บทที่ 5

การสรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.0 บทนำ

จากเนื้อหาในบทที่ 3 นั้น ได้กล่าวถึงการจัดทำชุดเครื่องมือ และทำการทดสอบแล้วว่าชุดเครื่องมือที่ได้จัดทำขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้จริง จากนั้นจึงได้ทำการกำหนดรูปแบบการทดลองการแต้มนิกเกิลบนเหล็กกล้าละมุนในบททที่ 4 และได้ทำการทดลองแต้มภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ ที่ได้กำหนดขึ้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการแต้มนิกเกิล ซึ่งผลการทดลองงานที่ได้ในบทที่ 4 นั้นจะได้ทำการวิเคราะห์, สรุปผล และเสนอแนะต่อไปในบทที่ 5

5.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 4 ภายใต้รูปแบบการทดลองที่กำหนดสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองไว้ในตารางที่ 5.0 ดังต่อไปนี้

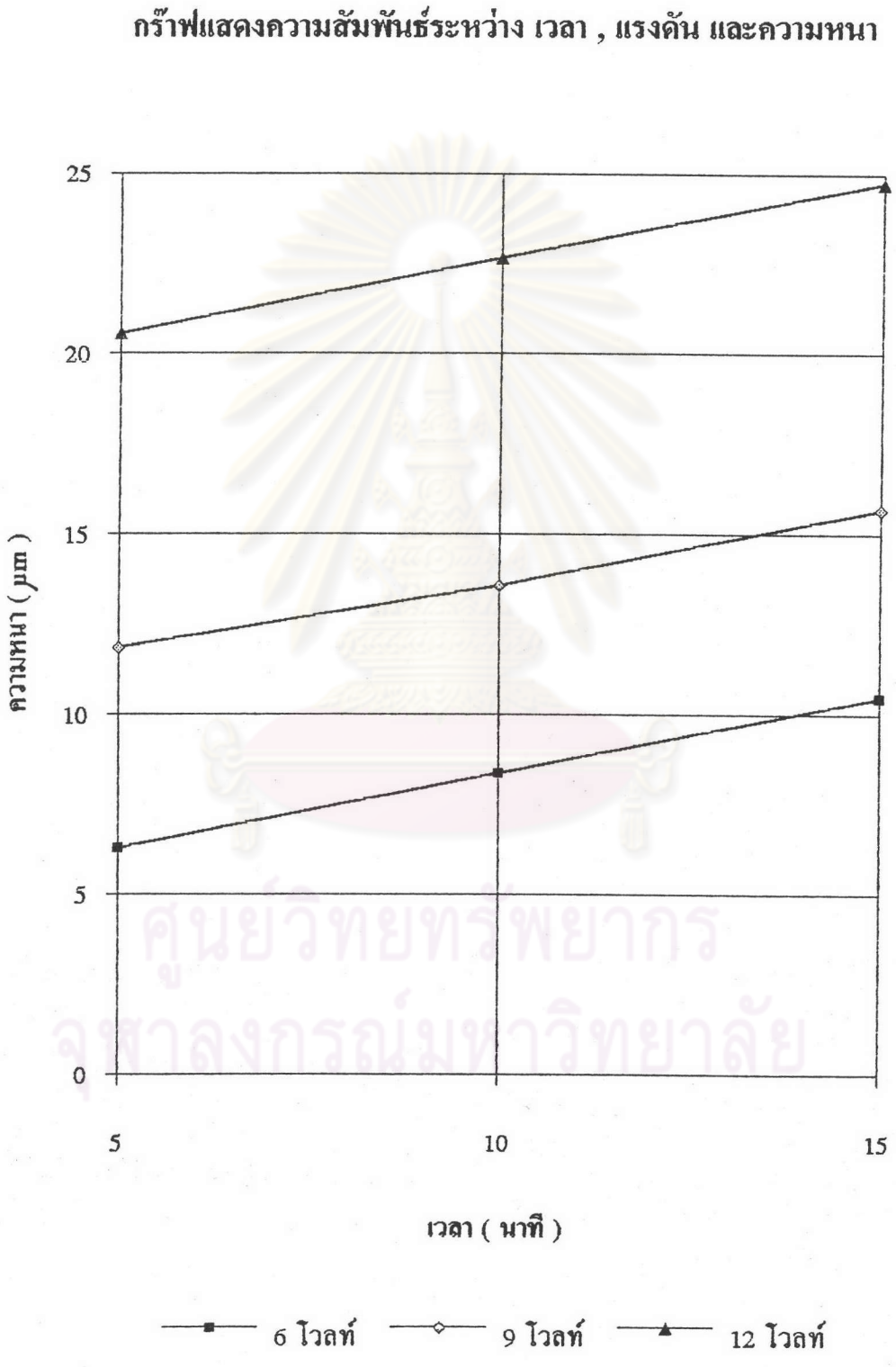
ตารางที่ 5.0 แสดงค่าที่ได้จากผลการทดลอง

แรงดันไฟฟ้า	เวลา (นาที)		
(โวลท์)	5	10	15
6	6.27	8.36	10.45
9	11.84	13.58	15.67
12	20.55	22.64	24.73

ความหนา (μm)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำค่าที่ได้จากตารางที่ 5.0 ไปพล๊อตกร๊าฟได้ดังรูปที่ 5.0



รูปที่ 5.0 กร๊าฟแสดงความสัมพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางสรุปผลการทดลอง และกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้ คือ ที่เวลาในการแต้ม 5 นาที แรงดันไฟฟ้ายิ่งมากก็ทำให้แต้มได้ความหนามากขึ้น โดยเฉพาะที่แรงดัน 12 โวลท์ ในการทดลองได้แบ่งช่วงแรงดันที่ทำการทดลองออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน คือ 3 โวลท์ จากกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ได้แสดงให้เห็นความแตกต่างดังนี้คือ ที่เวลา 5 นาที เท่ากันเมื่อเราเพิ่มค่าแรงดันจาก 6 โวลท์ เป็น 9 โวลท์ ทำให้สามารถแต้มได้หนาขึ้น 5.57 μm จากนั้นเพิ่มแรงดันจาก 9 โวลท์ เป็น 12 โวลท์ ทำให้สามารถแต้มได้หนาขึ้น 8.71 μm แสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการแต้มได้เพิ่มขึ้น 56.37% และที่เวลาในการแต้ม 10 และ 15 นาที ก็ให้ผลในรูปแบบที่คล้ายกัน

ในส่วนของแรงดันไฟฟ้าจากกร๊าฟจะเห็นได้ว่าที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากันแต่เวลาในการแต้มที่ต่างกันคือ 5, 10 และ 15 นาที นั้น ความหนาที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มในอัตราส่วนที่น้อยกว่าการเพิ่มแรงดัน เช่น ที่แรงดัน 6 โวลท์ เพิ่มเวลาในการแต้มจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ทำให้ได้ความหนาเพิ่มขึ้น 2.09 μm จากนั้นเพิ่มเวลาจาก 10 นาที เป็น 15 นาที สามารถทำความหนาเพิ่มขึ้น 2.09 μm เห็นได้ว่าเวลาที่มากขึ้นประสิทธิภาพในการแต้มจะเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มด้วยอัตราส่วนที่คงที่และผลการทดลองที่แรงดัน 9 โวลท์ และ 12 โวลท์ ก็ให้ผลในรูปแบบที่เหมือนกัน

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากกร๊าฟแสดงความสัมพันธ์ทำให้สรุปผลการทดลองชุดนี้ได้ว่าระหว่างปัจจัยทางด้านแรงดันไฟฟ้า (โวลท์) และปัจจัยทางด้านเวลา (นาที)นั้นปัจจัยทางด้านแรงดันไฟฟ้าจะมีผลกระทบต่อความหนาของการแต้มนิกเกิลมากกว่าปัจจัยทางด้านเวลานั้นคือ หากต้องการทำการแต้มชิ้นงานด้วยนิกเกิลให้ได้ความหนาตามที่ต้องการแล้วควรจะใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูง ๆและใช้เวลาในการแต้มที่ไม่นานมากนัก โดยเฉพาะที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 9 โวลท์ ในช่วงเวลา 5 นาทีแรกจะเป็นวิธีการที่เพิ่มความหนาของการแต้มได้รวดเร็วประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายได้มากกว่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการทดลองในบทที่ 4 จนกระทั่งถึงการสรุปผลในหัวข้อที่ 5.2 นี้จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ต้องควบคุมเอาใจใส่เป็นพิเศษในการแต้มนิกเกิลด้วยไฟฟ้านี้ก็คือการเตรียมผิวชิ้นงานและความสะอาดของผิวชิ้นงานก่อนทำการแต้ม เนื่องจากปัจจัยข้างต้นนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกาะยึดของทั้งทองแดง และนิกเกิลนั่นคือ ในขั้นตอนการขัดผิวชิ้นงานต้องทำการควบคุม

ให้ชิ้นงานทุกชิ้นผ่านกระบวนการเตรียมผิวที่เหมือนกันเพื่อให้ได้คุณภาพของผิวงานที่เหมือนกัน จากนั้นก่อนการแต้มโลหะต้องทำความสะอาดผิวงานโดยทำการขจัดคราบไขมันที่อยู่บนผิวชิ้นงานออกให้หมด เนื่องจากหากมีคราบไขมันบนผิวงานจะทำให้ไม่สามารถทำการแต้มโลหะติดบนผิวชิ้นงานได้เลย

ในส่วนของน้ำยาชุบโลหะในงานวิจัยนี้ใช้น้ำยาชุบโลหะที่มีขายตามท้องตลาด เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่ใช้เทคโนโลยีของการชุบโลหะแบบแต้มด้วยไฟฟ้านี้ ด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีขายตามท้องตลาดในประเทศไทย เพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ได้ในต้นทุนที่ไม่สูงมากนัก

5.4 <u>การประยุกต์ใช้กระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม</u>

จากเนื้อหาที่ผ่านมาสามารถสรุปข้อดี และข้อเสียของกระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้คือ

ข้อดี

1. ชุดเครื่องมือ และอุปกรณ์สามารถเคลื่อนย้ายได้ (Portable) ทำให้สามารถกระทำการพอกผิวโลหะได้ทุกสถานที่

2. กระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าไม่ทำให้เกิดความร้อนสูง จึงทำให้ชิ้นงานไม่ได้รับผลกระทบ เนื่องจากความร้อน เช่น การปิดตัวเนื่องจากความร้อน, การเกิดแรงเค้น ภายในเนื่องจากความร้อน และการแตกหักเนื่องจากความร้อน

3. ไม่ต้องตกแต่งผิวที่ได้จากการแต้ม เนื่องจากความหนาที่ได้จะเกิดขึ้นทีละน้อยทำให้สามารถควบคุมความหนาที่ต้องการได้ ซึ่งแตกต่างจากการพอกผิวโลหะด้วยวิธีการแต้มหรือพ่นผงโลหะซึ่งควบคุมความหนายากทำให้ต้องมีการตกแต่งผิวอีกครั้ง

ข้อเสีย

1. ความเร็วในการพอกผิวนั้นช้ากว่าวิธีเชื่อม และพ่นผงโลหะมาก

2. กระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้านี้เหมาะที่จะใช้ในการพอกผิวที่ต้องการความหนาไม่มากนัก

จากคุณสมบัติ และข้อจำกัดต่าง ๆ ของกระบวนการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้านี้ทำให้ทราบได้ว่ากระบวนการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ชิ้นส่วนอิเล็คโทรนิคส์ (Electronic Applications)
2. งานแบบหล่อ หรือแม่พิมพ์ (Mold Applications)
3. งานพิมพ์ (Printing Applications)

4. งานขนถ่ายวัสดุ (Material Handlind Applications)

5. อากาศยาน (Aircraft Applications)

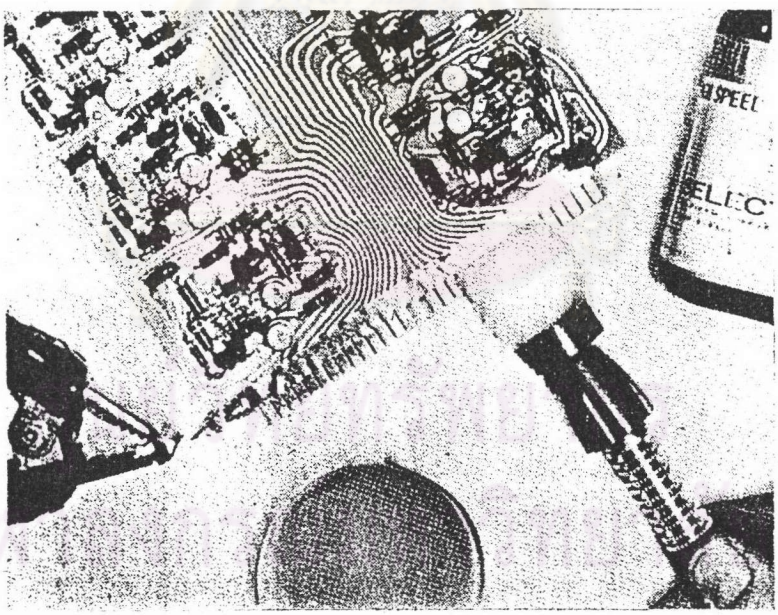
6. เรือเดินสมุทร (Marine Applications)

7. รถไฟ (Railroad Applications)

รายละเอียดของการประยุกต์ใช้งานแต่ละประเภทมีดังต่อไปนี้

1. ชิ้นส่วนอิเล็คโทรนิคส์ (Electronic Applications)

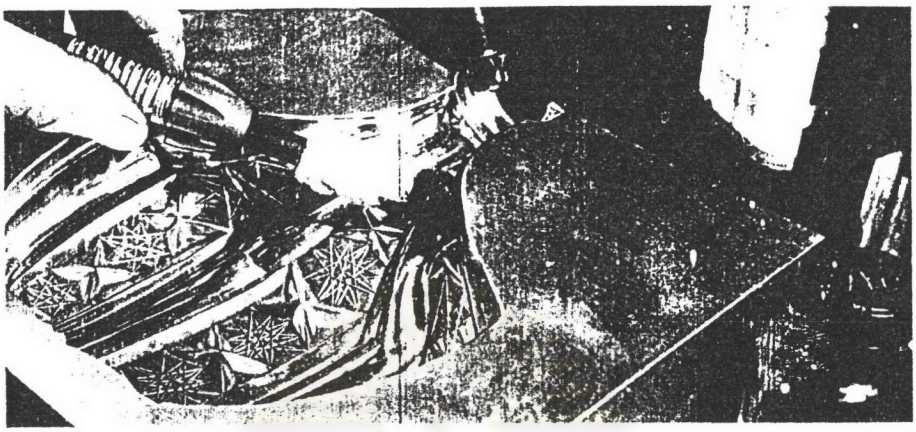
ในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนอิเล็คโทรนิคส์จำนวนมากนั้นจะเห็นได้ว่า ชิ้นส่วนอิเล็คโทรนิคส์ต่าง ๆ นั้นจะยึดติดอยู่บนแผงวงจร (Printed Circuit Board, P(B) ตัวอย่างเช่น แผงวงจรในเครื่องคอมผิวเตอร์เป็นต้น โดยเฉพาะแผงวงจรที่มีความจำเป็นต้องมีการถอดเปลี่ยนบ่อย ๆ (แผงวงจรที่เสียบกับ Slot)นั้นอาจเกิดการสึกหรอของหน้าสัมผัส (Contact) ที่เป็นทองแดงได้ ในกรณีนี้สามารถใช้การแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าทำการแต้มทองแดงเพื่อซ่อมแซมหน้าสัมผัสได้



รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการซ่อมหน้าสัมผัสของแผงวงจรไฟฟ้า

2. งานแบบหล่อ หรือแม่พิมพ์ (Mold Applications)

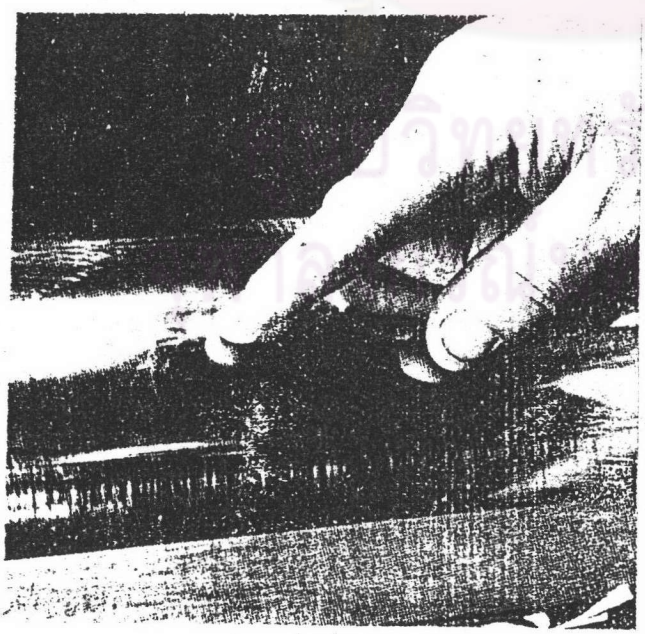
แบบหล่อ หรือแม่พิมพ์ (Mold) ที่ใช้ในการหล่อพลาสติก, ยาง และแก้ว เมื่อใช้งานไปนาน ๆ อาจจะเกิดการสึกหรอในโพรงแบบ (Mold Cavity) ได้ดังนั้น การแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าก็สามารถนำมาใช้ซ่อมแซม การสึกหรอนี้ได้เพื่อรักษาความถูกต้องของขนาด, รูปร่าง ฯลฯ



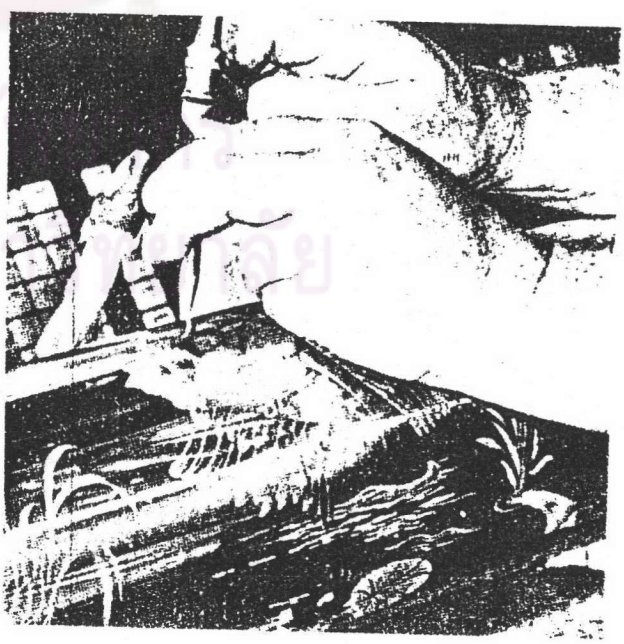
รูปที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการใช้ Hard - Gold แต้มในโพรงแบบ (Mold Cavity) ของแบบเป่าขวดพลาสติก เพื่อป้องกันการกัดกร่อนขณะเป่าขวด PVC.

3. งานพิมพ์ (Printing Application)

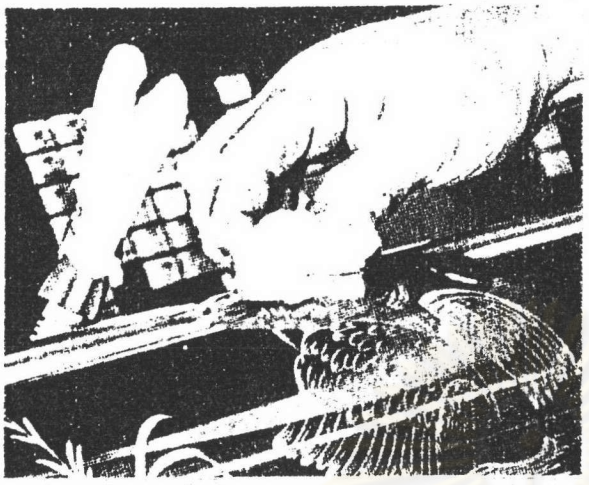
ในอุตสาหกรรมงานพิมพ์ เช่น งานพิมพ์ลายผ้า นั้นต้องใช้แบบพิมพ์ลายผ้าที่มีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง แม่พิมพ์ลายผ้านี้ หากเกิดการชำรุด หรือมีตำหนิขึ้นบนลูกกลิ้งแล้ว อาจจะทำให้เกิดลวดลายอันไม่พึงประสงค์ลงบนผ้าได้ การใช้การแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าทำการพอกผิวในส่วนที่เกิดตำหนิแล้วตกแต่งให้ได้รูปร่าง ก็สามารถแก้ปัญหานี้ได้



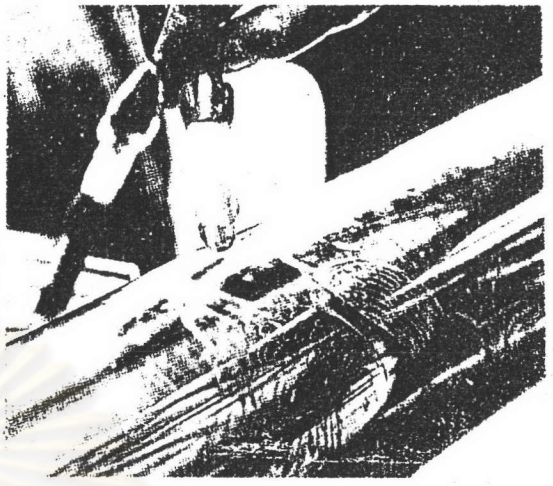
1. เช็คหาตำหนิ



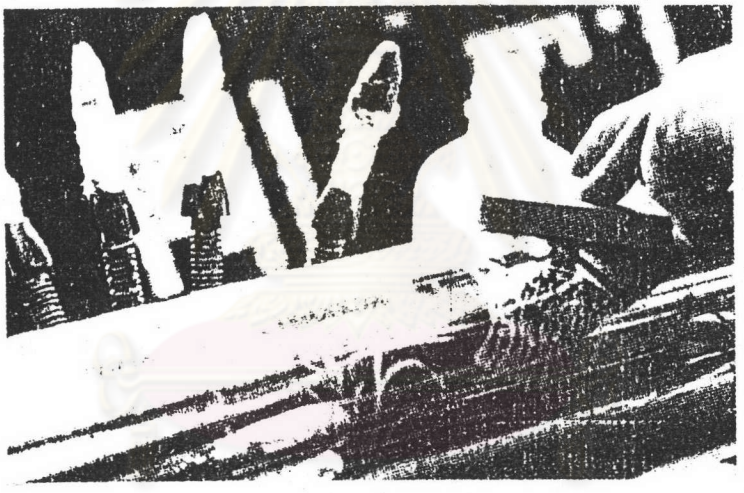
2. อุดด้วยสลักทองแดง



3. ล้างคราบน้ำมัน, หมึกพิมพ์



4. แต้มทับด้วยทองแดง

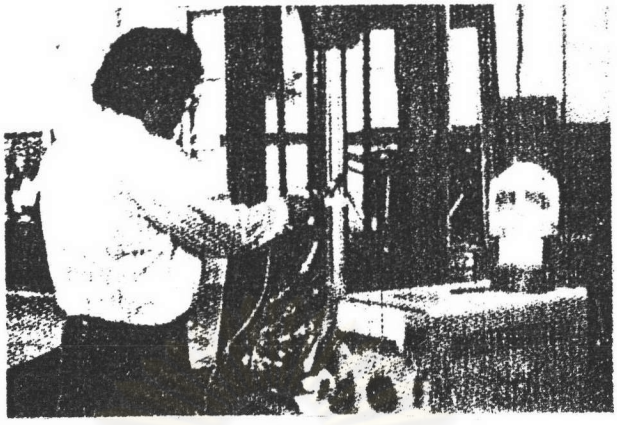


5. แต่งให้เรียบแล้วแต้มด้วย Nickel Tungsten เพื่อป้องกันการสึกหรอ

รูปที่ 5.3 แสดงตัวอย่างการซ่อมแซมตำหนิบนลูกกลิ้งพิมพ์ลาย

4. งานขนถ่ายวัสดุ (Material Handling Applications)

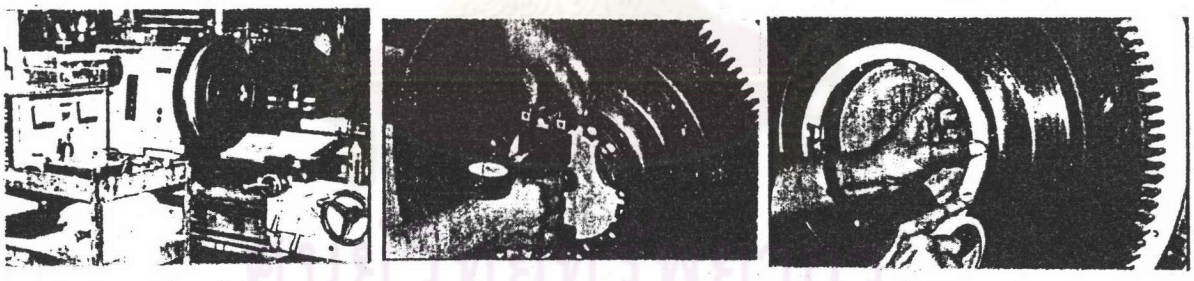
ในอุตสาหกรรมงานผลิตต่าง ๆ นั้นจะต้องมีการขนถ่ายลำเลียงวัสดุด้วยเสมอไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิตขนาดเล็ก หรือขนาดใหญ่ ตัวอย่างอุปกรณ์ขายวัสดุได้แก่ ระบบสายพานลำเลียง, รถไฟร์คลิฟ, เครน ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆเหล่านี้ต้องทำงานซ้ำซากต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการดูแลรักษาซ่อมแซมส่วนประกอบต่าง ๆ ของอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง และรวดเร็วจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ชุดอุปกรณ์แต้มโลหะด้วยไฟฟ้านี้สามารถเป็นอุปกรณ์ซ่อมบำรุงชนิดหนึ่งได้เช่นกัน โดยใช้ซ่อมแซมผิวที่สึกหรอของกระบอกไฮดรอลิคเป็นต้น



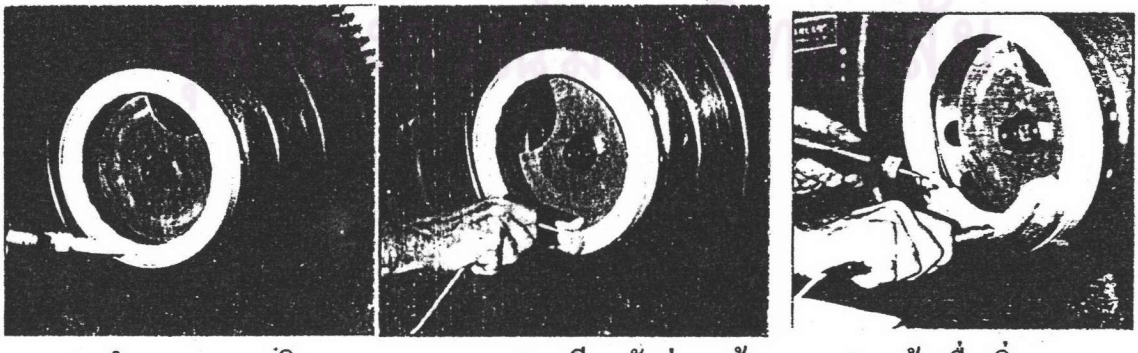
รูปที่ 5.4 แสดงการซ่อมแซมผิวกระบอกไฮดรอลิค
โดยไม่ต้องถอดกระบอกไอดรอลิคออกมา

5. อากาศยาน (Aircraft Application)

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอากาศยานนั้นต้องการความถูกต้องเที่ยงตรงของขนาดสูงมากดังนั้น การหมั่นตรวจสอบ และซ่อมแซมชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้มีขนาดที่ถูกต้องจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ในกรณีนี้สามารถใช้การแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าพอกผิวโลหะของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้ได้ขนาดที่ถูกต้องตามต้องการ



1. เตรียมชิ้นงานบนแท่นกลึง 2. เช็คขนาด 3. ปิดพื้นที่ที่ไม่ต้องการซ่อม

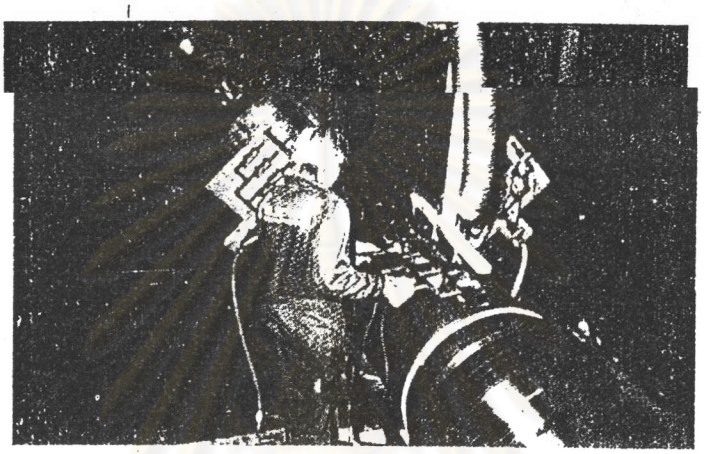


4. ทำความสะอาดผิว 5. เตรียมหัวก่อนแต้ม 6. แต้มเพื่อเพิ่มขนาด

รูปที่ 5.5 แสดงการพอกผิวเพื่อซ่อมแซมให้ได้ขนาดตามต้องการ

6. เรือเดินสมุทร (Marine Application)

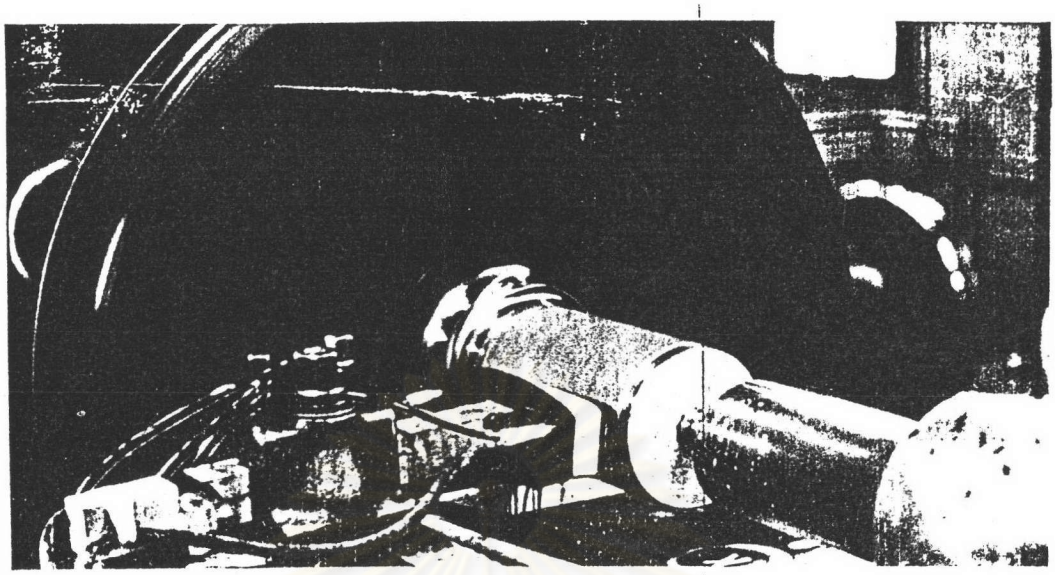
ชิ้นส่วนหลัก ๆ ของเรือเดินสมุทรจะมีขนาดที่ใหญ่มาก และต้องการความถูกต้องของขนาดสูง ดังนั้นการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ซ่อมแซมชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ได้ เช่น ซ่อมแซมหน้าสัมผัสของหน้าแปลน (Flange) ของท่อความดันสูง (Steam Pipe), ซ่อมแซมขนาดที่สึกหรอของแกนเพลา (Shaft) ต่าง ๆ ฯลฯ



รูปที่ 5.6 แสดงการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าเพื่อซ่อมขนาด
ของเพลา (Shaft) ของเรือเดินสมุทร

7. รถไฟ (Railroad Application)

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถไฟต้องรับภาระงานหนัก และอยู่ในภาวะที่ต้องเสียดสี ชิ้นส่วนต่าง ๆ มักจะชำรุด หรือทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเนื่องจากขนาดที่เสียไปเพราะการสึกหรอ เช่น การรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิค เนื่องจากเพลาเสียขนาดทำให้เล็กลงน้ำมันจึงรั่วออกมาได้, การเสียศูนย์ถ่วงของชิ้นส่วนที่ต้องหมุน เนื่องจากระยะความเผื่อมากขึ้น เพราะการสึกหรอการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้าสามารถนำมาซ่อมแซมการเสียหายต่าง ๆ เหล่านี้ได้



รูปที่ 5.7 แสดงการซ่อมขนาดด้วยการแต้มโลหะด้วยไฟฟ้า

5.5 สรุป

จากเนื้อหาในบทที่ 5 ที่ผ่านมาเห็นได้ว่าการแต้มนิกเกิลด้วยไฟฟ้าบนเหล็กกล้าละมุนนี้จะสามารถทำความหนาของการแต้มได้ดีที่แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 9 โวลท์ ในช่วง 5 นาทีแรกและผลจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบได้ว่าประสิทธิภาพของการเพิ่มความหนาการแต้มนั้นขึ้นกับปัจจัยทางด้านแรงดันไฟฟ้ามากกว่าปัจจัยทางด้านเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย