

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องกัดชิ้นงานด้วยไฟฟ้า กัดชิ้นงาน ผงเหล็กกล้าไร้สนิมอัดขึ้นรูป (powder stainless steel) ชนิด 316L เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิที่เกิดจากการกัด และ ค่าความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็ก จากปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการตั้งการทำงานของเครื่อง EDM คือ ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เวลาเปิด เวลาปิด โดยจะทำการกัดตามแบบการทดลองของทาคุชิ แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ผล

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

1. เครื่อง EDM ที่ใช้ในการทดลอง คือเครื่อง FORM 2-LC เครื่อง EDM นี้มีข้อจำกัดบางส่วนทำให้ไม่สามารถตั้งค่าปัจจัยได้หลายระดับเช่น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า สามารถปรับได้เพียง 2 ค่าคือ 90 โวลต์และ 250 โวลต์ การทดลองนี้จะใช้อิเล็กโตรด กลมขนาด 3 มิลลิเมตร โดยจะกัดชิ้นงานลึกลงไป 1 มิลลิเมตร

จากคู่มือการใช้เครื่อง เราสามารถตั้งค่ากระแสไฟฟ้าได้ ตั้งแต่ 0.75 ถึง 75 แอมแปร์ และ จำนวนช่องของระยะลงจะต้องมีจำนวนมากกว่าจำนวนช่องของระยะขึ้นเท่านั้นจึงจะสามารถกัดงานได้ ระยะเวลาเปิด-ปิดสามารถตั้งค่าได้ตามตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.1

เครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 3.1
ระยะเวลาเปิด-ปิดของเครื่อง

1.0t	เวลา(ไมโครวินาที)	1.5t	เวลา(ไมโครวินาที)
1	2	1.5	3
2	3.5	2.5	4.5
3	4	3.5	6
4	6	4.5	9
5	12	5.5	18
6	25	6.5	37.5
7	50	7.5	75
8	100	8.5	150
9	200	9.5	300
10	400	10.5	600
11	800	11.5	1200
12	1600	12.5	2400

2. ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองคือ ผงเหล็กกล้าไร้สนิมอัดขึ้นรูป (powder stainless steel) ชนิด 316L

3. อิเล็กโตรดที่ใช้คือ ทองแดง-แกรไฟต์ เนื่องจากเหมาะสมในการนำไปใช้ในการทดลอง มีค่าอัตราการขจัดเนื้องานและค่าความหยาบผิวปานกลาง เมื่อเทียบกับแกรไฟต์ ที่มีค่าอัตราการขจัดเนื้อและค่าความหยาบผิวสูงที่สุด และทองแดง-ทังสเตนที่มีค่าอัตราการขจัดเนื้อและค่าความหยาบผิวต่ำ ที่สุด [ณัฐดนัย ชี้อัคระกุล,2551]

4. ของเหลวตัวกลางที่ใช้ เป็นแบบน้ำมันแร่ของ บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด เกรด Shell EDM Fluid 2A

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการทดลองเบื้องต้น กับชิ้นงานชนิดอื่นที่ใกล้เคียงกัน เพื่อหาค่าตัวแปรและระดับของตัวแปรที่จะนำไปออกแบบการทดลองของทาทุชิกับชิ้นงานจริง
2. นำตารางการออกแบบการทดลองไปใช้ทดลองกับชิ้นงานจริง โดยเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงาน ความลึกที่เจาะได้จริง เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการขจัดเนื้องาน
3. นำชิ้นงานที่ทดลองแล้วไป ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง เพื่อเก็บข้อมูล รูปของรอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดขึ้น
4. นำชิ้นงานที่ทำการเจาะด้วยเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้า ไปตัดขวางบริเวณที่ทำการแปรรูป แล้วนำชิ้นที่ตัดแล้วมาขัดผิวชิ้นงานให้เรียบ นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูรูพรุนในเนื้อชิ้นงาน เก็บข้อมูลของความหนาของชั้นผิวที่ทำการเจาะ
5. เมื่อได้ผลการทดลองแล้วจึงนำไปพิจารณา หาผลกระทบ ความสัมพันธ์ และค่าปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทางสถิติอย่างเช่นการวิเคราะห์ความแปรปรวน
6. สรุปผลการทดลอง

3.3 ผลการทดลองเบื้องต้น

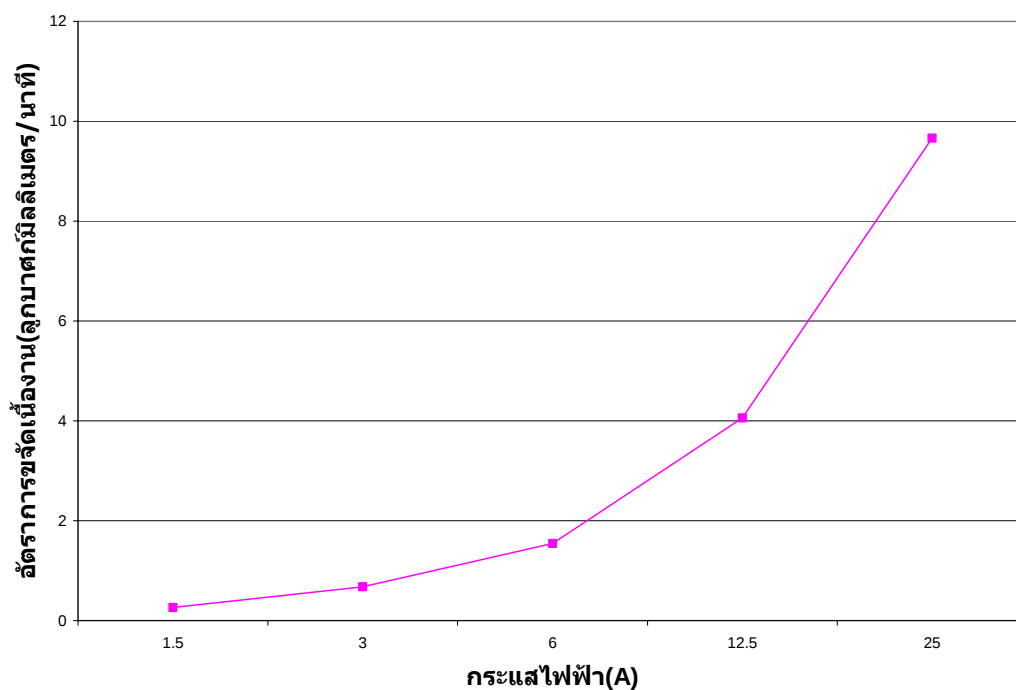
ในการทดลองเบื้องต้นนี้ทำการเพื่อตรวจสอบดูผลของแต่ละปัจจัย ระดับปัจจัยแต่ละปัจจัยมีผลอย่างไรบ้าง โดยจะทำการทดลองกับชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดอื่นก่อน

3.3.1 ผลของค่ากระแสไฟฟ้าต่ออัตราการขจัดเนื้องาน

จากการทดลองค่ากระแสไฟฟ้าตามตารางที่ 3.2 แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 3.2 จะแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าจะทำให้ค่าอัตราการขจัดเนื้องานเพิ่มขึ้นด้วย และจากการสังเกตผิวของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบแล้ว เมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า ความหนาผิวก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจาก การเพิ่มกระแสไฟฟ้าจะทำให้ความร้อนในการหลอมชิ้นงานมากขึ้น สามารถหลอมเนื้อชิ้นงานได้มากขึ้น อัตราการขจัดเนื้องานจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.2
การทดลองค่ากระแสไฟฟ้า

การทดลองที่	ตัวแปร				ผลการทดลอง
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)	ระยะเวลาปิด (ไมโครวินาที)	อัตราการชาร์จ เนื่องงาน (ลูกบาศก์มิลลิเมตร/นาที่)
1	90	1.5	3.5	50	0.2599
2	90	3	3.5	50	0.6777
3	90	6	3.5	50	1.5434
4	90	12.5	3.5	50	4.0594
5	90	25	3.5	50	9.6654



ภาพที่ 3.2
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้ากับค่าอัตราการชาร์จเนื่องงาน

3.3.2 ผลของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ออัตราการขจัดเนื้องาน

จากการทดลองค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าดังที่แสดงในตารางที่ 3.3 แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า MRR กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในภาพที่ 3.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าแล้ว จะทำให้อัตราการขจัดเนื้องานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้า จะทำให้อุณหภูมิสูงมากขึ้น จึงทำให้สามารถหลอมชิ้นงานได้มากขึ้น อัตราการขจัดเนื้องานเพิ่มขึ้น

3.3.3 ผลของระยะเวลาเปิดต่ออัตราการขจัดเนื้องาน

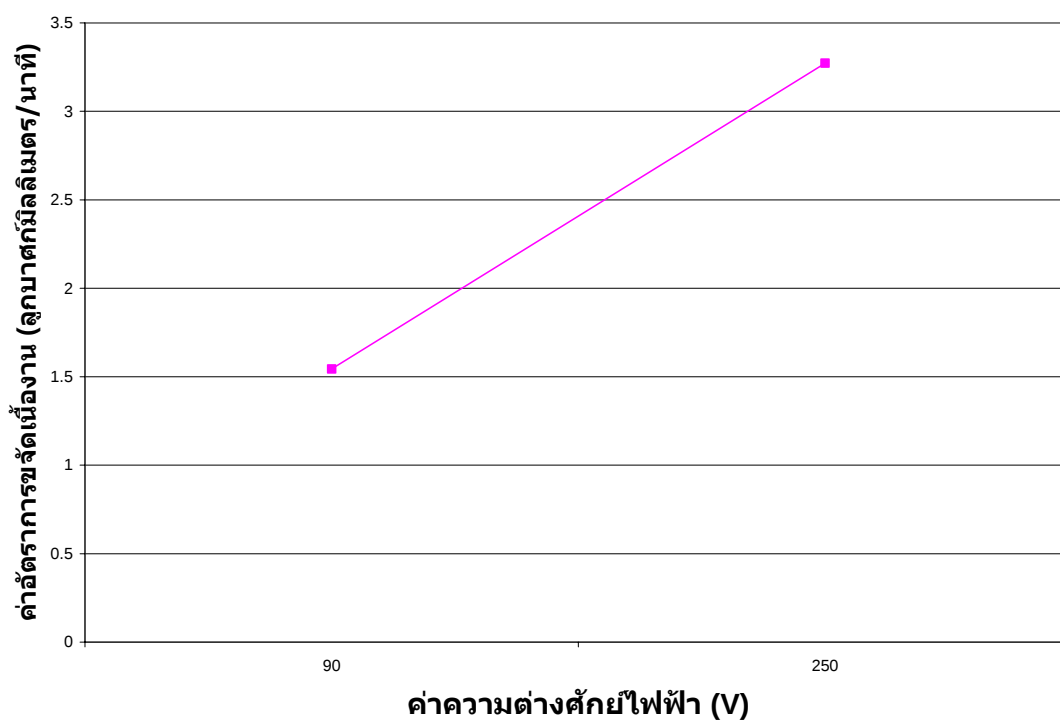
จากผลการทดลองในตารางที่ 3.4 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า MRR และระยะเวลาเปิดในภาพที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาเปิดขึ้นเรื่อยๆ ค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะเพิ่มมากขึ้นจนถึงค่าระยะเวลานึงแล้วจะลดลงมาเรื่อยๆ จากการสังเกต ผิวชิ้นงาน เมื่อเพิ่มระยะเวลาเปิดมากขึ้น ความกว้างของรูเจาะจะขยายมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาเปิดจะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการหลอมชิ้นงาน ทำให้ความร้อนสามารถหลอมชิ้นงานได้มากขึ้น อัตราการขจัดเนื้องานจึงมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาเปิดไปถึงช่วงหนึ่งแล้วจะทำให้อัตราการขจัดเนื้องานลดลง เนื่องจากการใช้ระยะเวลาหลอมนานไม่เกิดการขจัดเนื้องานออกไป

3.3.4 ผลของระยะเวลาปิดต่ออัตราการขจัดเนื้องาน

จากผลการทดลองในตารางที่ 3.5 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า MRR และระยะเวลาปิดในภาพที่ 3.5 ผลที่ได้คือ เมื่อเพิ่มระยะเวลาปิด จะทำให้อัตราการขจัดเนื้องานมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่งแล้วค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะลดลงไปเรื่อยๆ ในทางทฤษฎีนั้น เมื่อลดระยะเวลาปิดลงเรื่อยๆ จะทำให้อัตราการขจัดชิ้นงานมากขึ้น แต่ในการทำงานจริงนั้น การใช้ระยะเวลาปิดสั้นๆ นั้นทำให้การไหลของของเหลวมีสภาพไม่นำไฟฟ้านั้นไม่ดีพอ ไม่สามารถนำเอาเศษชิ้นงานออกมาได้หมด ทำให้การสปาร์กต่อๆ ไปไม่คงที่ อัตราการขจัดเนื้องานจึงน้อย เมื่อเพิ่มระยะเวลาปิดมากขึ้น จะสามารถขจัดเศษชิ้นงานออกมาได้มากขึ้น การสปาร์กจึงคงที่ ทำให้อัตราการขจัดเนื้องานมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาปิดมากขึ้นไปเรื่อยๆ จะทำให้อัตราการขจัดเนื้องานลดลง ระยะเวลาปิดนั้นจะมีค่าที่เหมาะสมที่ให้อัตราการขจัดเนื้องานสูงสุด

ตารางที่ 3.3
การทดลองค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

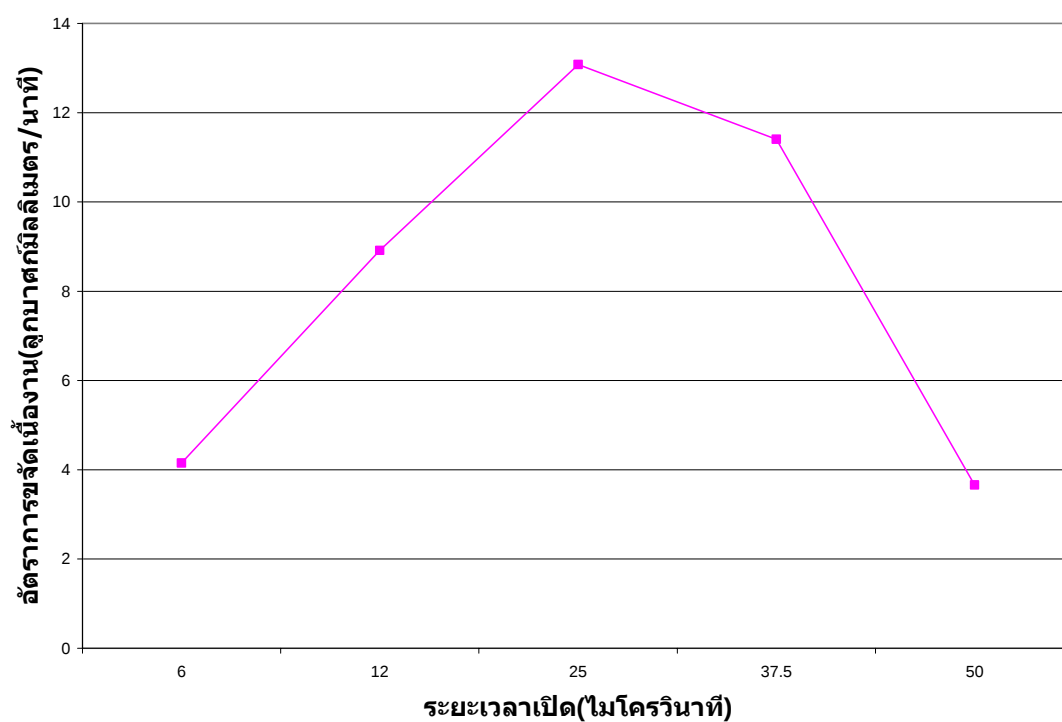
การทดลองที่	ตัวแปร				ผลการทดลอง
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)	ระยะเวลาปิด (ไมโครวินาที)	อัตราการขจัด เนื่องงาน (ลูกบาศก์ มิลลิเมตร/ นาที่)
1	90	6	3.5	50	1.5434
2	250	6	3.5	50	3.2720



ภาพที่ 3.3
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากับค่าอัตราการขจัดเนื่องงาน

ตารางที่ 3.4
การทดลองระยะเวลาเปิด

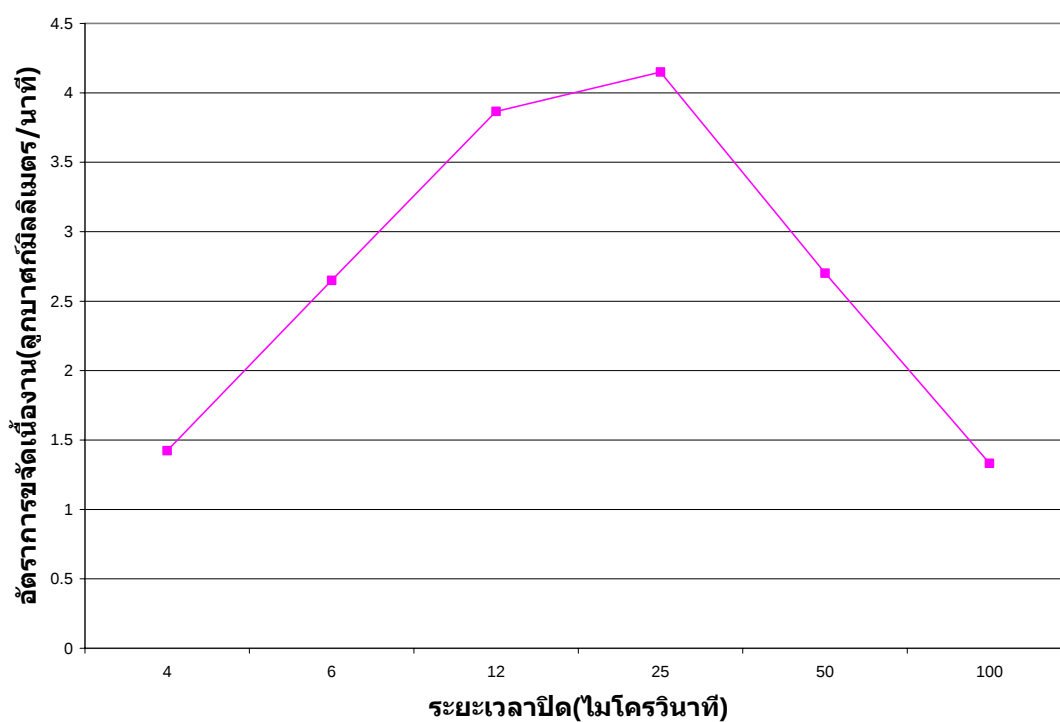
การทดลองที่	ตัวแปร				ผลการทดลอง
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)	ระยะเวลาปิด (ไมโครวินาที)	อัตราการชาร์จเนื้องาน (ลูกบาศก์มิลลิเมตร/นาท)
1	90	6	6	25	4.1499
2	90	6	12	25	8.9153
3	90	6	25	25	13.0794
4	90	6	50	25	3.6586



ภาพที่ 3.4
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาเปิดกับค่าอัตราการชาร์จเนื้องาน

ตารางที่ 3.5
การทดลองระยะเวลาปิด

การทดลอง ที่	ตัวแปร				ผลการทดลอง
	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)	ระยะเวลาปิด (ไมโครวินาที)	
1	90	6	6	6	2.6497
2	90	6	6	12	3.8666
3	90	6	6	25	4.1499
4	90	6	6	50	2.7017



ภาพที่ 3.5
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าระยะเวลาปิดกับค่าอัตราการขจัดเนื้องาน

3.4 การออกแบบการทดลองด้วยวิธีทางสถิติ

เนื่องจากในงานวิจัยมีข้อจำกัดในด้านจำนวนชิ้นงาน เมื่อนำเอาปัจจัยและระดับของปัจจัยไปใช้ในการกำหนดจำนวนการทดลองแบบแฟกทอเรียลแล้ว ส่งผลทำให้ต้องทำการทดลองจำนวนมาก เพื่อลดจำนวนครั้งในการทดลองลง จึงนำเอาวิธีของทางสถิติเข้ามาช่วยในการออกแบบการทดลอง

เมื่อทำการทดลองเบื้องต้นแล้วจึงนำเอา ผลการทดลองเบื้องต้นนั้นมาพิจารณา เพื่อทำการออกแบบการทดลองของทางสถิติต่อไปโดยเริ่มจาก

1.เลือกปัจจัยที่ทำการแปรค่าในการทดลอง และจำนวนระดับที่ใช้ในการทดลอง จากปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเครื่อง EDM คือ

- ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยเครื่อง EDM ที่ใช้ในการทดลองจะมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 2 ระดับ คือ 90 โวลต์ และ 250 โวลต์

- กระแสไฟฟ้า เครื่อง EDM ที่ใช้ในการทดลอง คือ 3 12.5 และ 25 แอมแปร์ จากผลการทดลองเบื้องต้น โดยจาก อัตราการขจัดเนื้องาน การสังเกตความเรียบผิวชิ้นงาน โดยการใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ จะได้ความเรียบสูงแต่อัตราการขจัดเนื้องานต่ำ ค่ากระแสไฟฟ้าสูงจะทำให้ได้ อัตราการขจัดเนื้องานสูงแต่ความเรียบผิวต่ำ การใช้กระแสไฟฟ้าที่มากกว่า 25 แอมแปร์ ค่าอัตราการขจัดเนื้องาน จะไม่เพิ่มมากขึ้นเท่าไร ทั้งยังทำให้ผิวชิ้นงานหยาบมีเขม่ามาก

- เวลาเปิด ระยะเวลาที่ใช้เป็นไมโครวินาที จากผลการทดลองเบื้องต้น เมื่อเพิ่มระยะเวลาเปิดค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดๆ หนึ่ง แล้วค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะลดลงเรื่อยๆ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเปิดจะทำให้ ผิวชิ้นงานหยาบมากขึ้น และเมื่อค่าระยะเวลาเปิดสูงๆ แล้วยังทำให้ รูเจาะขยายกว้างมากขึ้นด้วย ค่าระยะเวลาเปิดที่ใช้คือ 6 25 และ 50 ไมโครวินาที

- เวลาปิด ระยะเวลาที่ใช้เป็นไมโครวินาที จากการทดลองเบื้องต้น ค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับระยะเวลาเปิด เมื่อเพิ่มระยะเวลาปิด ค่าอัตราการขจัดเนื้องานจะเพิ่มถึงจุดๆ หนึ่งแล้วจะลดลงมา ระยะเวลาปิดที่ใช้ในการทดลองคือ 25 50 และ 100 ไมโครวินาที เนื่องจากการตั้งระยะเวลาปิดนานจะช่วยให้สามารถคายเศษออกมาได้ดีกว่า ทำให้การทำงานนั้นคงที่กว่า เนื่องจากในการทดลองเบื้องต้น การใช้ระยะเวลาเปิดนานๆ แต่ ใช้ระยะเวลาปิดน้อยๆ เมื่อกัดชิ้นงานลงไปเรื่อยๆ แล้วจะทำให้การสปาร์กมีปัญหา ไม่สามารถได้เต็ม เหมือนกันกับการสปาร์กที่ผิวชิ้นงาน

ตารางที่ 3.6
ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

	ปัจจัย	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	หน่วย
1	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	90	250	-	โวลต์
2	กระแสไฟฟ้า	3	12.5	25	แอมแปร์
3	เวลาเปิด	6	25	50	ไมโครวินาที
4	เวลาปิด	25	50	100	ไมโครวินาที

2.เมื่อกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยแล้วจึง กำหนดแผนการทดลองแบบทากูชิ แผนการทดลองแบบทากูชิจะมีตารางสำเร็จรูปให้ ในการเลือกแบบการทดลองจะต้องเลือกแบบ การทดลองที่มากที่สุด โดยตัวอย่างจากตารางที่ 3.8 มี ตัวปัจจัย 1 ตัวที่มี 2 ระดับ ตัวปัจจัยอีก 3 ตัวมี 3 ระดับ ดังนั้นจึงเลือกตาราง L18 (L_{18} Orthogonal Array, $2^1 \times 3^7$)

3.หลังจากได้แบบแผนการทดลองแล้วจึง นำเอาปัจจัยและระดับของปัจจัยที่จะใช้ ในการทดลองใส่ในตารางการทดลอง จะได้ตารางแผนการทดลองดังตารางที่ 3.9 แล้วจึงนำเอา ตารางการทดลองนี้ไปทำการทดลองและเก็บผลการทดลอง

4.นำเอาผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาความสัมพันธ์ ของปัจจัยและระดับของ ปัจจัยด้วยวิธีของทากูชิต่อไป

ตารางที่ 3.7

L18 (L_{18} Orthogonal Array, $2^1 \times 3^7$)

Col No.	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	2	3	3	2
12	2	1	3	2	1	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

ตารางที่ 3.8
 ตารางการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

การทดลองที่	ตัวแปร			
	ความต่าง ศักย์ไฟฟ้า(โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)	ระยะเวลาปิด (ไมโครวินาที)
1	90	3	6	25
2	90	3	25	50
3	90	3	50	100
4	90	12.5	6	25
5	90	12.5	25	50
6	90	12.5	50	100
7	90	25	6	50
8	90	25	25	100
9	90	25	50	25
10	250	3	6	100
11	250	3	25	25
12	250	3	50	50
13	250	12.5	6	50
14	250	12.5	25	100
15	250	12.5	50	25
16	250	25	6	100
17	250	25	25	25
18	250	25	50	50

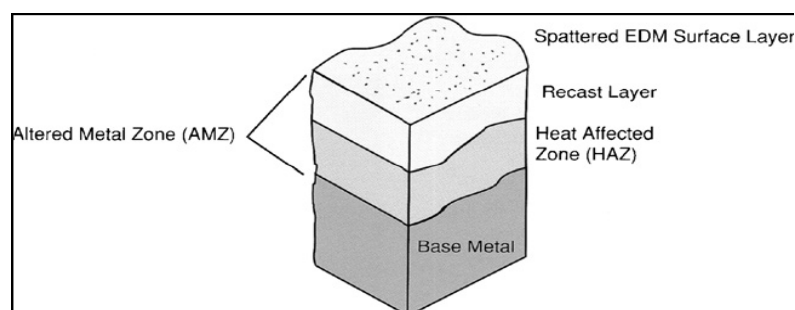
3.5 การเก็บข้อมูลรอยแตกร้าวขนาดเล็ก

การเก็บข้อมูลของรอยแตกร้าวขนาดเล็ก จะทำโดยการใช้ภาพที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง ในแต่ละการทดลองเอาไว้ แล้วจึงนำมาหาค่ารอยแตกร้าวขนาดเล็ก

ในการหาค่ารอยแตกร้าวขนาดเล็กนั้นในงานวิจัยจะใช้วิธีการคือ การหาค่าความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็ก หมายถึง การหาค่าความยาวของรอยแตกร้าวขนาดเล็กทั้งหมด ในพื้นที่ที่ทำการวัดมารวมกัน เนื่องจาก รอยแตกร้าวที่เกิดขึ้น มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น เกิดรอยเล็กๆ สั้นๆ เกิดขึ้นน้อยในพื้นที่ที่สังเกต เกิดรอยเล็กๆ สั้นทั่วพื้นที่ หรือ เกิดรอยแตกเป็นแนวยาว การนับจำนวนรอยที่เกิดขึ้นจึงทำได้ยาก

3.6 การเก็บข้อมูลชั้นหลอมสีขาว

กระบวนการแปรรูปด้วยเครื่อง EDM นั้น ไม่เพียงแต่เปลี่ยนผิวของชิ้นงานเท่านั้น ยังมีการเปลี่ยนแปลงชั้นผิวลึกลงไปอีกด้วย จะมีชั้นผิวเกิดขึ้น 3 ชั้น ชั้นแรก Spattered EDM Surface Layer ชั้นนี้เกิดจากการจับตัวของผงอิเล็กโตรดที่หลุดกระจายออกมา ชั้นนี้สามารถขัดออกไปได้ ชั้นต่อไป เป็นชั้นที่เกิดการหลอมตัวขึ้นมาใหม่ Recast (white) layer การเกิดรอยแตกร้าวขนาดเล็กนั้นจะเกิดขึ้นในชั้นนี้ ทั้งชั้นผิวไม่สามารถขัดออกไปได้ ชั้นผิวยังเป็นสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานเสียหายก่อนกำหนดด้วย ชั้นสุดท้าย heat-affected zone เป็นชั้นที่ได้รับผลจากความร้อนแต่ไม่เกิดการหลอมละลาย ในการแปรรูปด้วยเครื่อง EDM นั้นต้องพยายามทำให้ Recast layer ลดลง แต่ไม่ลดชั้น heat-affected zone [Kumar, S., et al. review 2008]



ภาพที่ 3.6

ชั้นผิวหลังจากการแปรรูปด้วยเครื่อง EDM [Kumar, S., et al. review 2008]

ในการทดลองเรื่องชั้นหลอมีสีขาว นั้น จะใช้แผนการทดลองของทาคุชิ ขึ้นมาใหม่ โดยจะใช้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดชั้นหลอมีสีขาว ปัจจัยที่จะส่งผลต่อการเกิดชั้นที่หลอมีขึ้นมาใหม่ นี้ ได้แก่ ขั้วประจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ระยะเวลาเปิด [H. Ramasawmy,2005] [Che-Chung Wang,2009] และเนื่องจากการแปรรูปด้วยเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้า และเนื่องจากชิ้นงานที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องลดจำนวนการทดลองลง

ตารางที่ 3.9

แผนการทดลองของทาคุชิที่ใช้ทดลองเรื่องรูปทูน

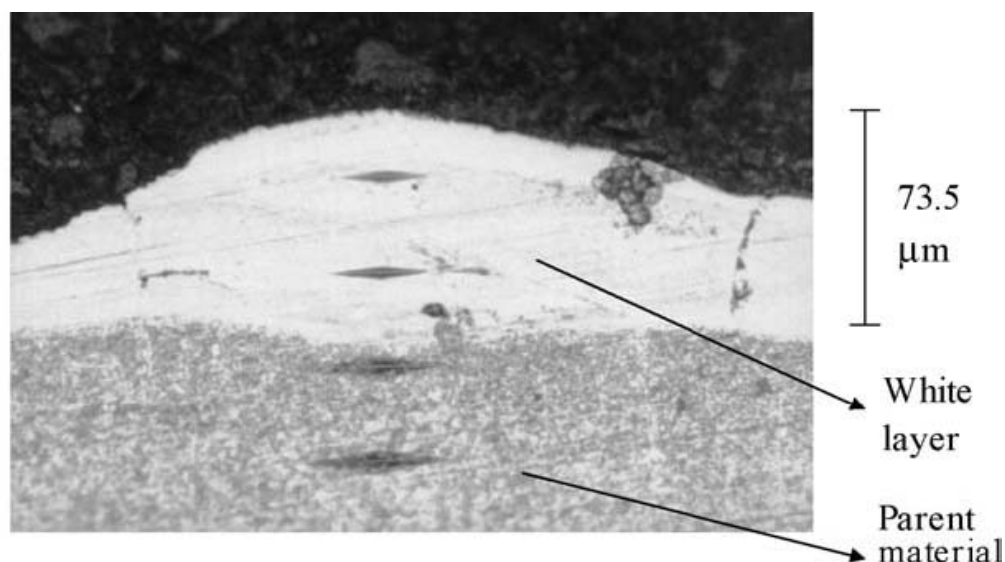
ลำดับที่	ขั้วประจุไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	ระยะเวลาเปิด (ไมโครวินาที)
1	บวก	90	6	25
2	บวก	90	50	400
3	บวก	250	6	25
4	บวก	250	50	400
5	ลบ	90	6	400
6	ลบ	90	50	25
7	ลบ	250	6	400
8	ลบ	250	50	25

การเก็บข้อมูลของชั้นหลอมีสีขาว นี้จะทำการตัดขวางชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปด้วยเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้า นำไปขัดเตรียมผิว แล้วจึงนำไปส่องด้วยกล้อง SEM ดูขนาดความกว้างของชั้นผิวที่เกิดขึ้น ดังในภาพที่ 3.7

การขัดเตรียมผิวชิ้นงานที่จะนำไปส่องนั้นจะทำโดย

1. ทำการขัดเปิดผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600
2. ทำการขัดผิวชิ้นงานให้เรียบด้วยกระดาษทราย เบอร์ 1000 และ 1200
3. นำไปขัดมันผิวชิ้นงานด้วย อลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 3 และ 1 ไมโครเมตร
4. ล้างทำความสะอาด แล้วจึงนำไปส่อง และระวังไม่จับที่ผิวของชิ้นงานที่ขัดแล้ว

ซึ่งวิธีการขัดเตรียมผิวนี้จะใช้ในการขัดผิวทั้งในการทดลองเรื่องดูชั้นผิวที่หลอมขึ้นมาใหม่และรูปพรุนที่ผิวของชิ้นงาน



ภาพที่ 3.7

ชั้นหลอมสีขาว ที่เกิดขึ้นหลังจากการแปรรูป
(ที่มา : เอกสารอ้างอิง [H. Ramasawmy,2005])

3.7 การเก็บข้อมูลรูปพรุนที่ผิวที่ผ่านการแปรรูปด้วยกัดโลหะด้วยไฟฟ้า

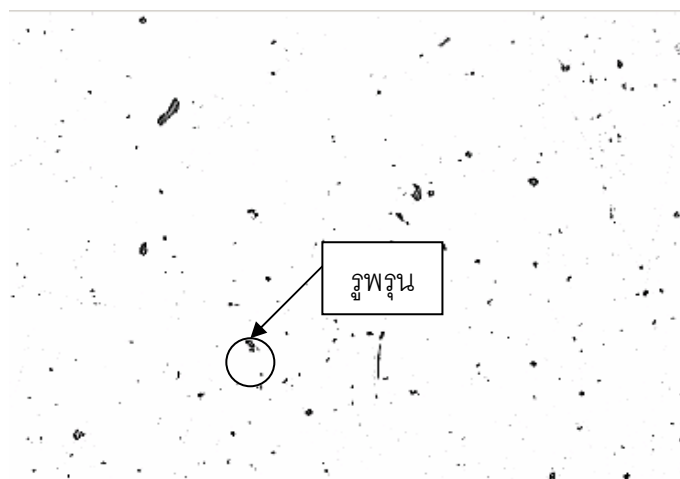
ในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลรูปพรุนที่ผิวของชิ้นงานโดยใช้วิธีดังนี้คือ

1. ขัดผิวชิ้นงานที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปในแต่ละการทดลองเอาไว้ แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อเก็บภาพรูปพรุนเอาไว้ ดังในภาพที่ 3.8
2. นำเอาชิ้นงานไปทำการแปรรูปด้วยเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้า ตามแบบการทดลองที่ออกแบบไว้
3. นำชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปมาแล้ว ไปขัดผิวโดยจะพยายามขัดชั้นผิวชั้นแรกออกและพยายามคงชั้นผิวที่หลอมขึ้นมาใหม่เอาไว้ นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ เก็บภาพรูปพรุนที่เกิดขึ้น ในภาพที่ 3.9-3.10
4. นำภาพผิวชิ้นงานที่ชัดเจนเรียบร้อยแล้วมานับจำนวนรูปพรุนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่สังเกต โดยจะใช้โปรแกรม Image pro เข้าช่วยในการหารูปพรุนเกิดขึ้นบนผิวที่ทำการสังเกต โดยจะให้พื้นที่

สีดำเป็นพื้นที่ที่เกิดจากรูพรุน พื้นที่สีขาวคือพื้นที่ที่ไม่เกิดรูพรุน แล้วนำเอาพื้นที่สีดำมาเทียบกับพื้นที่สีขาวจะได้ค่าที่ได้จะออกมาเป็น เปอร์เซ็นต์ของรูพรุนต่อพื้นที่ที่สังเกต

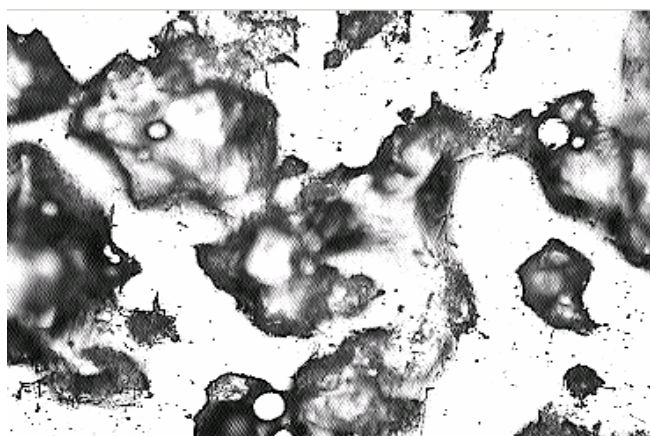
5. ทำกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยต่อจำนวนรูพรุนที่มีอยู่ใน

รูป



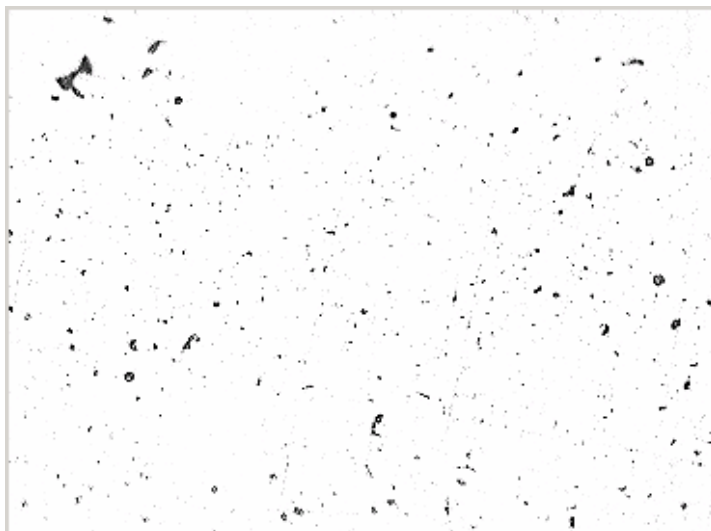
ภาพที่ 3.8

ผิวชิ้นงานก่อนการแปรรูป



ภาพที่ 3.9

ผิวชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปแล้วนำมาขัดผิวลงบางส่วน



ภาพที่ 3.10

ผิวชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปแล้วนำมาขัดผิวจนเรียบ