บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การสร้างเครื่องทำความสะอาดโดยใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคนั้นจะมีกระบวนทำงานอยู่ 2 ส่วน คือ ทดสอบการทำงานของหัวทรานสดิวเซอร์และทดสอบการทำความสะอาด โดยในกระบวนการทดสอบการทำงานจะใช้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมและสัญญาณรูปซายน์ ในส่วนของการทดสอบการทำความสะอาดจะทดสอบกับวัสดุ 3 ชนิดคือวัสดุที่เปื้อนคราบสนิม วัสดุเปื้อนคราบน้ำมันเครื่องและวัสดุที่เปื้อนคราบไขมัน

4.1 เกณฑ์การวัดผลการทดลองที่เกิดจากการสังเกตทางกายภาพ

เกณฑ์การวัดผลการทดลองที่เกิดจากการสังเกตทางกายภาพเป็นการนิยามมาจากการสังเกตผลทางลักษณะทางกายภาพของวัสดุทดสอบดังนี้

1. เกณฑ์การวัดระดับเสียงนิยามจากการสังเกตโดยการได้ยินของผู้ทดสอบแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0 : ไม่สั่น 1 : สั่นน้อยมาก 2 : สั่นปานกลาง 3 : สั่นมากที่สุด

2. เกณฑ์การวัดระดับการสั่นนิยามจากการสังเกตด้วยสายตาของผู้ทดสอบแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ 0 : เงียบ 1 : ส่งเสียงเบา 2 : ดังปานกลาง 3 : ดังมากที่สุด

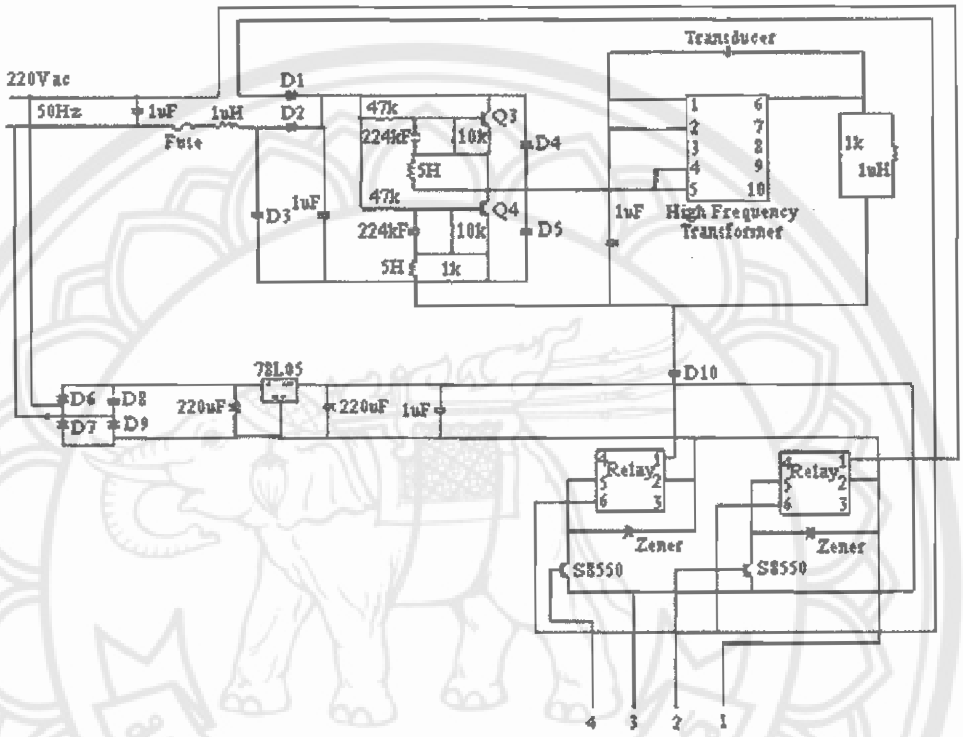
3. เกณฑ์การวัดระดับความสะอาดนิยามจากการสังเกตด้วยสายดาของผู้ทดสอบแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 3 : สิ่งสกปรกหลุดออกทั้งหมด 2 : สิ่งสกปรกหลุดออกเกือบทั้งหมด 1 : สิ่งสกปรกหลุดออกเล็กน้อย 0 : สิ่งสกปรกไม่หลุดออก

เกณฑ์ทั้ง 3 ข้อนี้จะเป็นเกณฑ์ที่นำไปใช้ในการทดลองทั้ง 2 ส่วนคือการทดสอบด้วยสัญญาณรูปซายน์และการทดสอบด้วยสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม การทดสอบด้วยสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมใช้เกณฑ์ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นจะใช้ผลการทดสอบด้วยสัญญาณรูปซายน์เป็นฐานอ้างอิง

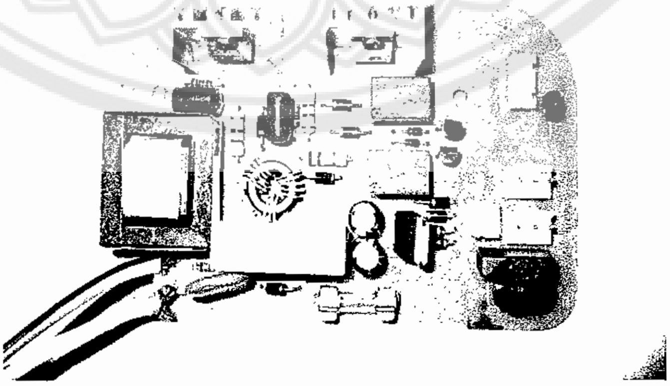
4.2 การทดสอบการทำงานด้วยสัญญาณรูปซายน์

4.2.1 ทำการประกอบวงจรดังรูปที่ 4.1 และทำการจ่ายแรงดันให้แก่วงจร

รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพของวงจรสร้างสัญญาณรูปซายน์ที่นำมาทดสอบ มีรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรดังรูปที่ 3.7 และรูปที่ 4.2 แสดงรูปของวงจรที่ได้จากการออกแบบ โดยรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของวงจรแสดงในรูปที่ 3.8

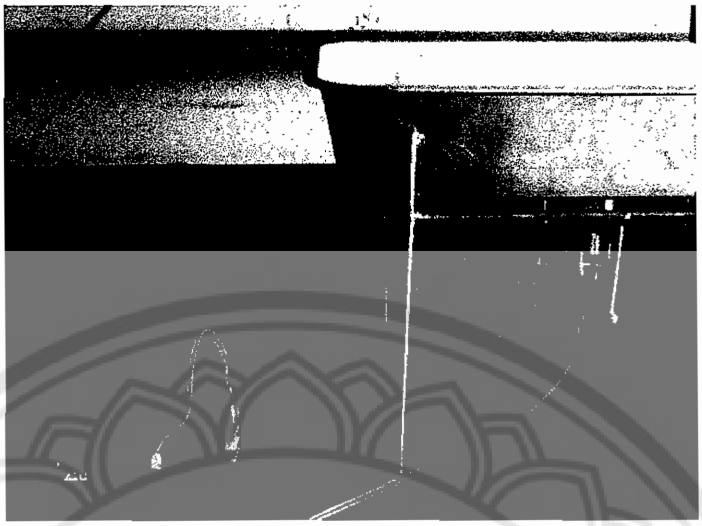


รูปที่ 4.1 แผนภาพวงจรสร้างสัญญาณรูปซายน์



รูปที่ 4.2 วงจรสร้างสัญญาณรูปซายน์

4.2.2 การทดสอบการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรูปซายน์



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรสร้างสัญญาณรูปซายน์ขณะทดสอบ

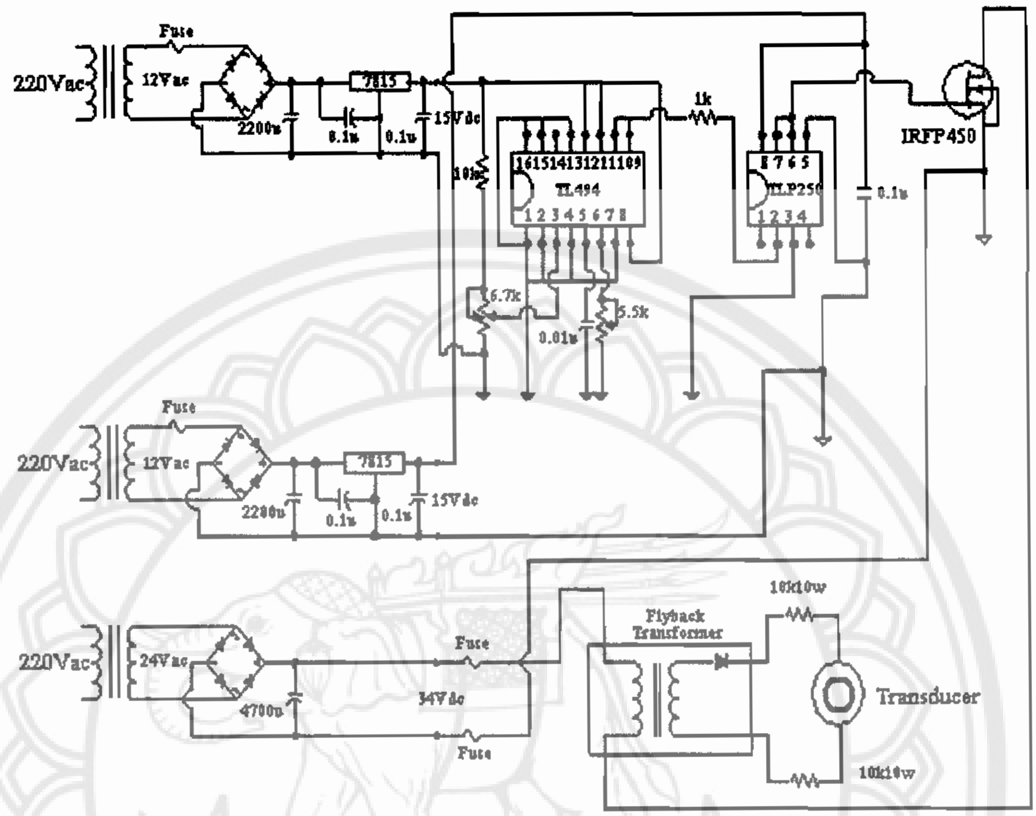
ทดสอบการทำงานของวงจรดังรูปที่ 4.3 ซึ่งวงจรที่เลือกใช้ในรูปที่ 4.3 เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์รูปซายน์ กล่าวคือเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจรและเมื่อวงจรทำงานวงจรจะมีการออสซิลเลตเกิดขึ้นโดยจะสร้างสัญญาณรูปซายน์ที่มีความถี่เท่ากับความถี่ของทรานสดิวเซอร์ทำให้ตัวทรานสดิวเซอร์ทำงาน สังเกตการตอบสนองของทรานสดิวเซอร์และบันทึกผลในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการทำงานด้วยสัญญาณรูปซายน์

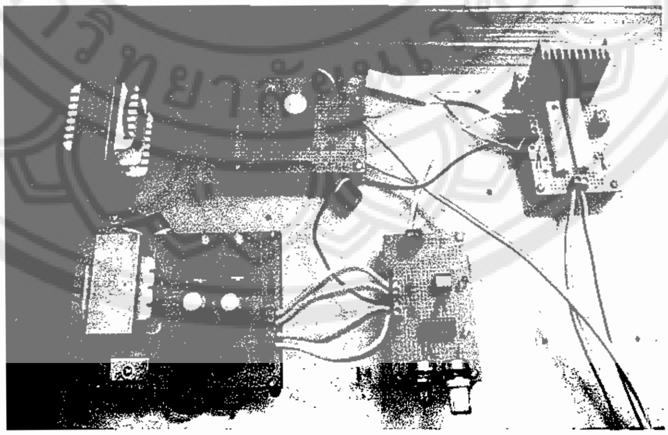
แรงดันขาออก (V)	กระแสขาออก (A)	กำลังขาออก (Watt)	ความถี่ (kHz)	ระดับเสียง	ระดับการสั่น
445.26	0.12	53.43	23.78	3	3

4.3 การทดสอบการทำงานด้วยสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

4.3.1 ทำการประกอบวงจรดังรูปที่ 4.4 และทำการจ่ายแรงดันให้แก่วงจร



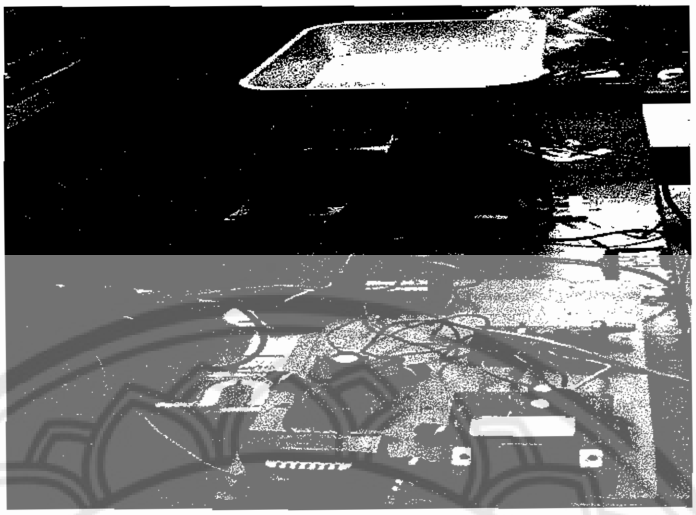
รูปที่ 4.4 แผนภาพวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม



รูปที่ 4.5 วงจรที่ได้จากการออกแบบ

เมื่อทำการต่อวงจรดังรูปที่ 4.4 จะได้วงจรดังรูปที่ 4.5 รายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรดังกล่าวอธิบายไว้ดังรูปที่ 3.5

4.3.2 ทดสอบการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

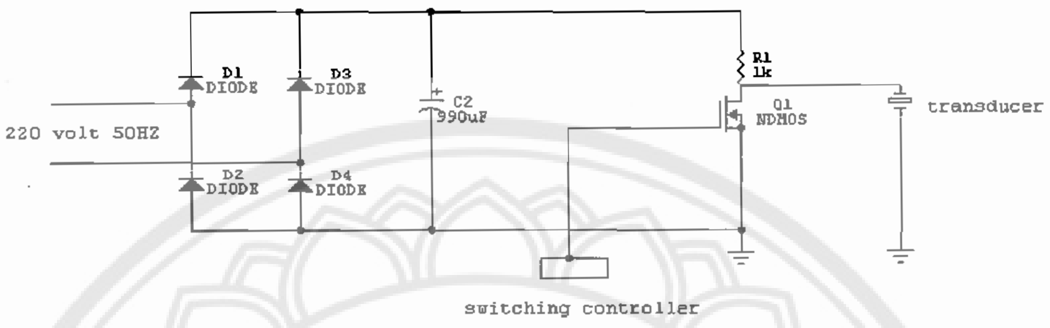


รูปที่ 4.6 รูปวงจรขณะทำการทดสอบ

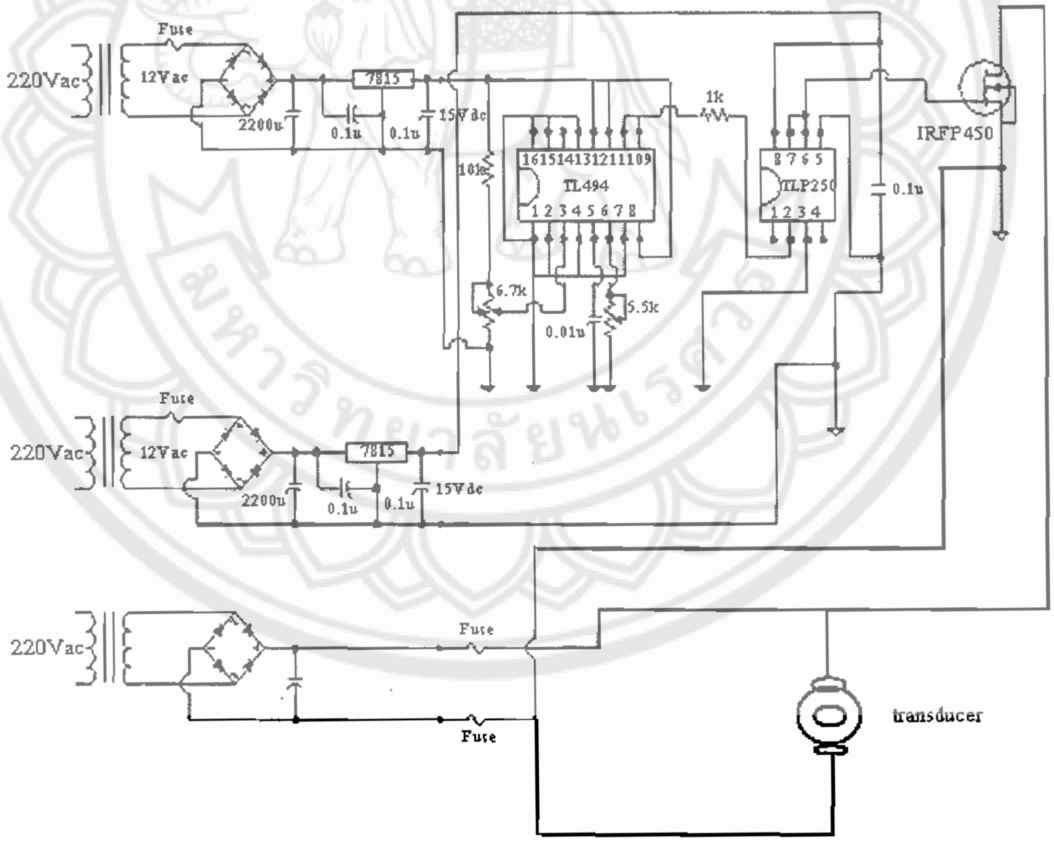
ทำการทดสอบวงจรดังรูปที่ 4.6 โดยทดสอบหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรและแรงดันที่เหมาะสมการทดสอบหาความถี่ทำได้โดยกำหนดค่าแรงดันคงที่ประมาณ 700 V_{P-P} และได้ทำการเปลี่ยนค่าความถี่ สังเกตผลตอบสนองของทรานสดิวเซอร์ ผลการทดสอบปรากฏว่าค่าแรงดันขาออกที่ได้มีลักษณะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าแรงดัน โดยกำหนดค่าความถี่การสวิชชิ่งไว้ที่ 23kHz ผลปรากฏว่าแรงดันขาออกที่ได้เป็นแรงดันไฟตรงจึงทำให้ทรานสดิวเซอร์ไม่สามารถทำงานได้จึงต้องมีการแก้ไขต่อไป

4.3.3 การทำงานของวงจรในส่วนของการแก้ไข

ทำการแก้ไขวงจร โดยเปลี่ยนการสวิชชิ่งส่วนของวงจรกำลังเป็นดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 แสดงภาพรวมวงจรเมื่อทำการแก้ไขโดยวงจรที่แก้ไขจะใช้วงจรควบคุมเดิมในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงส่วนของวงจรที่ได้ทำการแก้ไข



รูปที่ 4.8 วงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ได้ทำการแก้ไข

4.3.4 ทดสอบการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ได้ทำแก้ไข

รูปที่ 4.9 แสดงวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ทำการแก้ไขขณะทดลอง

รูปที่ 4.9 แสดงส่วนประกอบของวงจรกำลังที่ทำการแก้ไขขณะทำการทดลองดังนี้

หมายเลข 1 คือวงจรสวิชชิ่งเดิม

หมายเลข 2 คือวงจรกำลังที่แก้ไข

หมายเลข 3 แสดงการต่อสายจากแรงดันขาออกเข้าตัวทรานสดิวเซอร์ที่ก้นถัง

ทำการทดสอบการทำงานของวงจรดังรูปที่ 4.9 โดยการทดสอบการทำงานของวงจรประกอบด้วยการทดสอบหาค่าแรงดันและหาความถี่ที่เหมาะสมต่อการทำงานของวงจรเพื่อหาค่าที่ให้ผลตอบสนองดีที่สุดต่อการทำงานของทรานสดิวเซอร์

4.3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม

ก) ทดสอบหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร

ข) ทดสอบหาค่าแรงดันที่เหมาะสม

ก) ทดสอบหาความถี่เรโซแนนซ์ของวงจร

ทำการจ่ายแรงดันไฟตรงค่าคงที่ 200 V_{P-P} ให้กับวงจรแล้วทำการปรับค่าความถี่การสวิช-ชิ่ง ตั้งแต่ 20-30 kHz สังเกตการสั่นที่หัวทรานสดิวเซอร์แล้วทำการบันทึกผลการทดลองตามตาราง ที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองหาความถี่เรโซแนนซ์

Frequency (kHz)	**ระดับการสั่น**	**ระดับเสียง**
20	1	1
21	1	1
22	1	1
23	2	2
24	1	1
25	1	1
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	0	0

จากการทดสอบหาความถี่เรโซแนนซ์ดังตารางที่ 4.2 ที่แรงดันไฟกระแสตรง 200 V_{P-P} ของวงจรพบว่าที่ความถี่ 23kHz ให้ผลการตอบสนองดีที่สุด

ข) ทดสอบหาค่าแรงดันที่เหมาะสม

ทำการจ่ายไฟให้แก่วงจรที่ความถี่สวิชชิ่ง 23kHz ทำการปรับค่าแรงดันโดยการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลที่วงจรสวิชชิ่งสังเกตการตอบสนองและบันทึกผลในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองหาค่าแรงดันที่เหมาะสม

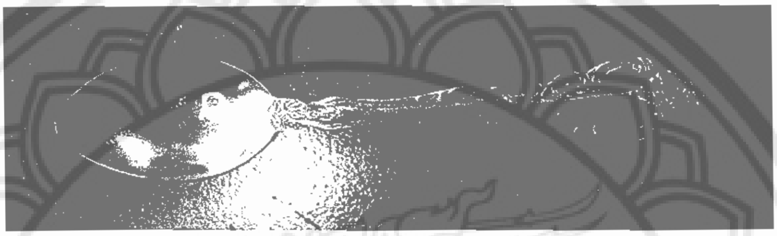
ดิวตี้ไซเคิล	**แรงดันที่ขา V_{GS} (V)**	**แรงดัน (V)**	**กระแส (A)**	**ระดับ การสั่นของน้ำ**	**ระดับ เสียง**
0.9	11	280.48	0.25	3	3
0.8	9.6	252.53	0.27	2	3
0.7	8.4	226.84	0.30	2	3
0.6	7.2	195.48	0.35	2	2
0.5	6.0	157.51	0.44	1	1
0.4	4.8	103.46	0.676	0	0
0.3	3.6	87.95	0.79	0	0
0.2	2.4	50.57	1.38	0	0
0.1	1.2	15.64	1.64	0	0
0	0	5	0	0	0

จากการทดลองการทดสอบหาค่าแรงดันที่เหมาะสมพบว่าที่ค่าแรงดันที่ให้ผลตอบสนองดีที่สุดที่ความถี่ 23kHz นั้นมีค่าประมาณ 280.48V

4.4 การทดสอบการทำความสะอาดกับวัสดุทดสอบ

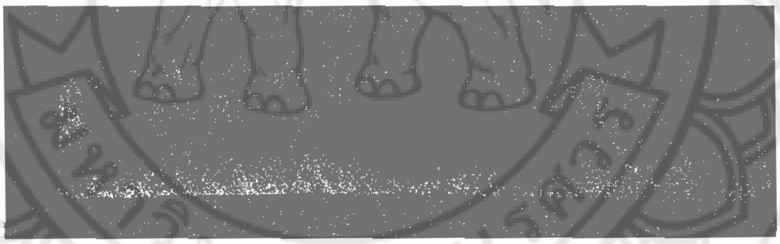
การทดสอบการทำความสะอาดกับวัสดุทดสอบโดยจะทดสอบผลของการทำความสะอาดกับวัสดุทดสอบที่มีคราบไขมันและคราบสนิมและคราบน้ำมันเครื่อง โดยมีน้ำเป็นตัวกลางในการส่งผ่านพลังงานไปยังวัสดุทดสอบ ตัวอย่างของวัสดุทดสอบที่มีคราบไขมันแสดงดังรูปที่ 4.10 และวัสดุทดสอบที่มีคราบน้ำมันเครื่องแสดงดังรูปที่ 4.11และวัสดุทดสอบที่มีคราบสนิมแสดงดังรูปที่ 4.12

ก) ตัวอย่างของวัสดุทดสอบที่มีคราบไขมัน



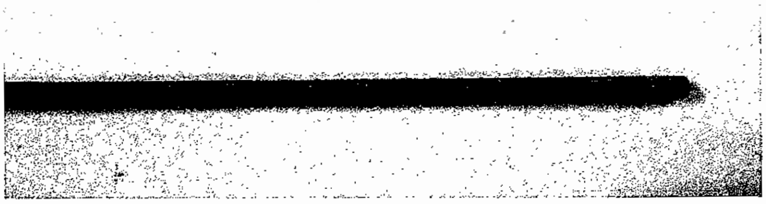
รูปที่ 4.10 ชิ้นงานเปื้อนคราบไขมัน

ข) ตัวอย่างวัสดุทดสอบเปื้อนคราบน้ำมันเครื่อง



รูปที่ 4.11 วัสดุเปื้อนคราบน้ำมันเครื่อง

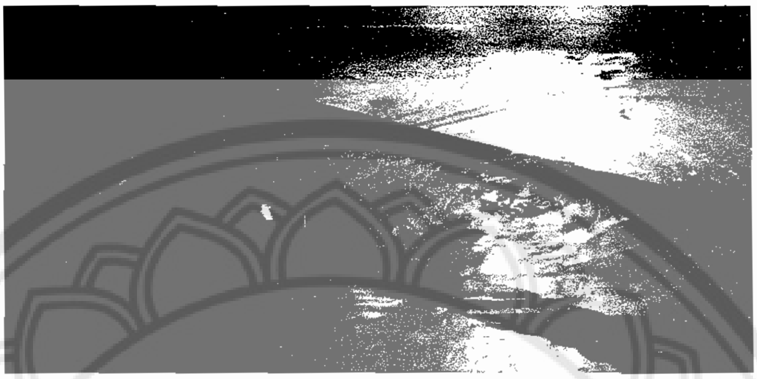
ค) ตัวอย่างวัสดุทดสอบเปื้อนคราบสนิม



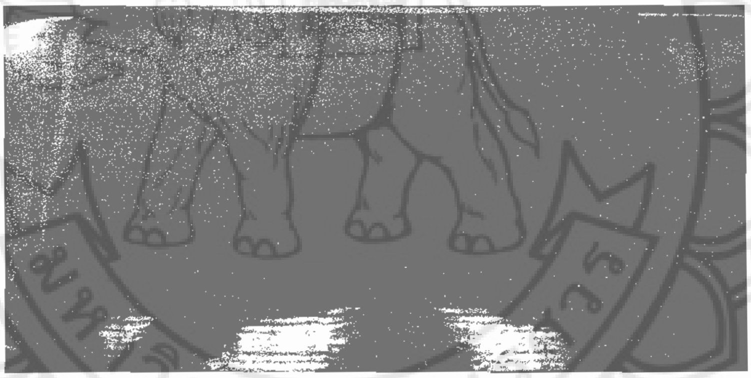
รูปที่ 4.12 วัสดุเปื้อนคราบสนิม

4.4.1 การทดสอบการทำความสะอาด

การทดสอบการทำความสะอาดทำได้โดยนำวัสดุทดสอบที่มีคราบสนิมและคราบไขมัน และคราบน้ำมันเครื่องใส่ลงในถังทำความสะอาดที่มีตัวกลางในการทำความสะอาด(น้ำ) ดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงการสั่นของน้ำขณะทดสอบการทำความสะอาดชิ้นงาน



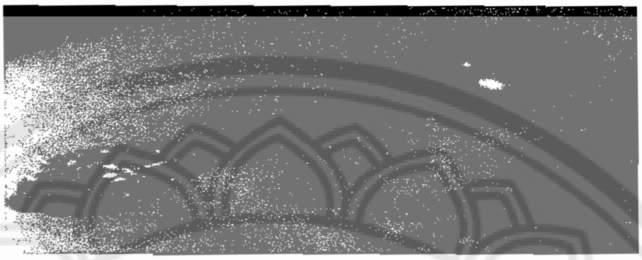
รูปที่ 4.14 แสดงการสั่นของน้ำขณะทดสอบการทำความสะอาดชิ้นงาน

รูปที่ 4.13 แสดงการทำความสะอาดชิ้นงานตัวอย่างที่เปื้อนคราบสนิมและคราบไขมันเมื่อทรานสดิวเซอร์ทำงานน้ำจะเกิดการสั่นและเมื่อทรานสดิวเซอร์ทำงานที่ความถี่เรโซแนนซ์น้ำจะเกิดการสั่นแรงที่สุด รูปที่ 4.14 แสดงการทำความสะอาดชิ้นงานที่เปื้อนคราบน้ำมันเครื่อง

4.4.2 ผลการทดสอบการทำความสะอาดชิ้นงาน

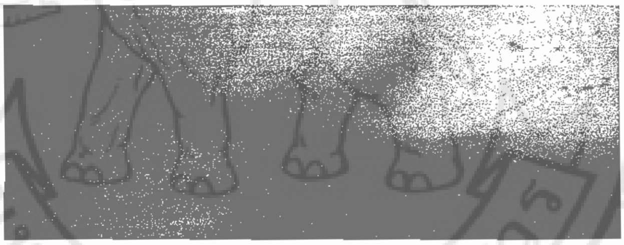
ผลการทดสอบการทำความสะอาดด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิคกับวัสดุทดสอบที่มีคราบไขมัน คราบสนิมและคราบน้ำมันเครื่องแสดงดังรูปที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ

ก) วัสดุทดสอบที่มีคราบไขมันขณะทำความสะอาด



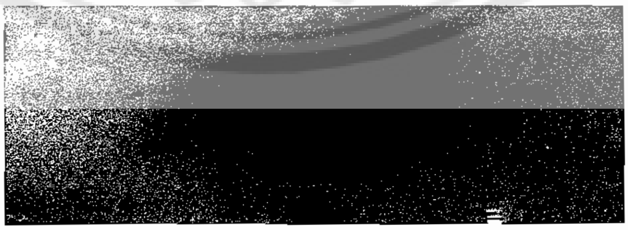
รูปที่ 4.15 แสดงชิ้นงานที่มีคราบไขมันขณะทดสอบที่เวลา 5 นาที

ข) วัสดุทดสอบที่มีคราบสนิมขณะทำความสะอาด



รูปที่ 4.16 แสดงชิ้นงานที่มีคราบสนิมขณะทดสอบที่เวลา 5 นาที

ค) วัสดุทดสอบที่มีคราบน้ำมันเครื่องขณะทำความสะอาด



รูปที่ 4.17 แสดงชิ้นงานที่มีคราบน้ำมันเครื่องขณะทดสอบที่เวลา 5 นาที

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.4 ผลการทำความสะอาดสิ่งสกปรกต่างๆ ของชิ้นงานสังเกตจากลักษณะทางกายภาพด้วยสายตาผู้ทดสอบ

เวลา (นาที)	**ประสิทธิภาพ การทำความสะอาด**		
	คราบสนิม	**คราบน้ำมันเครื่อง**	**คราบไขมัน**
0	0	0	0
1	0	0	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	2
6	1	1	2
7	1	1	2
8	1	1	2
9	1	1	2
10	1	1	2
11	1	1	2
12	1	1	3
13	1	1	3
14	1	1	3
15	1	1	3
16	1	1	3
17	1	1	3
18	1	1	3
19	1	1	3
20	1	1	3

จากการทดสอบการทำความสะอาดกับวัสดุตัวอย่าง 3 ชนิด พบว่าคราบไขมันนั้นจะหลุดออกได้ดีในช่วงนาทีที่ 5 และหลุดออกทั้งหมดนาทีที่ 12 ส่วนคราบสนิมและคราบน้ำมันเครื่องหลุดออกเล็กน้อยโดยเวลาการทำความสะอาดที่จะให้ผลตอบสนองดีที่สุดตั้งแต่นาทีที่ 2 หลังจากนั้นจะค่อนข้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง ผลการทดสอบที่เวลาต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.4