตร
- สีผิวที่เคลือบจะอมเหลือง และบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ผิวจะไม่เรียบและเปราะ
- จะเกิดก๊าซที่ขั้วลบ ผิวที่เกาะจะเป็นสีน้ำเงินมัว ๆ และเปราะ
- จะเกิดรอยไหม้ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
- จะเคลือบผิวติดเป็นหย่อม ๆ ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง เกิดตะกอนของนิเกิลไฮดรอกไซด์ที่ขั้วลบ หรือเป็นรูที่ขั้วลบ
- เกิดก๊าซที่ขั้วบวก ประสิทธิภาพของขั้วลบต่ำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าปกติ
- การเกาะจะไม่เป็นระเบียบ สีมัว
- ผิวที่เคลือบจะเป็นรู โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
- ไม่มีปัญหาที่ขั้วลบ แต่อาจจะเกิดการตกตะกอน
- ผิวจะหมอง การเกาะไม่เป็นระเบียบ และเปราะ
- ผิวจะเปราะ และที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ จะเกาะไม่แน่น

- ปริมาณของน้ำยาเงาชนิด secondary หรือ booster ต่ำ
 - มีสารอินทรีย์เคมีเจือปน
 - มีก๊าซหรือคราบน้ำมัน
 - อุณหภูมิสูง
 - อุณหภูมิต่ำ
 - โลหะเจือปน
- การเกาะจะมีผิวกึ่งเงา และความหนาแน่นไม่เท่ากัน
 - ผิวเปรอะ มีรอยร้าว ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ผิวจะลอก และที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ต่ำ ผิวจะหมอง
 - ผิวจะเป็นรู ลอกหรือร่อน จะเกิดจุดดำบริเวณที่มีการเคลื่อนบาง
 - ผิวจะหมองคล้ำ
 - ผิวจะหมองหรือไหม้ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
 - ถ้าเป็นทองแดงหรือสังกะสีผิวดำที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ถ้าเป็นโครเมียมจะดำที่ความหนาแน่นของกระแส ไฟฟ้าสูง ถ้าเป็นเหล็กจะมีรอยไหม้เล็กน้อย ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง

สภาพน้ำยา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วบวก

ไฟฟ้าสูง ถ้าเป็นเหล็กจะมีรอยไหม้เล็กน้อยที่ความหนาแน่นของกระแสสูง

2. น้ำยาชุบทองแดงแบบรอกเซลล์

ในภาวะการทำงานปกติ ผิวที่ได้จากการชุบด้วยน้ำยานี้จะเรียบและค่อนข้างเงา ฉะนั้น การสังเกตสิ่งผิดปกติบนผิวจึงต้องอาศัยประสบการณ์พอสมควร สำหรับการทดสอบด้วยฮัลล์เซลล์จะใช้กระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ เวลา 5 – 10 นาที อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วลบแผ่นทองแดงเป็นขั้วบวก ซึ่งพอจะสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะไปมีผลปรากฏต่อการชุบผิวที่ขั้วลบ เป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ส่วนผสมดีที่สุก
 - ความเข้มข้นขององค์ประกอบทั้งหมดต่ำ
 - ความเข้มข้นขององค์ประกอบทั้งหมดสูง
- ผิวจะเรียบสดใสในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.5 – 4.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร แต่ถ้ากวนน้ำยาด้วย ผิวจะเรียบสดใสในช่วง 0.5 – 6.0 (หรือมากกว่า) แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
 - ประสิทธิภาพของขั้วลบต่ำ เกิดก๊าซ ผิวกึ่งเงาและเคลือบ ได้ บาง
 - ผิวเรียบ แต่เกาะไม่แน่น

- ไชยาในคัลอัสระต่ำ
- ไชยาในคัลอัสระสูง
- ไชยาในคัลอัสระสูงมาก (15 กรัมต่อลิตรขึ้นไป)
- เกลือรอกเซลล์ต่ำ
- เกลือรอกเซลล์สูง
- คาร์บอนเตต่ำ
- คาร์บอนเตสูง (60 กรัมต่อลิตรขึ้นไป)
- พี.เอช. ต่ำ (11.0)
- พี.เอช. สูง (13.5 ขึ้นไป)
- สิ่งเจือปน
 - ตะกั่ว
 - เหล็ก
 - สังกะสี
 - โครเมียม
- ผิวที่เกาะจะหยาบ ไม่สดใส จะเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวก น้ำยาจะเป็นสีน้ำเงิน
- ประสิทธิภาพต่ำ ผิวที่เกาะก่อนข้างเงา
- ประสิทธิภาพต่ำ ผิวจะไหม้บริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
- ผิวที่เกาะจะหมองคล้ายกับกรณีที่มีไชยาในคัลอัสระต่ำแต่น้ำยาไม่เป็นสีน้ำเงิน
- ผิวที่เกาะก่อนข้างดี แต่มีก๊าซมากกว่าปกติ ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง
- ไม่มีผลที่ขั้วลบ แต่ที่ขั้วบวกอาจจะเกิดโพลาไรซ์
- ผิวจะหมอง
- ผิวที่เกาะจะไม่ค่อยเรียบ
- ผิวที่เกาะจะหยาบ อาจจะขรุขระด้วย การละลายของขั้วบวกต่ำ
- ถ้ามีมากผิวจะคล้ำ แต่ถ้ามีน้อยจะช่วยให้ผิวเงางามขึ้น
- ถ้ามีมากประสิทธิภาพของขั้วลบจะลดลง ผิวที่เคลือบจะบาง
- การเกาะจะไม่เป็นระเบียบ
- จะเกาะไม่แน่น และบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะไม่มีเกาะ ซึ่งจะแก้ไขได้โดยการเติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.075 กรัมต่อลิตร และถ้าเติม มากเกินไปก็ไม่เป็นไร เพราะจะช่วยไม่ให้ผิวที่เกาะ หยาบด้วย

3. น้ำยาชุบทองแดงไชยาในคัลชนิดที่มีอัตราเร็วของการเกาะสูง

การทดสอบน้ำยาชุบแบบนี้ด้วยอัลลัเซลล์จะใช้กระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์ เวลา 5 นาที อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่ทำการชุบจริง ขั้วลบใช้แผ่นทองเหลือง และขั้วบวกใช้แผ่นทองแดง ใช้แท่งแก้วกวนน้ำยาใกล้ ๆ กับขั้วลบอย่างช้า ๆ หรือใช้อัลลัเซลล์ชนิดที่กวนน้ำยาได้ ซึ่งพอจะสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะมีผลต่อการชุบผิวที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
- โซลยาในคัลอัสระมาก
- โซลยาในคัลอัสระต่ำ
- สารเพิ่มความชื้นสูง
- สารเพิ่มความชื้นต่ำ
- โซเดียมหรือ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์สูง
- โซเดียมหรือ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่ำ
- คาร์บอนตสูง
- สิ่งเจือปน
 - ตะกั่ว
(0.01 กรัมต่อลิตรขึ้นไป)
 - สังกะสี
(1 กรัมต่อลิตรขึ้นไป)
 - โครเมียม
 - สารอินทรีย์เคมี

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ผิวจะเงางามในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.5 – 6.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร แต่ถ้าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป ผิวจะหมองและเป็นสีแดงแก่
- ช่วงของความเงางามจะแคบ และในบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงจะมีสีแดงคล้ำ
- จะมีช่วงความเงางามสูง และที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงจะมีช่วงของการไหม้แคบกว่าปริมาณโซลยาในคัลอัสระตามปกติ
- ไม่มีผลปรากฏให้เห็นที่อัลลเซลล์
- ความเงาจะหายไปในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ และปานกลาง จะมีการเกาะเป็นระเบียบ แต่ในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ผิวที่เกาะอาจจะเป็นรู
- ผิวที่เกาะจะหมองทั่วชิ้นงาน
- ความเงางามจะลดลงและมีบริเวณแคบ
- ผิวที่เกาะจะหมอง และในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ผิวค่อนข้างหยาบ
- ความเงางามจะอยู่ในช่วงแคบที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง และคล้ำที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าปานกลางเกิดฟิล์มของตะกั่วที่ขั้วบวก
- ปรากฏเป็นสีบรอนซ์หรือสีทองเหลืองที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
- จะไม่มีการเกาะเคลือบผิวที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- การเกาะไม่เป็นระเบียบที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าปานกลาง

4. น้ำยาชุบทองแดงแบบกรดชนิดเงา

ฮัลล์เซลล์จะทดสอบน้ำยานี้ได้ดีมาก ให้ผลออกมาชัดเจน โดยขั้วลบจะใช้แผ่นทองเหลือง ส่วนขั้วบวกใช้แผ่นทองแดงหุ้มด้วยถุงผ้าก็จะดีมาก และในการทดสอบน้ำยานี้ จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่กำหนดด้วย สำหรับเวลาที่ชุบ จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป ซึ่งโดยปกติแล้วถ้าป้อนกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ จะใช้เวลา 10 นาที และถ้าป้อน 2 แอมแปร์ จะใช้เวลา 5 นาที ต้องกวนน้ำยาด้วยแท่งแก้วหรือใช้ลมเป่าก็ได้ จากการทดสอบนี้พอจะสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะมีผลต่อการชุบผิวที่ขั้วลบ เป็นดังนี้

สภาพน้ำยา	สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ
- ส่วนผสมดีที่สุด	- ผิวที่เคลือบจะมีความเงามตลอดทั้งแผ่น
- กรดซัลฟูริกต่ำ	- ผิวที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะหมอง
- กรดซัลฟูริกสูง	- ประสิทธิภาพของขั้วลบจะลดลง และขั้วบวกจะละลายมากเกินไป
- คลอไรด์ต่ำ	- ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ผิวจะหมอง ประสิทธิภาพและการนำไฟฟ้าจะลดลง
- คลอไรด์สูง	- ความหนาของผิวที่เคลือบจะไม่เท่ากัน และที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำผิวจะหมองมัว
- ทองแดง	- ถ้าเปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณปกติ $\pm 25\%$ จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ขั้วลบ แต่ถ้าลดลงต่ำกว่านี้ จะทำให้อัตราเร็วของการเกาะเคลือบผิวลดลง และถ้ามีปริมาณมากกว่านี้ จะทำให้ผิวที่เกาะหนาไม่เท่ากันไม่
- น้ำยาเงา	- ถ้ามีปริมาณน้อย บริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ผิวจะหมองและขุ่นมัวตลอดทั้งชิ้นงาน ความหนาของผิวที่เคลือบจะไม่เท่ากัน แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง และผิวจะหมองที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- สิ่งเจือปน	- นิเกิล แอนติโมนี อาร์เซนิก และซิลิคอน จะทำให้ผิวหยาบ และเกาะไม่ทั่วชิ้นงาน เหล็กจะทำให้ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง โครเมียมจะทำให้ผิวขรุขระ
- สารอินทรีย์เคมี	- น้ำยาชุบทองแดงจะว่องไวต่อสารอินทรีย์เคมีมาก ถ้าเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดเป็นรูและเปราะ เพราะสารเหล่านี้จะปนเข้าไปเคลือบผิวด้วย

5. น้ำยาชุบสังกะสีเงาแบบโซเดียมไนต์ปกติและปานกลาง

อัลลีเซลล์สามารถทดสอบน้ำยานี้ได้อย่างได้ผลดีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการหาปริมาณของสิ่งเจือปนและสารเพิ่มคุณสมบัติ (addition agent) จะใช้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ สำหรับถังกลิ้ง และ 3 แอมแปร์ สำหรับน้ำยาแบบแขวนชิ้นงาน โดยมีแผ่นเหล็กเป็นขั้วลบ ใช้เวลาชุบ 5 นาที และใช้แผ่นสังกะสีเป็นขั้วบวก ซึ่งสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะมีผลต่อการเกาะชุบผิวที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
- อัตราส่วนของโซเดียมโซเดียมไนต์ต่อสังกะสีสูงเกินไป
- อัตราส่วนของโซเดียมโซเดียมไนต์ต่อสังกะสีต่ำเกินไป
- โซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินไป
- โซเดียมไฮดรอกไซด์น้อยไป
- สังกะสีมากเกินไป (มากกว่า 48.75 กรัมต่อลิตร)
- สังกะสีน้อยเกินไป (ต่ำกว่า 30 กรัมต่อลิตร)
- น้ำยาเงา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ผิวที่เกาะจะเรียบเป็นเงางาม
- ผิวจะเงาเฉพาะบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำและที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด ผิวจะขรุขระ ประสิทธิภาพของขั้วลบจะลดลงเพราะเกิดก๊าซที่บริเวณนี้มาก
- ผิวจะเงางามเฉพาะบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง และเป็นสีเทาดำที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ เกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวก
- จะเหมือนกับกรณีของอัตราส่วนโซเดียมโซเดียมไนต์ต่อสังกะสีต่ำเกินไป และยังทำให้เกิดเม็ดผลึกที่ขั้วลบอีกด้วย
- จะเหมือนกับกรณีของอัตราส่วนของโซเดียมโซเดียมไนต์ต่อสังกะสีมากเกินไป และยังเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวก
- ผิวจะเงาเฉพาะบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง และหมองที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- จะมีก๊าซ ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง ผิวที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงอาจจะไหม้
- ถ้ามีน้อยจะมีผิวขาวขุ่นๆ ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำและผิวอาจจะไหม้ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง แต่ถ้ามีมากจะไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อความเงาแต่อย่างใด

- สิ่งเจือปน

- ทองแดงจะทำให้ผิวคล้ำ และยิ่งคล้ำมากขึ้นเมื่อไปจุ่มใน กรดไนตริก (0.25 % v/v) ตะกั่วจะทำให้ผิวที่เคลือบหมองแต่เมื่อจุ่มในกรดไนตริก(0.25%v/v) จะไม่คล้ำ แคดเมียมไม่มีผลต่อผิวที่ชุบแต่ถ้านำไปจุ่มในกรดไนตริก (0.25% v/v) จะทำให้ผิว คล้ำ

6. น้ำยาชุบสังกะสีแบบต่างที่ไม่มีไซยาไนด์

การทดสอบด้วยฮัลล์เซลล์จะบอกให้ทราบถึงสมดุลขององค์ประกอบในน้ำยาสารเพิ่มคุณสมบัติ และสิ่งเจือปนต่าง ๆ โดยใช้แผ่นสังกะสีเป็นขั้วบวก และแผ่นเหล็กเป็นขั้วลบ น้ำยาชุบแบบดังกล่าวจะใช้กระแสไฟฟ้า 0.5 – 1. 0 แอมแปร์ และน้ำยาชุบแบบแวนซินงานจะใช้ 2 – 3 แอมแปร์ เวลาที่ชุบ 10 นาที สำหรับกระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ และ 5 นาที สำหรับกระแสไฟฟ้าอื่น ๆ ซึ่งพอสรุปถึงสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะมีผลปรากฏต่อการชุบผิวชิ้นงานที่ขั้วลบดังนี้

สภาพน้ำยา	สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ
- ส่วนผสมที่ดีที่สุด	- ผิวชิ้นงานจะเรียบแน่นเป็นเงางาม
- สังกะสีมากเกินไป	- บริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงจะเงางามและมีประสิทธิภาพสูงแต่บริเวณที่ความหนาแน่นต่ำจะมีประสิทธิภาพต่ำ ผิวเงางามลดลง และกำลังการเคลือบ ผิวไม่ค่อยดี
- สังกะสีน้อยเกินไป	- จะตรงกันข้ามกับสังกะสีมากเกินไป
- โซเดียมไฮดรอกไซด์น้อยไป	- จะเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวกมาก ประสิทธิภาพของน้ำยาต่ำต้องปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้นอยู่เรื่อย ๆ เพื่อรักษากระแสไฟฟ้าให้คงที่
- โซเดียมไฮดรอกไซด์สูงไป	- ในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่ตรวจสอบด้วยฮัลล์เซลล์จะไม่พบความผิดปกติอะไร
- น้ำยาเงา	- ถ้ามีน้อยผิวชิ้นงานจะหมองทั่ว ๆ ไป และจะไหม้ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงส ถ้ามากเกินไป ผิวจะเงางาม หรือบางที่ผิวงานจะเป็นสะเก็ดหรือถ้าหากใช้กระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ แล้วผิวชิ้นงานไม่ไหม้ที่บริเวณของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง แสดงว่ามีน้ำยาเงามากเกินไป

- สิ่งเจือปน

- สารอินทรีย์เคมี
 - เหล็ก
 - ทองแดง
 - ตะกั่ว
 - แคลเซียม
 - โครเมียม
- ผิวจะขรุขระหรือไหม้ค้ำ
 - ผิวจะหมองและเมื่อจุ่มในน้ำยา Passivation ผิวจะเป็นสีน้ำเงินหรือดำ
 - ผิวที่เคลือบจะดำเมื่อจุ่มในกรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตร
 - ผิวจะหมอง แต่เมื่อจุ่มในกรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตรผิวจะไม่ดำ
 - ผิวจะดำเมื่อจุ่มในกรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตรและเป็นแถบมัว ๆ ในบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าปานกลาง
 - ผิวจะขรุขระที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ

7. น้ำยาชุบสังกะสีเงาแบบกรดชนิดคลอไรด์

น้ำยาชุบเงาชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง เมื่อส่วนผสมของน้ำยาผิดไปจะมีผลต่อการชุบมาก แต่ภาวะการทำงานก็มีความสำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็น พี.เอช. อุณหภูมิหรือการกวนน้ำยา สำหรับน้ำยาชุบบางชนิดถึงจะใช้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ และแบบแขวนชิ้นงาน จะใช้ 2 – 3 แอมแปร์ ขั้วลบใช้แผ่นเหล็ก กวนน้ำยาด้วยแท่งแก้วอย่างแรง เวลาที่ทดสอบ 5 นาที ซึ่งสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาชุบที่มีผลต่อการชุบผิวที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
- ปริมาณของสังกะสีต่ำไป
- ปริมาณของสังกะสีมากไป
- ปริมาณของคลอไรด์น้อยไป
- ปริมาณของคลอไรด์มากไป
- น้ำยาเงา
- น้ำยาเงาน้อยไป

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ผิวชิ้นงานจะเงาตลอดเกือบทั้งแผ่น ยกเว้นบริเวณที่ห่างจากขอบ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร ผิวจะไหม้
- บริเวณขอบ ๆ ของความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุด จะไหม้และผิวหยาบ
- บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะมีกำลังการเคลือบผิวไม่ดี
- บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- ไม่ปรากฏอะไรที่ขั้วลบ
- เติมน้ำตามคำแนะนำของผู้ผลิต
- บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงผิวจะหยาบหรือไหม้

- น้ำยาเงามากไป
 - ผิวจะเงางามบริเวณตอนกลาง ๆ ถึงบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง แต่บริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงมากผิวจะขรุขระ และบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำผิวที่เคลือบจะเป็นแผ่น ๆ
- สิ่งเจือปน
 - เหล็ก
 - ผิวที่เคลือบจะเหลือง และที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงผิวจะดำดำ เมื่อจุ่มในน้ำยากรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตร หรือในน้ำยา clear chromate
 - ทองแดง
 - เมื่อนำไปจุ่มในน้ำกรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตรหรือในน้ำยา clear chromate ผิวที่เคลือบอยู่ในบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะเป็นสีน้ำตาลหรือดำ
 - แคลเซียม
 - ผิวโดยทั่วไปจะหมอง และเมื่อนำไปจุ่มในน้ำยากรดไนตริกเข้มข้น 0.25 % โดยปริมาตร หรือในน้ำยา clear chromate ผิวในบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะเป็นสีดำ
 - ตะกั่ว
 - การเคลือบผิวที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ จะเกาะติดเป็นช่วง ๆ
 - โครเมียม
 - ผิวโดยทั่วไปจะหมอง บริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะเกิดการเคลือบผิวเป็นช่วง ๆ และบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงผิวจะขรุขระ

8. น้ำยาชุบแคดเมียมเงาแบบไฮยาไนต์

น้ำยาชุบเงาชนิดนี้จะมีควมว่องไวต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำยาเงามาก และอัลลล์เซลล์จะช่วยหาภาวะการทำงานหรือการแก้ไขปรับปรุงน้ำยาเพื่อให้ผลงานที่ชุบออกมาดีได้เป็นอย่างดี ขั้วบวกใช้โลหะแคดเมียมส่วนขั้วลบใช้แผ่นเหล็ก โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 24 – 29 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นน้ำยาชุบแบบถึงกลิ้ง จะใช้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ เวลา 5 นาที และน้ำยาชุบแบบแว่นชิ้นงาน จะใช้กระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์ เวลา 5 นาที ซึ่งสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่มีผลต่อการชุบผิวที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
- แคลเมียมสูง
- แคลเมียมต่ำ
- ไชยาในค้สูง
(มากกว่า 150 กรัมต่อลิตร เมื่อมี
แคลเมียม 26.25 กรัมต่อลิตร หรือ
มากกว่า 127.5 กรัมต่อลิตร เมื่อมี
แคลเมียม 15 กรัมต่อลิตร)
- ไชยาในค้ต่ำ
(ต่ำกว่า 97.5 กรัมต่อลิตร)
- ไชเดียมไฮดรอกไซด์มากไป
(มากกว่า 26.26 กรัมต่อลิตร)
- ไชเดียมไฮดรอกไซด์น้อยไป
- คาร์บอเนตมากไป
(มากกว่า 45 กรัมต่อลิตร)
- คาร์บอเนตน้อยไป
(น้อยกว่า 15 กรัมต่อลิตร)
- น้ำยาเงามากเกินไป
- น้ำยาเงาน้อยเกินไป
- สิ่งเจือปน
 - ตะกั่วหรือทองแดง

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ผิวที่ชุบจะเงางามในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.3 – 6.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร แต่น้ำยาลำריךรูปบางชนิดอาจได้ถึง 12 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- จะเงางามบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง และหมองที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- จะเงางามที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ และไหม้ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง
- ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง (ต่ำ) และจะเงางามเฉพาะบริเวณที่มีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- จะมีช่วงของความเงาแคบมากอยู่ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ และเกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวก
- จะมีช่วงของความเงาแคบมาอยู่ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ส่วนตรงบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงจะกึ่งเงา
- เกิดโพลาไรซ์ที่ขั้วบวกและการนำไฟฟ้าต่ำ
- ผิวจะหมองที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง
- ผิวจะหมองกว่าปกติเล็กน้อย
- ผิวจะหมองและเกิดรอยร้าว
- ความเงาจะลดลงโดยเฉพาะบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง ส่วนในบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ จะมีช่วงความเงาแคบมาก
- ผิวจะคล้ำ

- ดิบูก
- โครเมียม
- นิเกิลมากเกินไป
- สังกะสี
- ผิวจะหมองและเกิดริ้วรอยบริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 2.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ผิวจะไม่สดใสและบริเวณที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 2.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร จะไม่มีการเกาะเคลือบผิว
- ผิวเป็นสีเหลืองที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ และใหม่ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง (แต่ถ้านิเกิลน้อยจะช่วยให้เพิ่มความเงางาม)
- ผิวจะขาวขุ่นที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง

9. น้ำยาชุบดิบูกแบบต่าง

การทดสอบน้ำยานี้ด้วยฮัลล์เซลล์จะใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วลบแผ่นดิบูกเป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าแอมแปร์ เวลา 5 – 10 นาที อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส ดิบูกซึ่งอยู่ในน้ำยาจะอยู่ในรูปของสแตนเนตซึ่ง

สภาพน้ำยา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

น้ำยาจะมีสีเหลือง แต่ถ้าพบว่าน้ำยาเป็นสีดำแสดงว่ามีสแตนเนตเกิดขึ้น ซึ่งจะต้องออกซิไดซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อให้กลับมาอยู่ในรูปของสแตนเนต สำหรับสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่จะทำให้ปรากฏผลในการชุบผิวที่ขั้วลบพอสรุปได้ดังนี้

สภาพน้ำยา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
- โซเดียมไฮดรอกไซด์สูงไป
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ต่ำไป
- ดิบูกในรูปของสแตนเนต
- ปริมาณของดิบูกต่ำ
- ปริมาณของดิบูกสูง
- โซเดียมอะซิเตตสูงหรือต่ำไป
- ผลที่เกาะเคลือบจะขาวเป็นเงางามในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.2 – 5.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และถ้าปริมาณของโซเดียมสแตนเนตมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักก็จะไม่ปรากฏอะไรให้เห็นที่ขั้วลบของฮัลล์เซลล์
- ผิวที่เคลือบจะขรุขระ
- การนำไฟฟ้าจะต่ำ ไม่ปรากฏฟิล์มสีเหลืองที่ขั้วบวก
- ผิวจะดำและหยาบ
- ประสิทธิภาพของขั้วลบจะต่ำมาก
- ไม่ปรากฏอะไรที่ขั้วลบ
- มีผลที่ขั้วลบน้อยมาก ยกเว้นอะซิเตตจะไปทำให้ขั้วบวกเรียบขึ้นเล็กน้อย

10. น้ำยาชุบตีบุกเงาแบบกรดซัลฟูริก

ในการทดสอบด้วยอัลตราซัน ถ้าเป็นน้ำยาชุบแบบดังกล่าวจะใช้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ และ 2 แอมแปร์ สำหรับน้ำยาชุบแบบแว่นชิ้นงาน แต่ถ้าเป็นน้ำยาชุบตีบุกที่ชุบ โลหะเส้นหรือแผ่นยาว ๆ จะใช้กระแสไฟฟ้า 3 – 5 แอมแปร์ (ควรวิเคราะห์หาค่าประกอบหลักของน้ำยา และปรับสภาพน้ำยาก่อนจะทดสอบด้วยอัลตราซันจะดีกว่า) ขั้วลบใช้แผ่นเหล็ก เวลาที่ชุบ 5 นาที ซึ่งสรุปหาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่มีผลต่อสิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา

สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ

- ส่วนผสมที่ดีที่สุด
 - กระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์จะให้ผิวชิ้นงานที่ขาวเงาม และเรียบโดยตลอด ยกเว้นที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ความเงาจะลดน้อยลง หรือบางที่ อาจจะเป็นสีเทาอม ๆ
- ถ้าปริมาณของตีบุกมากไป
 - ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ ผิวจะหมองและมีกำลังการเคลือบผิวต่ำ ที่ขั้วบวกจะเกิดโพลาไรซ์เร็วมาก และน้ำยาชุบต้องการน้ำยาเงามากขึ้น
- ถ้าปริมาณของตีบุกน้อยไป
 - ที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าปานกลาง และสูงจะเกิดก๊าซมาก จะเกิดการตกตะกอนสีขาวที่ก้นเซลล์
- ถ้ามีกรดมากไป
 - ที่ขั้วบวกจะเกิดโพลาไรซ์และเป็นรูพรุน และมีอาการอื่น ๆ ที่ขั้วลบเหมือนกับกรณีที่มีปริมาณตีบุกมากไป
- ถ้ามีกรดน้อยไป
 - ผิวจะหมองและมีกำลังการเคลือบผิวต่ำที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำ
- น้ำยาเงามากเกินไป
 - ผิวที่เกาะจะเหลืองและเป็นลักษณะของฟองก๊าซ
- น้ำยาเงาน้อยเกินไป
 - ผิวจะหมองทั่วชิ้นงาน ในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะเกาะติดไม่ทั่วถึง
- สิ่งเจือปน
 - คลอไรด์
 - ผิวที่บริเวณความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่ำจะหมองและถ้ามีมากจะทำให้บริเวณของความหนาแน่นของ กระแสไฟฟ้าสูงผิวจะหมองด้วย

11. น้ำยาชุบเงินแบบไซยาไนด์

ฮัลล์เซลล์จะช่วยตรวจสอบน้ำยาชุบเงินแบบไซยาไนด์ได้ทั้งองค์ประกอบหลักและน้ำยาเงาในเวลาอันรวดเร็ว โดยใช้แผ่นเงินเป็นขั้วบวกกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ เวลา 10 นาที ส่วนขั้วลบใช้แผ่นทองเหลืองซึ่งพอจะสรุปสาเหตุหรือสภาพน้ำยาที่มีผลต่อการชุบผิวที่ขั้วลบเป็นดังนี้

สภาพน้ำยา	สิ่งที่ปรากฏที่ขั้วลบ
- ความเข้มข้นปกติ (AgCN 30 กรัมต่อลิตร พี.เอช. 11.5)	- ผิวที่เกาะจะเรียบในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.2 – 0.6 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และใหม่เมื่อสูงกว่า 1.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ความเข้มข้นปกติและมีการกวนน้ำยา	- ผิวที่เกาะจะกึ่งเงาในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.1 – 1.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เรียบไปจนถึง 3.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ความเข้มข้นของน้ำยาดำ	- ผิวจะเรียบในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.1 – 0.2 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และใหม่เมื่อสูงกว่า 0.5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ความเข้มข้นของน้ำยาสูง	- ผิวจะกึ่งเงาในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 0.1–1.0 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร และเรียบไปจนถึง 4แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- ไซยาไนด์อิสระต่ำ	- ผิวที่เกาะจะหมองและเกาะไม่แน่น
- ไซยาไนด์อิสระสูง	- การเกาะจะแน่นขึ้น แต่ประสิทธิภาพของขั้วลบลดลง
- คาร์บอเนตต่ำ	- ไม่ปรากฏผลที่ขั้วลบ แต่การนำไฟฟ้าของน้ำยาจะลดลงและเกิดโพลาริซ์ที่ขั้วบวก
- คาร์บอเนตสูง (มากกว่า 90 กรัมต่อลิตร)	- ผิวที่เกาะค่อนข้างหมอง
- พี.เอช. ต่ำ (pH \ 10.0)	- การเกาะจะเรียบและเงาอยู่ในช่วงความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแคบ คือ 0.1 – 0.3 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
- พี.เอช. สูง (pH / 13)	- ผิวที่เกาะจะหยาบและใหม่ตลอดทั้งแผ่น

บทที่ 22

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กรณีการชุบนิเกิล

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์ คุณลักษณะที่
ต้องการ กรรมวิธีทางความร้อน และการทดสอบการชุบนิเกิล

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ครอบคลุมเฉพาะการชุบด้วยนิเกิล สำหรับชิ้นงาน
โลหะพื้นฐานที่เป็นเหล็กหรือเหล็กกล้า สังกะสีผสม และทองแดง หรือทองแดงผสม

1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมถึงสิ่งต่อไปนี้

1.3.1 การชุบเคลือบของสลักเกลียว

1.3.2 การชุบเคลือบของโลหะแผ่นบาง แผ่นแถบ ลวดที่ยังไม่ขึ้นรูป หรือขดสปริง

(coil spring)

1.3.3 การชุบเพื่อจุดประสงค์อื่นนอกเหนือจากการป้องกันการกัดกร่อนและตกแต่ง
เพื่อความสวยงาม

1.3.4 การเตรียมผิวของชิ้นงานก่อนการชุบ

2. ชั้นคุณภาพและสัญลักษณ์

2.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ แบ่งการชุบเคลือบออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ตามความ
หนาของผิวชุบ คือ

2.1.1 ชั้นคุณภาพ 1 ผิวชุบหนา

2.1.2 ชั้นคุณภาพ 2 ผิวชุบหนาปานกลาง

2.1.3 ชั้นคุณภาพ 3 ผิวชุบบาง

2.2 สัญลักษณ์ของการชุบเคลือบขึ้นกับโลหะพื้นฐานดังต่อไปนี้

2.2.1 โลหะพื้นฐานเป็นเหล็กหรือเหล็กกล้า

สัญลักษณ์

ชั้นคุณภาพ 1 Fe/Ni 30b (เหล็กชุบนิเกิลเงา) 30 ไมครอน

ชั้นคุณภาพ 2 Fe/Ni 20b (เหล็กชุบนิเกิลเงา) 20 ไมครอน

ชั้นคุณภาพ 3 Fe/Ni 10b (เหล็กชุบนิเกิลเงา) 10 ไมครอน

หมายเหตุ ในกรณีที่ผู้ซื้อต้องการให้ทำกรรมวิธีทางความร้อน ให้เป็นไปตามผนวก ก.

2.2.2 โลหะพื้นฐานเป็นสังกะสีผสม

สัญลักษณ์

ชั้นคุณภาพ 1 Zn/Cu Ni 25b (สังกะสีชุบทองแดงและชุบนิกเกิล 25 ไมครอน)

ชั้นคุณภาพ 2 Zn/Cu Ni 15b (สังกะสีชุบทองแดงและชุบนิกเกิล 15 ไมครอน)

ชั้นคุณภาพ 3 Zn/Cu Ni 8b (สังกะสีชุบทองแดงและชุบนิกเกิล 8 ไมครอน)

ก่อนที่จะชุบสังกะสีเจือด้วยนิกเกิล ต้องชุบรองพื้นด้วยทองแดงหรือทองเหลืองที่มีทองแดงอย่างน้อยร้อยละ 50 มีความหนาต่ำสุด 8 ไมครอนเมตร กรณีที่ชิ้นงานมีรูปทรงซับซ้อน อาจชุบรองพื้นหนาต่ำสุด 10 หรือ 12 ไมครอนเมตร เพื่อให้ได้ผิวเรียบ

2.2.3 โลหะพื้นฐานเป็นทองแดงผสม (ทองเหลือง)

สัญลักษณ์

ชั้นคุณภาพ 1 Cu/Ni 20 b

ชั้นคุณภาพ 2 Cu/Ni 10 b

ชั้นคุณภาพ 3 Cu/Ni 5 b

2.2.4 ความหมายของสัญลักษณ์

Fe คือ โลหะพื้นฐานที่เป็นเหล็ก หรือเหล็กกล้า

Zn คือ โลหะพื้นฐานที่เป็นสังกะสีผสม (Zinc Diecasting)

Cu คือ โลหะพื้นฐานที่เป็นทองแดง หรือทองเหลือง

Ni คือ นิกเกิล

ตัวเลข คือ ความหนาของผิวชุบนิกเกิล เป็นไมครอนเมตร (ไมครอน)

b คือ การชุบชั้นเงา

p คือ การชุบด้าน

d คือ การชุบ 2 ชั้น

t คือ การชุบ 3 ชั้น

หมายเหตุ สัญลักษณ์ b ในข้อ 2.2.1 ข้อ 2.2.2 และข้อ 2.2.3 นั้น ถ้าเป็นการชุบด้าน หรือการชุบ 2 ชั้น หรือการชุบ 3 ชั้น ให้ใช้สัญลักษณ์ p หรือ d หรือ t แทนสัญลักษณ์ b ตามลำดับ

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ผิวงานที่ชุบแล้วต้องสะอาด ปราศจากรอยตำหนิที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น ฟอง ขุม ความขรุขระ รอยแตกร้าว ส่วนที่ชุบไม่ติด รอยดำหรือสีผิดปกติ อาจยอมให้พองในบริเวณที่ไม่ใช่ส่วนสำคัญของชิ้นงาน ทั้งนี้ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้เกี่ยวข้อง สำหรับชิ้นงานที่มีรอยเนื่องจากการสัมผัสขณะชุบเคลือบ ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ตำแหน่งของรายนั้น ให้เป็นไปตาม

ข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องการขึ้นเงาของผิวซุบ (b หรือ p) ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

3.2 ความหนา

ความหนาของนิเกิลที่ซุบแต่ละชั้นคุณภาพ ให้เป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 2.2 การวัดให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ข.

3.3 ความติดแน่น

เมื่อทดสอบโดยวิธีใดวิธีหนึ่งตามภาคผนวก ก.แล้ว ผิวซุบต้องยังคงติดแน่นกับโลหะ

พื้นฐาน

3.4 ลักษณะเฉพาะ

3.4.1 ผิวซุบด้านหรือกึ่งเงา (p)

- (1) ต้องมีกำมะถัน ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนักผิวซุบ
- (2) ความยืด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ง.

3.4.2 ผิวซุบ 2 ชั้น (d) หรือ 3 ชั้น (t)

3.4.2.1 ผิวซุบชั้นล่าง

- (1) ต้องมีกำมะถัน ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนักผิวซุบ
- (2) ความยืด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ง.
- (3) กรณีผิวซุบ 2 ชั้น (d) นิเกิลชั้นล่างต้องหนาอย่างน้อยร้อยละ 60

ของความหนาของนิเกิลทั้งหมด และกรณีผิวซุบ 3 ชั้น (t) นิเกิลชั้นล่างต้องหนาอย่างน้อยร้อยละ 50

ของความหนาของนิเกิลทั้งหมด

3.4.2.2 ผิวซุบชั้นบน

- (1) ต้องมีกำมะถัน เกินร้อยละ 0.04 ของน้ำหนักผิวซุบ
- (2) นิเกิลชั้นบนต้องหนาอย่างน้อยร้อยละ 20 ของความหนาทั้งหมดของ

ผิวซุบ

3.4.2.3 ผิวซุบชั้นกลาง (สำหรับผิวซุบ 3 ชั้น (t))

- (1) ต้องมีกำมะถันมากกว่าผิวซุบชั้นบน
- (2) นิเกิลชั้นกลางต้องหนาไม่เกินร้อยละ 10 ของความหนาของนิเกิล

ทั้งหมด

หมายเหตุ ปริมาณกำมะถันในนิเกิล กำหนดไว้เพื่อแสดงชนิดของสารละลายในการซุบด้วยนิเกิล

ภาคผนวก ก.
กรรมวิธีทางความร้อน
(ข้อ 2.2.1)

ในกรณีที่ต้องการลดความเปราะเพราะไฮโดรเจนในเนื้อเหล็กกล้าที่เป็นโลหะพื้นฐานให้ปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้าได้ด้วยกรรมวิธีทางความร้อนดังต่อไปนี้

ก.1 การคลายความเค้นก่อนการชุบเคลือบ

ก.1.1 ชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปเย็นอย่างหนัก (severely cold work) หรือชิ้นงานที่มีความต้านแรงดึง ไม่น้อยกว่า 1,000 เมกาปาสกาล (ความแข็งประมาณ 30 HRC หรือ 295 HV หรือ 280 HB) หลักการอบคืนตัว (tempering) แล้วผ่านการตกแต่งด้วยเครื่องมือกลอย่างหนัก (severely machining) แล้ว ให้นำชิ้นงานดังกล่าวมาลดความเค้น โดยอบที่อุณหภูมิสูงสุด ภายในพิคคาล่า อุณหภูมิคืนตัวเป็นเวลา 30 นาที หรืออบที่อุณหภูมิ 190 ถึง 210 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

ก.1.2 ชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งที่ผิว โดยการเพิ่มคาร์บอน (carburization) หรือการชุบแข็งด้วยเปลวไฟ (flame – hardening) หรือการชุบแข็งโดยการเหนี่ยวนำ (in – duction – hardening) แล้วผ่านการตกแต่งด้วยเครื่องมือกล ให้ลดความเค้นโดยการอบที่อุณหภูมิประมาณ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

ก. 2 กรรมวิธีทางความร้อนหลังชุบเคลือบ

ก.2.1 ชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปเย็นอย่างหนัก หรือชิ้นงานที่มีความต้านแรงดึง ไม่น้อยกว่า 1,000 เมกาปาสกาล (ความแข็งประมาณ 30 HRC หรือ 295 HV หรือ 280 HB) และจะนำไปใช้งานที่ต้องทนต่อความล้า หรือต้องรับความเค้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกเป็นเวลานาน ให้นำชิ้นงานดังกล่าวมาอบที่อุณหภูมิ 190 ถึง 210 องศาเซลเซียส ตามตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ข้อเสนอแนะสำหรับกรรมวิธีทางความร้อนของชิ้นงานเหล็กกล้าหลังชุบเคลือบ
(ข้อ ก.2.1)

ความต้านแรงดึง (เมกะปาสกาล)	ความหนาสูงสุดของ ภาคตัดขวางของชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ช่วงเวลาอบ ต่ำสุด (ชั่วโมง)
1 000 ถึง 1 150	น้อยกว่า 12	2
	12 ถึง 25	4
	มากกว่า 25	8
มากกว่า 1 150 ถึง 1 400	น้อยกว่า 12	4
	12 ถึง 25	12
	มากกว่า 25 ถึง 40	24
	มากกว่า 40	(อบภายใน 16 ชั่วโมง หลัง ชุบเคลือบ) ให้เป็นไปตามข้อตกลง ระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ ให้ลดอุณหภูมิลงมาได้ หากเห็นว่าจะเป็นอันตรายต่อชิ้นงาน โดยให้ขยายเวลาอบ
ให้นานขึ้น

ภาคผนวก ข.
การวัดความหนาของผิวชุบ
(ข้อ 3.2)

ข. 1 วิธีวัด

ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การวัดความหนาของผิวชุบ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (ในกรณีที่ยังมิได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ISO 1463) ถ้าจำเป็นต้องใช้การกัดขึ้นรอย (etching) อาจใช้สารละลายที่เหมาะสม เช่น

(1) กรดไนตริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.42 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับกรดเกลเชียลอะซีติก ในปริมาณที่เท่ากัน

(2) โซเดียมไซอะไนด์ 100 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ผสมกับ โซเดียมหรือแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 100 กรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ในปริมาณที่เท่ากัน

หมายเหตุ: ควันที่เกิดขึ้นจากการผสมกันของสารเคมีเป็นอันตราย จึงควรระมัดระวัง

ภาคผนวก ก.
การทดสอบความตืดแน่น
(ข้อ 3.3)

ก. 1 วิธีตะไบ (file test)

ตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาดที่พอเหมาะ ใช้ปากกาขีดชิ้นทดสอบให้แน่นแล้วใช้ตะไบหยาบ ตะไบขอบชิ้นทดสอบที่ถูกตัดเพื่อให้โลหะชุบลอก โดยตะไบในทิศทางจากโลหะพื้นฐานไปยังผิวชุบ ทำมุมประมาณ 45 องศากับผิวชุบ

ก. 2 วิธีเย็นเร็ว (quenching)

อบชิ้นทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้มีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ ± 10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับโลหะพื้นฐานดังต่อไปนี้

(1) เหล็กกล้า ใช้อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

(2) สังกะสี ใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

(3) ทองแดงหรือทองแดงเจือ ใช้อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส แล้วนำชิ้นทดสอบมาแช่น้ำทันทีที่อุณหภูมิห้อง

หมายเหตุ วิธีชุบตามข้อ ก.2 นี้ อาจทำให้สมบัติทางกลของชิ้นทดสอบเปลี่ยนไปได้

ภาคผนวก ง.
การทดสอบความยืด
(ข้อ 3.4.1 (2) และข้อ 3.4.2.1 (2))

ง. 1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ให้เตรียมชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร และหนา 1 มิลลิเมตร โดยวิธีดังต่อไปนี้

ง.1.1 นำโลหะพื้นฐานชนิดเดียวกับที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ ยกเว้นถ้าโลหะพื้นฐานเป็นสังกะสี เจือจางอาจใช้ทองเหลืองบอ่อนแทนได้ โลหะพื้นฐานต้องมีขนาดใหญ่พอ โดยเมื่อตัดขอบออก 25 มิลลิเมตรโดยรอบแล้ว สามารถนำไปทำชิ้นทดสอบตามขนาดที่กำหนดข้างต้นได้ ขัดผิวโลหะพื้นฐาน แล้วนำไปชุบน้ำเตียวด้วยนิกเกิล ให้ได้ความหนาของผิวชุบ 25 ไมโครเมตร โดยอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกันกับการชุบผลิตภัณฑ์

ง.1.2 ตัดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องตัดกิโลตินให้ได้ขนาด ลบมุมชิ้นทดสอบด้านยาวด้วย ตะไบ หรือการขัดแต่ง

ง. 2 วิธีทดสอบ

ใช้หัวตัดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 มิลลิเมตร ตัดโค้งชิ้นทดสอบ โดยให้ผิวโลหะ ด้านที่ชุบอยู่ด้านนอกของหัวตัด ให้แนบกับหัวตัดตลอดระยะเวลาด้วยแรงคัตที่สม่ำเสมอเป็นมุม 180 องศา เมื่อปล่อยชิ้นทดสอบแล้วปลายทั้งสองต้องขนานกัน แล้วตรวจดูผิวของชิ้นทดสอบ

ง. 3 ผลการทดสอบ

เมื่อทดสอบตามข้อ ง.2 แล้ว ถ้าไม่มีรอยร้าวขวางตลอดแนวชิ้นทดสอบเกิดขึ้นทางด้าน ผิวชุบด้านนอกให้ถือว่ามีความยืดไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 ส่วนรอยร้าวเล็กน้อยที่ขอบชิ้นทดสอบยอมให้มีได้

บทที่ 23

ความปลอดภัยในโรงชุบ

ความปลอดภัยในการทำงานในโรงงานหรือโรงชุบ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นมาแล้วจะนำมาซึ่งความเสียหายแก่โรงงานทั้งในด้านทรัพย์สิน กำลังใจและชื่อเสียงเป็นอย่างมาก ทั้ง ๆ ที่อุบัติเหตุส่วนใหญ่แล้วเป็นสิ่งที่สามารถป้องกันได้ ถ้าหากสภาพการทำงานที่ดี มีเครื่องป้องกันเพียงพอ และทำการอบรมให้ความรู้รวมทั้งการฝึกนิสัยของคณงานอย่างถูกต้อง ในโรงงานหนึ่ง ๆ ควรมีผู้ที่รับผิดชอบคอยดูแลในเรื่องความปลอดภัย เพื่อที่จะทำหน้าที่ชี้แจงฝึกอบรมในเรื่องการป้องกันอุบัติเหตุและความปลอดภัย รักษาระเบียบและตรวจตราดูแลทั่ว ๆ ไป

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ อาจเกิดได้จากสิ่งเหล่านี้

1. คนงานไม่ได้รับคำชี้แจงที่ชัดเจนหรือไม่เพียงพอ หรือได้รับคำแนะนำที่ผิด ๆ
2. ไม่ให้ความสำคัญกับคำเตือน กฎ และระเบียบ ถือความสะดวกเป็นที่ตั้ง
3. กระทำการนอกเหนือไปจากหน้าที่ที่ได้รับ โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์
4. ขาดสมาธิความเอาใจใส่และความรับผิดชอบในการทำงาน
5. ขาดความรอบคอบไม่ระมัดระวัง
6. ไม่ตรวจสอบดูความพร้อมของเครื่องมือ เครื่องใช้ก่อนทำงาน
7. ใช้ของผิดประเภทและผิดขนาด
8. ไม่ใช้เครื่องป้องกันตามคำแนะนำ

ในการป้องกันอุบัติเหตุ โดยทั่ว ๆ ไปอาจจะปฏิบัติได้ดังนี้

1. ศึกษาถึงสาเหตุของอุบัติเหตุ ข้อบกพร่องของตัวเองและผู้ร่วมงาน
2. ปฏิบัติตามคำแนะนำ กฎ และระเบียบของโรงงานโดยเคร่งครัด
3. จัดเครื่องมือ เครื่องใช้และบริเวณที่ปฏิบัติงานให้เป็นระเบียบ
4. ต้องมีแสงสว่างในการปฏิบัติงานเพียงพอและอากาศถ่ายเทได้ดี
5. รู้วิธีใช้เครื่องดับเพลิง และควรมีเครื่องดับเพลิงประจำไว้ในตำแหน่งที่หยิบใช้ได้สะดวกและเพียงพอ
6. ควรสวมใส่เครื่องป้องกันต่าง ๆ ให้รัดกุม
7. ไม่รับประทานอาหาร สูบบุหรี่ หรือเล่นกันในขณะทำงานหรือในห้องทำงาน
8. ก่อนใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ไม่รู้จักหรือไม่เคยใช้อยู่เป็นประจำปกติ จะต้องศึกษาการใช้ให้เข้าใจเสียก่อน

9. ถ้าทำงานเกี่ยวกับวัตถุคิบหรือเคมีภัณฑ์ ควรศึกษาคุณสมบัติของสิ่งเหล่านี้ให้เข้าใจเสียก่อนเพราะที่จะใช้ได้อย่างถูกต้อง
10. ในการทิ้งสารและวัสดุต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงว่าอะไรบ้างที่ทิ้งรวมกันได้ อะไรบ้างที่ทิ้งรวมกันแล้วจะเกิดอันตรายได้

ความปลอดภัยในส่วนต่าง ๆ ของโรงชุบ

1. ทั่ว ๆ ไป

- พื้นและผนังห้องของห้องชุบหรือห้องทดลองควรจะทนกรดและด่างได้พอสมควร ไม่ลื่น และสะดวกในการล้างทำความสะอาด
- อากาศควรจะถ่ายเทได้สะดวก และมีเครื่องดูดหรือขจัดพวกไอพิษต่าง ๆ
- การวางผังโรงงานจะต้องเหมาะแก่การปฏิบัติงาน
- ควรดูแลรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี
- การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า ทางเดินสายไฟต้องอยู่ในลักษณะที่ถูกต้องปลอดภัย

2. ห้องเก็บวัสดุและสารเคมี

วัสดุในที่นี้หมายถึงสิ่งที่ไม่ใช่สารเคมี เช่น ล้อขัด กาว ยาขัด ขั้วบวก อะไหล่ของเครื่องมือต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งจะต้องเก็บไว้คนละห้องกับสารเคมี เพราะไอระเหยหรือสารเคมีที่เกิดการรั่วไหลอาจจะไปทำอันตรายกับวัสดุได้ พื้นและผนังห้องควรจะทนกรดหรือด่างพอสมควร เช่น อาจจะเทพื้นด้วยซีเมนต์ที่ผสมกับโซเดียมซิลิเกต นอกจากนี้ ห้องเก็บวัสดุและสารเคมียังต้องปราศจากความชื้น อากาศถ่ายเทได้ดีพอสมควร การจัดเรียงตามอักษรของวัสดุหรือสารเคมีหรืออาจจะเรียงตามประเภทของวัสดุหรือสารเคมี เช่น กรด ด่าง เกลือ และอื่น ๆ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกอย่างหนึ่งก็คือ ถ้าสิ่งใดต้องหยิบใช้บ่อย ๆ จะวางในลักษณะที่หยิบได้สะดวก

3. ห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการ

ห้องนี้ส่วนใหญ่จะทำการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการชุบ เช่น การวิเคราะห์น้ำยา การทดสอบน้ำยา การศึกษาภาวะการทำงานที่เหมาะสม เป็นต้น ฉะนั้น สิ่งที่ต้องระมัดระวังมากในห้องนี้ก็คือ อันตรายอันเกิดจากสารเคมี ซึ่งก็มีข้อที่พึงปฏิบัติในการลดอันตรายต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ดังนี้

- อย่ากระทำสิ่งใดด้วยความประมาท ขาดความไตร่ตรอง เพราะอาจจะเกิดความเสียหายกับเครื่องมือ เครื่องใช้ ตัวเอง และผู้อื่นได้
- ควรสวมเสื้อคลุมทับเสื้อผ้าที่ใส่ตามปกติเข้าไป เพื่อป้องกันสารเคมีที่เป็นพิษ หรือมีฤทธิ์กัดกร่อนที่รุนแรง เช่น กรดหรือไซยาไนด์ ซึ่งอาจจะกระเด็นมาถูกได้ และนอกจากนี้อาจจะสวมถุงมือหรือใส่แว่นตานิรภัยเมื่อต้องทำงานกับสารที่เป็นอันตรายด้วยจะดีมาก
- ไม่ทำการทดลองนอกเหนือไปจากคำสั่งหรือทำในสิ่งที่ไม่รู้จักจริง

- ควรทราบถึงคุณสมบัติของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เช่น สารใดเป็นสารที่มีพิษต่อร่างกาย สารใดผสมกันไม่ได้บ้าง เพราะเมื่อผสมแล้วอาจจะเกิดการระเบิดหรือเกิดการคลายความร้อนอย่างรุนแรงได้
- ห้ามชิมสารเคมีโดยเด็ดขาด
- ในการดมสารเคมีนั้น ไม่ให้ดมโดยตรงที่จมูก แต่ให้ถือไว้ห่าง ๆ แล้วใช้มือ โบกหรือพัดกลิ่นสารเคมีนั้นมาหาจมูก
- กรดหรือด่างเข้มข้น สารที่ระเหยที่อุณหภูมิปกติ ควรจะเก็บหรือทำการทดลองในตู้ควัน
- เมื่อกรดหรือด่างถูกกับร่างกายไม่ว่าจะเป็นส่วนใด ให้รีบล้างด้วยน้ำจำนวนมาก ๆ ทันที หรือถ้าสารเคมีกระเด็นเข้าตาจะต้องล้างด้วยน้ำจำนวนมาก ๆ และยาล้างตาทันที จากนั้นจึงทำการปฐมพยาบาล และถ้าเป็นมากต้องส่งตัวไปให้แพทย์รักษาด้วย
- ห้ามเทน้ำลงไปกรดหรือด่างเข้มข้นเนื่องจากกรดหรือด่างเหล่านี้มีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำ และเมื่อรวมตัวกันจะเกิดการคายความร้อนออกมามาก อาจจะทำให้ น้ำซึ่งเบากว่ากระเด็นออกมาได้

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับอันตรายจากสารเคมีชนิดต่าง ๆ และสิ่งที่ควรคำนึงถึงหรือข้อแนะนำต่าง ๆ เมื่ออยู่ในห้องปฏิบัติการนั้นผู้เขียนขอแนะนำให้นำอ่านเพิ่มเติมได้จากหนังสือ คู่มือความปลอดภัยในปฏิบัติการเคมีของ อาจารย์สุชาดา ชินะจิตร แห่งภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งจัดจำหน่ายโดยบริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด

4. ห้องชุด

อันตรายที่จะเกิดขึ้นในห้องชุดนี้อาจจะเกิดจากตัวผู้ชุดเอง เพื่อนร่วมงาน หรืองานที่กำลังทำอยู่ก็ได้ อันตรายที่เกิดจากตัวผู้ชุดเองอาจจะเนื่องจากผู้ชุดขาดความชำนาญ และไม่ทราบว่าอะไรที่จะเกิดอันตรายได้บ้าง เช่น ในขณะที่ทำการชุดชิ้นงาน จะเกิดความร้อนขึ้น ซึ่งผู้ชุดจะต้องสวมถุงมือที่เป็นที่ช่วยป้องกันความร้อนได้พอสมควร ผู้ชุดที่มีผมยาวจะต้องรัดหรือสวมหมวกให้กระชับ เพราะผมอาจจะเข้าไปพันกับวงล้อชุดหรือเพลลาของวงล้อได้ นอกจากนี้ การชุดยังมีสะเก็ดโลหะและฝุ่นหรือผงของโลหะเกิดขึ้นอีกด้วย จึงจำเป็นจะต้องสวมแว่นและมีผ้าหรือเครื่องกรองอากาศติดไว้ที่จมูกและปาก อันตรายที่จะเกิดจากเพื่อนร่วมงาน เช่น ในขณะที่ปฏิบัติงานอาจจะมีการกระทบกระทั่งกัน ทำให้เสียหลักการทรงตัวไปปะทะกับเครื่องจักรที่กำลังทำงาน หรือบางทีชิ้นงานที่ชุดซึ่งมีขนาดใหญ่ อาจจะเกะกะ หรือไปโดนเพื่อนร่วมงาน หรือเครื่องจักร ทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นก็ได้ ส่วนอุบัติเหตุที่เกิดจากงานที่จะต้องชุด เช่น ชิ้นงานมีรูปร่างซับซ้อนยากแก่การชุด หรือชิ้นงานไม่มีที่ยึดจับที่มั่นคง ซึ่งอาจจะถูกล้อชุดตีเอาเมื่อผู้ชุดก็ได้ เป็นต้น

5. ห้องซุบ

อันตรายในห้องซุบส่วนใหญ่จะเกิดจากไฟฟ้าซึ่งใช้ในปริมาณสูง และอาจจะเกิดจากน้ำยาซุบซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อของร่างกายหรือเป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากนี้ ยังอาจจะเกิดจากความร้อนบนชิ้นงานหรือที่แขวนชิ้นงานในกรณีที่ต้องทำการซุบที่กระแสไฟฟ้าแรงสูง และกระแสไฟเดินไม่ค่อยสะดวก ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงต้องสวมเสื้อผ้าให้รัดกุมมีเสื้อคลุมทับอีกชั้นหนึ่ง และควรสวมรองเท้ายางประเภทรองเท้าบูทสวมถุงมือ และแว่นนิรภัย ในห้องซุบจะต้องไม่ลื่นหรือมีสารเคมีเปียกชื้นตามพื้นห้อง และควรจะมีแสงสว่างเพียงพอ อากาศถ่ายเทได้สะดวก ถ้าหากถังซุบใดมีไอพิษระเหยออกมาได้ จะต้องมีการดูดไอพิษติดไว้ด้วย

วิธีปฐมพยาบาล

- ชั้นแรกถ้าผู้ป่วยยังมีสติอยู่ให้นำผู้ป่วยไปนอนในที่กลางแจ้ง ให้ออมิลไนไตรต์ (Amyl Nitrite) เทลงในผ้าเช็ดหน้าและให้ดม เปลี่ยนใหม่บ่อย ๆ ทุก 3 นาที
 - ใช้ผ้าเช็ดบริเวณที่ถูกโซเดียมไซยาไนด์ให้หมดแล้วล้างด้วยน้ำ และล้างด้วยน้ำยาบัพเฟอร์ ฟอสเฟต หรือโซเดียมไบคาร์บอเนตหลาย ๆ ครั้ง
 - ห้ามผ้าให้ผู้ป่วยเพื่อให้ร่างกายอบอุ่น
 - ช่วยการหายใจโดยการเป่าลมเข้าปาก หรือให้ออกซิเจน
- ข้อควรระวัง ออมิลไนไตรต์เป็นสารไวไฟไม่ควรใช้ใกล้ไฟหรือบุหรี่

ข้อแนะนำสำหรับแพทย์

ในกรณีที่ผู้ป่วยหมดสติ ควรฉีดยาให้ผู้ป่วยดังนี้

1. ละลายโซเดียมไนไตรต์ 0.3 กรัม ในน้ำบริสุทธิ์ 10 – 15 ซี.ซี. ฉีดให้ในอัตรา 2.5.- 5 ซี.ซี. ต่อนาที
2. ละลายโซเดียมไตรโอซัลเฟต 25 กรัม ในน้ำบริสุทธิ์ 50 ซี.ซี. ฉีดตามเข้าไปในอัตราเดียวกัน
3. ถ้าผู้ป่วยกินโซเดียมไซยาไนด์เข้าไป วิธีปฐมพยาบาลต้องพยายามให้ผู้ป่วยอาเจียนออกมา โดยใช้อมิลไนไตรต์ หรือจะใช้สารละลายผสมระหว่าง “ยาแก้พิษโซเดียมไซยาไนด์ เอ” ขวดที่หนึ่ง ซึ่งมีไอออนซัลเฟต 50 กรัม ผสมน้ำ 350 ซี.ซี. วิธีใช้เทยาจากทั้งสองขวด ขวดละเท่า ๆ กัน 30 ซี.ซี.แล้วให้ผู้ป่วยดื่มถ้ายังรู้สึกตัวอยู่ หรือจัดให้ผู้ป่วยนอนราบอุดจมูกท่อยาซ่า ๆ ลงในปากพยายามทำให้ผู้ป่วยอาเจียน
4. **ดูดไอพิษไตรกลอโรเอท ทิลิน** ไอของน้ำมันนี้เมื่อสูดเข้าไปจะทำให้มีความรู้สึกซึมเซาจนถึงหมดสติได้ วิธีการป้องกันควรถือหลักปฏิบัติดังนี้
 - ทำงานในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก
 - อย่าสูดไอของน้ำมันหรือกัมลงในถังโดยไม่จำเป็น

- ไม่ลงไปจนถึงน้ำมันนอกจากจะจำเป็นจริง
- มีอุปกรณ์ช่วยในการหายใจปิดจมูกขณะทำงาน
- ใช้เครื่องผ่อนแรงช่วย เช่น รอกหรือเครื่องยก ยกงานลงถึงเพื่อดึงน้ำมัน
- ไม่สูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน
- ไม่ปล่อยให้ น้ำมันหกทิ้งไว้ซึ่งอาจเกิดเพลิงไหม้ได้

เมื่อรู้สึกว่สูดไอน้ำมันเข้าไปถ้าเพียงเล็กน้อยแก้ไขโดยการสูดอากาศบริสุทธิ์เข้าไปก็หาย ถ้าสูดเข้าไปมากไม่ควรให้ผู้ป่วยเดิน นำผู้ป่วยไปยังที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์และให้นอนตะแคงคลุมผ้า เพื่อให้ความอบอุ่น และช่วยในการหายใจโดยการให้ออกซิเจนแล้วนำไปหาแพทย์

ถ้าน้ำมันกระเด็นเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ หรือน้ำเกลือ (ละลายเกลือธรรมดา 1 ช้อนชา ในน้ำอุ่น 550 ม.ล. แล้วกรองให้สะอาดก่อนใช้) ประมาณ 10 นาที เป็นอย่างน้อย ปิดตาด้วยผ้าที่สะอาดและอ่อนนุ่ม รีบปรึกษาแพทย์ทันที

5. ถูกไฟฟ้าดูด ผู้ป่วยจะมีการช็อก หัวใจเต้นอ่อนลง ควรกระตุ้นให้ผู้ป่วยหายใจ โดยการ ใช้ปากเป่าลมเข้าปากช่วยในการหายใจ และรีบนำส่งโรงพยาบาลทันที

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ภายในโรงงานควรจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ และยาแก้พิษต่าง ๆ เป็นต้น ว่า กรรไกร ปากคีบ ผ้าพันแผลพลาสติก ที่ล้างตา น้ำยาล้างตา ฯลฯ และสารเคมีต่าง ๆ เท่าที่ได้ กล่าวมา ทั้งหมดข้างต้น เพื่อจะได้หยิบใช้ได้ทันทีเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น

การปฐมพยาบาล

1. ผิวหนังไหม้เนื่องจากถูกกับกรดหรือด่าง

โมโนเบสิก โปแตสเซียม ฟอสเฟต	70	กรัม
ไดเบสิก โซเดียม ฟอสเฟต	180	กรัม
น้ำกลั่น	800	ซี.ซี.

ผสมน้ำยานี้กับน้ำอีกเท่าหนึ่งแล้วใช้ล้างส่วนที่บาดเจ็บ

ถ้าถูกเล็กน้อยใช้ผ้าพันแผลแห้ง ๆ พันไว้

ถ้าถูกด่างหรือกรดเป็นบริเวณกว้าง ทำเช่นเดียวกัน แล้วพาส่งแพทย์รักษา

อย่าใช้น้ำมันชนิดหนึ่งชนิดใดทาแผล

2. กรดหรือด่างเข้าตา

ใช้น้ำธรรมดา ล้างเป็นเวลา 20 นาที ใช้แผ่นปิดตา แล้วพาส่งโรงพยาบาล

3. รับประทานไซยาไนด์เข้าไป

ถ้าไม่มีเอมิล ไนไตรท์ ควรมียาแก้ 2 ขวด พร้อมทั้งแก้วดวง

ขวดหนึ่งปิดสลากว่า “ยาแก้พิษไซยาไนด์ เอ”

ขวดหนึ่งปิดสลากว่า “ยาแก้พิษไซยาไนด์ บี”

ขวดเอ ควรมี ไอออน ซัลเฟต 50 กรัม ผสมน้ำ 350 ซี.ซี.

ขวดบี ควรมี โซเดียม คาร์บอเนต 16 กรัม ผสมน้ำ 350 ซี.ซี. ปิดฉลากให้เรียบร้อย

การใช้ควรทำทันที รินยาจากขวดทั้งสองขวด ๆ ละ 30 ซี.ซี. ใส่ในถ้วยตวงยານี้ จะเป็น น้ำชุนสีเขียวปนเหลือง ถ้าคนไข้รู้สึกตัว ให้ดื่มน้ำยา แล้วให้นอนลง พยายามทำให้อาเจียน ถ้าคนไข้ ไม่รู้สึกตัว ควรให้นอกหงายราบ อุจจุมกแล้วเathers้ำ ๆ ลงในปาก แล้วทำให้อาเจียน

บทที่ 24

การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

การชุบโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อตกแต่งผิวโลหะให้สวยงามและทนทานต่อการกัดกร่อนของสภาพบรรยากาศ ในการชุบนี้จะต้องใช้สารเคมี เช่น น้ำกรด, ด่าง, เกลือโลหะ เช่น การชุบโครเมียม, การชุบทอง, การชุบสังกะสี, การชุบดีบุก, ชุบทองแดง, ชุบนิเกิล

ฉะนั้นน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะจึงเป็นน้ำทิ้งที่มีลักษณะสมบัติที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากน้ำทิ้งนั้นมักมีสภาพเป็นกรด, ด่าง และมีพวกโลหะต่าง ๆ ที่มาจากขบวนการชุบ

น้ำทิ้งที่ออกมาจากโรงงานส่วนใหญ่มาจาก 2 แหล่ง คือ จากถุงน้ำยาที่ใช้ชุบ และจากการล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาต่างและน้ำยากรด

การกำจัดน้ำทิ้งที่มีไซยาไนด์

สารเคมีที่ใช้

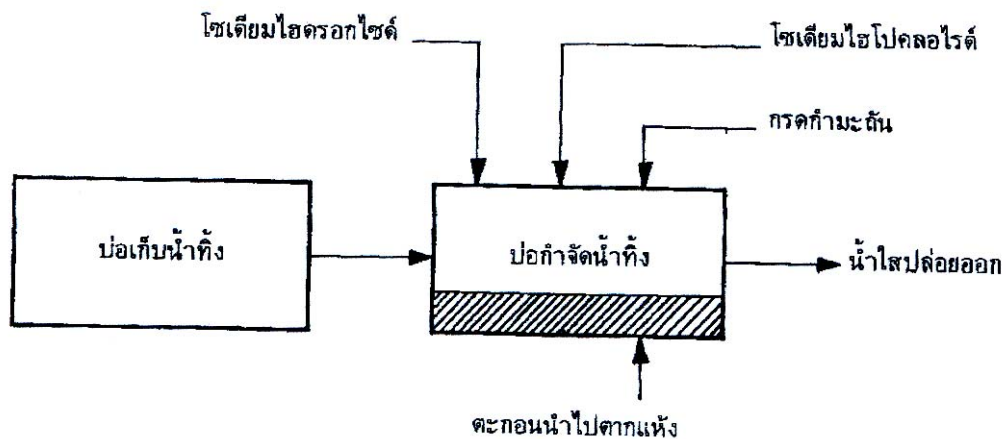
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50%

โซเดียมไฮโปคลอไรท์

กรดกำมะถันเข้มข้น

ขั้นตอนการกำจัด

1. ปรับค่า พี.เอช. ของน้ำทิ้งให้อยู่ที่ 11 โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกวนตลอดเวลา
2. เติมคลอรีนหรือเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์อย่างช้า ๆ และกวนตลอดเวลาจำนวนโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่เติมเท่ากับจำนวนโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เติมในข้อ 1.
3. ปรับค่า พี.เอช. ให้อยู่ที่ 11
4. กวนน้ำยาตลอดเวลา 30 นาที
5. ดักน้ำทิ้งไปตรวจหาค่าไซยาไนด์
6. ถ้ายังมีไซยาไนด์ก็ต้องเติมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ลงไปอีกพร้อมกับกวนน้ำยาตลอดเวลา 30 นาที
7. ดักน้ำทิ้งไปตรวจหาค่าไซยาไนด์ ทำจนกว่าไม่มีไซยาไนด์
8. ทิ้งไว้ทิ้งคืนเพื่อให้ตกตะกอน
9. ปรับค่า พี.เอช. ลงเหลือ 7 – 8 โดยการเติมกรดกำมะถัน
10. ปล่อยน้ำใส่ทิ้งไป และดักตะกอนทิ้ง



การกำจัดน้ำทิ้งที่มีโครเมียม

การกำจัดน้ำทิ้งที่มีโครเมียมก็มีลักษณะเดียวกับการกำจัดน้ำทิ้งที่มีไซยาไนด์ สารเคมีที่ใช้

กรดกำมะถันเข้มข้น

โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์

โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50%

ขั้นตอนการกำจัด

1. ตรวจสอบค่า พี.เอช. ของน้ำทิ้งและปรับ พี.เอช. ให้อยู่ที่ 2.5 โดยการเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 10% ลงไปและกวนให้เข้ากันตลอดเวลา
2. ลดเฮกซะวาเลนต์โครเมียมโดยการเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ จำนวน 2 เท่าของกรดกำมะถันที่เติมในข้อ 1.
3. ตรวจสอบค่า พี.เอช. ให้อยู่ที่ 2.5 และกวนตลอดเวลา 30 นาที
4. ตักน้ำยาไปตรวจสอบหาโครเมียม หากไม่มีโครเมียมแล้ว เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ อีกจำนวน 1/4 ของการเติมครั้งแรก และกวนอีก 30 นาที
5. ตรวจสอบค่าเฮกซะวาเลนต์โครเมียมจนไม่มี ถ้ายังมีก็เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์อีก จนกระทั่งไม่มีโครเมียม

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) และฉบับที่ 11 (พ.ศ.2521)
ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2521

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำที่ออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างให้มีลักษณะดังต่อไปนี้

- (1) ค่าของความเป็นกรด ต่าง (pH. value) ระหว่าง 5 ถึง 9
- (2) ค่าของเปอร์มังกาเนตไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (3) สารที่ละลายได้ (Dissolved solids) รวมกันไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (4) ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (5) ไซยาไนด์ (Cyanidel) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2

มิลลิกรัมต่อลิตร

- (6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

- 6.1 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.2 โครเมียม (Chromium) ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.3 อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.4 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.5 ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.6 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.7 บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.8 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.9 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.10 นิกเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 6.11 แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย

- * (8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (9) ฟอรั้มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (10) ฟีนอลและครีโอส (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (11) คลอรีนอิสระ (Free chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (12) ยาฆ่าแมลง (Insecticide) สารกัมมันตภาพรังสี ไม่มีเลย
- (13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 150 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน
- (14) ค่าของ บี.โอ.ดี. (5 วัดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (บี.โอ.ดี.หรือ B.O.D. ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand)
- (15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส
- (16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้งเมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้วไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

หมายเหตุ * เฉพาะประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2522)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39 (6) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงานทุกประเภทหรือชนิดที่มีหน้าที่กระทำการเกี่ยวกับการระบายน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 22 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง แต่ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dillution) โดยให้น้ำทิ้งมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ค่าของความเป็นกรดค่าต่าง (pH value) ระหว่าง 5 ถึง 9

(2) ค่าของเปอร์แมงกาเนต (Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

3.1 สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงาน-เจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าสารที่ละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็น ไฮโดรเจน ไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

6.1 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 โครเมียม (Chromium) ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.3 อาร์เซนิก (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.4 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.5 ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.6 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.7 บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.8 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.9 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.10 นิกเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.11 แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย

(8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้น โรงงานกลั่นน้ำมัน และ โรงงานประกอบกิจการผสมน้ำมันหล่อลื่น จาระบี ตามประเภท หรือชนิดโรงงานลำดับที่ 49, 50 (4) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ให้มีน้ำมัน ไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอลและหรือครีโซลส์ (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) ยาฆ่าแมลง (Insecticide) สารกัมมันตรังสี ไม่มีเลย

(13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 30 ส่วน ใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 151 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน

(14) ค่าของ บี.โอ.ดี. (5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบายตามที่ พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (บี.โอ.ดี.หรือ B.O.D. ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand) ยกเว้นเฉพาะ โรงงานประเภท หรือชนิด ดังต่อไปนี้

14.1 โรงงานประกอบกิจการทำอาหารจากสัตว์น้ำ และบรรจุในภาชนะที่ผนึก และอากาศเข้าไม่ได้ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 7 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2 โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 9 (3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตดังนี้

14.2.1 เหยียงแยกแป้งแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2.2 แยกแป้งด้วยการตกตะกอนแล้วทำให้แห้งบนพื้นอังไฟ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้น หรือชิ้น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 10 (3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดทำก๋วยเตี๋ยว ขนมหุ้น และเส้นหมี่ที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อวัน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.4 โรงงานหมัก ฟอก หนังสัตว์ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 29 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ที่ใช้หนังสัตว์สดเป็นวัตถุดิบ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.5 โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หญ้า เศษผ้า ฯลฯ ตามประเภท หรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 38 (1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.6 โรงงานห้องเย็น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 92 แห่งกฎ กระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดที่มีการแกะล้างแล้วแช่แข็งสัตว์น้ำ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งจะระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

(16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้ว ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525
พลตรีชาติชาย ชุณหะวัณ
(ชาติชาย ชุณหะวัณ)
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ภาคผนวกที่ 1

ธาตุและคุณสมบัติที่ควรทราบ

ธาตุ	สัญลักษณ์	น้ำหนักอะตอม	ความหนาแน่น (กรัมต่อ ลบ.ซม., ที่ 20°C)	จุดหลอมเหลว (°C)
อะลูมิเนียม (Aluminium)	Al	26.98	2.67	660
แอนติโมนี (Antimony)	Sb	121.75	6.62	631
อาร์เซนิก (Arsenic)	As	74.92	5.73	820
แบเรียม (Barrium)	Ba	137.34	3.59	710
เบอริลเลียม (Beryllium)	Be	9.01	1.85	1350
บิสมัท (Bismuth)	Bi	208.98	9.78	271
โบรอน (Boron)	B	10.81	2.30	2300
โบรมีน (Bromine)	Br	79.90	3.12	-7.2
แคดเมียม (Cadmium)	Cd	112.40	8.65	320.9
ซีเซียม (Cesium)	Cs	132.91	1.90	29.0
แคลเซียม (Calcium)	Ca	40.08	1.55	810
คาร์บอน (Carbon)	C	12.00	2.25	3700
ซีเรียม (Cerium)	Ce	140.12	6.71	600
คลอรีน (Chlorine)	Cl	35.45	-	101.6
โครเมียม (Chromium)	Cr	52.00	7.14	1890
โคบอลต์ (Cobalt)	Co	58.93	8.71	1492
คอปเปอร์ (ทองแดง) (Copper)	Cu	63.55	8.93	1083
ฟลูออรีน (Fluorine)	F	19.00	-	-223
กาลเลียม (Gallium)	Ga	69.72	5.46	29.7
โกลด์ (ทอง) (Gold)	Au	169.97	19.32	1063
ไฮโดรเจน (Hydrogen)	H	1.008	-	-259
อินเดียม (Indium)	In	114.82	7.28	155
เออร์เรียม (Iridium)	Ir	199.22	22.55	2447
ไอรอน (เหล็ก) (Iron)	Fe	55.85	7.86	1533
เลด (ตะกั่ว) (Lead)	Pb	207.20	11.34	327
ลิเทียม (Lithium)	Li	6.94	0.534	186

ธาตุ	สัญลักษณ์	น้ำหนักอะตอม	ความหนาแน่น (กรัมต่อ ลบ.ซม. ที่ 20°C)	จุดหลอมเหลว (°C)
แมกเนเซียม (Magnesium)	Mg	24.31	1.74	651
แมงกานีส (Manganese)	Mn	54.94	7.30	1230
เมอร์คิวรี (ปรอท) (Mercury)	Hg	200.59	13.55	-38.87
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	Mo	95.94	10.20	2620
นิกเกิล (Nickel)	Ni	58.71	8.8	1453
ไนโตรเจน (Nitrogen)	N	14.01	-	-209.9
ออกซิเจน (Oxygen)	O	16.00	-	-218.4
พัลลาเดียม (Palladium)	Pd	106.4	12.16	1552
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	P	30.97	1.82	44
แพลตินัม (Platinum)	Pt	195.09	21.37	1769
โปแตสเซียม (Potassium)	K	39.10	0.87	62.3
โรเดียม (Rhodium)	Rh	102.91	12.42	1960
เซเลเนียม (Selenium)	Se	78.96	4.81	220
ซิลิกอน (Silicon)	Si	28.09	2.42	1420
ซิลเวอร์ (เงิน) (Silver)	Ag	107.87	10.49	961
โซเดียม (Sodium)	Na	22.99	0.97	97.5
ซัลเฟอร์ (กำมะถัน) (Sulfur)	S	32.06	2.07	116
สตรอนเตียม (Strontium)	Sr	87.62	2.58	770
ทันทาลัม (Tantalum)	Ta	180.95	16.6	3005
เทลลูเรียม (Tellurium)	Te	127.60	6.25	452
ทอลเลียม (Thallium)	Tl	204.37	11.86	303.5
ทิน (ดีบุก) (Tin)	Sn	118.69	7.30	232
ติตานิยม (Titanium)	Ti	47.90	4.54	1820
ทังสแตน (Tungsten)	W	183.85	19.3	3380
วานาเดียม (Vanadium)	V	50.94	5.87	1735
ซิงค์ (สังกะสี) (Zinc)	Zn	65.38	7.13	419
เซอร์โคเนียม (Zirconium)	Zr	91.22	6.5	1750

ภาคผนวกที่ 2

เปอร์เซ็นต์ของโลหะในสารประกอบ (ถือว่าสารประกอบมีความบริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์)

ชื่อสารประกอบ	สูตร	น้ำหนักโมเลกุล	เปอร์เซ็นต์ของโลหะ
แอนติโมนีโคโรคลอไรด์	$SbCl_3$	228.1	53.4
แอนติโมนีออกไซด์	Sb_2O_3	291.5	83.5
บิสมัทออกไซด์	Bi_2O_3	466.0	89.7
แคดเมียมไซยาไนด์	$Cd(CN)_2$	164.4	68.4
แคดเมียมออกไซด์	CdO	128.4	87.5
กรดโครมิก	CrO_3	100.0	52.0
โคบอลต์แอมโมเนียมซัลเฟต	$CoSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	395.2	14.9
โคบอลต์คลอไรด์	$CoCl_2$	129.8	45.4
โคบอลต์ซัลเฟต	$CoSO_4$	155.0	38.0
โคบอลต์ซัลเฟต	$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	281.1	21.0
คอปเปอร์ไซยาไนด์	$CuCN$	89.6	70.9
คอปเปอร์ฟลูออโบเรต	$Cu(BF_4)_2$	237.2	26.8
คอปเปอร์ซัลเฟต	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	249.7	25.4
เฟอร์รัสคลอไรด์	$FeCl_2$	126.8	44.0
โกลด์คลอไรด์	$AuCl_3$	303.6	65.0
โกลด์คลอไรด์	$AuCl_3 \cdot 2H_2O$	339.6	58.1
โกลด์คลอไรด์	$AuCl$	232.7	84.7
โกลด์ไซยาไนด์	$AuCN$	223.2	88.4
โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์	$AuK(CN)_2$	288.3	68.4
โกลด์โปตัสเซียมไซยาไนด์	$AuK(CN)_2 \cdot 2H_2O$	324.4	60.8
โกลด์โซเดียมไซยาไนด์	$AuNa(CN)_2$	272.2	72.4
เลดฟลูออโบเรต	$Pb(BF_4)_2$	380.9	54.4
แมงกานีสคลอไรด์	$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	197.9	27.7
แมงกานีสซัลเฟต	$MnSO_4 \cdot H_2O$	169.0	32.5
นิกเกิลคลอไรด์	$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	237.7	24.7
นิกเกิลซัลเฟต	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	280.9	20.9
ซิลเวอร์ไซยาไนด์	$AgCN$	133.9	80.6
โปตัสเซียมซิลเวอร์ไซยาไนด์	$KAg(CN)_2$	199.0	54.2
ซิลเวอร์ไนเตรต	$AgNO_3$	169.9	63.5

ชื่อสารประกอบ	สูตร	น้ำหนักโมเลกุล	เปอร์เซ็นต์ของโลหะ
ทินคลอไรด์	SnCl ₂	189.6	62.6
ซิงค์ไซยาไนด์	Zn(CN) ₂	117.4	55.7
ซิงค์ฟลูออโบเรต	Zn(BF ₄) ₂	239.0	27.4

ภาคผนวกที่ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะของของเหลวกับของสบอเม

ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม	ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม	ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม
1.00	0.00	1.34	36.79	1.68	58.69
1.01	1.44	1.35	37.59	1.69	59.20
1.02	2.84	1.36	38.38	1.70	59.71
1.03	4.22	1.37	39.16	1.71	60.20
1.04	5.58	1.38	39.93	1.72	60.70
1.05	6.91	1.39	40.68	1.73	61.18
1.06	8.21	1.40	41.43	1.74	61.67
1.07	9.49	1.41	42.16	1.75	62.14
1.08	10.78	1.42	42.89	1.76	62.61
1.09	11.97	1.43	43.60	1.77	63.08
1.10	13.18	1.44	44.31	1.78	63.54
1.11	14.37	1.45	45.00	1.79	63.99
1.12	15.54	1.46	45.68	1.80	64.44
1.13	16.68	1.47	46.36	1.81	64.89
1.14	17.81	1.48	47.03	1.82	65.31
1.15	18.91	1.49	47.68	1.83	65.77
1.16	20.00	1.50	48.33	1.84	66.20
1.17	21.09	1.51	48.97	1.85	66.62
1.18	22.12	1.52	49.60	1.86	67.04
1.19	23.15	1.53	50.23	1.87	67.46
1.20	24.17	1.54	50.84	1.88	67.87
1.21	25.16	1.55	51.45	1.89	68.28

ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม	ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม	ความถ่วงจำเพาะ	องศาบอเม
1.22	26.15	1.56	52.05	1.90	68.68
1.23	27.11	1.57	52.64	1.91	69.08
1.24	28.06	1.58	53.23	1.92	69.48
1.25	29.00	1.59	53.80	1.93	69.87
1.26	29.92	1.60	54.38	1.94	70.26
1.27	30.83	1.61	54.94	1.95	70.64
1.28	31.72	1.62	55.49	1.96	71.02
1.29	32.60	1.63	56.04	1.97	71.40
1.30	33.46	1.64	56.58	1.98	71.77
1.31	34.31	1.65	57.12	1.99	72.14
1.32	35.15	1.66	57.65	2.00	72.50
1.33	35.98	1.67	58.17		

ภาคผนวกที่ 4

ความถ่วงจำเพาะและองศาบอเมของกรดไฮโดรคลอริกที่ละลายในน้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C) องศาบอเม	% HCl	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน	
1.0032	0.5	1	10.03	1.34
1.0082	1.2	2	20.16	2.68
1.0181	2.6	4	40.72	5.43
1.0279	3.9	6	61.67	8.23
1.0376	5.3	8	83.01	11.08
1.0474	6.6	10	104.7	13.95
1.0574	7.9	12	126.9	16.9
ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C) องศาบอเม	% HCl	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน	
1.0675	9.2	14	149.5	19.9
1.0776	10.4	16	172.4	23.0
1.0878	11.7	18	195.8	26.1
1.0980	12.9	20	219.6	29.25
1.1083	14.2	22	243.8	32.5
1.1187	15.4	24	268.5	35.8
1.1290	16.6	26	293.5	39.1

ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C)	องศาบอเม่	% HCl	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน
1.1392	17.7	28	319.0	42.5
1.1493	18.8	30	344.8	46.0
1.1593	19.9	32	371.0	49.5
1.1691	21.0	34	397.5	53.0
1.1789	22.0	36	424.4	56.6
1.1885	23.0	38	451.6	60.2
1.1980	24.0	40	479.2	64.0

ภาคผนวกที่ 5

ความถ่วงจำเพาะและองศาบอเม่ของกรดซัลฟูริกที่ละลายในน้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C)	องศาบอเม่	% H ₂ SO ₄	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน
1.0051	0.7	1	10.05	1.4
1.0184	2.6	3	30.55	4.07
1.0317	4.5	5	51.59	6.88
1.0453	6.3	7	73.17	9.76
1.0591	8.1	9	95.32	12.7
1.0731	9.9	11	118.0	15.73
1.0874	11.7	13	141.4	18.85
1.1020	13.4	15	165.3	22.05
1.1168	15.2	17	189.9	25.3
1.1318	16.9	19	215.0	28.7
1.1471	18.6	21	240.9	32.1
1.1626	20.3	23	267.4	35.6
1.1783	21.9	25	294.6	39.3
1.1942	23.6	27	322.4	43.0
1.2104	25.2	29	351.0	46.8
1.2267	26.8	31	380.3	51.0

ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C)	องศาบอเม	% H ₂ SO ₄	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน
1.2432	28.4	33	410.3	54.7
1.2599	29.9	35	441.0	58.8
1.2769	31.4	37	472.5	62.9
1.2941	33.0	39	504.7	67.3
1.3116	34.5	41	537.8	71.6
1.3294	35.9	43	571.6	76.1
1.3476	37.4	45	606.4	80.8
1.3663	38.9	47	642.2	85.5
1.3854	40.3	49	678.8	90.5
1.4049	41.8	51	716.5	95.5
1.4248	43.2	53	755.1	100.8
1.4453	44.7	55	794.9	106.0
1.4662	46.1	57	835.7	111.5
1.4875	47.5	59	877.6	117.0
1.5091	48.9	61	920.6	122.7
1.5310	50.3	63	964.5	128.7
1.5533	51.7	65	1010	134.8
1.5760	53.0	67	1056	141.0
1.5989	54.3	69	1103	147.0
1.6221	55.6	71	1152	153.8
1.6456	56.9	73	1201	160.0
1.6692	58.1	75	1252	167.0
1.6927	59.3	77	1303	174.0
1.7158	60.5	79	1355	181.0
1.7383	61.6	81	1408	188.0
1.7594	62.6	83	1460	195.0
1.7786	63.5	85	1512	201.6
1.7951	64.2	87	1562	208.4
1.8087	64.8	89	1610	214.6
1.8195	65.3	91	1656	220.6
1.8279	65.7	93	1700	226.5

ความถ่วงจำเพาะ (20/4°C)	องศาบอเม่	% H ₂ SO ₄	กรัมต่อลิตร	ออนซ์ต่อแกลลอน
1.8337	65.9	95	1742	232.5
1.8364	66.0	97	1781	237.5
1.8342	65.9	99	1816	242.0
1.8305	65.8	100	1831	244.5

ภาคผนวกที่ 6

องศาบอเม่และความเข้มข้นของกรดโครมิกที่ละลายในน้ำ

องศาบอเม่	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)	องศาบอเม่	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)	องศาบอเม่	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
1.44	15	16.11	178	28.06	345
2.14	22	16.68	185	28.51	353
2.84	29	17.25	193	29.00	360
3.54	36	17.81	200	29.92	375
4.22	43	18.36	208	30.38	383
4.90	50	18.91	215	30.83	390
5.58	57	19.46	222	31.28	398
6.25	64	20.00	229	31.72	406
6.91	71	20.54	236	32.16	414
7.06	78	21.07	243	32.60	422
8.21	85	21.60	251	33.03	430
8.85	93	22.12	257	33.46	438
9.49	100	22.64	265	33.88	446
10.12	107	23.15	272	34.31	453
10.74	114	23.66	280	34.73	461
11.36	122	24.17	288	35.15	468
11.97	129	24.67	295	35.57	476
12.48	136	25.16	301	35.98	484
13.18	143	25.66	309	36.24	492
13.78	150	26.15	316	36.79	500
14.37	157	26.63	323		
14.96	164	27.11	330		
15.54	171	27.59	338		

ภาคผนวกที่ 7
การเทียบมาตราในหน่วยต่าง ๆ

1	ฟาราเดย์	เท่ากับ	96.501.2	คูลอมบ์
1	แอมแปร์	“	1.04×10^{-5}	ฟาราเดย์ต่อวินาที
1	แอมแปร์ต่อชั่วโมง	“	3600	คูลอมบ์
1	แอมแปร์ต่อชั่วโมง	“	0.0373	ฟาราเดย์
1	แอมแปร์ต่อตารางฟุต	“	0.108	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร
1	อังสตรอม	“	1×10^{-8}	เซนติเมตร
1	ไมโครเมตร	“	0.001	มิลลิเมตร
1	มิลลิเมตร	“	0.1	เซนติเมตร
10	เซนติเมตร	“	1.0	เดซิเมตร
10	เดซิเมตร	“	1.0	เมตร
1	เมตร	“	1×10^6	ไมโครเมตร
1	ฟุต	“	30.48	เซนติเมตร
1	นิ้ว	“	2.54	เซนติเมตร
1	เซนติเมตร	“	0.3937	นิ้ว
1	ไมโครเมตร	“	3.49×10^{-5}	นิ้ว
1	ไมโครเมตร	“	1	ไมครอน
1	ฟุต	“	0.3048	เมตร
1	ตารางนิ้ว	“	6.45	ตารางเซนติเมตร
1	มิลลิลิตร	“	1	ลูกบาศก์เซนติเมตร
1	ลิตร	“	0.03532	ลูกบาศก์ฟุต
1	ลูกบาศก์เซนติเมตร	“	0.061	ลูกบาศก์นิ้ว
1	ลูกบาศก์ฟุต	“	7.48	แกลลอน
1	แกลลอน	“	3.785	ลิตร
1	แกลลอน	“	4	ควอร์ต
1	กิโลกรัม	“	2.205	ปอนด์
1	ปอนด์	“	453.6	กรัม
1	กรัมต่อลิตร	“	1000	ส่วนต่อล้านส่วน
1	ออนซ์ต่อแกลลอน	“	6.236	กรัมต่อลิตร

ภาคผนวกที่ 8

คุณสมบัติของกรดและการใช้งาน

กรดกำมะถัน (H_2SO_4)

มีความเข้มข้น 98 % ความหนาแน่น 1.84 ไม่มีสี

การใช้งาน

1. กัดเหล็ก
2. ทำให้ชิ้นงานเป็นกลางหลังจากล้างด้วยด่างแล้ว และใช้ล้างสนิม
3. ใช้ลอกนิกเกิล
4. ใช้ทำน้ำยาอะโนไดซ์
5. เป็นส่วนประกอบในน้ำยาชุบโครเมียม
6. ใช้ปรับลดค่า pH ในน้ำยาชุบนิกเกิล

กรดเกลือ (HCl) ถ.พ. 1.18

กรดเกลือเข้มข้น ไม่มีสี แต่ถ้าเป็นกรดเกลือเกรดธรรมดา จะมีสีเหลือง ความเข้มข้น 91 % กลิ่นฉุน

การใช้งาน

1. กัดเหล็ก
2. ใช้ประกอบน้ำยาทำทองแดงให้เป็นสีน้ำตาล
3. ใช้ทำกรดกัดทอง (aqua regia) กรดเกลือ 3 ส่วน กรดดินประสิว 1 ส่วนใช้ละลายทอง
4. ใช้วิเคราะห์หาค่าของต่าง ๆ

กรดดินประสิว (Nitric Acid) HNO_3 ถ.พ.1.52 ความเข้มข้น 60-67 % สามารถกัดกร่อนโลหะได้หลายชนิด ยกเว้นทองกับแพลตตินัม ใช้ในการแยกเงินซึ่งผสมอยู่ในทองได้ ไม่มีสี

การใช้งาน

1. ใช้ขัดล้างทองแดง, ทองเหลือง
2. ใช้ผสมทำกรดกัดทอง (aqua regia)
3. กัดโลหะได้หลายชนิด โดยเปลี่ยนโลหะให้เป็นเกลือ
4. ใช้ในขบวนการล้างผิวอลูมิเนียมก่อนอโนไดซ์

กรดบอริก (Boric Acid) H_3BO_3

เป็นกรดอ่อนมาก มีค่า pH 5.13 มีลักษณะเหมือนแป้งสีขาว

การใช้งาน

ใช้เป็นตัวควบคุมค่า pH ในน้ำยาชุบนิเกิล

กรดโครมิก (CrO₃)

เกล็ดสีน้ำตาลเข้ม ละลายง่ายในน้ำ กัดกระดาษ เมื่อผสมเป็นน้ำยาแล้ว กรองด้วยกระดาษไม้ได้ เกล็ดของกรดโครมิกเรียกว่า โครเมท

การใช้งาน

1. ส่วนมากใช้ผสมน้ำยาชุบโครเมียม
2. ใช้ทำน้ำยาให้สีน้ำตาลบนทองแดง

น้ำยาล้างเครื่องแก้วในห้องทดลอง

โซเดียมไบโครเมต (Na ₂ CrO ₇)	10	กรัม
น้ำ	70	ม.ล.
กรดกำมะถัน (H ₂ SO ₄)	22	กรัม

กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) H₃PO₄

การใช้งาน

1. ใช้ในขบวนการฟอสเฟต
2. ทำน้ำยาขัดเงาโลหะบางอย่าง เช่น ขัดเงาอลูมิเนียม

เอกสารอ้างอิง

สาโรจน์ พันธุ์แพ และ อภิชาติ ธรรมวิทย์กุล, การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า, โรงพิมพ์
ชวนพิมพ์ กรุงเทพมหานคร, 2526

อนันต์ ทองมอญ, การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและ
โลหะการ กรุงเทพมหานคร,.....