คุณสมบัติเหมาะสมกับงานจะใช้เช่น ทนต่อการกัดกร่อน การเสียดสี เพิ่มความแข็ง หรือเพิ่มคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า เป็นต้น ในปัจจุบันนี้กรรมวิธีการพอกโลหะอาจแบ่งออกได้เป็น 4 วิธีคือ

1. เชื่อมพอกด้วยไฟฟ้า (Welding)
2. พ่นด้วยผงโลหะ (Flame or plasma spraying)
3. ชุบในบ่อชุบ (Bath Electroplating)
4. ชุบโดยไม่ต้องใช้บ่อชุบ (Electrochemical Metallizing)

กรรมวิธีแต่ละอย่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปกล่าวคือ สองวิธีแรกสามารถเพิ่มเนื้อโลหะได้อย่างรวดเร็ว แต่ชิ้นงานจะได้รับความร้อนสูง (จากประกายไฟฟ้าซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 5,500 C สำหรับกระบวนการเชื่อมและจากเปลวของ Oxy-Acetylene สำหรับกระบวนการพ่นด้วยผงโลหะ) ซึ่งอาจทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวเสียรูป หรือเกิดความเครียด (Stress) ขึ้นในชิ้นงาน การยึดเกาะของโลหะที่พอกจะเป็นในระดับผิวเนื้อ (Mechanical Bond) ส่วนอีกสองวิธีหลังนั้น ใช้หลักการทางเคมีไฟฟ้าเหมือนกัน (Electrolysis) ขณะทำงานจะไม่มีความร้อนสูงเกิดขึ้น การยึดเกาะของเนื้อโลหะอยู่ในระดับอัตมเลกุล (Molecular Bond) แต่มีขีดจำกัดในเรื่องความหนา และความยุ่งยากในการขนย้ายชิ้นงานมาลงบ่อชุบ ในกรณีของการชุบในบ่อชุบ

<u>กระบวนการซีเล็กตรอน (Selectron Process)</u>

ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นว่า เดิมทีวิธีการชุบด้วยแปรงเป็นเพียงวิธีการย้อมแมวเพื่อหลอกลูกค้าเท่านั้น เพราะฉะนั้นก่อนที่วิธีการนี้จะมาเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางกระบวนการนี้ต้องปรับปรุงเรื่องสำคัญ ๆ อยู่ 3 ประการคือ ประการแรก สารละลายเคมี (Chemical Solution) หรือน้ำยาที่ใช้ได้ถูกพัฒนาให้มีเนื้อโลหะสูงกว่าสารละลายเดิมมีการลด หรือกำจัดไซยาไนด์ (Cyanide) ให้หมดไป ลดความเป็นกรดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด่างของสารละลายให้น้อยลง จนสารละลายที่ใช้มีค่า pH อยู่ในระหว่าง 4-10 ประการที่สอง ตัวแปรงซึ่งฝรั่งเศส เรียกว่า แทมพอนส์ (Tampons) ส่วนในอังกฤษและอเมริกา เรียกว่า สไนลัส (Stylus) ได้รับการพัฒนาให้มีครีบระบายความร้อนและตัวขั้วบวก (Anode) ที่ต่ออยู่กับ Stylus ก็ทำขึ้นจากกราฟไฟต์ที่มีความบริสุทธิ์เพื่อป้องกันมิให้มีสิ่งแปลกปนในสารละลาย ประการที่สาม เป็นการพัฒนาเครื่องจ่ายไฟซึ่งถูกออกแบบมาเป็นอย่างดี มีการติดมิเตอร์วัดค่า Amp-Hour ที่เที่ยงตรงเพื่อควบคุมความหนาของการชุบตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ก็ได้รับการออกแบบให้ปลอดภัยต่อการใช้งาน

ลักษณะการทำงานของชุด Selectron นั้น ถ้าดูเผิน ๆ แล้วจะคล้ายกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าคือ สายขั้วลบจะถูกต่อเข้ากับชิ้นงาน ส่วนขั้วบวกต่อเข้ากับด้ามแปรง (Stylus) มีปลายเป็นสื่อไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกราไฟต์บริสุทธิ์หุ้มด้วยวัสดุที่ดูดซับสารละลายได้ดีเมื่อทำงาน ใช้วิธีถูขั้วบวกที่ชุบสารละลายนี้ไปมาบนชิ้นงาน อุปกรณ์ชิ้นที่สองก็คือ ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Pack) เป็นเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง สามารถให้กระแสคงที่ตลอดระยะเวลาการทำงาน และปรับแรงดันไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง (Stepless Voltage Control) มีมาตรวัดค่าทั้งสองอย่างละเอียดแม่นยำ อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดก็คือ มาตรวัดค่า Amp-Hour ที่ใช้ไปเนื่องเพราะค่านี้จะเป็นตัวบอกความหนาของผิวที่พอก

<u>สารละลาย (Solution)</u>

สำหรับที่ใช้ในกระบวนการ Selectron นี้แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. สำหรับทำความสะอาด (Electro Cleaming) ล้างสิ่งสกปรกออกจากผิวของชิ้นงาน

2. ตัวกระตุ้น (Activator) ใช้กระตุ้นผิวโลหะที่จะพอก (Bose Metal) เพื่อให้ผิวโลหะนั้นพร้อมที่จะรับโลหะใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวประสาน ใช้เป็นตัวกลางเพื่อประสานเนื้อโลหะเดิมกับเนื้อโลหะใหม่ เช่น ชุบพอกโลหะต่าง ๆ ลงบนชิ้นงานที่เป็นอลูมิเนียม หรือเหล็กไร้สนิม

4. ตัวพอก (Built-up Solution) เป็นสารละลายที่ใช้ในขั้นสุดท้ายเพื่อพอกให้ได้คุณสมบัติของผิวโลหะที่ต้องการ

ในปัจจุบันนี้ สารละลายที่ใช้เคลือบพอกได้ถูกพัฒนาไปอย่างมากมาย สารละลายหรือน้ำยาของ Selectron นั้นมีให้เลือกใช้กว่าร้อยชนิด สำหรับเลือกใช้ให้เหมาะสมตามความต้องการของงานชนิดต่าง ๆ สามารถเคลือบได้ทั้งโลหะเนื้อเดียว (Base Metal) และโลหะผสม (Alloy) ลงบนชิ้นงาน แม้แต่คู่โลหะที่ไม่สามารถเชื่อมได้โดยวิธีทั่ว ๆ ไป เช่น การเชื่อมทองแดงติดกับอลูมิเนียม กระบวนการ Selectron ก็สามารถช่วยได้

นอกจากอุปกรณ์หลักที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ยังมีอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ สำหรับชุด Selectron ได้แก่ เครื่องสูบน้ำยาหมุนเวียน (Circulating Pump) เครื่องหมุนหลายชั้วบวกหมุนชิ้นงาน (ในกรณีที่ต้องการพอกด้านนอก หรือด้านในทั้งหมด)

ส่วนขั้นตอนในการพอกด้วยวิธีการ Selectron นี้ อาจแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอนคือ การทำความสะอาดชิ้นงานเพื่อล้างสิ่งสกปรก เช่น คราบน้ำมัน หรือออกไซด์ที่ผิวออกให้หมดด้วยการขัด ล้าง การทำความสะอาดด้วยสารละลายทำความสะอาด (Electro Cleaning) การกระตุ้นผิวชิ้นงานด้วยไฟฟ้า (Activating) การผ่านตัวประสาน (Bonding) ลงบนชิ้นงาน (ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่เป็นชิ้นงานและโลหะที่จะนำมาพอก) และการพอก (Build-up) คือ การผ่านสารละลายที่มีอิออน (ion) ของโลหะที่จะใช้พอกลงบนชิ้นงานเพื่อให้ ion นั้นเกาะยึดบนชิ้นงาน

<u>การประยุกต์ใช้งาน</u>

กระบวนการ Selectron นี้ได้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมการบินและอวกาศ เป็นที่รู้กันดีว่าข้อกำหนดของอุตสาหกรรมการบินและอวกาศจะต้องสูงกว่าอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไปมาก แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการ Selectron ก็เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมนี้เช่น ใช้ซ่อมชิ้นส่วนของแก๊สเทอร์ไบน์ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง อุปกรณ์ไฮโดรลิก และ Landing Gear เป็นต้น สายการบินกว่า 60 บริษัททั่วโลกมีเครื่อง Selectron ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน รวมทั้งบริษัทการบินไทยของเราด้วย

อุตสาหกรรมการเดินเรือ อู่ซ่อมเรือรบของรัฐนาวีสหรัฐอเมริกา รวมทั้งในเรือพี่เลี้ยงของเรือดำน้ำ เรือพิฆาต และประมาณ 60 % ของเรือบรรทุกเครื่องบิน มีเครื่อง Selectron ประจำอยู่อย่างน้อย 1 เครื่อง เพื่องานซ่อมชิ้นส่วนที่สึกหรอต่าง ๆ

แบบหล่อพลาสติก ยาง และแก้ว แบบหล่อ (Mold) มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับการสึกกร่อน กระบวนการ Selectron สามารถเติมเนื้อโลหะลงในบริเวณนี้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อนและเพิ่ม Relese Properties ให้แก่ Mold อีกด้วย

การพิมพ์เครื่องพิมพ์แบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Letter Press, Offset, Flexographic, Rotogravure สามารถใช้กรรมวิธี Selectron ในการซ่อมรอบบุบหรือรอยขีดข่วนบนผิวของลูกกลิ้ง (Cylinder) รวมทั้งส่วนอื่น ๆ ที่สึกหรอได้เป็นอย่างดี

งานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของระบบไฟฟ้าก็คือ ความต้องการให้มีการนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด ตามจุดสัมผัสต่าง ๆ Selectron สามารถชุบโลหะลงบนจุดต่าง ๆ เหล่านั้นได้โดยไม่จำกัดรูปร่างและขนาด และยังสามารถใช้ซ่อมบริเวณที่สึกกร่อนไปให้มีสภาพเหมือนใหม่ได้ สำหรับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ละเอียดอ่อนก็อาจชุบทองหรือโรเดียม ลงบนชิ้นส่วนที่อาจเสียหายไว้ก่อน

นอกจากนี้แล้ว Selectron ยังนำไปใช้งานอื่นได้อีกมากมายเช่น

- ซ่อมเครื่องจักรในโรงงาน
- ซ่อมเครื่องยนต์ดีเซล สตีม เทอร์ไบน์ แก๊สเทอร์ไบน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซ่อมอุปกรณ์ไฮดรอลิก
- ใช้ในกิจการรถไฟ
- ใช้ในงานเหมืองแร่และแท่นเจาะน้ำมัน
- ใช้ในงานศิลปะการตกแต่ง

ข้อดีและข้อจำกัด

ข้อดี ที่เห็นได้ชัดก็คือ เมื่อชิ้นงานเกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อย หากใช้วิธีซ่อมโดยการลอกผิวที่เคลือบพอกอยู่เดิมออก แล้วชุบใหม่ก็จะเป็นการยุ่งยากและมักจะต้องถอดชิ้นส่วนนั้น ๆ ออกมาจากเครื่องจักรเพื่อนำไปชุบในบ่อ ในบางครั้งกชิ้นงานอาจใหญ่เกินไป และถึงแม้จะมีบ่อชุบที่มีขนาดใหญ่พอแต่ก็จะต้องยุ่งยากในเรื่อง การขนส่งและงานเอกสารต่าง ๆ ทำให้ยุ่งยากเสียเวลา งานบางอย่างก็จำเป็นหรือสะดวกกว่าที่จะยกอุปกรณ์ไปที่ชิ้นงานที่จะทำ เช่น อุปกรณ์บนแท่นขุดเจาะน้ำมัน เครื่องยนต์ในเรือ หรือชิ้นส่วนของเครื่องบิน และงานที่มีขนาดใหญ่หนักมาก ๆ หรืออยู่ในที่ห่างไกล

นอกจากนี้ ชิ้นงานบางอย่างไม่อาจจุ่มลงในบ่อได้เพราะสารละลายอาจก่อให้เกิดสิ่งปลอมปนบนชิ้นงานเช่น ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทางไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ และคอมพิวเตอร์ ชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยโลหะและยาง หรือพลาสติก เป็นต้น การพอกโลหะแบบ Selectron นั้น จะให้การจัดเกาะของโลหะดีกว่าการการชุบแบบเก่า โดยเฉพาะการชุบดลหะพวกอลูมิเนียม เหล็กไร้สนิม และจะให้ความสะอาดชิ้นด้วยเมื่อต้องการชุบบางบริเวณของชิ้นงานที่มีความสลับซับซ้อนเพราะไม่ต้องยุ่งกับการปิดทับ (Masking) ส่วนที่ไม่ต้องการชุบมากนัก และมีอัตราเร็วในการชุบมากกว่าชุบในบ่อชุบมาก

อย่างไรก็ตาม กระบวนการ Selectron นี้ก็มีข้อจำกัดอยู่เช่นกัน กล่าวคือ ไม่เหมาะสมกับการชุบพอกที่ต้องการความหนามาก ๆ แม้ว่าโดยทางทฤษฎีแล้วเราจะสามารถใช้กรรมวิธีนี้ได้ แต่จะไม่คุ้มในแง่ของราคา สำหรับการชุบชิ้นงานจำนวนมาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วการใช้บ่อชุบจะประหยัดกว่า แต่กระบวนการ Selectron ก็อาจนำมาใช้ร่วมกับการชุบโดยบ่อชุบในการซ่อมจุดบกพร่องของชิ้นงานที่ชุบออกมาได้

นอกจากนี้แล้วสารละลายที่ใช้ในกระบวนการนี้จะมีราคาสูงกว่าสารละลายที่ใช้ในบ่อชุบ แต่เราควรจะพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายและเวลาที่ต้องใช้ไปในการชุบในบ่อ (ซึ่งช้ากว่าวิธี Selectron มาก) การถอดแยกและขนย้ายชิ้นส่วนรวมทั้งการปิดทับ (Masking)

ตัวอย่างของลักษณะงานที่เหมาะสมกับการใช้วิธี Selectron คือ

1. การตกแต่งรอยตำหนิของชิ้นงานบ่อชุบ
2. ใช้กับชิ้นงานที่อาจเกิดสิ่งปลอมปนได้ ถ้าชุบชิ้นงานในบ่อชุบ
3. ชิ้นงานที่ใหญ่เกินไปสำหรับบ่อชุบ
4. ชิ้นงานที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการประกอบ หรือการเคลื่อนย้ายสูง
5. ชิ้นงานที่ต้องทำการปิดทับ (Masking) เป็นจำนวนมาก
6. ใช้เพื่อช่วยให้มีการยึดเกาะที่ดีขึ้นเมื่อต้องการชุบอลูมิเนียม เหล็กไร้สนิม โครเมียม และโลหะอื่น ๆ
7. ชุบแคดเมียมลงบนเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง โดยไม่ทำให้เกิดการแตกเปราะเพราะไฮโดรเจน (Hydrogen Embrittlement)
8. ใช้กับงานชุบโลหะที่หน้างาน
9. ใช้ในการประยุกต์พิเศษ โดยการสลับขั้วไฟฟ้า
   - เพื่อกำจัดรอยด่าง
   - เพื่อขัดเงา
   - เพื่อทำสมดุลเชิงพลศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สรุป</u>

ถ้าจะว่าไปแล้วหลักการพื้นฐานของกระบวนการ Selectron นี้ก็คือ วิธีการทางไฟฟ้าเคมี (Electrolysis) เช่นเดียวกับการชุบโลหะในบ่อชุบ และมีลักษณะที่เป็นบทกลับ (Inversion) กับวิธีการชุบโลหะในบ่อชุบกล่าวคือ แทนที่จะจุ่มชิ้นงานลงในสารละลายที่มี ion ของโลหะที่จะชุบ เรากลับให้สารละลายของ ion นั้นผ่านไปบนชิ้นงาน และแทนที่เราจะนำชิ้นงานไปจุ่มลงในบ่อชุบ เราก็กลับยกเอาชุบอุปกรณ์ Selectron ไปที่ชิ้นงานได้

อุปกรณ์หลักที่สำคัญของกระบวนการ Selectron ก็คือ ตัวจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Pack) ที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าคงที่ตลอดระยะการทำงาน และปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องพร้อมทั้งอุปกรณ์วัดที่เที่ยงตรง และสารละลายที่มีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการนี้เป็นที่ทราบกันดีในหมู่วิศวกรเคมีว่า ส่วนผสมหรือตัวเติมเพียงเล็กน้อยจะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของสารละลายที่เตรียมมา

แม้ว่ากระบวนการ Selectron จะเป็นกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง และชุดอุปกรณ์ Selectron ของ ดร.มาร์วิน รูบินสไตน์ ได้กลายเป็นต้นแบบของการสร้างชุดอุปกรณ์ Selectron ในบางประเทศตามมา แต่สำหรับประเทศไทยแล้ว กล่าวได้ว่ายังไม่เป็นที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลายเท่าใดนัก อาจเป็นเพราะว่าเรายังเคยชินอยู่กับการใช้ชุบชิ้นงานในบ่อชุบอยู่ก็เป็นได้ อย่างไรก็ตามขณะนี้ชุด Selectron ของ ศจ.รูบินสไตน์ ก็ได้เข้ามาสู่ประเทศไทยแล้ว โดยมีบริษัท ซิสโก-เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด เป็นตัวแทน และชุด Selectron ที่ผลิตในประเทศอื่นก็ได้เริ่มเข้ามาสู่วงการชุบตลหะนี้ด้วยเช่นกัน เชื่อว่าในอนาคตกระบวนการ Selectron นี้จะเป็นที่รู้จักและใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้