บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้อาศัยการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่อง ในการตัดสินระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดให้กับกระบวนการ โดยพิจารณาปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดกับสลีฟหรือช่องว่าง (Gap) อัตราการทำงานต่อคาบเวลา (Duty Cycle) กระแสไฟฟ้า (Current) และสัญญาณพัลส์ (Pulses) ส่วนอัตราการนำไฟฟ้าและอัตราการไหลของสารละลายถูกกำหนดให้เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการดำเนินการทดลองพร้อมทั้งวิเคราะห์การทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

5.1 ผลการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองขั้นต้น

ในส่วนของการทดลองขั้นต้นซึ่งเป็นการกรองปัจจัยเพื่อตรวจสอบปัจจัยที่นำมาทดลองนั้นว่ามีอิทธิพลจริงต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่อง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนผ่านการทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์หรือการจำแนกทางเดียว (Complete Randomized Design; CRD หรือ One-Way ANOVA) พบว่า ช่องว่าง (Gap), อัตราการทำงานต่อคาบเวลา (Duty Cycle), กระแสไฟฟ้า (Current) และสัญญาณพัลส์ (Pulses) มีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่องอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.1 ปัจจัยกระแสไฟฟ้า

ในแต่ละระดับของปัจจัยกระแสไฟฟ้าพบว่า ค่าความลึกของร่องเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของกระแสไฟฟ้าในการกัดร่องเพิ่มขึ้นและค่าอัตราส่วนของร่องลดลงเมื่อระดับของกระแสไฟฟ้าในการกัดร่องเพิ่มขึ้น

5.1.2 ปัจจัยสัญญาณพัลส์

ในแต่ละระดับของปัจจัยสัญญาณพัลส์พบว่า ค่าความลึกของร่องเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของสัญญาณพัลส์ในการกัดร่องเพิ่มขึ้นและค่าอัตราส่วนของร่องลดลงเมื่อระดับของสัญญาณพัลส์ในการกัดร่องเพิ่มขึ้น

5.1.3 ปัจจัยอัตราการทำงานต่อคาบเวลา

ในแต่ละระดับของปัจจัยอัตราการทำงานต่อคาบเวลาพบว่า ค่าความลึกของร่องเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของอัตราการทำงานต่อคาบเวลาในการกัดร่องเพิ่มขึ้นและค่าอัตราส่วนของร่องลดลงเมื่อระดับของอัตราการทำงานต่อคาบเวลาในการกัดร่องเพิ่มขึ้น

5.1.4 ปัจจัยช่องว่าง

ในแต่ละระดับของปัจจัยช่องว่างพบว่า ค่าความลึกของร่องและอัตราส่วนของร่องลดลงเมื่อระดับของช่องว่างในการกัดร่องเพิ่มขึ้น

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์กราฟความน่าจะเป็นแจกแจงปกติของผลกระทบของปัจจัยและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Normal Probability Plot of the Standardized Effects) เพื่อยืนยันความมีอิทธิพลของแต่ละปัจจัยและอันตรกิริยาว่ามีมากน้อยเพียงใดที่มีต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่องด้วยการออกแบบการทดลองเลือกระดับของปัจจัย 2 ระดับสูงสุดและต่ำสุดพบว่า ทุกปัจจัยหลักมีค่า P-Value $<$ 0.05 แสดงให้เห็นว่าทุกปัจจัยหลักมีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่องเช่นเดียวกับการทดลองอย่างสุ่มสมบูรณ์

5.2 ผลการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ในส่วนการทดลองและการวิเคราะห์การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมได้ทำการวิเคราะห์ระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองด้วยวิธีของทากูชิ โดยใช้การออกแบบของ L18 Orthogonal Array เพื่อทำการวิเคราะห์ค่า Signal to Noise Ratios (S/N) ในกรณีศึกษาเป็นกรณี “Target-the-Best”หรือ “Nominal-the-Best” เพื่อทราบถึงผลกระทบหลักอันจะนำไปสู่การลดความแปรปรวนให้กับกระบวนการ ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ปัจจัย D (ช่องว่าง) เหมาะสมที่สุดในการเลือกเป็นปัจจัยที่ใช้ในการปรับค่า (Adjustment Factor or Adjustment Variable) เนื่องจากปัจจัย D เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยต่อค่าความลึกของร่องและอัตราส่วนของร่องเพียงอย่างเดียวและกำหนดค่าที่เหมาะสมของปัจจัย A, B และ C ในการประมาณค่าสมการค่าเฉลี่ย เพื่อปรับค่าปัจจัย D ให้ได้ค่าเฉลี่ยของความลึกของร่องมีค่าเท่ากับ 10 μm และค่าอัตราส่วนของร่องมีค่าเท่ากับ 1 จากการประมาณค่าสมการเฉลี่ยสรุปได้ว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ คือ ปัจจัย A กำหนดไว้ระดับที่ 3 (กระแสไฟฟ้า 10

A), ปัจจัย B กำหนดไว้ระดับที่ 1 (สัญญาณพัลส์ 10 สัญญาณ), ปัจจัย C กำหนดไว้ระดับที่ 3 (อัตราการทำงานต่อคาบเวลา 40%) และปัจจัย D กำหนดไว้ระดับที่ 3 (ช่องว่าง 60 μm)

5.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนการของทดลองเพื่อยืนยันผล

เมื่อทำการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการได้แล้วนั้น จะทำการทดลองเพื่อยืนยันผล เพื่อทำการพิสูจน์ว่า ค่าที่กำหนดที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเป็นค่าที่ดีที่สุดจริงในการที่จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของความลึกของร่องมีค่าเท่ากับ 10 μm และค่าอัตราส่วนของร่องมีค่าเท่ากับ 1 โดยการเปรียบเทียบระดับที่ได้จากการวิจัยกับระดับที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความลึกของร่องที่ได้จากการวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ค่าเฉลี่ยความลึกของร่องเท่ากับ 10.02 μm ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.131 และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เท่ากับ 5.69 โดยที่มีความผิดพลาดจากสมการพยากรณ์เท่ากับ 3.3% ในส่วนของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของร่องที่ได้จากการวิจัยมีค่าใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของร่องเท่ากับ 0.981 ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.0242 และค่าความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เท่ากับ 2.83 โดยที่มีความผิดพลาดจากสมการพยากรณ์เท่ากับ 0.9% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการที่เพิ่มมากขึ้นอันจะนำไปสู่การลดอัตราการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่อง ในผลงานการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลองของทากูชิ โดยการออกแบบนั้นจะใช้เมตริกซ์หลัก (Design Matrix หรือ Inner Array) เพียงเมตริกซ์เดียวในการทดลอง โดยใช้การทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อลดค่าความผันแปรจากการทดลอง ซึ่งเป็นการออกแบบการทดลองของทากูชิที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น แผนงานในอนาคตควรใช้การออกแบบการทดลองของทากูชิที่สมบูรณ์ (Complete Taguchi Experimental Design) ซึ่งจะมีเมตริกซ์ของตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้(Noise Matrix หรือ Outer Array) เพิ่มเข้ามาในตารางการออกแบบการทดลอง เพื่อให้ค่าคาดคะเนของความสูญเสียมีค่าความผันแปรน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์และกำหนดระดับที่เหมาะสม

5.4.2 เมื่อได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่องและกำหนดระดับที่เหมาะสมได้แล้ว ยังควรศึกษาเป็นแผนงานในอนาคตว่าด้วยการวิเคราะห์ผลกระทบต่อการสึกกร่อนของอิเล็กโทรดจากกระบวนการกัดโลหะด้วยเคมีไฟฟ้า

เพื่อกำหนดช่วงที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ของการสึกกร่อนของอิเล็กโทรดที่ทำให้ความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่องเปลี่ยนแปลง

5.4.3 แผนงานในอนาคตควรทำการวิเคราะห์ค่าผลกระทบร่วมกันระหว่างปัจจัยหรืออันตรกิริยา (Interaction Factors) ที่มีอิทธิพลต่อค่าความเที่ยงตรงของความลึกและอัตราส่วนของร่อง เพื่อให้การเลือกระดับที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น