สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

ELECTRO DISCHARGE MACHINE

นายสมชาติ ศรีวิวัฒน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62694
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRO DISCHARGE MACHINE

SOMCHART SRIVIVAT

A THYSIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFIMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม
	ELECTRO DISCHARGE MACHINE
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายสมชาติ ศรีวิวัฒน์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา	2548

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์ ผศ.ไสว พงศ์สวัสดิ์ รศ.ดร.กิตติ ตีรเศรษฐ	

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม		
	ELECTRO DISCHARGE MACHINE		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายสมชาติ	ศรีวิวัฒน์	รหัสประจำตัว 46015463
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประภาษ	อุดคกิมาพันธุ์	
	ผศ.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
	รศ.ดร.กิตติ	ตีรเศรษฐ	
ปีการศึกษา	2548		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องเจาะ โดยใช้ระบบไฟฟ้าในการทำการเจาะโลหะที่มีความแข็งเป็นพิเศษ ซึ่งไม่สามารถเจาะขึ้นรูปได้โดยวิธีธรรมดา โดยอาศัยหลักการสปาร์คของขั้วไฟฟ้าที่เกิดจากการกักเก็บประจุของตัวคาปาซิเตอร์ ผ่านโลหะตัวนำเข้าสู่ชิ้นงานทำให้ชิ้นงานสึกกร่อนตามต้องการ การควบคุมการเคลื่อนที่จะใช้ Step motor ควบคุมการขึ้น-ลงของหัวเจาะ โดยขับชุดหัวเจาะผ่านสกรูเลื่อนขึ้นลงเป็นระยะสั้นๆ เพื่อควบคุมจังหวะการสปาร์คและมีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งน้ำจะทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้าพร้อมกับระบายเศษโลหะออกจาก การสปาร์ค โดยใช้ชื่อว่า Electro Discharge Machine เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุที่มีความแข็งสูงและนำไฟฟ้าได้ดี เช่น เหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็ง เหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็ง เหล็กกล้าคาร์บอนสูง หรือโลหะพิเศษ อื่นๆ

การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องเจาะทำให้เครื่องเจาะมีประสิทธิภาพมากขึ้นคือ มีความเร็วสูงขึ้น เจาะโลหะได้หนามากขึ้น สามารถนำไปใช้กับงานได้หลากหลายขึ้น และเพิ่มคุณภาพของชิ้นงานขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Electro Discharge Machine	
Author	Mr. Somchart Srivivat	
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Prapart	Ukkakimapan
	Asst.Prof. Sawai	Pongsawat
	Assoc.Prof.Dr Kitti	Tirasesth
Year	2005	

ABSTRACT

This thesis is operation and construction of drill by use electrical discharge system to dill metal, which is high strong to be not drill by common system. By using sparking of electrode. A particle will have a hole for use. For drilling we use stepping motor will control at moving drill machine position up and down by driving a drill machine, which to pass screw, drill machine will vibration up and down a small gap. Another it to be control timing of sparking. This system use lubricant to remove heat, it is dielectric which can give a particulate of metal out. Name of is machine is ELECTRO DISCHARGE MACHINE. It is a machine for drilling a high hardness material, Such as quench hardensing metal, cemented carbine metal, or special metal, etc.

The improving from BROKEN STUD MACHINE to have more efficient of drilling. It make drill machine can drill more smooth and speed up. Another that it can drill the material that have more thickness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รศ. ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ผศ.ไสว พงศ์สวัสดิ์ รศ.ดร. กิตติ ตีรเศรษฐ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และคุณพ่อ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นของการสปาร์ค 3

2.1 ทฤษฎีค่าความความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำ 3

2.1.1 สภาพที่กระแสเริ่มไหล (Dark Current) 4

2.1.2 การสปาร์คแบบโคโรน่า(Corona Discharge) 4

2.1.3 การสปาร์คแบบโกรล์ (Grol Discharge) 4

2.1.4 การสปาร์คแบบอาร์ค (Arc Discharge) 4

2.2 ทฤษฎีค่าความความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำ 4

2.2.1 ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าในน้ำ 5

2.3 ทฤษฎีของคาปาซิเตอร์ 6

2.3.1 หลักการทำงาน 6

2.3.2 การเก็บประจุ 8

2.3.3 การคายประจุ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ทฤษฎีของโลหะ	9
2.4.1 คุณสมบัติของโลหะ	9
2.4.2 พันธะโลหะ	10
2.4.3 สาเหตุการเกิดพันธะโลหะ	11
2.5 การไหลของกระแสไฟฟ้า	11
บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ	13
3.1 หลักและวิธีที่ทำให้เกิดการสปาร์ค	13
3.2 ทฤษฎีของสเตปปิ้งมอเตอร์	14
3.2.1 หลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์	14
3.2.2 สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	15
3.2.3 วงจรขับสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์	16
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	18
4.1 BLOCK DIAGRAM ของเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	18
บทที่ 5 ผลการทดลอง	23
5.1 จุดประสงค์การทดลอง	23
5.2 ลำดับขั้นตอนการทดลอง	23
5.3 สรุปผลการทดลอง	36
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	37
6.1 บทสรุป	37
6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 น้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีเป็นน้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ	6
5.1 แสดงคุณสมบัติขั้วไฟฟ้า	24
5.2 แสดงผลการทดลอง	25
5.3 แสดงผลการทดลอง	29
5.4 แสดงผลการทดลอง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.2 น้ำ	4
2.3 การเก็บประจุของตัวเก็บประจุนี้เปรียบได้กับการยืดสปริงเพื่อสะสมพลังงานพลังงานจลน์	6
2.4 อธิบายพื้นฐานโครงสร้างของตัวเก็บประจุ	7
2.5 อธิบายการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ	8
2.6 การคายประจุของตัวเก็บประจุ	9
2.7 พันธะโลหะ	10
2.8 การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของโลหะ	10
3.1 แสดงการหมุนเป็นสเตป	14
3.2 แสดงการหมุนแบบต่อเนื่อง	15
3.3 แสดงวงจรสมมูลย์ของสเตปปิ้งมอเตอร์	16
3.4 กราฟแรงดันและกระแสแบบสองแหล่งจ่าย	16
4.1 BLOCK DIAGRAM ของเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	18
4.2 วงจรภายในเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	19
4.3 ชุดวงจรเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	20
4.4 ชุดวงจรเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม	21
4.5 ชุดเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็มขณะทำการทดลอง	22
5.1 แสดงขั้วไฟฟ้า	24
5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน	25
5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก	26
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด	26
5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก	26
5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด	26
5.7 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด	27
5.8 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.9 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 20 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด	28
5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน	29
5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก	30
5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด	30
5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก	30
5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความละเอียด	30
5.15 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด	31
5.16 ชิ้นงานที่เจาะด้วย แรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด	31
5.17 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 20 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด	32
5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน	33
5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก	34
5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด	34
5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก	34
5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความละเอียด	34
5.23 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 4.7 ไมโครฟารัด	35
5.24 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 4.7 ไมโครฟารัด	35
5.25 แรงดัน 20 โวลท์	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

เทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิตมากขึ้นในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ก็เช่นกันได้มีการพัฒนาวิธีการขึ้นรูปจากการใช้ความแข็งของหัวเจาะโลหะที่แข็งกว่ากัดกินเนื้อโลหะชิ้นงานที่ที่แข็งน้อยกว่าเพื่อให้ได้รูปแบบตามต้องการแต่การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัดคือถ้าชิ้นงานที่นำมาขึ้นรูปมีความแข็งใกล้เคียงกับหัวเจาะจะทำให้ขาดประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานอีกทั้งเครื่องเจาะมีความเสี่ยงต่อความเสียหายซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงมากขึ้น จากข้อจำกัดนี้จึงได้มีการคิดค้นวิธีการใหม่คือการขึ้นรูปด้วยกระแสไฟฟ้า แต่วิธีการขึ้นรูปด้วยกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันก็ยังมีต้นทุนที่ใช้ในการผลิตที่ สูงอยู่มากและมีใช้เฉพาะในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้น ทางผู้จัดทำจึงมีแนวคิดว่าถ้านำหลักการการขึ้นรูปด้วยกระแสไฟฟ้ามาทำการศึกษาและวิจัยประยุกต์ให้มีความหลากหลายในการใช้งาน โดยนำวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาถูกมาเป็นส่วนประกอบก็น่าจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาพัฒนาและออกแบบสร้างเครื่องเจาะโลหะที่สามารถเจาะโลหะที่มีความแข็งเป็นพิเศษโดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการนำปรากฏการณ์การสปาร์คของวงจรไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในการขึ้นรูปโลหะ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการผลิตชิ้นงานในการขึ้นรูปโลหะในงานอุตสาหกรรมที่ลดต้นทุนในการผลิตโดยการนำวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาถูกมาใช้ในการประกอบเครื่อง และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักการขึ้นรูปด้วยกระแสไฟฟ้าให้มีความสามารถในการผลิตได้ทัดเทียมกับต่างประเทศ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาและออกแบบเครื่องทำแม่พิมพ์ขนาดเล็กเพื่อให้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในงานขึ้นรูปโลหะขนาดเล็กได้พร้อมทั้งสามารถปรับระดับความหยาบละเอียดของชิ้นงาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของปริญญานิพนธ์นี้โดยอาศัยทรัพยากรที่มีอยู่นำมาใช้ในการสร้างเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งานในด้านการผลิตและเป็นแนวทางการศึกษาวิจัยในหัวข้อเกี่ยวข้องกับหลักการนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในขั้นแรกของการทำปริญญานิพนธ์นี้เริ่มจากการศึกษาธรรมชาติของการสปาร์คที่ทำให้เกิดการสึกกร่อนของโลหะซึ่งการสปาร์คที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในช่วงของการเกิดขั้นตอนการลัดที่วงจรไฟฟ้าเพราะบางช่วงที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดการสึกกร่อนของโลหะและเราสามารถควบคุมได้ เมื่อทราบถึงธรรมชาติจากทฤษฎีแล้วก็ทำการทดลองด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้เกิดปรากฏการสปาร์คดังกล่าวก็ได้เลือกใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยตัวความต้านทานต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์เนื่องจากเป็นวงจรที่ง่ายต่อการประกอบตลอดจนวงจรควบคุมในส่วนอื่นๆ ก็ทำได้ไม่ยากนัก ถึงขั้นนี้ความสามารถของเครื่องคือสามารถทำลายโลหะที่มีความแข็งเป็นพิเศษได้แล้วในช่วงเวลาที่กำหนดแต่ยังไม่สามารถควบคุมรูปทรงของชิ้นงานที่ออกมานักจึงต้องทำการทดลองต่อไปว่าพารามิเตอร์ใดบ้างของเครื่องที่มีผลต่อรูปทรงของชิ้นงานที่ออกมา และได้ผลสรุปออกมาเป็นปริญญานิพนธ์เล่มนี้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำทฤษฎีและผลการทดลองที่ได้ศึกษาไปเป็นข้อมูลอ้างอิง ในการสร้างเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็มที่มีความสามารถทัดเทียมกับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศแต่มีราคาถูกและเป็นผลงานของคนไทยเราเอง
2. สามารถนำผลงานนี้ไปพัฒนาและใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

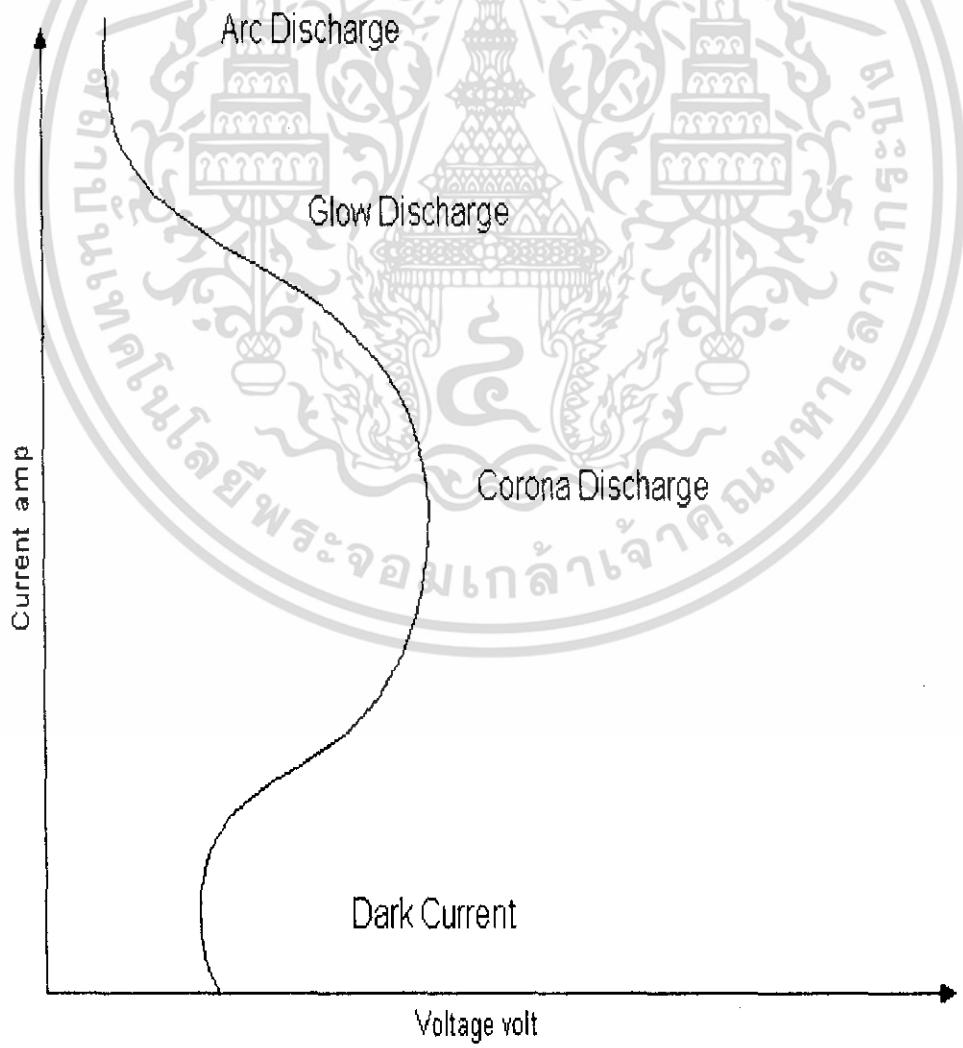
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการสปาร์ค

ปรากฏการณ์สปาร์ค เป็นชื่อเรียกโดยรวมของปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่ใส่แรงเคลื่อนไฟฟ้า ประเภท ของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ คั่นอยู่ จนให้ฉนวนไฟฟ้าเหล่านั้นสูญเสียความเป็นฉนวน (Dielectric Breakdown) และเกิดมีกระแสไหลอย่างรุนแรง

ดังนั้นปรากฏการณ์ดังกล่าวจึง หมายถึง การฝืนบังคับทำให้กระแสไหลผ่านวัตถุตัวกลางซึ่งโดยปกติกระแสจะไหลผ่านได้ยาก และเมื่อถึงเวลาที่การฝืนบังคับนี้ถึงขีดจำกัด ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่ไหลขึ้นมาอย่างกะทันหัน การนำเอาหลักการ สปาร์คมาประยุกต์ใช้งาน ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนท์ การเชื่อมแบบอาร์ค การขึ้นรูปด้วยวิธีการสปาร์ค เป็นต้น



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงช่วงการสปาร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงช่วงลักษณะการเกิดกระแสขณะเกิดการสปาร์ค ซึ่งมีลำดับขั้นดังนี้

1. สภาพที่กระแสเริ่มไหล (Dark Current) ถ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือ ลดช่องว่างระหว่างหัวสปาร์คลงมาเรื่อยๆ เมื่อถึงจุดหนึ่งอากาศจะรวมตัวเป็นประจุไฟฟ้า และอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบจะถูกดูดจากฝั่งขั้วลบไปยังขั้วบวกในช่วงเวลานี้จะเริ่มมีกระแสไหล

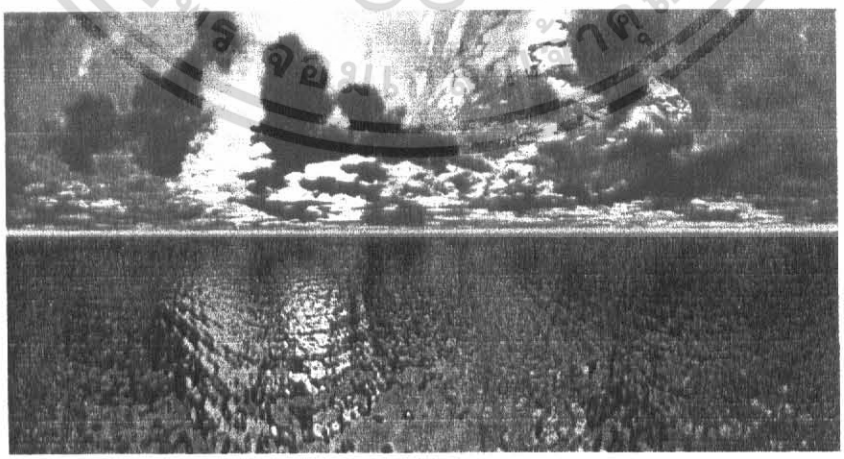
2. การสปาร์คแบบโคโรน่า (Corona Discharge) ถ้าเพิ่มแรงดันหรือลดช่องว่างลงอีกผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าบางส่วน ที่เกิดสนามไฟฟ้าแรงสูงเป็นพิเศษจะเกิดการสูญเสียความเป็นฉนวน ซึ่งเป็น การสปาร์คที่ขาดเสถียรภาพอย่างมาก

3. การสปาร์คแบบโกรล์ (Grol Discharge) บริเวณที่เกิดการสูญเสียความเป็นฉนวนแล้วนั้นอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบจะไหลในส่วนนี้มากขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาที่สั้นมาก

4. การสปาร์คแบบอาร์ค (Arc Discharge) หลังจากประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ระหว่างขั้วถูกปลดปล่อยออกมาและการสปาร์คแบบโกรล์ได้มีกระแสไฟฟ้าไหลค่าสูงสุดแล้ว การสปาร์คจะเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย สภาพการสปาร์คเช่นนี้จะเกิดขึ้นในลักษณะที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมพลังงานระยะก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะแบบอาร์คนี้

การสปาร์คที่เป็นประกายไฟ โดยทั่วไปแล้วนั้นเป็นการสปาร์คซึ่งเกิดขึ้นทุกขั้นตอนตั้งแต่ที่สภาพเริ่มไหลจนถึงสภาวะแบบการอาร์ค ภายในช่วงระยะเวลาที่สั้นมาก

2.2 ทฤษฎีค่าความความเป็นตัวนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity : EC)



รูปที่ 2.2 น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำที่สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้ จึงนิยมใช้ค่านี้ในการประเมินปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำอย่างคร่าวๆ เนื่องจากเป็นค่าที่วัดได้ง่าย และปัจจุบันมีเครื่องวัดค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ง่ายและสะดวก ถ้าค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงแสดงว่ามีสิ่งเจือปนในน้ำมาก **ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า** หมายถึง ความสามารถในการนำไฟฟ้าหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายที่อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดอันละ 1 ตารางเซนติเมตร และระยะระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง คือ 1 เซนติเมตร เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductance) ซึ่งมีความหมายตรงข้ามกับ ความต้านทานไฟฟ้า (resistivity) หรือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (specific resistance) ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (m mho/cm) หรือมิลลิซีเมนส์ต่อเมตร (mS/m)ในหน่วยเอสไอ (International System of Unit)

2.2.1 ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าในน้ำ แต่ละประเภทมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ

1. ความเข้มข้นของอิออนที่แตกตัวได้ ถ้าในน้ำมีปริมาณสารที่สามารถแตกตัวเป็นอิออนได้ (ionizable matter) มาก ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าก็สูง ได้แก่ กรด เบส เกลืออนินทรีย์ เช่น H + , Na + , K + , Ca + , Cl - , CO 3 2- , OH - ฯลฯ ซึ่งหมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ยกเว้นโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส เบนซีน ฯลฯ ซึ่งไม่แตกตัวในน้ำ จึงไม่มีผลต่อค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้า

2. ชนิดของอิออน ถ้าเป็นอิออนที่เกิดจากอนุมูลกรดแก่ หรืออนุมูลเบสแก่ จะให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงกว่าอิออนของอนุมูลกรดอ่อน หรือเบสอ่อน

3. การเคลื่อนที่ของอิออน (ionic mobility) ถ้าอิออนมีการเคลื่อนที่มากก็มีผลทำให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูง

4. อุณหภูมิ มีผลต่อการเคลื่อนที่ **ถ้าอุณหภูมิสูงอิออนต่างๆ** มีการเคลื่อนที่มาก ทำให้ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าสูงด้วย ดังนั้น การรายงานค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าจึงต้องระบุอุณหภูมิด้วย เช่น Electrical conductivity at 25 ? c

5. ความเป็นกรด - ด่าง ถ้าน้ำมีค่าความเป็นกรด - ด่างมากกว่า 9 หรือน้อยกว่า 5 จะมีผลต่อค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้ามาก ทั้งนี้เพราะ ไฮโดรเจนอิออน (H +) และไฮดรอกไซด์อิออน (OH -) มีการเคลื่อนที่ของอิออน (ionic mobility) สูงกว่าอิออนตัวอื่น กล่าวคือ ไฮโดรเจนอิออนมีการเคลื่อนที่ของอิออนของเท่ากับ 350 ไฮดรอกไซด์อิออนเท่ากับ 278 และโซเดียมอิออน (Na +) เท่ากับ 20-60 เป็นต้น ดังนั้น ค่าความเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ได้ จะมาจากไฮโดรเจนอิออนและ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกไซด์อิออน ซึ่งมาจากค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำมากกว่ามาจากอิออนอื่น

ตารางที่ 2.1 ค่า conductivity factors ของอิออนที่พบบ่อยในน้ำ

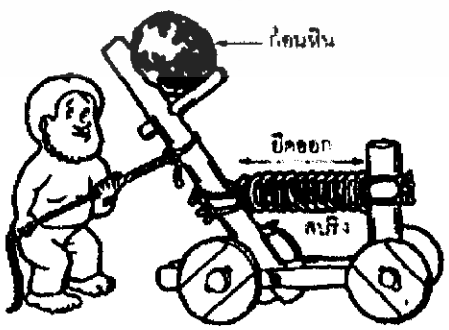
อิออน	ค่าการนำไฟฟ้าของอิออน	
	Per meq/L	Per mg/L
ไบคาร์บอเนต	43.6	0.715
แคลเซียม	52.0	2.6
คาร์บอเนต	84.6	2.82
คลอไรด์	75.9	2.14
แมกนีเซียม	46.6	3.82
ไนเตรท	71.0	1.15
โปแตสเซียม	72.0	1.84
โซเดียม	48.9	2.13
ซัลเฟต	73.9	1.54

ดังนั้นน้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพดีนั้นควรเป็นน้ำที่มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำ

2.3 ทฤษฎีของคาปาซิเตอร์

2.3.1 หลักการทำงาน

ถ้าเราจะเปรียบการทำงานของตัวเก็บประจุกับสปริง ขณะเรายืดสปริงออกนั้นหมายถึง เรากำลังให้พลังงานกับสปริง และถ้าปล่อยมือ สปริงก็จะหดตัวกลับที่เดิม ทำให้ก้อนหินถูกดีดออกไป ดังรูปที่3 เปรียบเทียบการเก็บประจุและการปล่อยมือให้สปริงหดตัวกับการคายประจุ ของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.3 การเก็บประจุของตัวเก็บประจุนี้เปรียบได้กับการยืดสปริงเพื่อสะสมพลังงานพลังงานจลน์

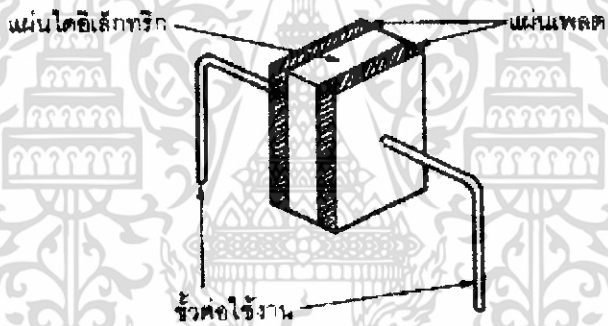
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าคุณจะสะสมอะไรสักอย่าง คุณก็จะต้องหาที่เก็บรักษาอย่างดี เพื่อให้สิ่งของที่คุณเก็บรักษาอยู่ดี (ไม่สูญหายไปไหน) นั้นมันเป็นเรื่องของสิ่งของที่จับต้องได้ แต่ถ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าคุณจะใช้อะไรเก็บมันล่ะ?

บางคนสงสัยว่าทำไม ตัวอะไร สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าได้ บ้างอาจคิดไปไกลถึงอุปกรณ์ไฮ-เทคต่างๆ แต่ที่ผมจะกล่าวดังต่อไปนี้ เป็นอุปกรณ์ที่แสนจะธรรมดา สำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์สมัครเล่นอย่างเราๆ หรือคุณที่สนใจสามารถเรียนรู้ได้ "ตัวเก็บประจุ" (Capacitor) ไงครับ

โครงสร้างพื้นฐานของตัวเก็บประจุ

พื้นฐานโครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วย แผ่นตัวนำสองแผ่นซึ่งเรียกมันว่า "แผ่น I เพลต" และคั่นด้วย "แผ่นไดอิเล็กตริก" ซึ่งทำด้วยฉนวนไฟฟ้า เช่น กระดาษ , ไมก้า , เซรามิก หรืออากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เรามักเรียกชื่อของตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ตามสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กตริก เช่น ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก ก็จะมีแผ่นไดอิเล็กตริกเป็นเซรามิกนั่นเอง



รูปที่ 2.4 อธิบายพื้นฐานโครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ตัวแปรที่ให้ค่าของตัวเก็บประจุมากหรือน้อยมีอยู่ 3 ประการ คือ

- พื้นที่แผ่นเพลตที่วางขนานกันตัวเก็บประจุที่มีพื้นที่แผ่นเพลตมากก็ยิ่งมีค่าความจุมาก
- ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตยิ่งมีความห่างของแผ่นเพลตมากขึ้นค่าความจุก็ยิ่งลดลง
- ชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กตริก ค่าความจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กตริก

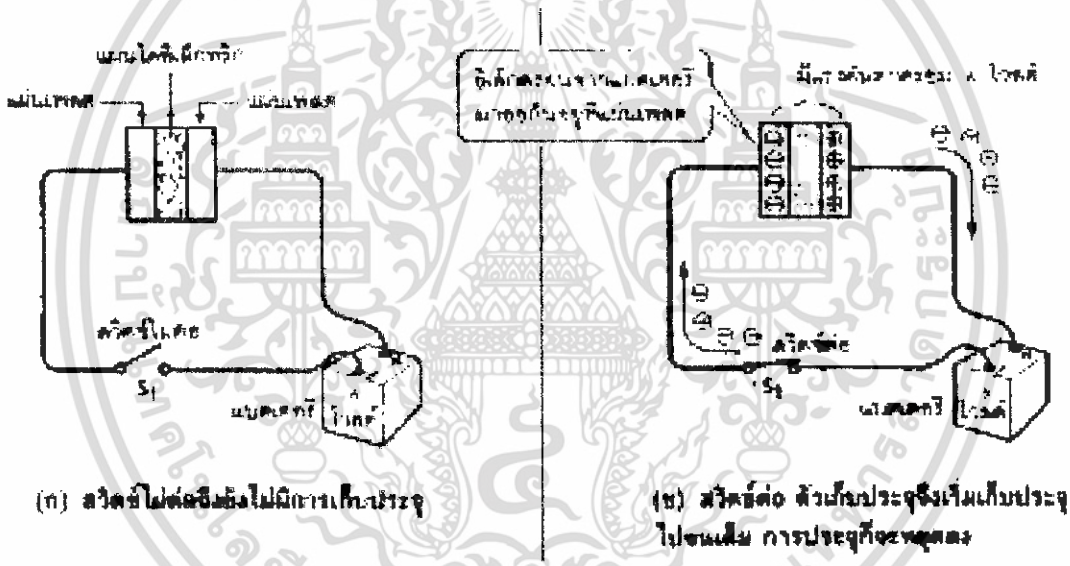
หน่วยของตัวเก็บประจุคือ "ฟารัด" (Farad) เขียนสัญลักษณ์ย่อว่า "F" ในทางปฏิบัติถือว่าหนึ่งฟารัดมีค่ามาก ส่วนใหญ่ค่าที่ใช้จะอยู่ในช่วง ไมโครฟารัดกับพิโกฟารัด หนึ่งไมโครฟารัดมีค่าเท่ากับหนึ่งในล้านของฟารัด (1 ไมโครฟารัดเท่ากับ 0.000,001 ฟารัด)ใช้สัญลักษณ์ "uF" (microfarad)และหนึ่งพิโกฟารัดมีค่าเท่ากับหนึ่งในล้านของหน่วยไมโครฟ (1 พิโกฟารัด เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.000,001 ไมโครฟารัด) ใช้สัญลักษณ์ว่า "pF" (picofarad) 1uF = 1/1,000,000 F = 0.000,001F 1pF = 1/1,000,000 uF = 0.000,001 uF

2.3.2 การเก็บประจุ

การเก็บประจุก็คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุนั่นเอง ซึ่งอธิบายโดยละเอียดดังในรูปที่ 4 ข. เมื่อนำแบตเตอรี่อื่นๆ ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปออกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไป ผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม (เหมือนกับนำแผ่นแม่เหล็กที่มีขั้ว เหมือนกันมาใกล้กันมันก็จะผลักกัน) ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมี ประจุเป็น + และ ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น (เมื่อเทียบกับอีกด้าน)



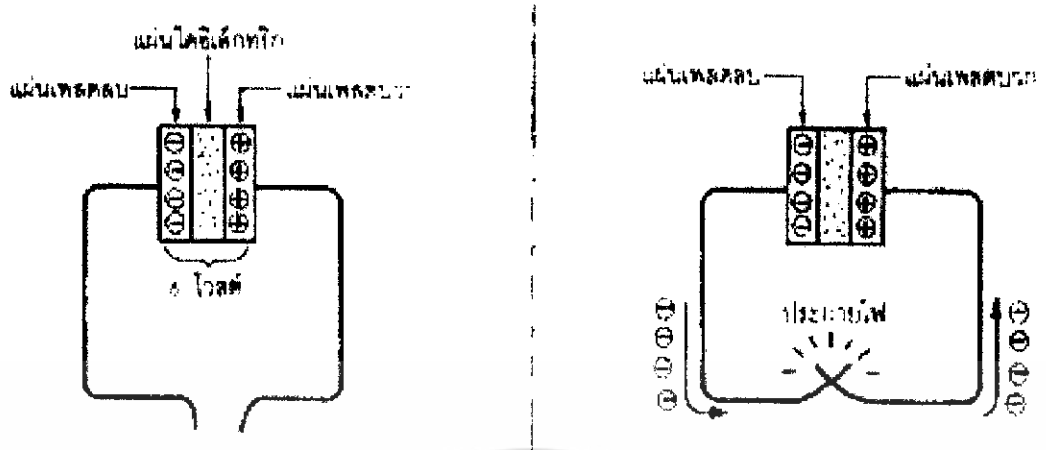
(ก) สวิตช์ไม่ต่อเข้ากับไม่มีการเก็บประจุ (ข) สวิตช์ต่อ ตัวเก็บประจุจึงเริ่มเก็บประจุไปจนเต็ม การประจุก็จะหยุดลง

รูปที่ 2.5 อธิบายการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

2.3.3 การคายประจุ

ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน (ดังในรูปที่ 5 ก.) อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเมื่อไร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "การคายประจุ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้านำแบตเตอรี่ออกแล้วก็ยังคงมีอิเล็กตรอนอยู่

(ข) การสัมผัสกันของตัวนำที่ต่อจากแผ่นเพลตทั้งสอง ทำให้อิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตลบไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวก

รูปที่ 2.6 การคายประจุของตัวเก็บประจุ

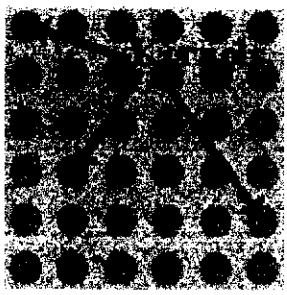
2.4 ทฤษฎีของโลหะ

2.4.1 คุณสมบัติของโลหะ

เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เพราะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปได้ง่ายทั่วทั้งก้อนของโลหะ แต่โลหะนำไฟฟ้าได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากไอออนบวกมีการสั่นสะเทือนด้วยความถี่และช่วงกว้างที่สูงขึ้นทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไม่สะดวกโลหะนำความร้อนได้ดี เพราะมีอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้ โดยอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ตรงตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูง จะมีพลังงานจลน์สูง และอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนอื่นของโลหะจึงสามารถถ่ายเทความร้อนให้แก่ส่วนอื่น ๆ ของแท่งโลหะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้ โลหะตีแผ่เป็นแผ่นหรือดึงออกเป็นเส้นได้ เพราะไอออนบวกแต่ละไอออนอยู่ในสภาพเหมือนกัน ๆ กัน และได้รับแรงดึงดูดจากประจุลบเท่ากันทั้งแท่งโลหะ ไอออนบวกจึงเลื่อนไถลผ่านกันได้โดยไม่หลุดจากกัน เพราะมีกลุ่มของอิเล็กตรอนทำหน้าที่คอยยึดไอออนบวกเหล่านี้ไว้โลหะมีผิวเป็นมันวาว เพราะกลุ่มของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้โดยอิสระจะรับและกระจายแสงออกมา จึงทำให้โลหะสามารถสะท้อนแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ โลหะมีจุดหลอมเหลวสูง เพราะพันธะในโลหะ เป็นพันธะที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระทั้งหมดในอิออนลบโลหะกับไอออนบวกจึงเป็นพันธะที่แข็งแรงมาก

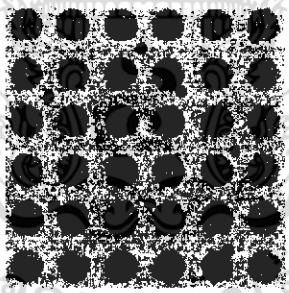
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 พันธะโลหะ



รูปที่ 2.7 พันธะโลหะ

พันธะโลหะ คือแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกซึ่งเรียงชิดกันกับอิเล็กตรอนที่อยู่โดยรอบหรือเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมในก้อนโลหะ ใช้เวเลนส์อิเล็กตรอนทั้งหมดร่วมกัน อิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้นได้เพราะโลหะมีเวเลนส์อิเล็กตรอนน้อย และมีพลังงานไอออไนเซชันต่ำจึงทำให้เกิดกลุ่มของอิเล็กตรอนและไอออนบวกได้ง่าย ในพันธะโลหะอิเล็กตรอนไม่ได้เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งเพียงอะตอมเดียว แต่อิเล็กตรอนทุกตัวสามารถเคลื่อนที่ไปยังอะตอมใกล้เคียงได้ ซึ่งแตกต่างจากพันธะโคเวเลนส์ ทั้งนี้เพราะแต่ละอะตอมในแท่งโลหะจะมีอะตอมอื่นอยู่โดยรอบ 8 หรือ 12 อะตอม อะตอมจึงมีเวเลนส์อิเล็กตรอนไม่พอที่จะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันระหว่างแต่ละอะตอมกับอะตอมใกล้เคียงได้



รูปที่ 2.8 การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของโลหะ

พลังงานไอออไนเซชันของโลหะมีค่าน้อยมาก แสดงว่าอิเล็กตรอนในระดับนอกสุดของโลหะถูกยึดเหนี่ยวไว้ไม่แน่นหนา อะตอมเหล่านี้จึงเสียอิเล็กตรอนกลายเป็นไอออนบวกได้ง่าย เมื่ออะตอมของโลหะมารวมกันเป็นกลุ่ม ทุกอะตอมจะนำเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาใช้ร่วมกัน โดยอะตอมของโลหะจะอยู่ในสภาพของไอออนบวก ส่วนเวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดจะอยู่เป็นอิสระไม่ได้เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งโดยเฉพาะ แต่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั่วทั้งก้อนโลหะ และเนื่องจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เร็วมาก จึงมีสภาพคล้ายกับมีกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนปกคลุมก้อนโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้อยู่ โดยมีไอออนบวกฝังอยู่ในกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนซึ่งเป็นลบ จึงเกิดแรงดึงดูดที่แน่นหนาทั่วไปทุกตำแหน่งภายในก้อนโลหะนั้น เรียกพันธะลักษณะเช่นนี้ว่า พันธะโลหะ ในพันธะโลหะอิเล็กตรอนไม่ได้เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งเพียงอะตอมเดียว แต่อิเล็กตรอนทุกตัวสามารถเคลื่อนที่ไปยังอะตอมใกล้เคียงได้ ซึ่งแตกต่างจากพันธะโคเวเลนต์ ทั้งนี้เพราะแต่ละอะตอมในแท่งโลหะจะมีอะตอมอื่นอยู่โดยรอบ 8 หรือ 12 อะตอม อะตอมจึงมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ไม่ครบจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันระหว่างแต่ละอะตอมกับอะตอมใกล้เคียงได้

2.4.3 สาเหตุการเกิดพันธะโลหะ

โลหะมีค่าพลังงานไอออไนเซชั่นต่ำมาก แสดงว่าอิเลคตรอนของโลหะจะหลุดออกไปได้ง่าย เมื่อวาเลนซ์อิเลคตรอนหลุดออกไป ก็จะเหลืออนุภาคบวกดังนี้อะตอมโลหะทุกอะตอมจะเป็นตัวให้อิเลคตรอนทั้งสิ้นดังนั้นจะไม่มีอะตอมใดเลยที่ได้รับอิเลคตรอน โลหะมีเวเลนซ์อิเลคตรอนน้อย ดังนั้นอิเลคตรอนที่หลุดออกไป จะมีเพียง 1, 2 หรือ 3 ตัวต่ออะตอม เท่านั้นโลหะมีค่าโคออร์ดิเนชั่นนัมเบอร์สูง ซึ่งเท่ากับ 8 หรือ 12 หมายความว่า อะตอมหนึ่งจะมีอะตอมอื่นรอบล้อม 8 ถึง 12 อะตอม ดังนั้นการนำอิเลคตรอนมาใช้ร่วมกันเป็นอิเลคตรอนคู่ในลักษณะของพันธะโคเวเลนท์จึงเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นการเกิดพันธะโลหะควรเป็นไปในลักษณะที่ว่า เวเลนซ์อิเลคตรอนของอะตอมโลหะที่หลุดออกไปจะไม่เป็นของอะตอมใดอะตอมหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะเป็นของอะตอมทั้งหมด โดยที่อิเลคตรอนจะเคลื่อนที่ไปยังอะตอมนี้บ้าง อะตอมโน้นบ้าง ในผลึกของโลหะจึงเป็นการเอาอนุภาคบวกมาเรียงกันไว้อย่างมีระเบียบ และมีเวเลนซ์อิเลคตรอนเคลื่อนที่ไปมาได้ทั่วอนุภาคบวกเหล่านั้นเหมือนกับเป็นหมอกปกคลุมอนุภาคบวกทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่า อนุภาคบวกเหล่านั้นจมอยู่ในทะเลอิเลคตรอน แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคบวกกับอิเลคตรอนเรียกว่า "พันธะโลหะ" ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างพันธะแข็งแรงมากอิเล็คตรอนวิ่งวนรอบ ๆ นิวเคลียสเพราะนิวเคลียสมีประจุไฟฟ้าบวก อิเล็คตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ(1.6×10^{-19} คูลอมบ์) วงโคจรของอิเล็คตรอนเป็นรูปวงรีรอบนิวเคลียสจำนวนอิเล็คตรอนของอะตอมใช้จำแนกสารเป็นธาตุต่าง ๆ กัน เช่น ธาตุไฮโดรเย็น มี 1

2.5 การไหลของกระแสไฟฟ้า

อิเล็คตรอนโคจร ฮีเลียม มี 2 อิเล็คตรอนโคจร สารที่มีจำนวนอิเล็คตรอนมากๆจะไม่มีวงโคจรทับซ้ำกัน แต่จะมีย่านวงโคจรเรียกว่า เชลล์ ชื่อ k l m n ของกลุ่มอิเล็คตรอน อิเล็คตรอนที่อยู่วงใน ๆ จะยึดอยู่กับนิวเครียส ส่วนที่อยู่วงนอกสุดจะหลุดออกจากอะตอมได้ง่าย เรียกว่า วาเล็นซ์อิเล็คตรอนการไหลของกระแสไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสาร ในโลหะเช่น ทองแดงอิเล็คตรอนที่อยู่วงนอกสุดจะหลุดจากวงโคจรแล้วเคลื่อนที่ในเนื้อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารตัวนำกระแสไฟฟ้าเรียกสั้น ๆ ว่า ตัวนำ เป็นสารที่มีฟรีอิเล็คตรอนเป็นจำนวนมาก เช่น **โลหะทองแดง** โลหะเงิน โลหะอลูมิเนียม อะโลหะคาร์บอนบางรูปแบบ เป็นต้น ไฟฟ้าไหลผ่านได้ สารชนิดนี้ได้อย่างสะดวกมีความต้านทานน้อยมากสารฉนวนกระแสไฟฟ้าเรียกกันว่า ฉนวน เป็นสารที่มีฟรีอิเล็คตรอนน้อยมาก เช่น ยาง พีวีซี กระดาษ น้ำบริสุทธิ์ เป็นต้น ไฟฟ้าไหลผ่านได้ยาก หรือไม่ไหลเลย มีความต้านทานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

3.1 หลักและวิธีทีที่ทำให้เกิดการสปาร์ค

ในส่วนของการทำให้เกิดการสปาร์คในแบบที่เราต้องการ มีวิธีการดังนี้

1. ใส่แรงดันไฟฟ้า เริ่มด้วยการใส่แรงดันไฟฟ้า ประมาณ 60-280 โวลท์ ที่ระหว่างชิ้นงานกับขั้วไฟฟ้าซึ่งแรงดันไฟฟ้าไร้โหลดในสภาพเช่นนี้ระหว่างขั้วยังคงมีค่าความต้านทานสูงอยู่

2. การสูญเสียความเป็นฉนวน เมื่อย่นระยะระหว่างขั้วเข้าใกล้กันเรื่อยๆ จนถึงระยะหนึ่งซึ่งมีระยะทางเป็นไมโครเมตร ตัวกลางระหว่าง gap จะสูญเสียความเป็นฉนวนอิออนประจุลบจะถูกดึงไปฝั่งที่เป็นบวก คือเริ่มมีกระแสไหล

3. สปาร์คหลอมละลาย เมื่อเกิดการสูญเสียความเป็นฉนวนแล้ว อิเล็กตรอนที่ประจุลบจะเริ่มไหลเป็นจำนวนมากอย่างรุนแรง ซึ่งก็คือการสปาร์ค บริเวณที่เกิดการสปาร์คขึ้นนี้จะมีกระแสไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสูงไหลในระยะเวลาที่สั้นมาก ในการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นจะมีกระแสเริ่มไหลตั้งแต่ 0.1 แอมป์ ไปจนถึงหลายร้อยแอมป์ พลังงานที่ถูกปล่อยออกมาในช่วงนี้จะทำให้บริเวณที่เกิดการสปาร์คมีอุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 3000 องศาเซลเซียสขึ้นไป จนบางส่วนของชิ้นงานถูกหลอมละลาย นอกจากนั้นแล้วตัวกลางบริเวณที่เกิดการสปาร์คจะถูกความร้อนทำให้กลายเป็นก๊าซไป และถูกขับออกมาโดยความดันที่เกิดขึ้นในบางส่วน

เมื่อการสปาร์คเริ่มขึ้น เนื่องจากว่า มีฉนวนอยู่ระหว่างขั้วจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วต่ำลง

ตามกฎของโอมห์ E=IR

แรงดันไฟฟ้าช่วงนี้เรียกว่าแรงดันสปาร์ค.

4. เย็นตัว ความดันที่เกิดขึ้นทำให้บางส่วนกระเด็นไป และถูกตัวกลางโดยรอบดูดความร้อนออกไปเมื่อเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วก็จะกลายเป็นเศษผงชิ้นเล็กๆ ในช่วงที่เกิดการสปาร์คอยู่นั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลอยู่ในระดับค่าหนึ่งจนกว่าพลังงานที่สะสมอยู่หมดไปซึ่งจะทำให้แรงดันลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว

5. กลับคืนสู่ความเป็นฉนวน หลังจากที่การสปาร์คหนึ่งครั้งได้จบลง กระแสไฟฟ้าจะกลายเป็นศูนย์ และจะรอจนกว่าตัวกลางกลับคืนสู่ความเป็นฉนวนโดยไม่มีการใส่แรงดันไฟฟ้าเข้าไปการรอในช่วงนี้จะช่วยป้องกันการสปาร์คที่ผิดปกติ เช่นการ สปาร์คซ้ำหรือ สปาร์คเป็นบางจุด อันเนื่องจากการสะสมหรือทับถมจับตัวกันของอิเล็กตรอนที่ตกค้างอยู่ระหว่างขั้วหรือเศษผงที่เกิดจากการสปาร์ค ภายหลังที่กลับคืนสู่ความเป็นฉนวนแล้วก็จะเริ่มทำการสปาร์ค เช่นเดิมอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ทฤษฎีของสเตปปิ้งมอเตอร์

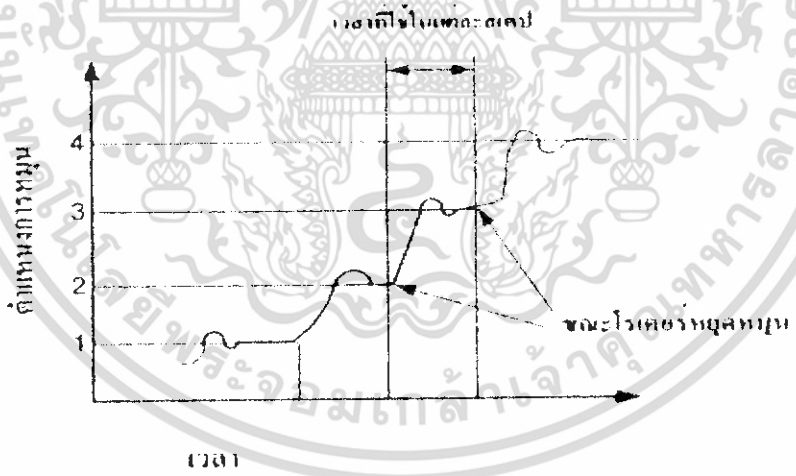
สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร และใช้การกระตุ้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดที่สเตเตอร์ โดยแบ่งชุดขดลวดที่สเตเตอร์ออกเป็นเฟสต่าง ๆ การขับสเตปปิ้งมอเตอร์ใช้วงจรขับควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดตัวนำในแต่ละเฟส เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้สอดคล้องกับการหมุนของโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กชนิดถาวร

3.2.1 หลักการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นการเคลื่อนที่ทางกล จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางดิจิตอลหรือคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ โดยส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสัญญาณพัลส์ (PULSE) กระตุ้นที่ป้อนให้กับขดลวดของเฟสของมอเตอร์ในลำดับที่ถูกต้องด้วยวงจรลำดับลอจิกและกระแสที่เพียงพอเพื่อป้อนให้กับวงจรขับ

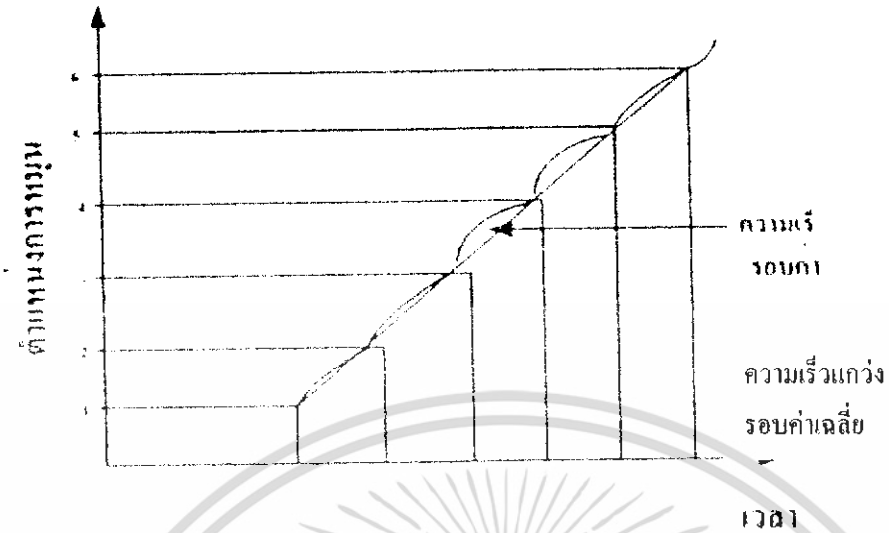
การทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์ใช้อัตราเร็วของแต่ละสเตปนั้น สามารถจะแบ่งออกเป็นลักษณะของ 2 โหมดการทำงานคือ

1. โหมดของการหมุนเป็นสเตป (Discrete Mode)
2. โหมดของการหมุนแบบต่อเนื่อง (Slewing Mode)



รูปที่ 3.1 แสดงการหมุนเป็นสเตป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการหมุนแบบต่อเนื่อง

ลักษณะการหมุนแบบสเตปจะมีช่วงเวลาหยุดนิ่งของโรเตอร์ก่อนที่จะเปลี่ยนสเตปถัดไป ดังนั้นหากมีการเพิ่มอัตราเร็วในแต่ละสเตปให้เร็วขึ้นและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การหมุนของมอเตอร์ก็จะเปลี่ยนเป็นการหมุนแบบต่อเนื่อง

3.2.2 สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

สเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้แม่เหล็กถาวรเป็นโรเตอร์โดยที่ตัวของโรเตอร์รูปร่างเป็นทรงกระบอก โรเตอร์และสแตอร์จะถูกแบ่งออกเป็นซี่ๆ หรือที่เรียกว่าเฟสล้อมรอบตามรูปที่ 2.5 โดยในแต่ละซี่นั้นจะมีขดลวดพันโดยรอบๆ เพื่อทำให้เกิดการกระตุ้นในการสร้างสนามแม่เหล็ก การให้สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรนั้นมีขนาดมุมสเตป(step)เล็กลง สามารถทำให้ได้โดยการเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์และหรือจำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ แต่การเพิ่มความละเอียดของสเตปก็มีขีดจำกัดในการเพิ่มของจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ ทั้งนี้เนื่องการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีโครงสร้างแบบมีขั้วแม่เหล็กหลายๆขั้วนั้นทำได้ยากจึงกลายเป็นข้อเสียของสเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งในลักษณะนี้มีข้อเสียคือ

1. มีขนาดของมุมสเตปใหญ่จะทำให้มีความละเอียดของมุมสเตปต่อรอบน้อยมาก เนื่องจากว่าโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร

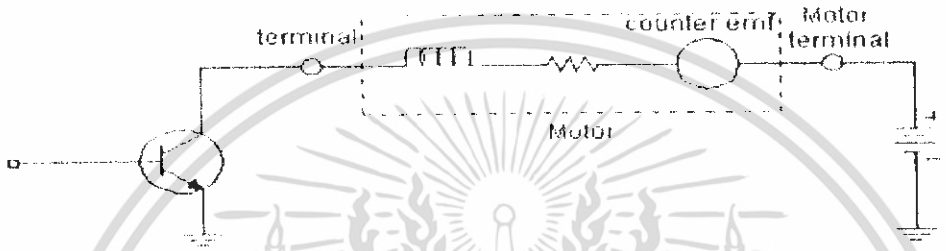
2. สเตปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างขนาดเล็กทำให้ค่าของแรงบิดที่ได้ต่อหน่วยปริมาตรมีค่าต่ำ ถ้าต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพในเรื่องของแรงบิดแม่เหล็กถาวรที่ใช้จะต้องทำมาจากสารแม่เหล็กที่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

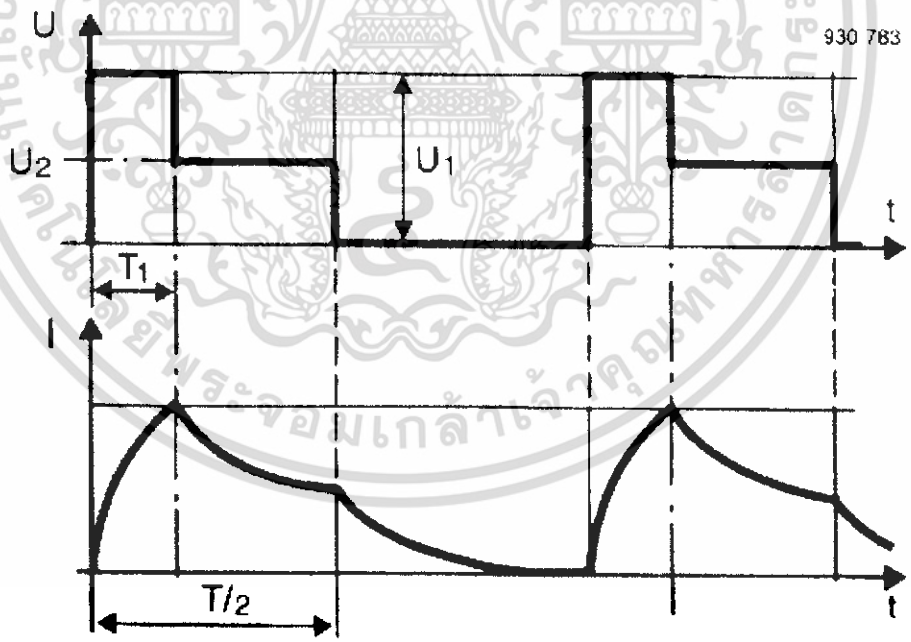
3.2.3 วงจรขับสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์

การพิจารณาถึงหลักการในการออกแบบวงจรขับให้กับขดลวดของสเตปปิ้งมอเตอร์ควรจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกันเนื่องจากการหมุนของสเตปปิ้งมอเตอร์จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back emf) ซึ่งจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

โดยสามารถเขียนรูปวงจรสมมูลย์ (Epuivalent circuit) ในหนึ่งเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์ได้แสดงดังในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรสมมูลย์ของสเตปปิ้งมอเตอร์



รูปที่ 3.4 กราฟแรงดันและกระแสแบบสองแหล่งจ่าย

หลักการแก้ไขปัญหาด้านแรงบิดที่มีผลต่อความถี่ โดยเงื่อนไขแรงบิดของสเตปปิ้งมอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดเมื่อสเตปปิ้งมอเตอร์ทำงานอยู่ที่ความถี่ต่ำนั้นค่าของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั้นจะถึงระดับที่สเตปปิ้งมอเตอร์ต้องการ ทำให้ได้สเตปปิ้งมอเตอร์อยู่ในสภาพคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แรงบิดที่ T2 แต่เมื่อทำการเพิ่มความถี่ให้มีค่าสูงขึ้น ค่าเวลาก็ก็จะมีค่าน้อยลงทำให้ไม่เพียงพอต่อการที่จะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั้นจะถึงระดับที่ต้องการของสเตปปิ้งมอเตอร์ จึงทำให้ได้ค่ากระแสเฉลี่ยที่น้อยลง

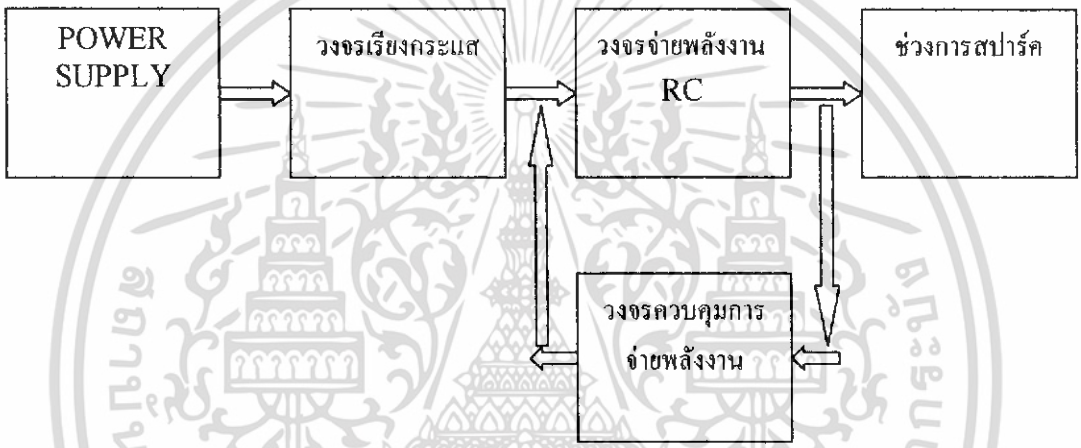
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

62694

บทที่ 4
การออกแบบและการสร้างเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

ในส่วนของการออกแบบการสร้างเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็มของปริญญานิพนธ์นี้ได้แบ่งการอธิบายออกเป็น BLOCK DIAGRAM โดยใน BLOCK DIAGRAM เป็นการอธิบายถึงหน้าที่การทำงานของแต่ละวงจร

4.1 BLOCK DIAGRAM ของเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม



รูปที่ 4.1 BLOCK DIAGRAM ของเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

อธิบายการทำงานแต่ละ BLOCK DIAGRAM

1. POWER SUPPLY

ประกอบด้วยหม้อแปลง 2 ตัว คือ 220 V เป็น 50 V 50 Hz กับอีกตัว 220 V เป็น 6 V 50 Hz และ 12 V 50 Hz

2. วงจรเรียงกระแส

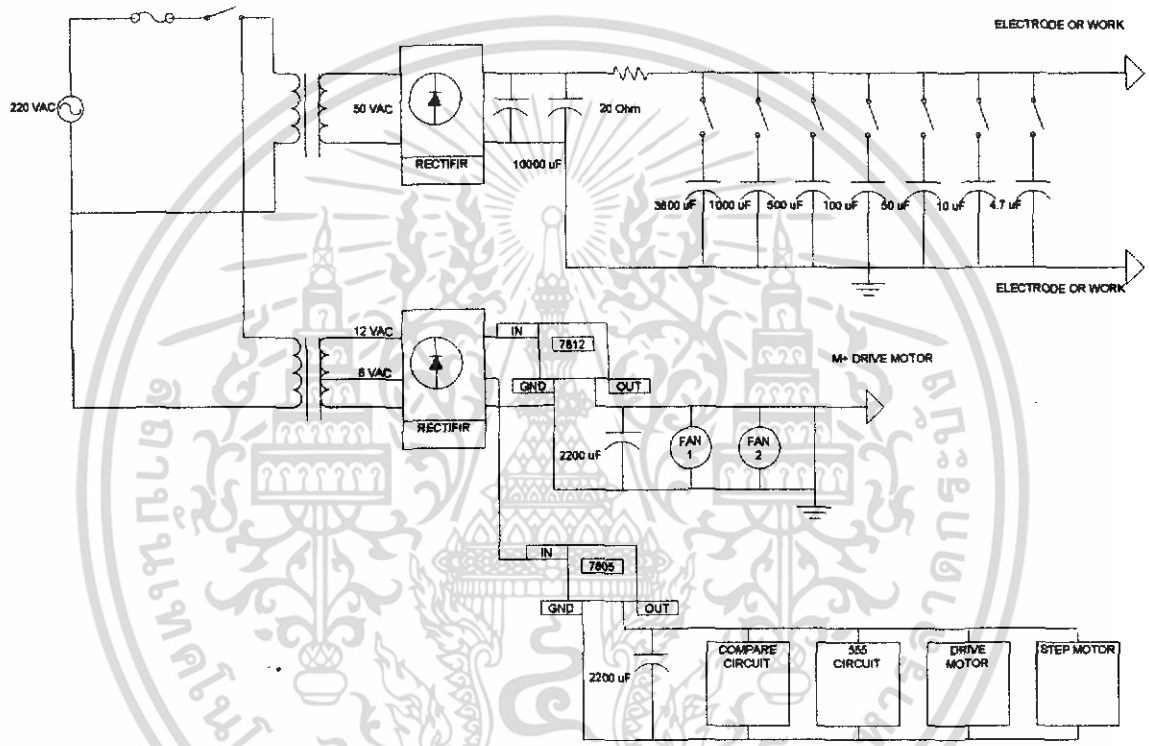
หลังจากที่ที่ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วงการใช้งานแล้วก็แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรบริดจ์และต่อขนานด้วย C Filter เพื่อให้ได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบยิ่งขึ้น วงจรบริดจ์กับ C Filter ที่ใช้มีอยู่ 3 ชุด คือ

2.1 220 V เป็น 50 V 50 Hz เมื่อผ่านวงจรบริดจ์กับ C Filter แล้วจะได้ไฟฟ้ากระแสตรง70.7 V 3 A ซึ่งจะต้องนำไปจ่ายให้กับวงจร RC เพื่อจ่ายพลังงานให้กับหัวเจาะทองแดงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

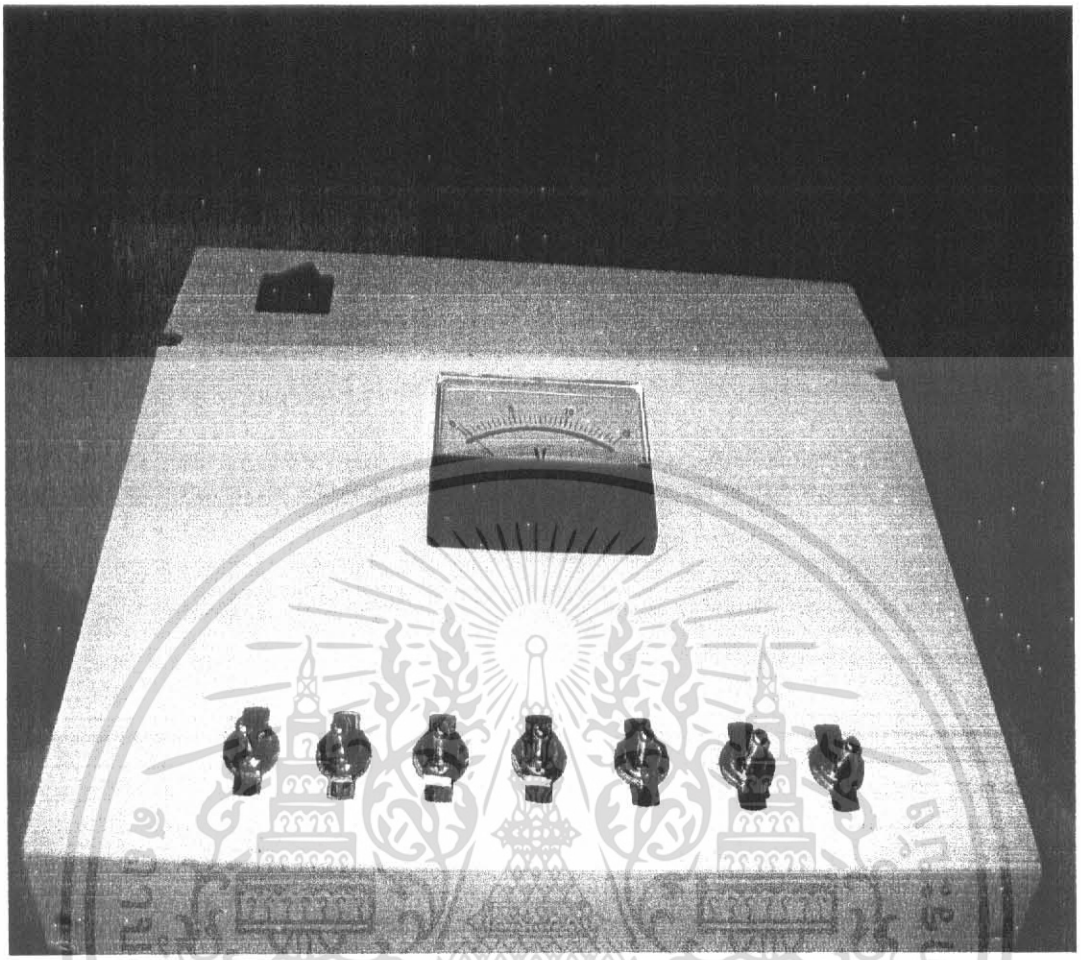
2.2 220 V เป็น 12 V 50 Hz เมื่อผ่านวงจรบริดจ์กับ C Filter แล้วจะได้ไฟฟ้ากระแสตรง 16.97 V 0.5 A เมื่อ นำไปจ่ายให้กับพัดลมระบายความร้อน 12 V แล้วจะต้องผ่าน IC เบอร์ 7812 เสียก่อน

2.3 220 V เป็น 6 V 50 Hz เมื่อผ่านวงจรบริดจ์กับ C Filter แล้วจะได้ไฟฟ้ากระแสตรง 8.48 V 0.5 A เพื่อนำไปจ่ายให้กับวงจรควบคุมการจ่ายพลังงาน RC ซึ่งจะต้องผ่าน IC เบอร์ 7805 เสียก่อน



รูปที่ 4.2 วงจรภายในเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

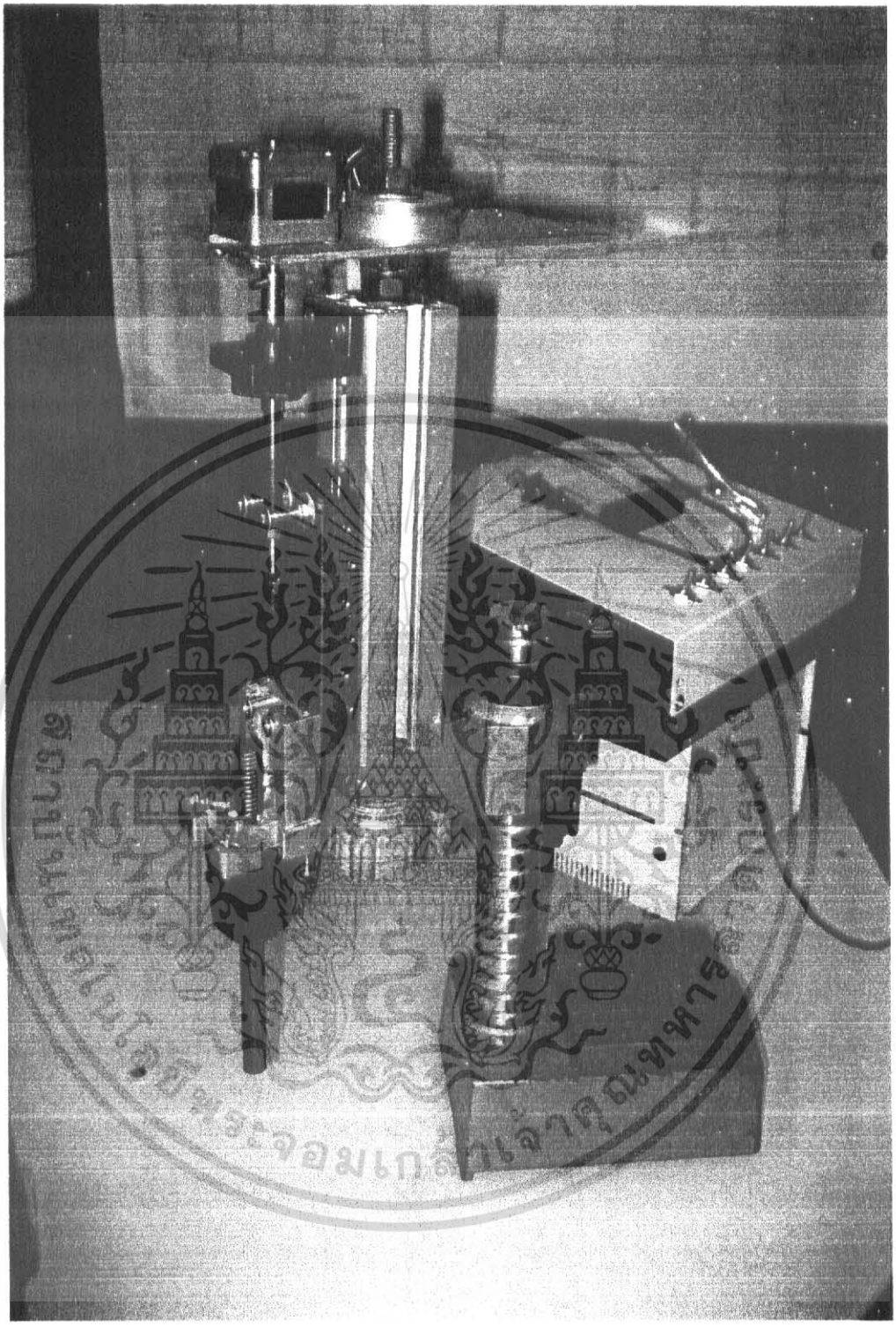
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ชุดวงจรเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

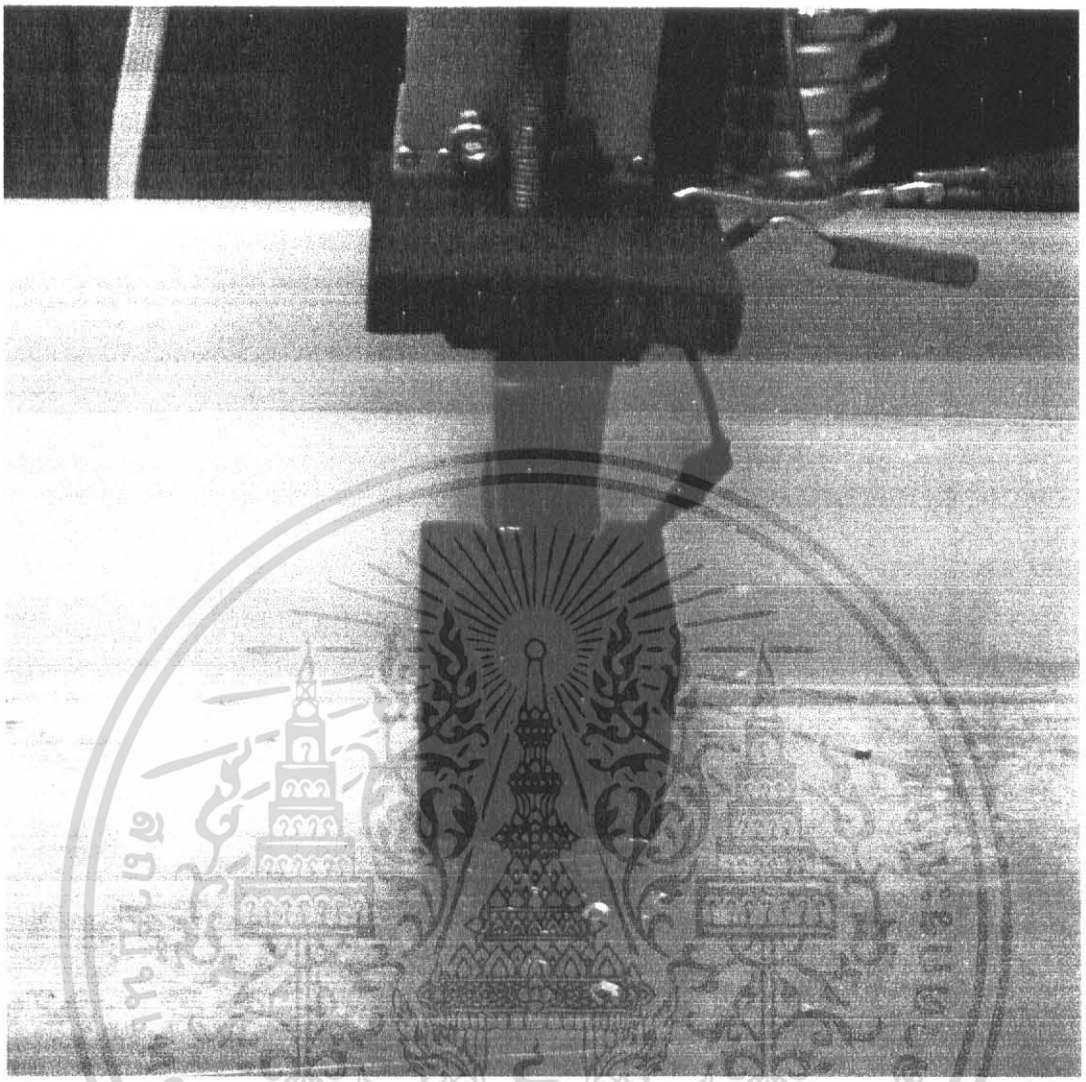
ในส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเจาะทองแดงมี STEP MOTOR เป็นตัวขับเลื่องขึ้นลงผ่านสกรูเลื่อน โดยได้รับการควบคุมจาก DRIVE STEP MOTOR ซึ่งได้รับสัญญาณควบคุมจากวงจรเปรียบเทียบอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ชุดวงจรเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ชุดเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็มขณะทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อให้ทราบถึงผลของการปรับระดับแรงดันที่คาปาซิเตอร์ค่าต่างๆ ที่เกิดกับชิ้นงาน
2. ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.2 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

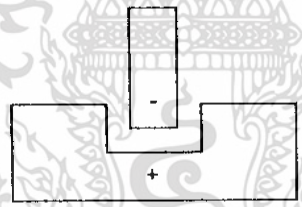
1. ตัดชิ้นงานตามขนาดต้องการนำ ลงจับยึดในอ่างที่มีน้ำท่วมชิ้นงานอยู่ ปรับตำแหน่งให้ตรงหัวเจาะ
2. ปรับระยะห่างของหัวเจาะให้อยู่เหนือชิ้นงานก่อนเปิดเครื่อง
3. ปรับระดับแรงดันและค่าความจุ ตลอดจนพารามิเตอร์อื่นๆตามตาราง
4. เปิดเครื่องปั๊มน้ำ
5. ปิด Power Supply เพื่อเริ่มสปาร์ค
6. คอยควบคุมตรวจสอบการไหลของน้ำ แรงดัน กระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของ Step motor ให้ได้ระดับความลึกหรือระยะเวลาที่ต้องการ
7. คอยควบคุมตรวจสอบการไหลของน้ำแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และการเคลื่อนที่ของ Step motor ให้ได้ระดับความลึกตามต้องการ
8. เปลี่ยนหัวเจาะที่ใช้ทดลองและขั้วต่อไฟฟ้าโดยแยกตามวัสดุที่ใช้ทำตามตารางคุณสมบัติของขั้วไฟฟ้าและชิ้นงานแยกตามวัสดุที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของขั้วไฟฟ้าและชิ้นงานแยกตามวัสดุที่ทำ

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติขั้วไฟฟ้า

วัสดุขั้วไฟฟ้า	วัสดุชิ้นงาน	อัตราสึกหรอต่ำ	ทิศทางขั้ว
ทองแดง	เหล็กกล้า	ได้	ตรงข้าม
ทองแดง	โลหะผสมคาร์ไบด์	ไม่ได้	ชิ้นงานเป็นบวก
คอปเปอร์ทังสเตน	เหล็กกล้า	ได้	ตรงข้าม
คอปเปอร์ทังสเตน	โลหะผสมคาร์ไบด์	ไม่ได้	ชิ้นงานเป็นบวก
ซิลเวอร์ทังสเตน	เหล็กกล้า	ได้	ตรงข้าม
ซิลเวอร์ทังสเตน	โลหะผสมคาร์ไบด์	ไม่ได้	ชิ้นงานเป็นบวก
กราไฟต์	เหล็กกล้า	ได้	ตรงข้าม
กราไฟต์	โลหะผสมคาร์ไบด์	ไม่ได้	ชิ้นงานเป็นบวก
ทองเหลือง	เหล็กกล้า	ได้	ชิ้นงานเป็นบวก



ทิศทางขั้วบนชิ้นงานเป็นบวก

(ทิศทางตรงข้าม คือ ทิศทางที่ชิ้นงานเป็นลบ)

รูปที่ 5.1 แสดงขั้วไฟฟ้า

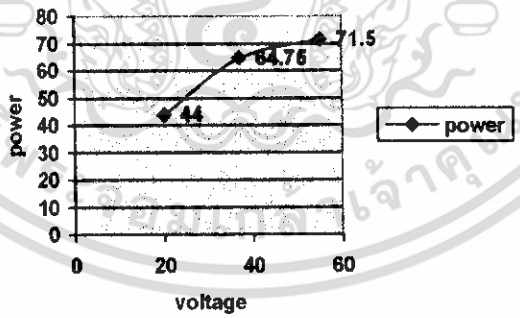
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1. การทดลองที่ 1

ทำการขึ้นรูปโลหะซึ่งเป็นเหล็ก ST-37 โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องไว้ดังตาราง ซึ่งมีโลหะทองแดงเป็นหัวเจาะรูปทรงกระบอก ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 mm.

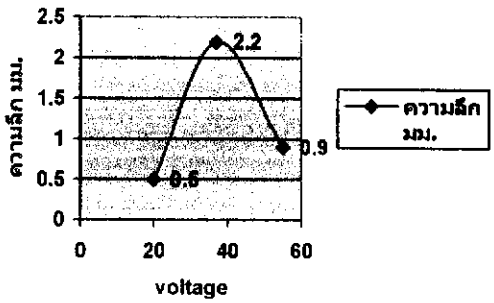
ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลอง

ชิ้นงาน	ST-37	ST-37	ST-37
แรงดัน	55	37	20
กระแส	1.3 A	1.75 A	2.25 A
พลังงาน	71.5 W	64.75 W	45 W
ความลึก	0.9 mm.	2.2 mm.	0.5 mm.
ความละเอียด	6.01 um.	3.08 um.	2.45 um.
ค่าความต้านทาน	20 โอห์ม	20 โอห์ม	20 โอห์ม
ค่าคาปาซิเตอร์	100 ไมโครฟารัด	100 ไมโครฟารัด	100 ไมโครฟารัด
ความถี่	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท
เวลา	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
สารตัวกลาง	น้ำ	น้ำ	น้ำ
การสึกกร่อนหัวเจาะ	มาก	มาก	มาก

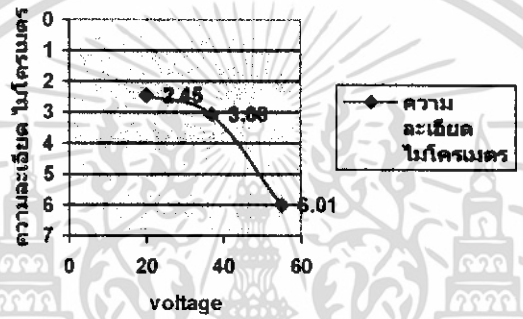


รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน

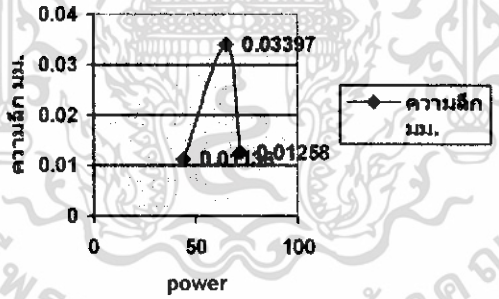
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



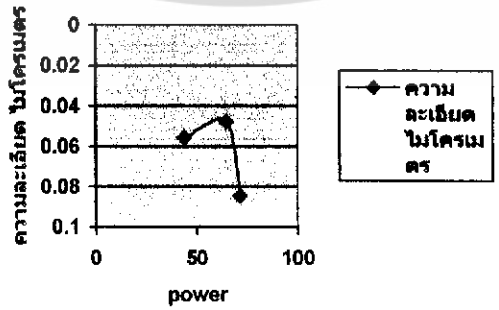
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด

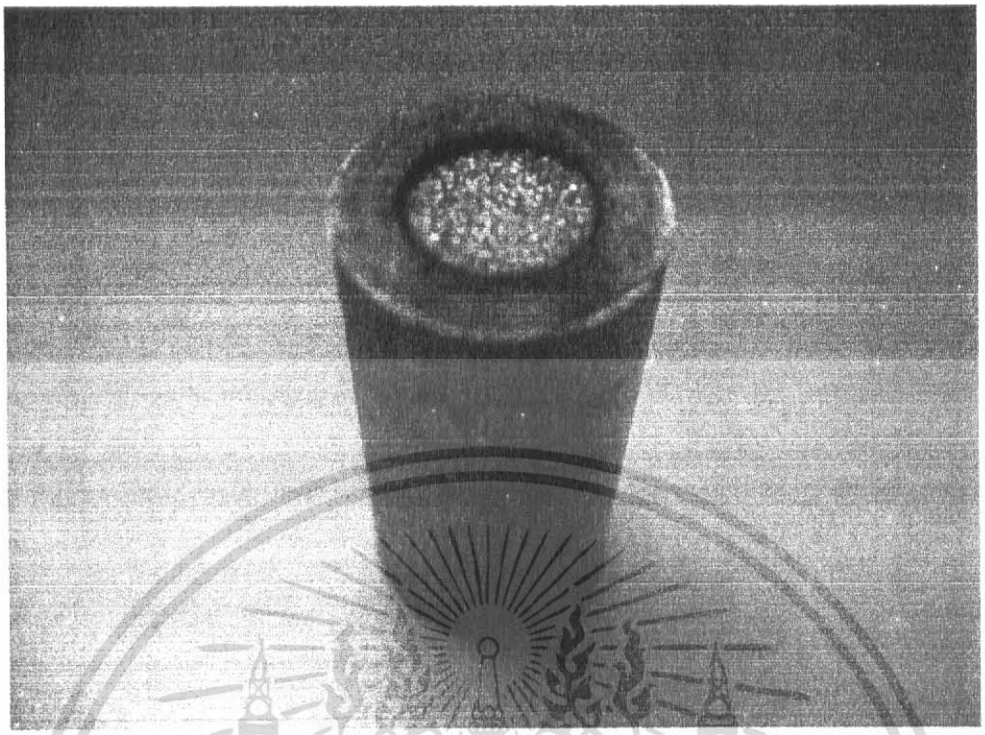


รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด

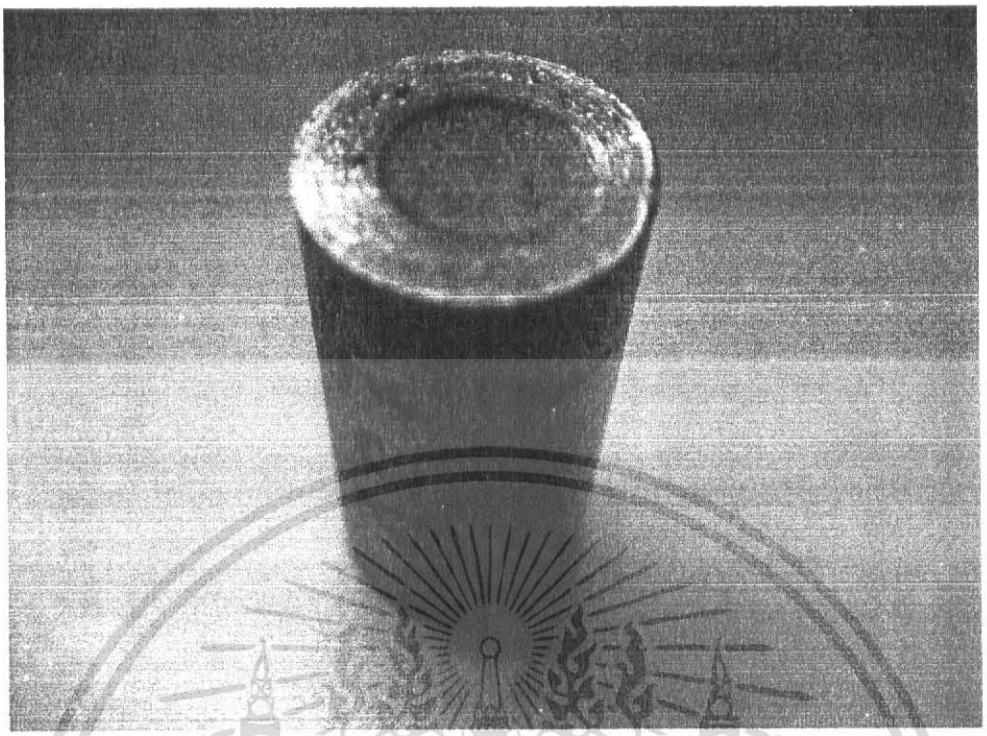
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด

รูปที่ 5.8 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 20 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 100 ไมโครฟารัด

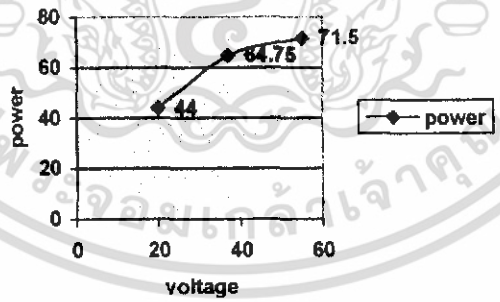
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2. การทดลองที่ 2

ทำการขึ้นรูปโลหะซึ่งเป็นเหล็ก ST-37 โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องไว้ดังตาราง ซึ่งมีโลหะทองแดงเป็นหัวเจาะรูปทรงกระบอก ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 mm.

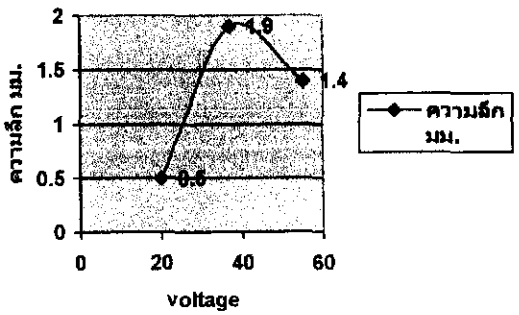
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลอง

ชิ้นงาน	ST-37	ST-37	ST-37
แรงดัน	55	37	20
กระแส	1.3 A	1.75 A	2.2 A
พลังงาน	71.5 W	64.75 W	44 W
ความลึก	1.4 mm.	1.9 mm.	0.5 mm.
ความละเอียด	4.13 um.	3.85 um.	3.33 um.
ค่าความต้านทาน	20 โอห์ม	20 โอห์ม	20 โอห์ม
ค่าคาปาซิเตอร์	50 ไมโครฟารัด	50 ไมโครฟารัด	50 ไมโครฟารัด
ความถี่	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท
เวลา	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
สารตัวกลาง	น้ำ	น้ำ	น้ำ
การสึกกร่อนหัวเจาะ	มาก	มาก	มาก

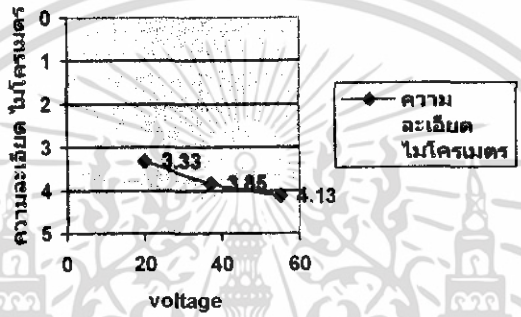


รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน

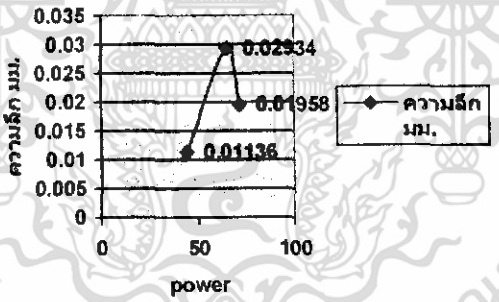
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



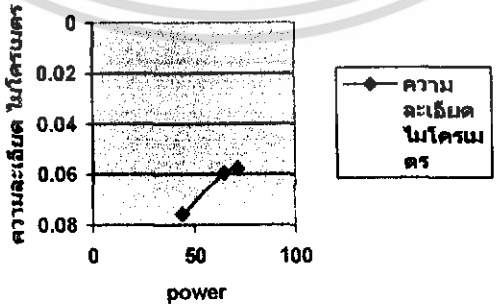
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด

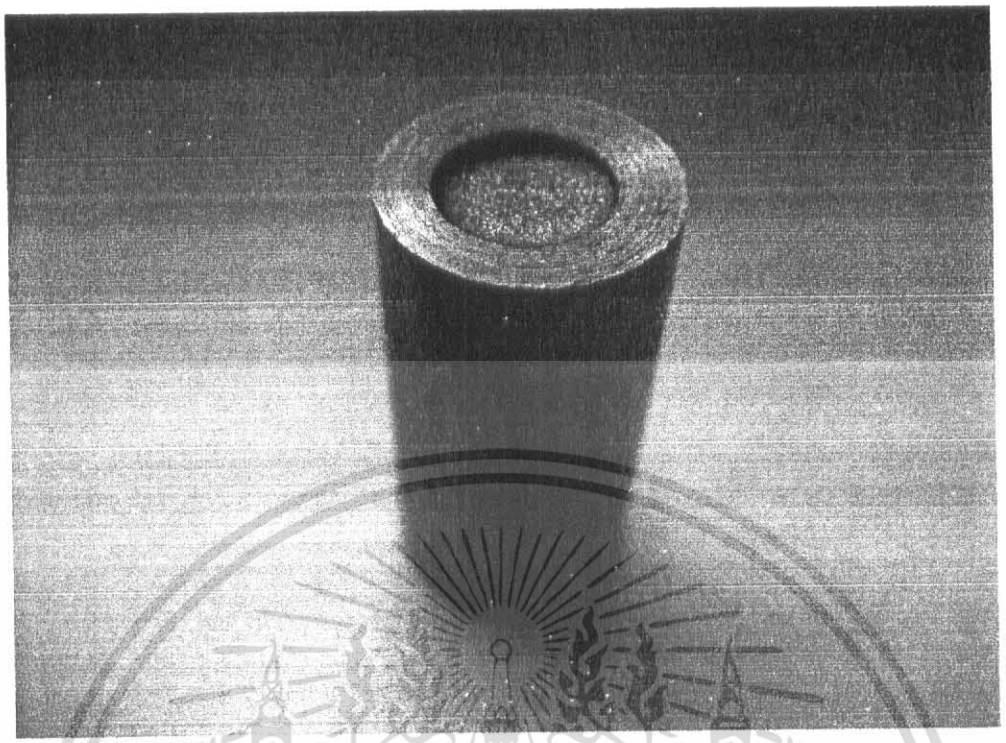


รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความละเอียด

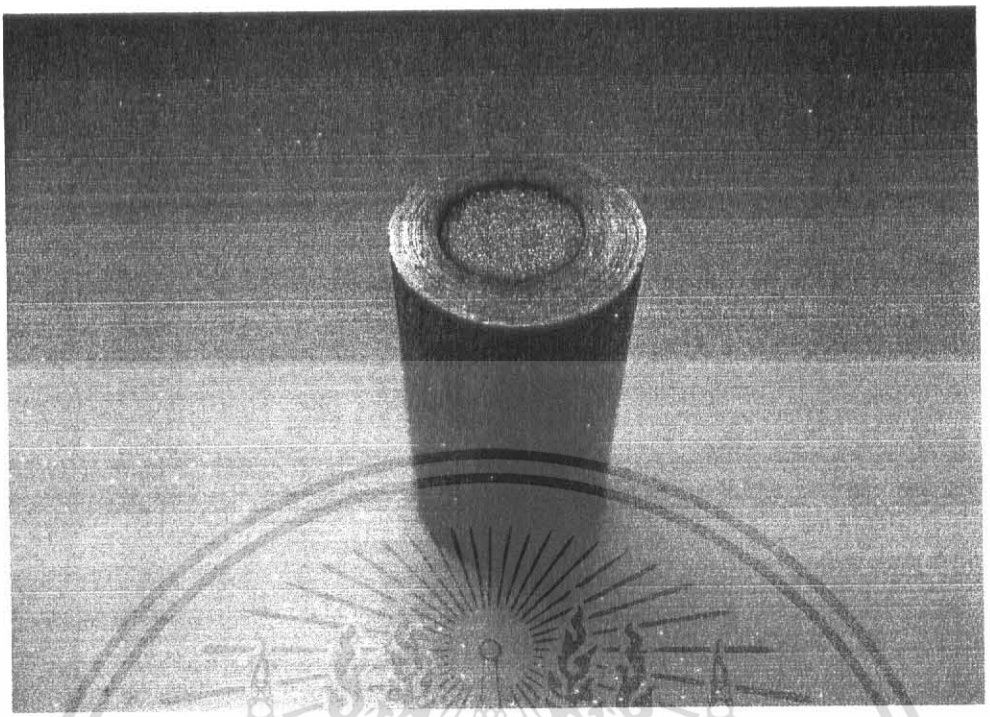
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด

รูปที่ 5.16 ชิ้นงานที่เจาะด้วย แรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 20 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 50 ไมโครฟารัด

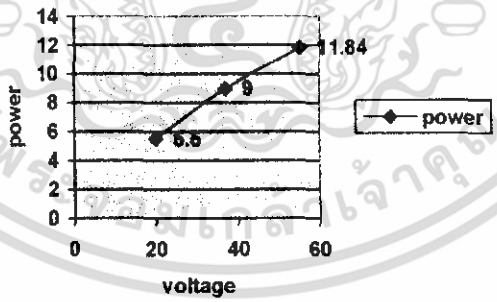
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3. การทดลองที่ 3

ทำการขึ้นรูปโลหะซึ่งเป็นเหล็ก ST-37 โดยตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องไว้ดังตาราง ซึ่งมีโลหะทองแดงเป็นหัวเจาะรูปทรงกระบอก ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 mm.

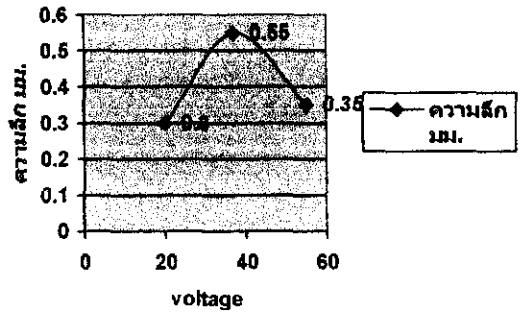
ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลอง

ชิ้นงาน	ST-37	ST-37	ST-37
แรงดัน	55	37	20
กระแส	0.1 A	0.32 A	0.45 A
พลังงาน	11.84 W	9 W	5.5 W
ความลึก	0.3 mm.	0.55 mm.	0.35 mm.
ความละเอียด	0.6 um.	0.55 um.	0.35 um.
ค่าความต้านทาน	20 โอห์ม	20 โอห์ม	20 โอห์ม
ค่าคาปาซิเตอร์	100 ไมโครฟารัด	100 ไมโครฟารัด	100 ไมโครฟารัด
ความถี่	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท	100 เฮิร์ท
เวลา	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
สารตัวกลาง	น้ำ	น้ำ	น้ำ
การสึกกร่อนหัวเจาะ	มาก	มาก	มาก

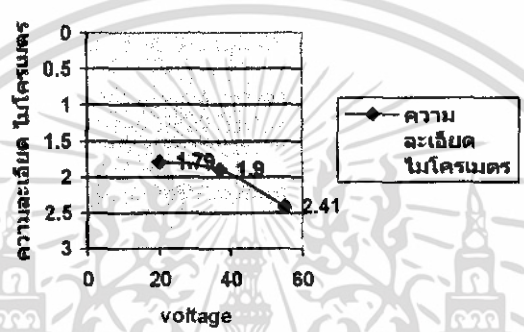


รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับพลังงาน

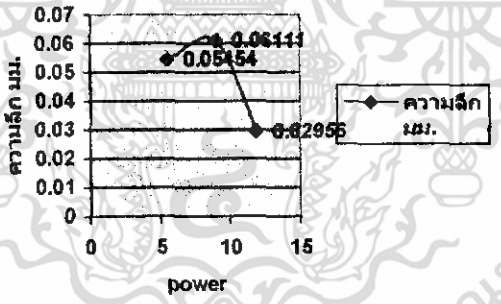
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



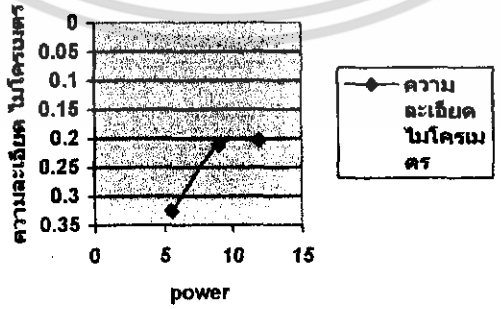
รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความลึก



รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความละเอียด

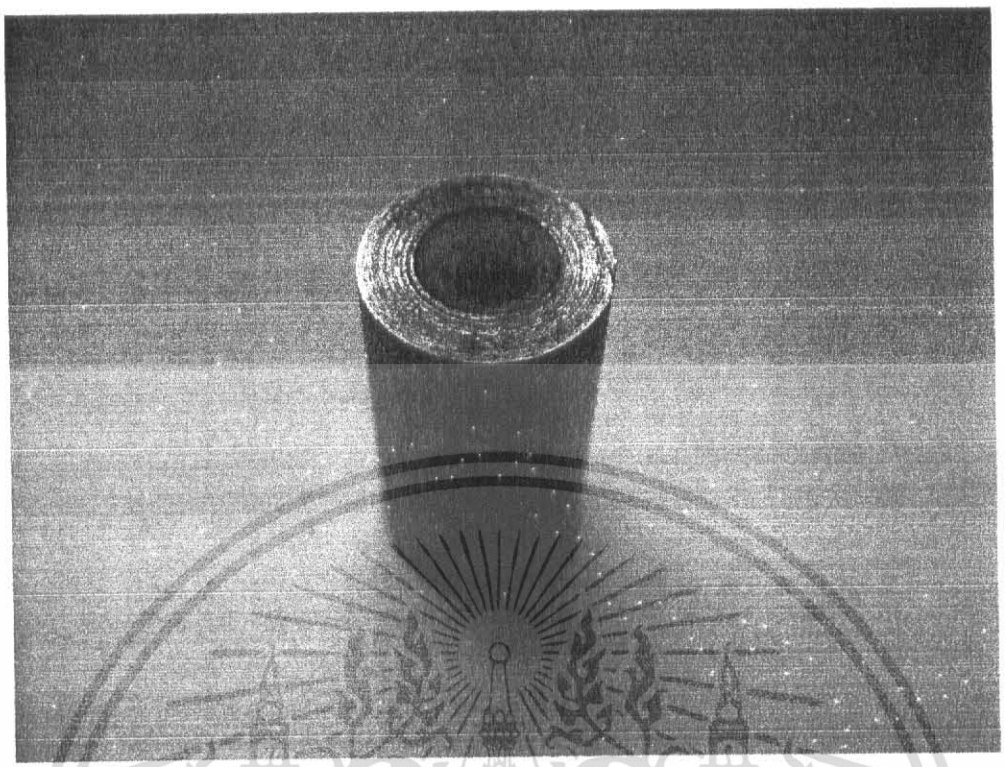


รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความลึก



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความละเอียด

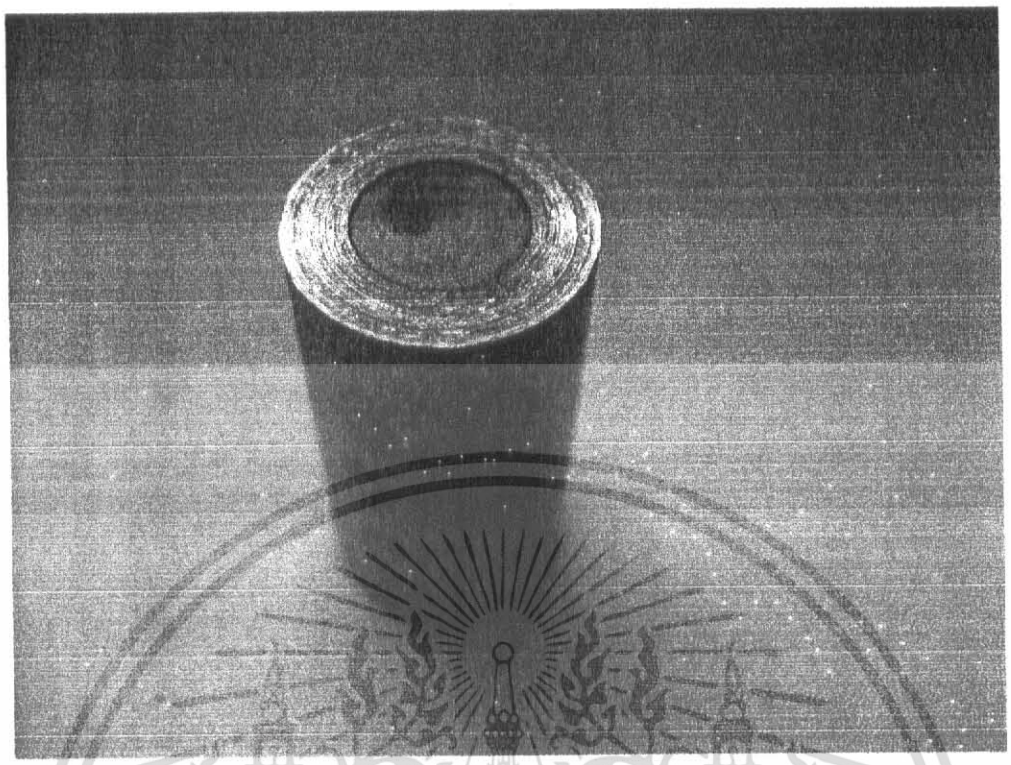
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 55 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 4.7 ไมโครฟารัด

รูปที่ 5.24 ชิ้นงานที่เจาะด้วยแรงดัน 37 โวลท์ ที่ คาปาซิเตอร์ 4.7 ไมโครฟารัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 แรงดัน 20 โวลท์

5.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ระดับแรงดัน ค่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ มีผลกับชิ้นงานที่ออกมาทั้งความลึกความละเอียดรวมถึงเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน โดยที่ระดับแรงดันสูง คือ 55 โวลท์ ลักษณะการสปาร์คจะรุนแรง ความต่อเนื่องของการสปาร์คจะน้อยกว่าที่แรงดันระดับกลาง คือ 37 โวลท์ และถ้าทำการสปาร์คที่ระดับแรงดันต่ำคือ 20 โวลท์ ความต่อเนื่องของการสปาร์คจะยิ่งสูง แต่ความรุนแรงของการสปาร์คก็จะลดต่ำลง ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการทำให้เนื้อโลหะหลุดออกมาลดต่ำลงด้วย ยิ่งใช้งานร่วมกับคาปาซิเตอร์ที่มีค่าน้อยด้วยแล้วการหลุดของเนื้อโลหะก็จะยิ่งเห็นผลช้า แต่ความละเอียดที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานที่คาปาซิเตอร์ค่าน้อยๆนี้จะยิ่งสูง และความละเอียดของชิ้นงานก็จะยิ่งลดต่ำลงเมื่อใช้งานร่วมกับคาปาซิเตอร์ที่มีค่ามากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ไดผลการผลิตที่มีประสิทธิภาพ จึงควรเลือกใช้แรงดันที่ระดับกลาง คือ 37 โวลท์ ซึ่งจะให้ความต่อเนื่องของการสปาร์คที่ดี และการสปาร์คก็ไม่เบาเกินไปนัก ในส่วนของความละเอียดก็ขึ้นอยู่ที่การเลือกใช้ค่า คาปาซิเตอร์ ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการต่างๆ ของการสปาร์ค รวมถึงความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องเจาะโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าได้สำเร็จ ซึ่ง แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

1. ส่วนการศึกษาความสามารถในการสร้างเครื่องเจาะโลหะที่มีความแข็งเป็นพิเศษ โดยใช้โลหะทองแดงเป็นหัวเจาะได้รับการจ่ายพลังงานจากวงจร RC ซึ่งมีวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันควบคุมการจ่ายพลังงานส่งสัญญาณให้กับ DRIVE STEP MOTOR บังคับการขึ้นลงของหัวเจาะผ่านชุดเลื่อน ในส่วนนี้จะเน้นการประยุกต์ใช้งานในการเจาะ

2. ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่อง ซึ่งมีผลกับชิ้นงานแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการผลิตชิ้นงานให้มีคุณภาพดีต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากที่ได้ออกแบบสร้างเครื่องเจาะโลหะตามกระบวนการความคิด ที่ได้วางแผนไว้แล้วสามารถควบคุมเครื่องเจาะ ให้ผลิตชิ้นงานตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านโครงสร้าง และจุดด้อยที่ควรนำไปแก้ไขซึ่งได้แก่

1. การปรับปรุงโครงสร้างของชุดเลื่อนหัวเจาะให้มีความมั่นคงได้ศูนย์ถ่วงมากขึ้น
2. ระบบบำบัดน้ำเสียที่จำเป็นในกรณีนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการขึ้นรูป
3. หม้อแปลงที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายควรเป็นหม้อแปลงที่ใช้โวลท์ต่ำประมาณ 30 โวลท์กระแสสูงมากกว่า 5 แอมป์ ขึ้นไป เพื่อประสิทธิภาพของการทำงานที่ดียิ่งขึ้น
4. ระบบการเครื่อนที่แบบ 3 แกน
5. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

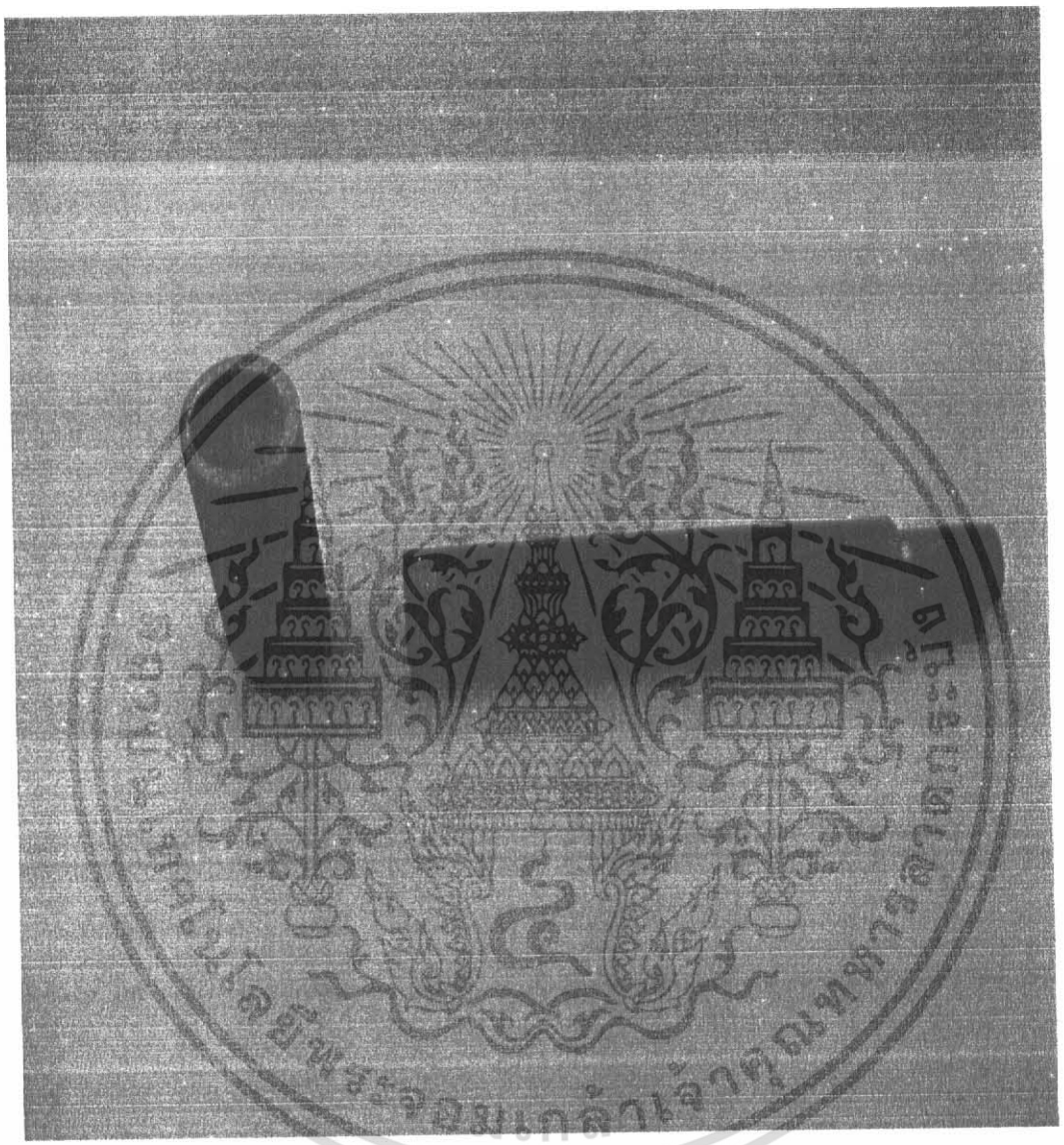
บรรณานุกรม

1. กฤษฎา เลิศประเสริฐเวช, พิทักษ์ สุนทรปกาสิต ,เริงศักดิ์ ประพันธ์, สุเมธ ภินโยศิริพันธ์ "เครื่องเจาะขนาดเล็กแบบ อีดีเอ็ม"
2. ธนัส จิตรประไพ, ปรเมษ สุวรรณประดิษฐ์, อังคาร ป้องกันทรัพย์ "ความหยาบละเอียดและความแข็งของผิวชิ้นงานเมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วย wire cut edm"
3. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่กรุณาให้ยืมคู่มือการใช้งานเครื่อง อีดีเอ็ม ยี่ห้อ โซดิก
4. กรรณิการ์ สิริสิงห . การนำไฟฟ้า : **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์** . พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร . 2544. หน้า 57-65.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

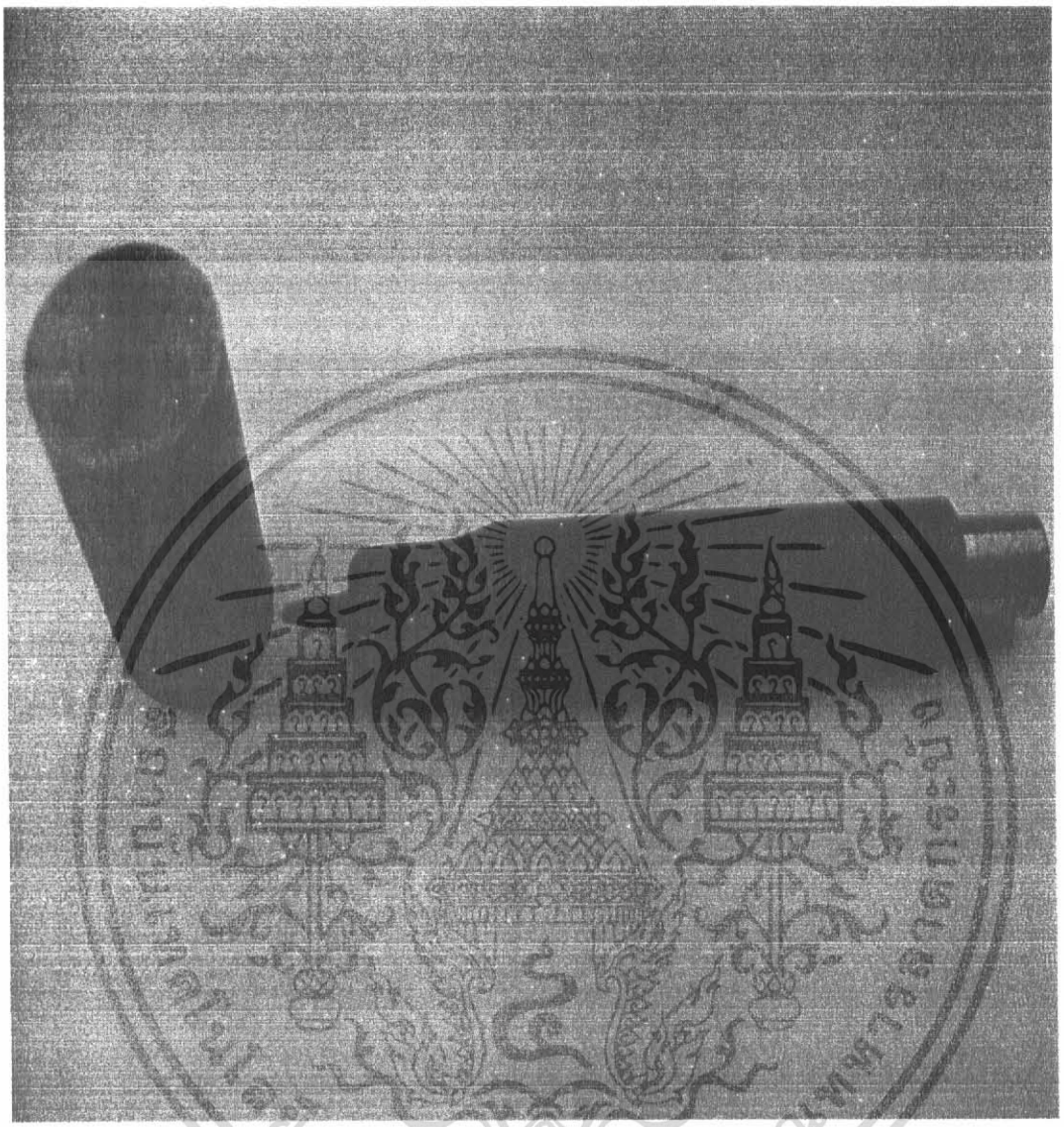
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชิ้นงาน ST-37 ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

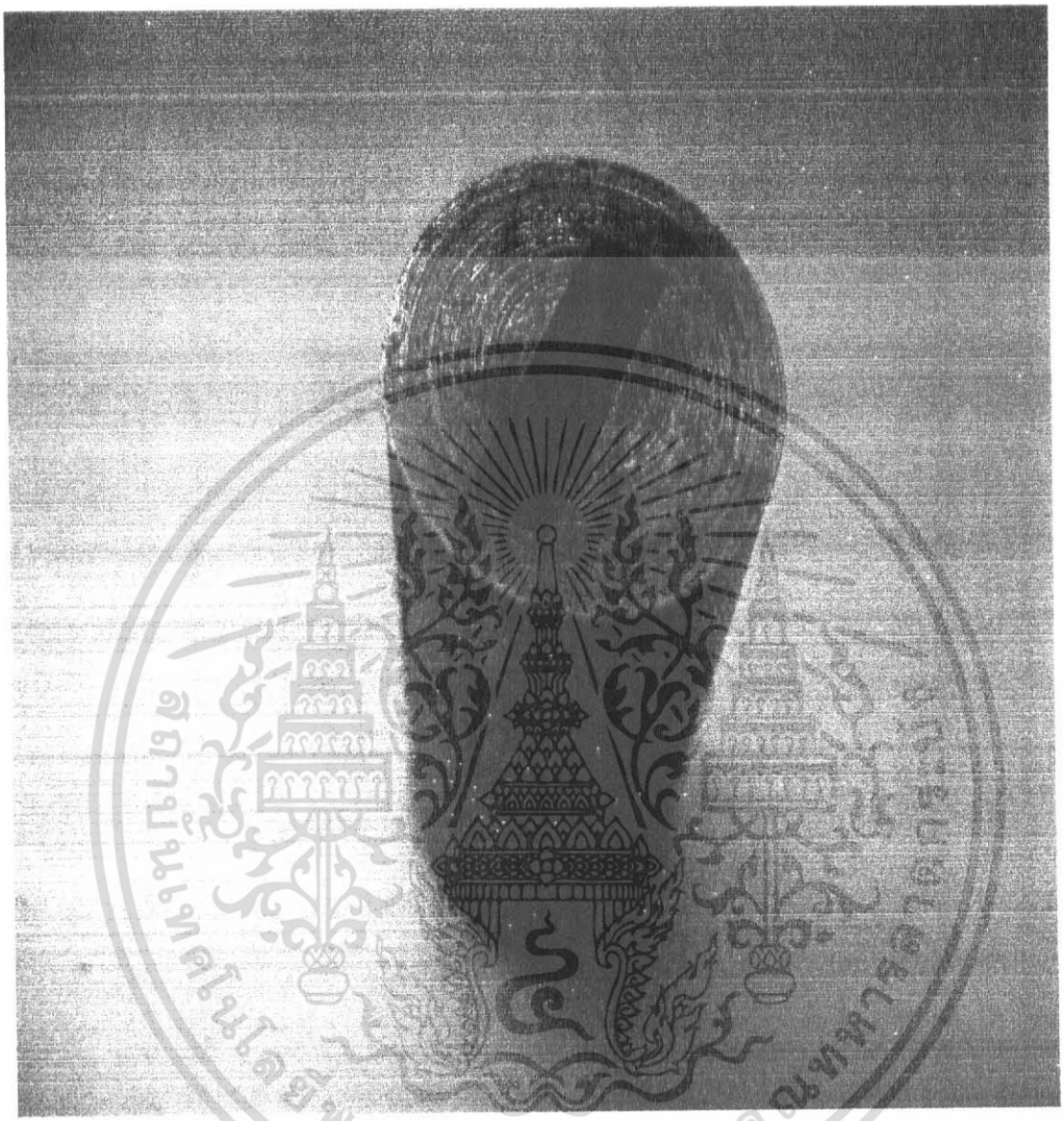


รูปชิ้นงาน ST-37 ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะรูปทรงตามภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

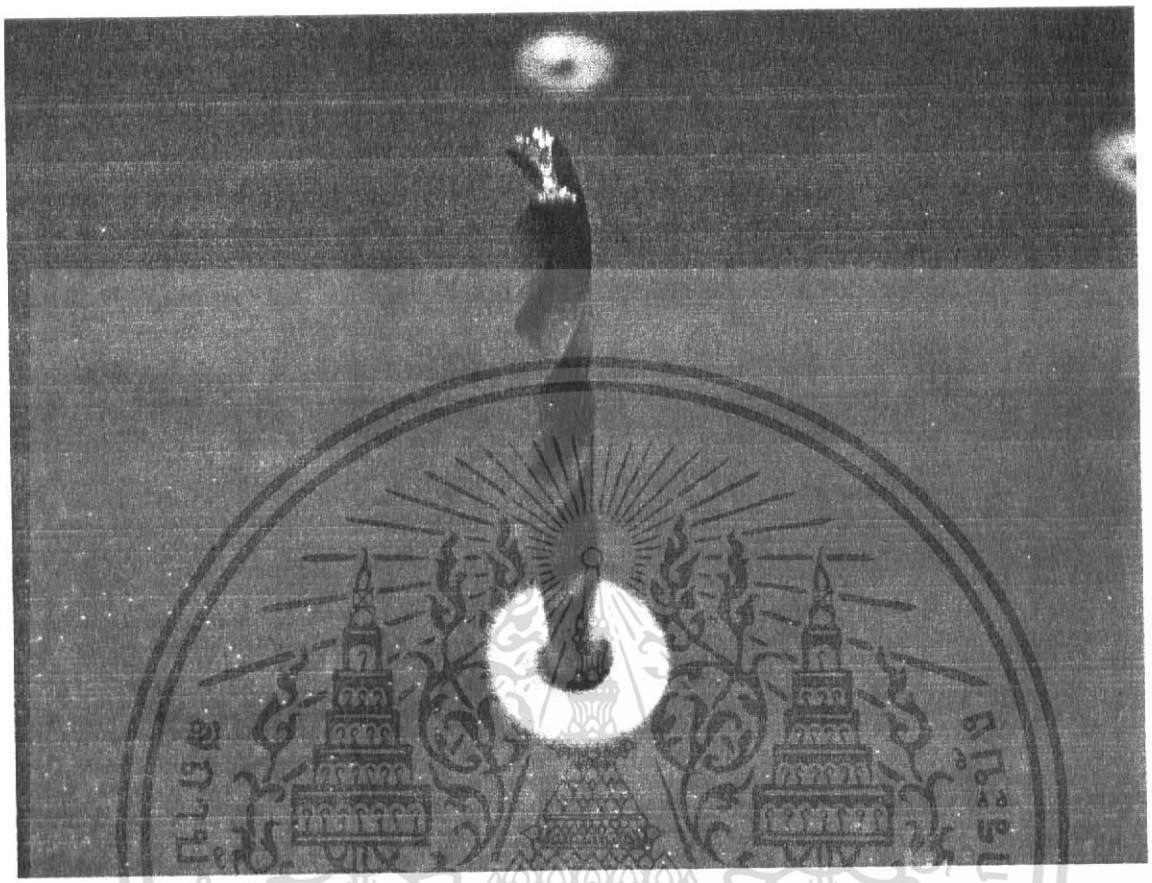
รูปชิ้นงาน ST-37 ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



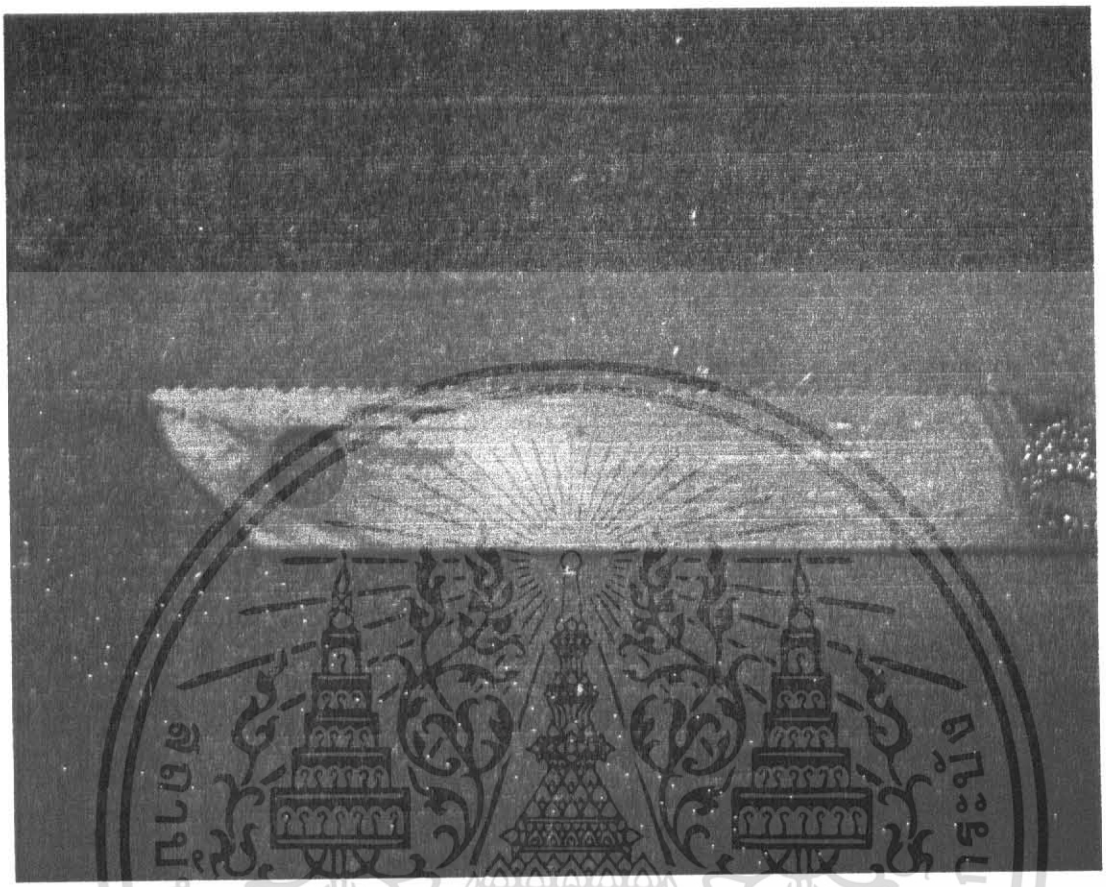
รูปชิ้นงาน ST-37 ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะรูปทรงตามภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



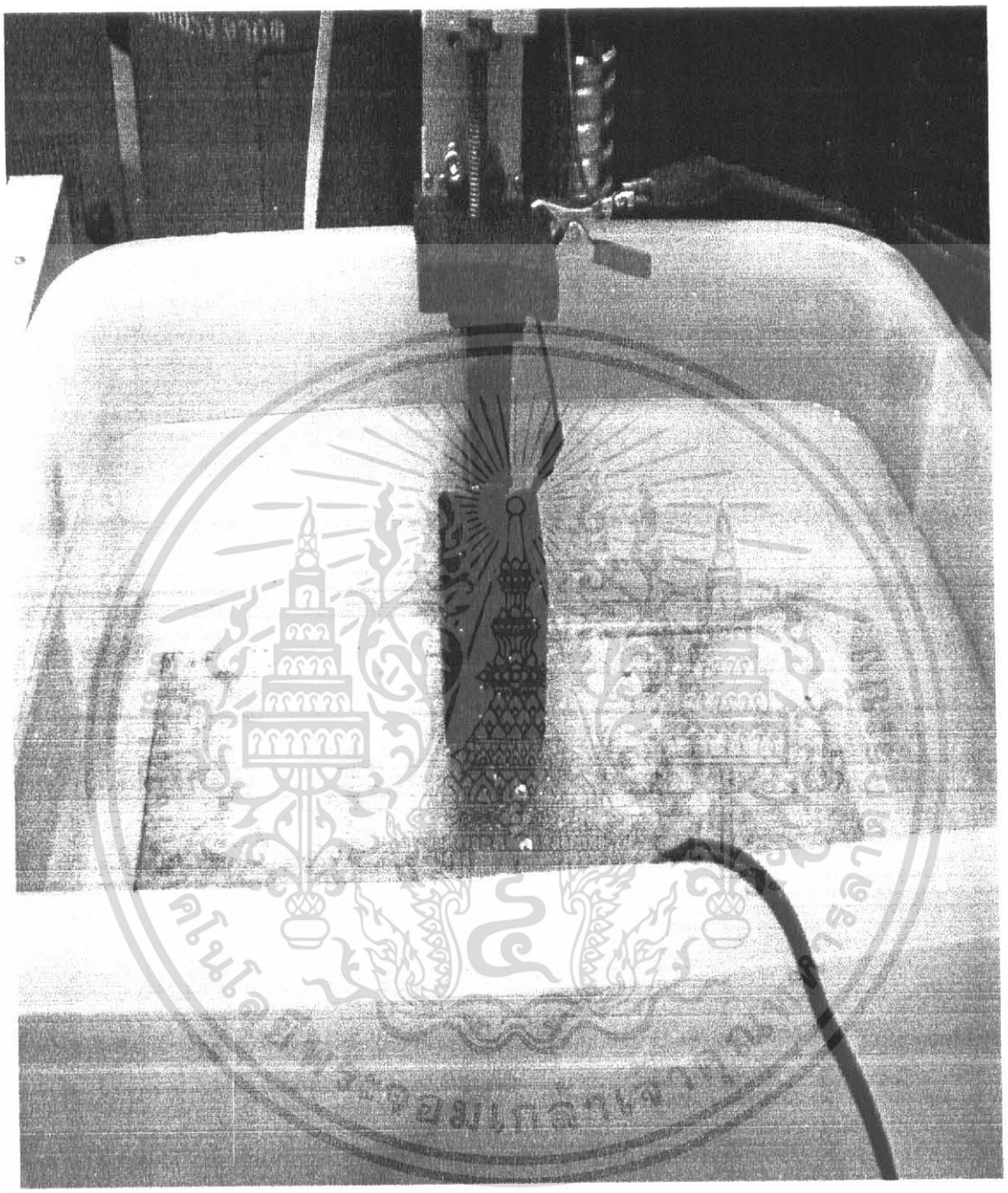
รูปการประยุกต์ใช้งานเครื่องทำการทดลองเจาะดอกสว่านซึ่งสามารถเจาะดอกสว่านที่หักคาชิ้นงานออกได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



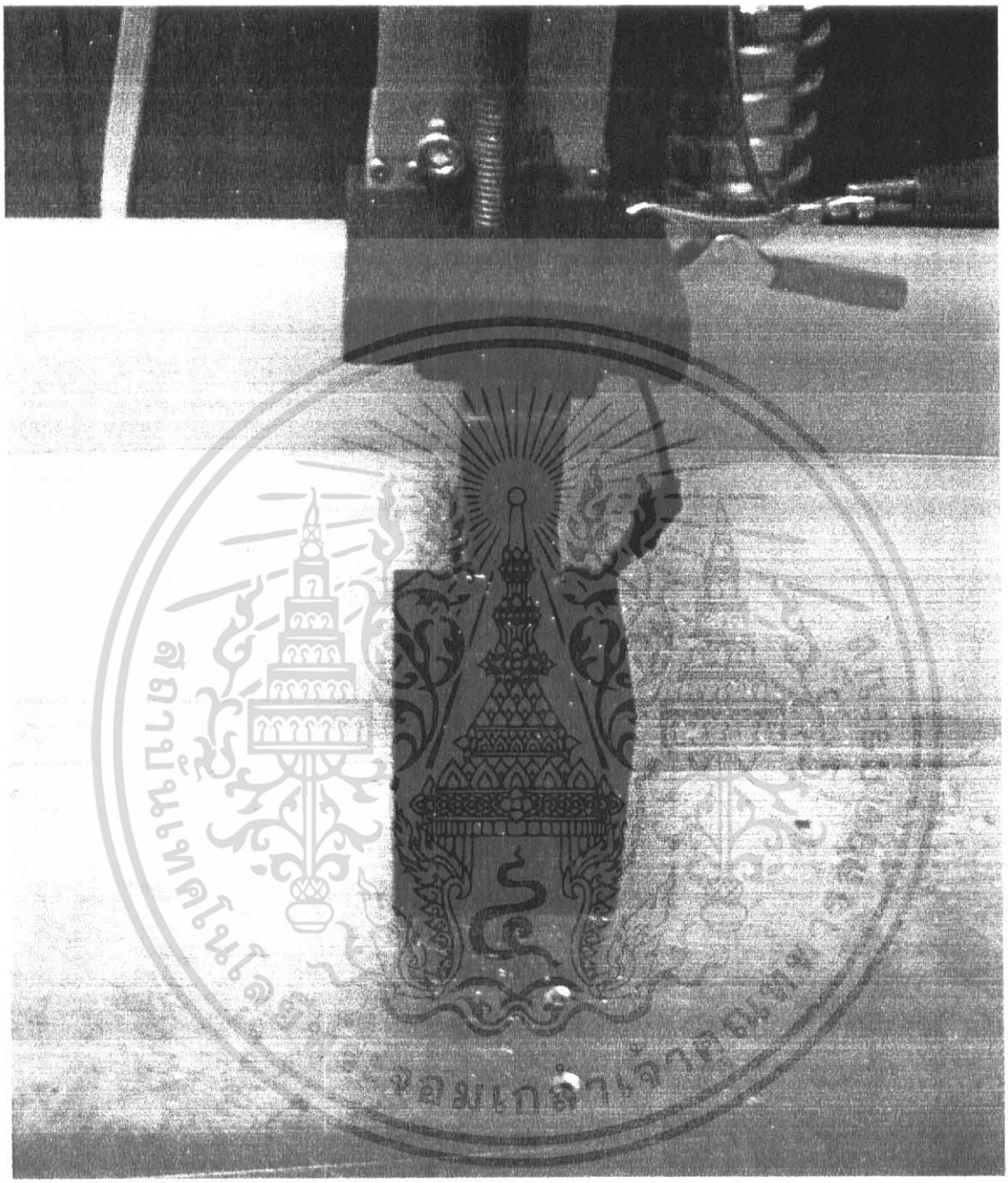
รูปการทดลองเจาะโลหะที่มีคาร์บอนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



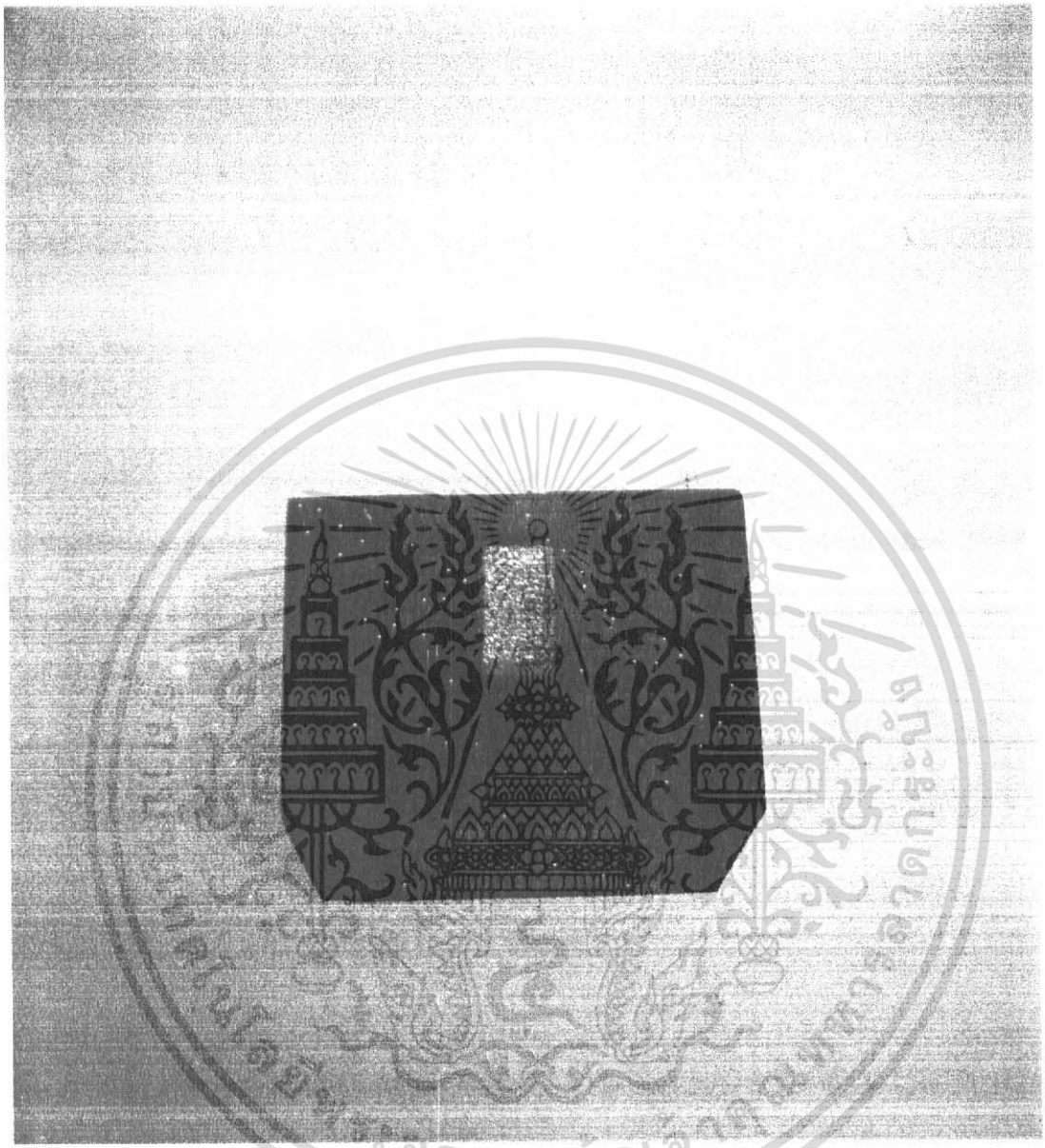
รูปการทดลองเจาะด้วยหัวเจาะกราไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปพื้นที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

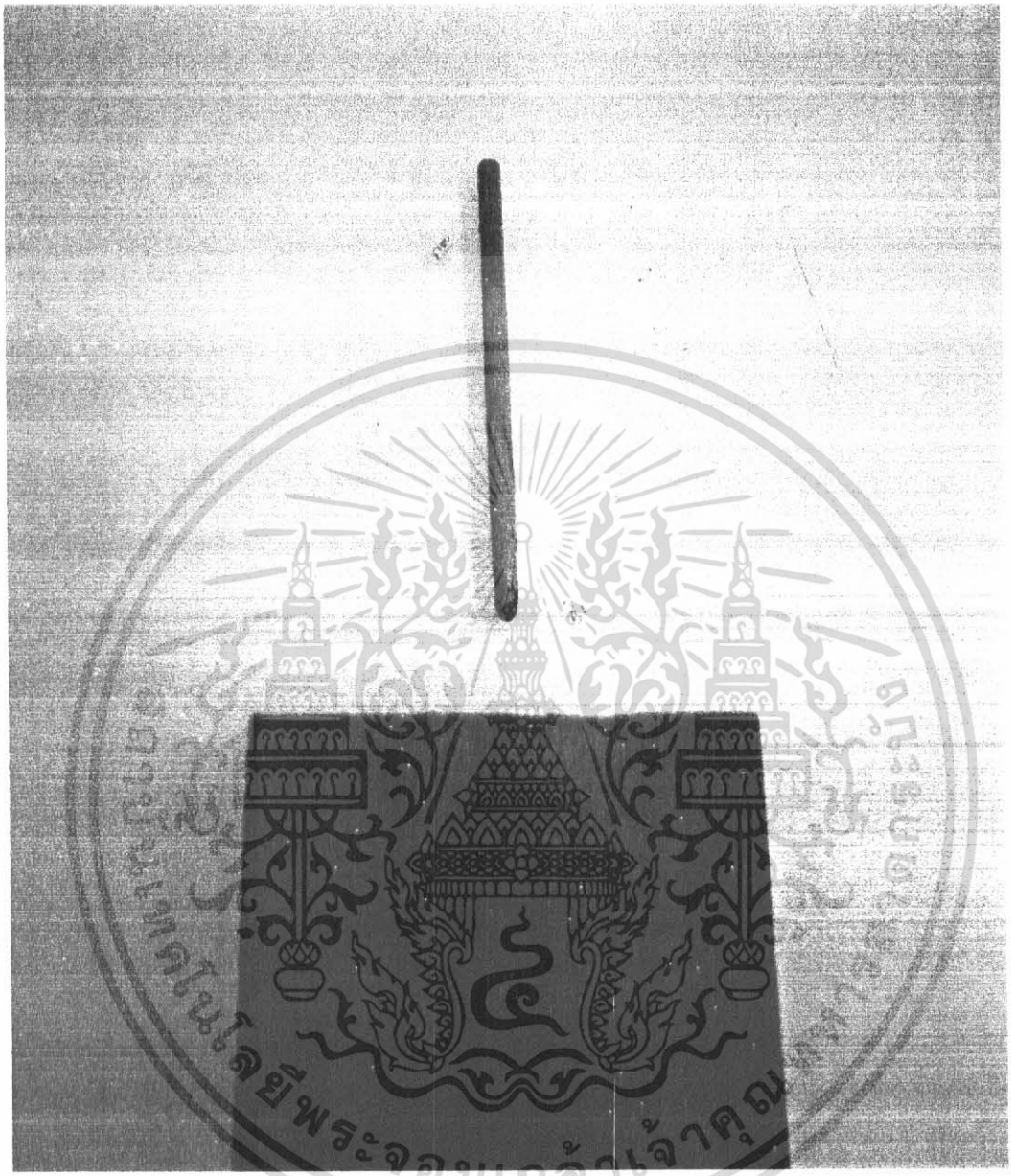


รูปการเจาะด้วยหัวเจาะกราไฟต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

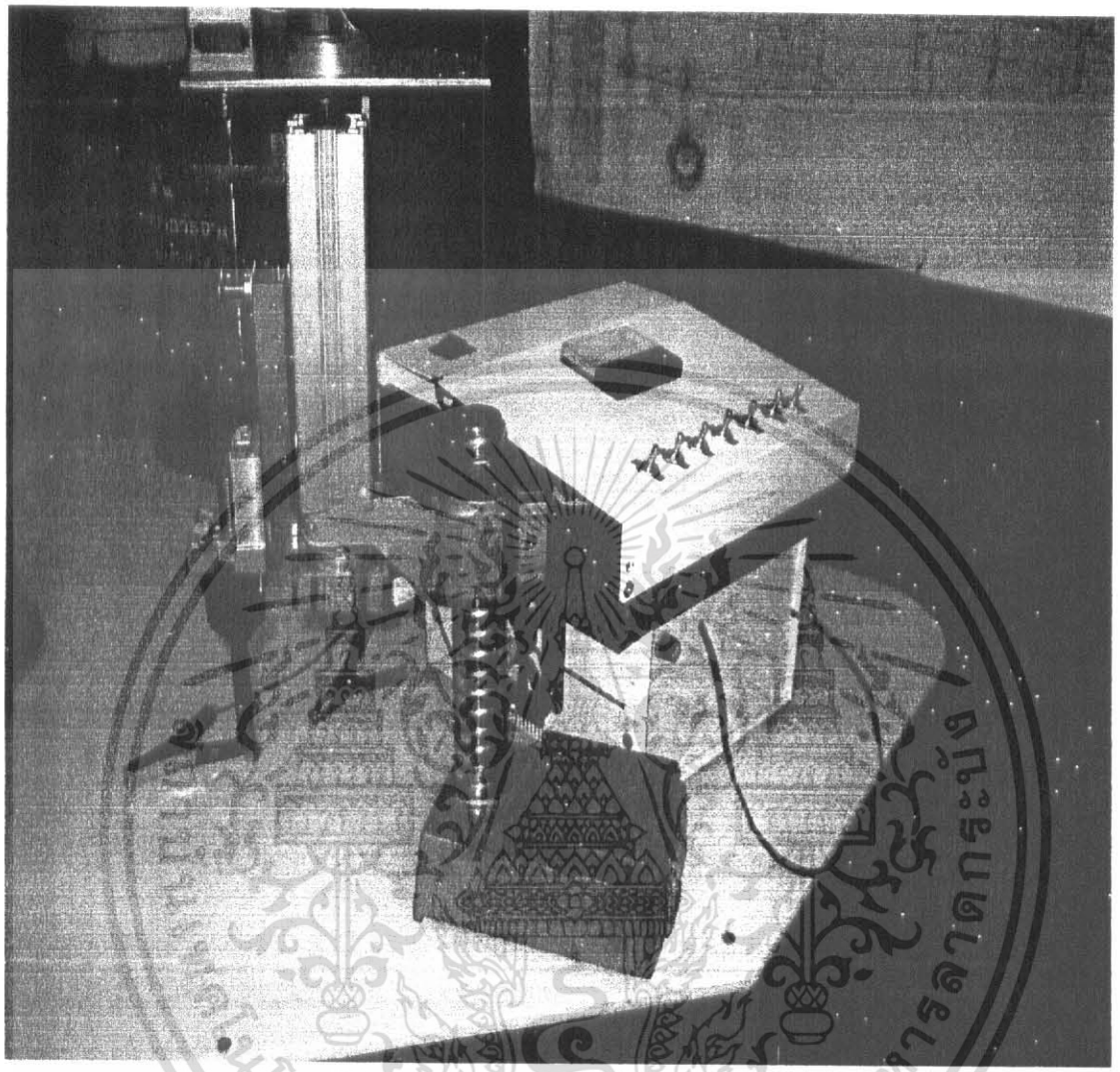
รูปชิ้นงาน ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชิ้นงาน ที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยหัวเจาะรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชุดเครื่องเจาะแบบอีดีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้