# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาของปัญหา

ประวัติศาสตร์ของมนุษย์ได้ชี้ให้เห็นว่าโลหะมีความสำคัญต่อมนุษย์ และมนุษย์รู้จักใช้โลหะมาเป็นเวลานานแล้ว โดยเริ่มจากในยุคหิน เข้าใจกันว่าโลหะที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ก่อน ได้แก่ ทองคำ เงิน ทองแดง และตีบุก เนื่องจากโลหะเหล่านั้นเกิดในธรรมชาติในสภาพที่เป็นโลหะแท้ เช่น เป็นเม็ดทองปนอยู่กับก้อนกรวดใต้ท้องน้ำ เป็นต้น จากหลักฐานที่ปรากฏพบว่ามนุษย์ยุคหินตอนหลังได้มีการนำทองคำมาใช้ทำเครื่องประดับแล้ว ต่อมาในยุคหลังยุคหิน มนุษย์สามารถสกัดโลหะและนำมาสร้างเป็นอาวุธและเครื่องใช้ต่างๆ ได้ตามต้องการ เรียกยุคนี้ว่ายุคโลหะ ถือกันว่าอารยธรรมต่างๆของมนุษย์ได้เริ่มมาพร้อมๆกับการเริ่มนำโลหะมาใช้ประโยชน์ แม้ว่าหลังยุคโลหะอารยธรรมของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปแต่โลหะยังคงมีบทบาทและความสำคัญต่อมนุษย์ตลอดมา จนมาถึงปัจจุบันซึ่งได้ชื่อว่าเป็นยุคที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างยิ่ง โลหะยิ่งทวีความสำคัญมาก ดังจะพิจารณาได้จากในการดำเนินชีวิตประจำวันของเราจะพบว่าโลหะได้เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น การนำโลหะมาใช้ทำอุปกรณ์เครื่องใช้ไม้สอยต่างๆในบ้าน เป็นต้น นอกจากนี้เรายังนำโลหะมาใช้ทำเครื่องจักรกล และชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักรกลในทางอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าอุตสาหกรรมเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศชาติ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า โลหะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พัฒนาประเทศ ยิ่งไปกว่านั้นโลหะบางชนิดยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของโลก ได้แก่ ทองคำ ซึ่งนำมาเป็นตัวกำหนดค่าของเงินทั่วโลกได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536)

ในการนำโลหะมาใช้งานนั้น ถ้าเราสังเกตจะพบว่าโลหะเกือบทุกชนิดเมื่อนำมาใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่งจะเกิดการผุกร่อน โดยเฉพาะโลหะที่นำมาใช้กันมาก ได้แก่ เหล็ก เรามักจะพบเห็นการผุกร่อนเสมอ เช่น รั้วเหล็ก ประตูเหล็กเกิดเป็นสนิม ตัวถังรถยนต์ผุ ท่อน้ำผุและเกิดสนิม ตะปูเกิดสนิม เป็นต้น การผุกร่อนของโลหะนี้ก็เกิดได้เนื่องจากโลหะทำปฏิกิริยากับสารอื่น แล้วได้สารประกอบของโลหะนั้น ซึ่งมีสมบัติต่างไปจากโลหะเดิม เนื้อของโลหะจึงกร่อนไป ก่อให้เกิดความเสียหายกับเครื่องมือเครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ ทำให้ต้องมีการซื้อหามาทดแทน ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ และอาจมีอันตรายต่อร่างกายและชีวิตของผู้ใช้งานได้ การผุกร่อนของโลหะจึงนับว่าเป็นปัญหาสำคัญยิ่งอันหนึ่งที่ต้องได้รับการแก้ไข

เนื่องจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ปัจจุบันในการนำโลหะมาใช้งานจะไม่พบการนำโลหะเดี่ยวๆมาใช้นัก แต่มักจะพบในรูปของการนำเอาโลหะหลายชนิดมาผสมกันเป็นโลหะผสมหรือโลหะเจือ เพื่อให้โลหะที่ต้องการมีสมบัติเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานตามวัตถุประสงค์ เช่น ลดการผุกร่อน เป็นต้น ตัวอย่างโลหะผสมได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเป็นโลหะผสมที่ประกอบด้วยเหล็กกล้ากับโครเมี่ยม จึงทำให้สมบัติของเหล็กเปลี่ยนแปลงไป เหล็กกล้าไร้สนิมจะไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี จึงนิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง นับตั้งแต่ทำเครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องมือเครื่องใช้ในการเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโลหะผสมบางชนิด

ที่มา : กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

| โลหะผสม | ส่วนประกอบ | สมบัติที่ต้องการ | การใช้งาน |
|---|---|---|---|
| เหล็กกล้าไร้สนิม | เหล็กกล้า (เหล็กผสมคาร์บอน)<br>โครเมี่ยม 12-26%<br>นิกเกิล 1-3%<br>และโลหะอื่นอีกเล็กน้อย | ไร้สนิม | เครื่องมือ เครื่องใช้ต่างๆ เช่น มีด ช้อน หม้อ ชิ้นส่วนรถยนต์ |
| เหล็กกล้าโครมวาเนเดียม | เหล็กกล้า<br>โครเมี่ยม 0.5-1%<br>วาเนเดียม .15-.25% | ไร้สนิม แข็งและเหนียว ไม่สึกหรอง่าย แม้ใช้งานที่อุณหภูมิสูง | เครื่องมือ เครื่องใช้ที่ทนต่อการเสียดสี มีดที่คมโดยไม่ต้องลับบ่อยๆ |
| นิโครม | นิกเกิล 60%<br>โครเมี่ยม 40% | ความต้านทานไฟฟ้าสูง จุดหลอมเหลวสูง | ลวดความร้อนในอุปกรณ์ไฟฟ้า |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโลหะผสมบางชนิด (ต่อ)

ที่มา : กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

| โลหะผสม | ส่วนประกอบ | สมบัติที่ต้องการ | การใช้งาน |
|---|---|---|---|
| นาก | ทองแดง<br>ทองคำ<br>อัตราส่วนไม่แน่นอน<br>เรียกตามเปอร์เซ็นต์<br>ของทองคำ เช่น<br>นาก 60% นาก 40% | เนื้อแข็งกว่าทอง | เครื่องประดับ<br>เครื่องใช้บางชนิด |
| แมกนีเสียม | แมกนีเซียม 1.75%<br>อะลูมิเนียม 96%<br>ทองแดง 1.75% | เนื้อแข็งกว่า<br>อะลูมิเนียม<br>น้ำหนักเบา | ส่วนประกอบของตัว<br>เครื่องบิน |
| ทองลงหิน<br>(บรอนซ์) | ทองแดงประมาณ 80%<br>ดีบุกประมาณ 20%<br>อาจมีส่วนผสมอื่นอีก<br>เล็กน้อย เช่น นิกเกิล<br>ตะกั่ว สังกะสี | เนื้อแข็ง เหนียว<br>ทนการผุกร่อน<br>น้ำหนักเบา | เครื่องใช้ในครัว<br>เรือน เครื่องประดับ<br>งานประติมากรรม |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโลหะผสมบางชนิด (ต่อ)

ที่มา : กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

| โลหะผสม | ส่วนประกอบ | สมบัติที่ต้องการ | การใช้งาน |
|---|---|---|---|
| เงินสเตอร์ลิง | เงิน 92.5%<br>ทองแดง 7.2%<br>ตะกั่ว 0.2%<br>ทองคำ 0.1% | เนื้อแข็งกว่าเงินใช้ไปนานๆจะมีสีดำของเงินชัลไฟด์ | เครื่องประดับ |
| เงินเยอรมันหรือเงินนิกเกิล | ทองแดง 52-80%<br>สังกะสี 10-35%<br>นิกเกิล 5-35%<br>อาจมีตะกั่วและดีบุกด้วย | สีขาวคล้ายเงินไม่เกิดปฏิกิริยาจึงไม่เปลี่ยนสีหรือดำ | เครื่องใช้<br>เครื่องประดับสีเงินชนิดไม่ดำ |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้พบว่า การผุกร่อนของโลหะส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากผิวของโลหะสัมผัสกับความชื้นและอากาศ ซึ่งถ้าสามารถป้องกันไม่ให้ผิวโลหะสัมผัสกับความชื้นและอากาศได้ การผุกร่อนก็จะไม่เกิดขึ้น และเนื่องจากชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ อาทิเช่น กระบอกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder) ปลอกสูบ (Cylinder sleeve) แกนเพลา (Shaft) แม่พิมพ์ (Mold) เป็นต้น ต้องรับแรงเสียดสีอันเนื่องมาจากการทำงาน ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นบ่อยครั้งจะทำให้ผิวสัมผัสเกิดการสึกหรอ ผุกร่อนได้ จากสาเหตุดังกล่าวเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเหล่านั้นด้อยลง เมื่อเป็นเช่นนี้จึงจำเป็นต้องทำการซ่อมแซมและบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเหล่านั้น โดยวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติ ได้แก่ กรรมวิธีการพอกผิวโลหะ เช่น การชุบโครเมี่ยม เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ด้อยลงนั้นให้ดีขึ้นได้

การพอกผิวโลหะ หมายถึง การเพิ่มเนื้อโลหะขึ้นมาจากผิวโลหะเดิมเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจเป็นการพอกเพื่อเสริมผิวส่วนที่สึกหรอของชิ้นงาน หรือเป็นการพอกเพื่อปรับปรุงผิวของชิ้นงานให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับงานที่จะใช้ เช่น การพอกเพื่อเพิ่มความแข็ง การพอกเพื่อให้ชิ้นงานทนต่อการเสียดสีหรือกัดกร่อน หรืออาจเป็นการพอกเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านการนำไฟฟ้าของชิ้นงาน เป็นต้น การพอกผิวโลหะอาจทำโดยใช้โลหะชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันเคลือบบนผิวของชิ้นงานที่ต้องการก็ได้

โดยทั่วไป จะพบว่าปัญหาการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆมักเกิดเนื่องจาก

1. การสึกหรออันเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การเกิดสนิม ซึ่งสามารถแก้ได้โดยทำการเคลือบผิวหน้าอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆเหล่านั้นด้วยโลหะชนิดทนการกัดกร่อนทางเคมีและต้านการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (ปฏิกิริยา Oxidation) เช่น นิกเกิล โครเมี่ยม เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ชิ้นส่วนเกิดการสึกหรอจากการสัมผัสหรือเสียดสีกับวัสดุอื่น ๆ เช่น สายพานลำเลียงหิน เป็นต้น โลหะที่ใช้นำมาเคลือบเพื่อลดการสึกหรออันเกิดจากการสัมผัสเสียดสีกับวัสดุอื่นจะต้องเป็นโลหะที่ค่อนข้างแข็ง เช่น ทังสเตนคาร์ไบด์ หรือเซรามิค (สารประกอบของโครเมี่ยมกับอลูมิเนียมออกไซด์) เป็นต้น

3. ชิ้นส่วนถูกกระแทกจากวัสดุซึ่งมีความแข็ง เช่น ผิวหน้าของเครื่องมือและแม่พิมพ์ ผิวหน้าลิ้นไอดีและไอเสียเครื่องยนต์ เป็นต้น ชิ้นส่วนดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนรับแรงกระแทก ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนนั้นๆเกิดเปลี่ยนขนาดและรูปร่างจากเดิม หรืออาจเกิดการแตกหัก ในกรณีนี้สามารถทำการซ่อมแซมได้โดยการเคลือบผิวชิ้นส่วนต่างๆเหล่านั้น ด้วยวัสดุที่มีความแข็งและเหนียว วัสดุพอกผิวที่แข็งกว่าจะป้องกันการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างอันเกิดเนื่องจากแรงกระแทกได้ดีพอควร ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานของชิ้นงานได้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าการพอกผิวโลหะเป็นกรรมวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับชิ้นงานอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆกัน ซึ่งแน่นอนว่าย่อมไม่สามารถแก้ปัญหาได้ในทุกลักษณะ ดังนั้นในการพอกผิวโลหะบนอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆนั้น ควรพิจารณาตามหลักการดังต่อไปนี้ คือ

1. พิจารณาการสึกหรอจากสภาพการใช้งานปกติของชิ้นส่วนอุปกรณ์และค้นหาสาเหตุของการสึกหรอ

2. พิจารณาเลือกชนิดของวัสดุหรือโลหะที่จะนำมาทำการพอกผิวชิ้นงานเพื่อลดการสึกหรอตามสาเหตุที่พบ

3. พิจารณาเลือกใช้กรรมวิธีการพอกผิวโลหะด้วยวิธีที่เหมาะสมและประหยัดที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยทั่วไป กรรมวิธีการพอกผิวโลหะแบ่งออกได้เป็น 6 วิธีคือ

1. การเชื่อมพอกด้วยแก๊ส (Gas Welding)

2. การเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)

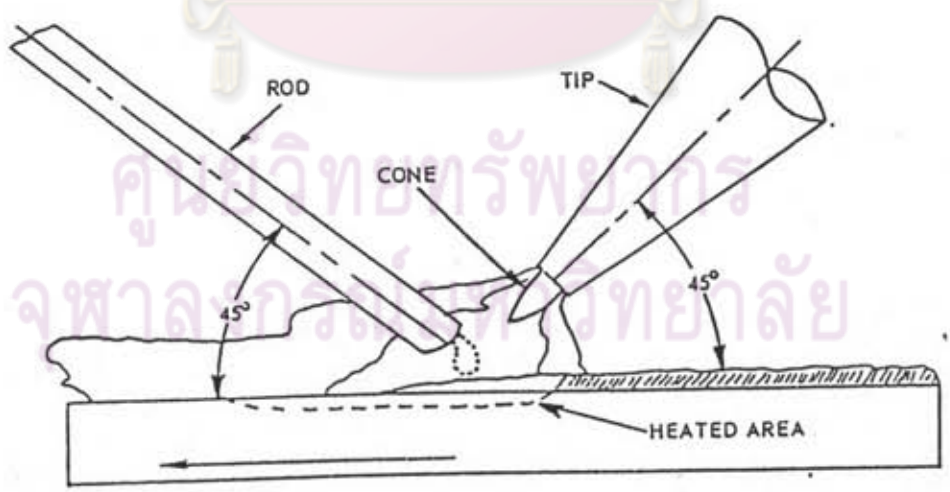
3. การพ่นด้วยผงโลหะ (Metal Spraying)

4. การพอกผิวโลหะแบบพลาสม่า (Plasma Arc Welding)

5. การชุบด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ (Bath Electroplating)

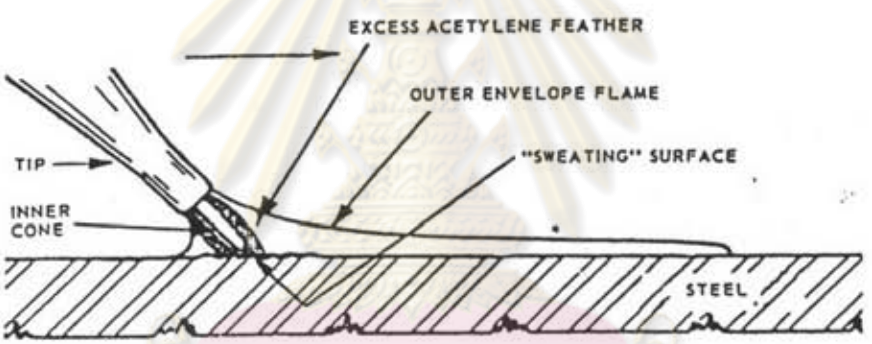
6. การชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า หรือ การชุบโลหะแบบเฉพาะที่ หรือการชุบโดยไม่ต้องใช้บ่อชุบ (Selective Plating or Brush Plating or Electrochemical Metallizing or Selectron Process or Dalic Plating)

1. การเชื่อมพอกด้วยแก๊ส (Gas Welding)

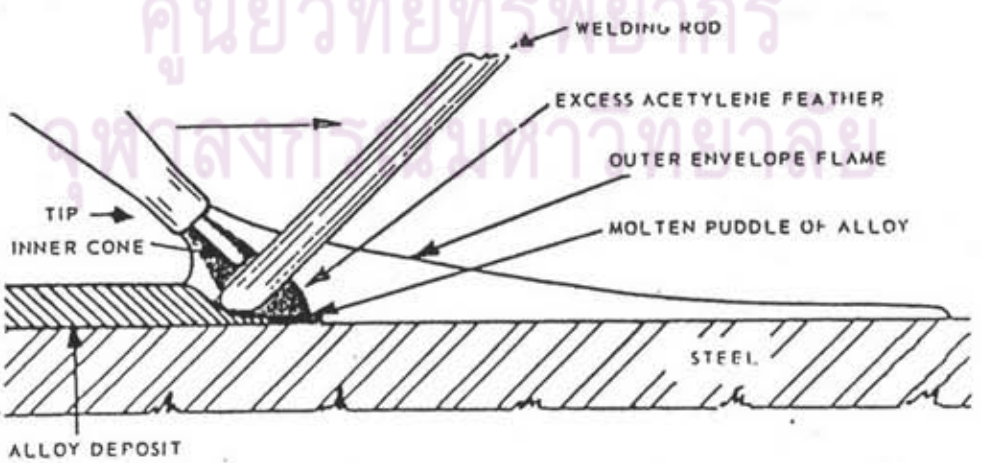



รูปที่ 1 การเชื่อมพอกด้วยแก๊ส

การเชื่อมแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับการบัดกรีแข็ง (Brazing) คือจะมีการให้ความร้อนบนชิ้นงานบริเวณที่ต้องการพอกด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 1200° C จนกระทั่งชิ้นงานแดงและเกือบละลาย (สังเกตได้จากผิวหน้าของชิ้นงานจะเยิ้มเป็นมัน) ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีข้อดีคือ เป็นการอุ่นชิ้นงานไปในตัวขณะที่ทำการเชื่อมและยังช่วยทำให้ผิวชิ้นงานสะอาดอีกด้วย สำหรับขนาดของหัวทิพ (Tip) ที่ใช้จะใหญ่กว่าหัวเชื่อมทั่วไปประมาณ 1-2 ขนาด ตามสภาพและขนาดของลวดเชื่อม โดยตำแหน่งมุมของหัวทิพสำหรับเชื่อมพอกวิธีนี้นั้นจะเหมือนกับการเชื่อมแก๊สทั่วไป

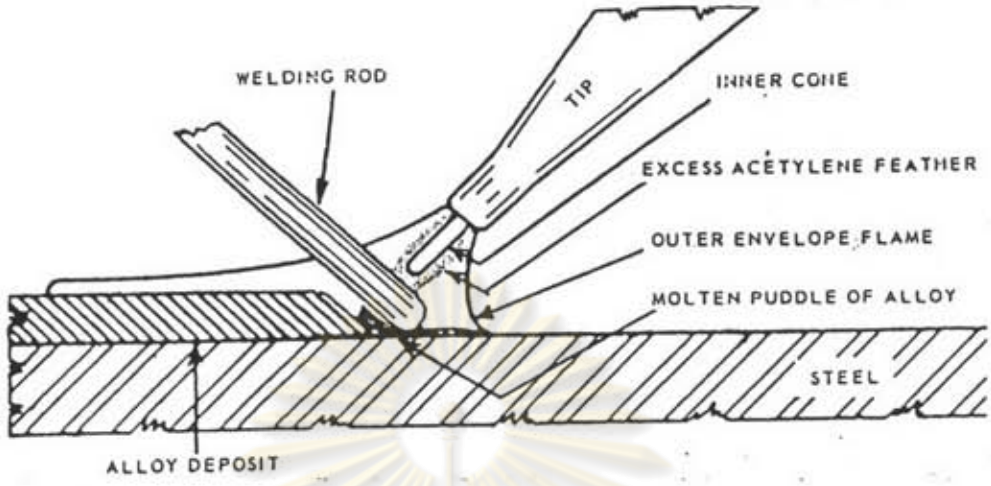



รูปที่ 2 ลักษณะของเปลวไฟ และตำแหน่งพอกผิว




รูปที่ 3 วิธีการเชื่อมพอกผิวแบบเดินหน้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4 วิธีการเชื่อมพอกผิวแบบถอยหลัง

2. การเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)

การพอกผิวโลหะวิธีนี้จะใช้ไฟกระแสตรงกลับขั้ว โดยกระแสไฟเชื่อมจะสูงกว่าการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมธรรมดาเล็กน้อย ระยะอาร์กจะห่างออกเป็นการให้ความร้อนชิ้นงานขณะอาร์กไปในตัว ดังนั้นชิ้นงานที่นำมาพอกผิวไม่มีความจำเป็นต้องอุ่นให้ความร้อนก่อนเชื่อม เว้นแต่ชิ้นงานนั้นเป็นเหล็กกล้าผสม การเชื่อมแต่ละครั้งต้องพิจารณาว่า ถ้าต้องการแนวเชื่อมเล็ก แคบ ต้องใช้ลวดเชื่อมขนาดเล็ก และเมื่อเชื่อมแล้วทำให้รอยเชื่อมเย็นตัวเร็ว แต่ถ้าต้องการแนวเชื่อมใหญ่กว้าง ควรใช้ลวดเชื่อมขนาดใหญ่และกระแสไฟเชื่อมสูง การเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้านี้เป็นกรรมวิธีการพอกผิวโลหะที่สามารถเพิ่มเนื้อโลหะได้อย่างรวดเร็ว มีการยึดระหว่างผิว และความแน่นของผิวที่เสริมดีมาก แต่ชิ้นงานอาจบิดเบี้ยวเสียรูปหรือเกิดแรงเค้นขึ้นภายในชิ้นงาน (Internal Stress) ได้ เนื่องจากในการเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้านี้ชิ้นงานจะได้รับความร้อนสูงประมาณ 10,000° F (5,538°C) และภายหลังจากการเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้าแล้ว อาจจำเป็นต้องทำการกลึงหรือเจียรชิ้นงานอีกขั้นตอนหนึ่ง

รูปที่ 5 ตัวอย่างการเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้า

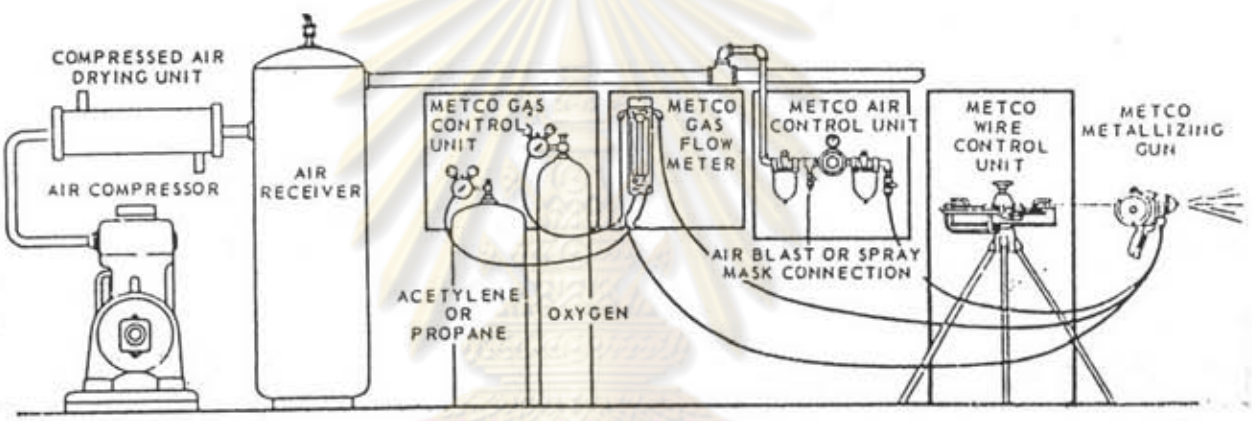
3. การพ่นด้วยผงโลหะ (Metal Spraying)

การพ่นสามารถทำได้ทั้งโดยการใช้ความร้อนจากหัวเชื่อมแก๊สหรือการเหนี่ยวนำด้วยกระแสไฟฟ้า โดยหัวพ่นที่ใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้ลวดเป็นวัสดุพอกผิว และชนิดที่ใช้ผงโลหะเป็นวัสดุพอกผิว ซึ่งทั้งสองชนิดนี้มีทั้งแบบใช้มือพ่นและแบบที่สามารถติดตั้งหัวพ่นบนชิ้นงานได้

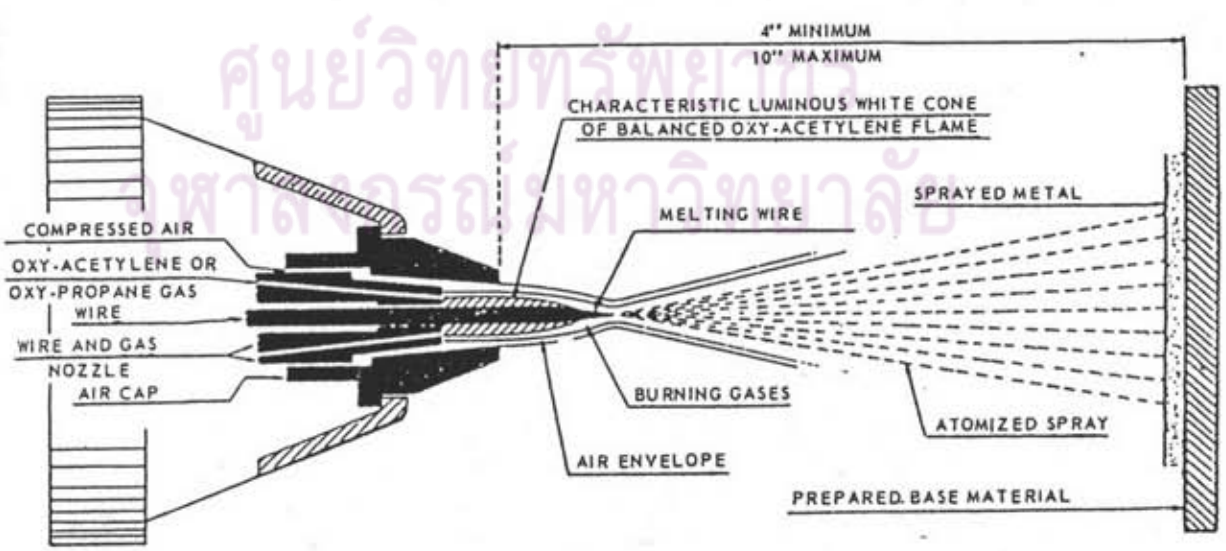
รูปที่ 6 ตัวอย่างการพ่นผงโลหะลงบนผิวของชิ้นงาน (เพลา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แม้ว่าโลหะซึ่งนำมาพ่นจะอยู่ในรูปของลวดหรือผงโลหะก็ตาม มีหลักการเดียวกันคือ จะต้องใช้ความร้อนจากแก๊สเพื่อหลอมละลายโลหะพ่นก่อน จึงดันออกจากหัวพ่น (Spray Gun) ด้วยแรงดันสูง ซึ่งแรงดันสูงนี้จะทำให้น้ำโลหะหลอมละลายวิ่งแตกเป็นละอองไปสู่ผิวชิ้นงานขณะร้อน รูปที่ 7 แสดงลักษณะการทำงานและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการพ่นพอกด้วยระบบป้อนลวด แต่สำหรับการพ่นพอกแบบใช้ผงโลหะ จะต่างกับการพ่นพอกด้วยระบบป้อนลวดตรงที่หัวพ่นจะไม่มีชุดป้อนลวดโลหะติดอยู่ และรูปที่ 8 แสดงหลักการทำงานของหัวพ่นลวดโลหะละลาย

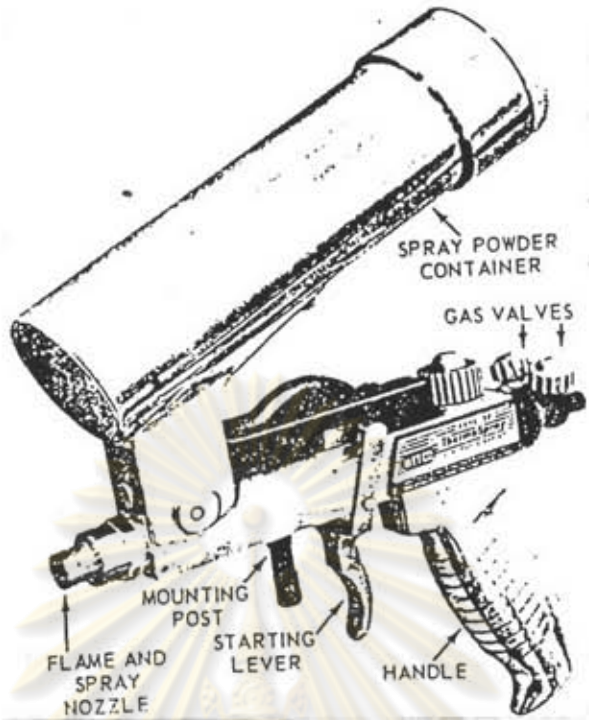



รูปที่ 7 อุปกรณ์เพื่อการพ่นพอกผิวด้วยระบบป้อนลวด




รูปที่ 8 หลักการทำงานของหัวพ่นลวดโลหะละลาย

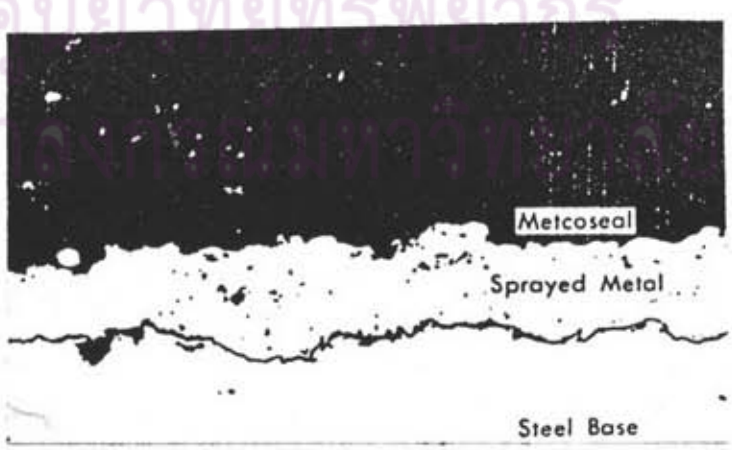
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 9 หัวพ่นผงโลหะชนิดผงตกจากภาชนะบรรจุ

รูปที่ 9 แสดงลักษณะหัวพ่นแบบใช้ผงโลหะเป็นวัสดุในการพ่นพอก โดยจะบรรจุผงโลหะในภาชนะทรงกระบอกติดตั้งไว้ส่วนบนหัวพ่น เมื่อเหนี่ยวไกบังคับผงโลหะจะไหลจากภาชนะลงมาสู่ปลายหัวพ่นโดยน้ำหนักตัวมันเอง กระทั่งสัมผัสกับความร้อนจากแก๊สแรงดันสูง ผงโลหะจากปลายหัวพ่นจะวิ่งไปสู่ชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

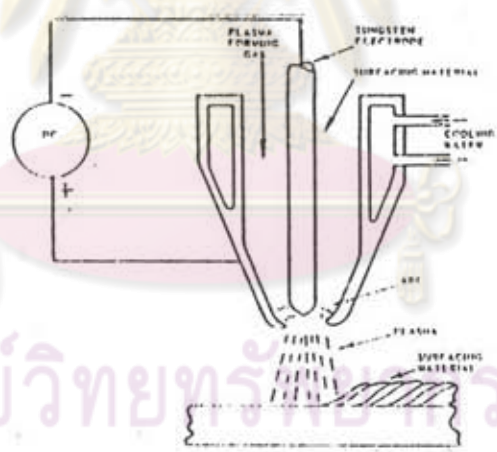



รูปที่ 10 ภาพขยายการยึดเกาะของผงโลหะบนผิวเหล็กกล้า

การพ่นด้วยผงโลหะปกติมักใช้ในงานเสริมผิวชิ้นงานที่สึกหรือเนื่องจากการเสียดสีหรือเป็นการพ่นพอกเพื่อต้านทานการเสียดสี ซึ่งมีข้อเสียคือ จะต้องทำการตกแต่งผิวชิ้นงานอีกครั้งหลังการพ่นพอก เช่น การเจียรเพลาเพื่อสวมกับแบริ่ง เป็นต้น

4. การพอกผิวโลหะแบบพลาสม่า (Plasma Arc Welding)

มีหลักการคือ ใช้กระแสไฟตรงทำให้เกิดการอาร์กระหว่างอิเลกโทรดและหัวฉีด ซึ่งทำให้แก๊สหรือพลาสม่าร้อน และแตกตัวเป็นไอออนไนซ์ภายในหัวฉีด จากนั้นวัสดุพ่นจะถูกส่งเข้าไปบริเวณอาร์กภายในหัวฉีดทิศทางเดียวกับแก๊ส จึงทำให้วัสดุโลหะพ่นแตกตัวเป็นละอองเล็กๆและถูกขับออกจากหัวฉีดด้วยความเร็วจากแรงอัดของพลาสม่าเจ็ต (Plasma Jet)



รูปที่ 11 หลักการทำงานของหัวพ่นพลาสม่า

การพอกผิวโลหะแบบพลาสม่านี้เป็นกรรมวิธีการพอกผิวโลหะที่สามารถเพิ่มเนื้อโลหะได้อย่างรวดเร็ว เนื้อวัสดุพอกมีความแน่นสูง ให้ผลของการพอกผิวคล้ายคลึงกับวิธีเชื่อม ชิ้นงานจะได้รับความร้อนสูงประมาณ 600 - 8,000° F (316-4,427°C) แต่วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การชุบด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ (Bath Electroplating)

การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า คือการทำให้โลหะชนิดหนึ่งไปเคลือบเกาะบนโลหะอีกชนิดหนึ่งโดยกรรมวิธีทางไฟฟ้าและเคมี โดยจุ่มชิ้นงานที่จะทำการชุบลงในน้ำยาชุบ (สารละลายซึ่งมีเกลือโลหะละลายปนอยู่) ชิ้นงานนั้นต่อเข้ากับขั้วไฟฟ้า (ดูรูป 12) เมื่อครบวงจรโลหะจากน้ำยาชุบและหรือจากตัวล่อจะไปเกาะบนชิ้นงาน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, เล่มเดิม อ้างถึงในพิชิต เสี่ยมพิพัฒน์, 2535)

การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Electroplating) คือขบวนการที่ใช้ไฟฟ้าและเคมี ทำให้ชิ้นงานที่เป็นโลหะหรือวัสดุอื่นที่เคลือบผิวด้วยวัสดุสื่อนำไฟฟ้ามีผิวเคลือบเป็นโลหะอีกชนิดหนึ่งที่ต้องการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ชิ้นงานมีผิวสวยงามและคงทนต่อการสึกกร่อนยิ่งขึ้น (พิชิต เสี่ยมพิพัฒน์, 2535)

รูปที่ 12 การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า

อาจกล่าวได้ว่า เมื่อทำการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ (สารละลายอิเลคโตรไลต์) จะทำให้เกิดการแตกตัวของอนุภาคต่าง ๆ ในสารละลาย เป็นอิออนเล็กๆ และมีการเคลื่อนที่ได้ โดยอิออนที่เคลื่อนที่ไปยัง

ขั้วบวก (Anode) หรือตัวล่อ จะเรียกว่า แอนอิออน (Anions) มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ (-) ส่วนอิออนที่เคลื่อนที่ไปยังขั้วลบ (Cathode) หรือชิ้นงาน จะเรียกว่าแคทอิออน (Cathions) มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก (+) ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดตลอดเวลาที่กระแสไฟฟ้ายังครบวงจรอยู่ โดยชิ้นงานจะถูกชุบเคลือบไปเรื่อย ๆ ด้วยแคทอิออน หรือโลหะที่ต้องการชุบเคลือบผิว ซึ่งจะไม่มีความร้อนสูงเกิดขึ้นขณะทำงาน จึงไม่ทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวเสียรูปไป แต่ชิ้นงานที่ได้อาจมีความเปราะ

6. การชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า หรือ การชุบโลหะแบบเฉพาะที่ หรือการชุบโดยไม่ต้องใช้บ่อชุบ (Selective Plating or Brush Plating or Electrochemical Metallizing or Selectron Process or Dalic Plating)

การชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า คือ กรรมวิธีในการเติมหรือพอกโลหะด้วยแปรงบนผิวโลหะทุกชนิด โดยใช้หลักการทางเคมี-ไฟฟ้า (Electrolysis) เช่นเดียวกับการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ แต่แทนที่จะนำชิ้นงานไปทำการชุบในบ่อชุบ ก็จะอาศัยชุดอุปกรณ์ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปทำการซ่อมแซมชิ้นงานยังสถานที่ติดตั้งชิ้นงานนั้นๆ ได้เลย (Job Site)

รูปที่ 13 ตัวอย่างการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (การใช้ Hard-Gold แต้มในโพรงแบบ (Mold Cavity) ของแบบเบ้าขวดพลาสติก)

ข้อดีและข้อเสียของกรรมวิธีการพอกโลหะด้วยวิธีต่างๆข้างต้น ได้ถูกเปรียบเทียบไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีการพอกผิวโลหะด้วยวิธีต่างๆ

| เกณฑ์ | กรรมวิธีการพอกผิวโลหะ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | วิธีเชื่อม | วิธีพ่นผงโลหะ | วิธีชุบด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบ | วิธีชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า |
| 1.ความเร็วในการพอก | เร็วมาก | เร็วมาก | ช้า | เร็ว |
| 2.การยึดระหว่างผิวพอกกับโลหะที่พอก | ดีมาก | ดี | ดี | ดีมาก |
| 3.ความละเอียดของเนื้อโลหะที่พอก | เลว | เลว | ดี | ดีมาก |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีการพอกผิวโลหะด้วยวิธีต่างๆ (ต่อ)

| เกณฑ์ | กรรมวิธีการพอกผิวโลหะ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | วิธีเชื่อม | วิธีพ่นผงโลหะ | วิธีชุบด้วยไฟฟ้าในถังชุบ | วิธีชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า |
| 4.การแตกหักเนื่องจากความร้อน | เกิดบ่อยมาก | บางครั้ง | ไม่มี | ไม่มี |
| 5.การบิดเบี้ยวเสียรูป เนื่องจากความร้อนหรือแรงเค้นภายใน | มี | มี | ไม่มี | ไม่มี |
| 6.การตกแต่งผิวชิ้นงานหลังการพอกผิว | ต้องกลึงหรือเจียรอีก | ต้องกลึงหรือเจียรอีก | อาจต้องมีการตกแต่งผิวอีก | ไม่ต้องตกแต่งผิวอีก |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีการพอกผิวโลหะด้วยวิธีต่างๆ (ต่อ)

| เกณฑ์ | กรรมวิธีการพอกผิวโลหะ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | วิธีเชื่อม | วิธีพ่นผงโลหะ | วิธีชุบด้วยไฟฟ้าในถังชุบ | วิธีชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า |
| 7.ความสะดวกในการทำงาน | สามารถทำการพอกผิวได้ทุกสถานที่ | ต้องทำการพอกผิวที่โรงซ่อมบำรุง | ต้องทำการพอกผิวที่โรงชุบ | สามารถทำการพอกผิวได้ทุกสถานที่ |

การปฏิบัติงานพอกผิวโลหะด้วยวิธีต่างๆ นั้น สิ่งหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ ในการปฏิบัติงานพอกผิวโลหะด้วยกรรมวิธีการเชื่อม การพอกผิวโลหะด้วยวิธีการพ่นผงโลหะ (ซึ่งจะต้องทำในโรงซ่อมบำรุง) รวมทั้งกรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าในบ่อชุบนั้น จะมีความยุ่งยากในการที่จะต้องถอดและเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ ที่จะทำการซ่อมแซมไปยังโรงซ่อมหรือบ่อชุบ โดยเฉพาะถ้าชิ้นงานเหล่านั้นมีขนาดใหญ่จะเกิดความยุ่งยากและเสียเวลาเป็นอย่างมาก ซึ่งต่างกับกรรมวิธีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating) ที่สามารถทำการพอกผิวโลหะได้ทุกส่วนของชิ้นงานและทุกสถานที่ จึงมีความสะดวก ประหยัดค่าใช้จ่ายแรงงาน และเวลาในการทำงาน สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาทั้งในส่วนของการถอดชิ้นส่วนออกมาซ่อม การประกอบชิ้นส่วนกลับเข้าเดิม การเคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงซ่อมบำรุงหรือบ่อชุบ (ในกรณีที่ชิ้นงานมีขนาดใหญ่ ทำการเคลื่อนย้ายได้ยาก) การนำชิ้นงานขนาดใหญ่ลงบ่อชุบ (ซึ่งทำให้ต้องเตรียมบ่อชุบขนาดใหญ่ตามไปด้วย) หรือในกรณีที่ชิ้นงานนั้นมีการสึกหรอของผิวเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ยังช่วยลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายด้วย

สำหรับอุตสาหกรรมการพอกผิวโลหะในประเทศไทย กรรมวิธีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating) ยังไม่เป็นที่รู้จัก และใช้กันอย่างแพร่หลายเท่าใดนัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกรรมวิธีที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาแพง ทั้งในส่วนของชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบ รวมทั้งในส่วนของน้ำยาชุบนั้นมักต้องซื้อจากบริษัทฯ ที่เป็นผู้ผลิตเสียเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในการเตรียมน้ำยาให้ได้คุณภาพในการชุบนั้นเป็นเรื่องซึ่งค่อนข้างลำบาก และเป็นความลับทางการค้าของแต่ละบริษัทฯ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาในเรื่องของ "การชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนเหล็กกล้าละมุน (SELECTIVE PLATING OF CHROMIUM ON MILD STEEL)" เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากการนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศมาใช้

<u>สรุปปัญหา</u>

1. กรรมวิธีการพอกผิวโลหะวิธีอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating) มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมนานมาก และเสียค่าใช้จ่ายสูง

2. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น กระบอกสูบไฮดรอลิก ปลอกสูบ แหวนลูกสูบ แกนเพลา เพลาข้อเหวี่ยง แม่พิมพ์ เป็นต้น จะเกิดการผุกร่อน สึกหรอ อันเนื่องมาจากการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องทำการซ่อมแซมและบำรุงรักษาชิ้นส่วนที่ชำรุดเหล่านี้ โดยการชุบโครเมี่ยมเพื่อเพิ่มความหนาให้ผิวของโลหะนั้นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรืออาจชุบเพื่อให้ผิวโลหะนั้นๆ มีความแข็งแกร่ง ทนทานในการใช้งาน ทนต่อความร้อน ทนต่อแรงเสียดสี ทนต่อการกัดกร่อน มีความฝืดต่ำ แต่เนื่องจากในการชุบโครเมี่ยมนั้น ปัญหาที่พบมากที่สุดคือการเคลือบผิวของโครเมี่ยมไม่ดีพอ ซึ่งพบว่าสาเหตุที่สำคัญส่วนหนึ่งมาจากอัตราส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยม ซึ่งประกอบด้วยปริมาณกรดโครมิค ($CrO_3$) และปริมาณกรดกำมะถัน ($H_2SO_4$) เป็นสำคัญ

คำสำคัญ

โครเมี่ยม (CHROMIUM)

การชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (SELECTIVE PLATING)

เหล็กกล้าละมุน (MILD STEEL)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยม ที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิค ต่อปริมาณกรดกำมะถัน ในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำน้ำยาชุบแต่ละสูตรที่ได้จัดเตรียมขึ้นนี้ มาทำการทดลองชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าลงบนเหล็กกล้าละมุน แล้ววัดค่าความแข็ง (Hardness) พร้อมทั้งทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมภายหลังจากการชุบ

2. ศึกษาเกี่ยวกับต้นทุน สำหรับน้ำยาชุบโครเมี่ยมสูตรที่ให้ผลการทดลองชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าบนเหล็กกล้าละมุนดีที่สุดในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการเตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่มีส่วนผสมของปริมาณกรดโครมิค ต่อ ปริมาณกรดกำมะถัน ในอัตราส่วนต่างๆ

2. ทำการทดลองชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้า โดยแต้มน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่จัดเตรียมขึ้น ลงบนชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นแผ่นเหล็กกล้าละมุนหนา 2 มิลลิเมตร โดยทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง สำหรับน้ำยาชุบโครเมี่ยมแต่ละสูตร

3. ดำเนินการทดลองหาผลกระทบของอัตราส่วนผสมของน้ำยาชุบโครเมี่ยม (อัตราส่วนของปริมาณกรดโครมิค ต่อ ปริมาณกรดกำมะถัน) ที่มีผลต่อคุณภาพในการชุบ คือ ความแข็ง โดยมีเงื่อนไขว่าต้องมีความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมบนเหล็กกล้าละมุนตามข้อ 4. ด้วย

4. การทดสอบความสามารถในการติดแน่นของโครเมี่ยมบนชิ้นงานตัวอย่างภายหลังการชุบ

5. คำนวณต้นทุน สำหรับการแต้มด้วยน้ำยาชุบโครเมี่ยมที่ดีที่สุดในห้องทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทำงานวิจัย

1. สำรวจบทความ งานวิจัย และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษากรรมวิธีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating)

3. ทำการทดลองเตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยม

4. ทำการศึกษาผลการใช้น้ำยาฯ

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

6. สรุปผลงานวิจัย

7. จัดทำรูปเล่ม พร้อมทั้งนำเสนอรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถจัดเตรียมน้ำยาชุบโครเมี่ยมสำหรับการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้า เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนที่ต้องสูญเสียไปกับการซื้อน้ำยาจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ นั่นเอง

2. เพื่อศึกษาเทคนิคที่ถูกต้อง ในกรรมวิธีการชุบโครเมี่ยมแบบแต้มด้วยไฟฟ้าลงบนเหล็กกล้าละมุน เพื่อประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมของประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้านี้ให้นำมาใช้ในประเทศไทยได้อย่างแพร่หลายมากขึ้น

3. เป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับผู้ที่สนใจในการศึกษาและพัฒนากรรมวิธีและขั้นตอนต่างๆในการชุบโลหะขั้นสูงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

W.Maitland และ J.Deitsch ได้ให้ความหมายของการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating) ว่าเป็นวิธีการในการพอกผิวโลหะด้วยสารละลายนำไฟฟ้าเข้มข้น โดยปราศจากการใช้ถังชุบ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงกระบวนการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบ สารละลาย การควบคุมความหนาในการชุบ ความปลอดภัย รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์และข้อจำกัดของการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้านี้

Hoare (1983) ศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาของการชุบโครเมี่ยม (The Chromium mechanism) โดยแสดงให้เห็นถึงการเกิดสารเชิงซ้อนเมื่อมีการรวมตัวกันของกรดโครมิคและกรดกำมะถัน แสดงการแพร่ของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นในสารละลายผ่านชั้นเยื่อต่างๆจนไปสู่ผิวโลหะที่ต้องการชุบ และได้กล่าวว่าความเร็วในการชุบโครเมี่ยม จะแปรผกผันกับระยะทางระหว่างสารละลายกับผิวโลหะที่ต้องการชุบ

R.Brookshire (1983) ได้ทำการชุบทองด้วยกรรมวิธีการชุบแบบแต้มด้วยไฟฟ้าลงบนรถ DeLorean โดยมีการแสดงขั้นตอนของการชุบตั้งแต่การเตรียมผิวที่จะทำการชุบ การชุบนิกเกิลรองพื้น จนถึงขั้นการชุบทอง พร้อมทั้งแสดงสภาวะที่เหมาะสมของสารละลาย รวมทั้งการปรับกระแสไฟฟ้าและโวลท์ด้วย

Rubinstein (1990) กล่าวถึงกรรมวิธีการพอกผิวโลหะ ว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธีคือ

1. การเชื่อมพอกด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)
2. การพ่นผงโลหะด้วยเปลวไฟหรือพลาสม่า (Flame or Plasma Spraying)
3. การชุบด้วยไฟฟ้าในถังชุบ (Bath Electroplating)
4. การชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า หรือการชุบโลหะแบบเฉพาะที่ (Selective Plating or Brush Plating or Electrochemical Metallizing or Selectron Process or Dalic Plating)

นอกจากนี้ยังกล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธี เปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของแต่ละวิธี และแนะนำการเลือกใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิเวศน์ เลาวพงศ์ (2531) กล่าวถึงการประยุกต์ใช้กรรมวิธีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้าในการซ่อมแซมผิวชุบของอาวุธปืน โดยใช้ชุดอุปกรณ์การแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ พร้อมทั้งได้อธิบายถึงวิธีในการใช้อุปกรณ์ชุดนี้ และได้กล่าวว่าเทคโนโลยีนี้เป็นสิ่งใหม่ที่ยังไม่มีใช้ในแวดวงผู้นิยมอาวุธปืนในประเทศไทย

ธีรเดช สุดกังวาล (2532) กล่าวถึงประวัติโดยสังเขปของกรรมวิธีการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้า (Selective Plating or Selectron) ขั้นตอนของการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้า สิ่งที่สำคัญในกระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้า การประยุกต์ใช้งาน ข้อดีและข้อจำกัดของกระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย