



ปีการศึกษา 2540

เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า
Waste-Water Treatment Machine with Electrical System



โดย	
นายไพรัช ฤกษ์ไตรเวทย์	นายไพรัช ฤกษ์ไตรเวทย์
นายฉราคร ศรีประธาท	นายฉราคร ศรีประธาท
นายภูมิวิษณุ ประยูรหงษ์	นายภูมิวิษณุ ประยูรหงษ์
นายภูวนารอ สุนทรระกูล	นายภูวนารอ สุนทรระกูล
นายโยธิน ทองงาม	นายโยธิน ทองงาม
นายพิศุทธิพงษ์ แสงอ่อน	นายพิศุทธิพงษ์ แสงอ่อน

วัน เดือน ปี.....-5.คค.2541
เลขทะเบียน.....038601
เลขเรียกหนังสือ.....T.4003554937ค.

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ประดาช ไทรสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038601

ปริญญาโทบริหารการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

- 
1. นายไพรัช ไตรเวทย์
 2. นายภราดร ศรีประสาธ
 3. นายภูมิวิชัย ประยูรหงษ์
 4. นายภูวนารถ สุนทระกุล
 5. นายโยธิน ทองงาม
 6. นายพิสุทธิพงษ์ แสงอ่อน



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ประภาส ไพรสุวรรณ)

เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า

นายไพรัช ไร่เวทย์

นายภราดร ศรีประสาธ

นายภูมิวิทย์ ประยูรหงษ์

นายภูวนารถ สุนทรระกูล

นายโชชิน ทองงาม

นายพิสุทธิพงษ์ แสงอ่อน

ผศ.ประภาส ไพรสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการแสดงถึงวิธีการทดลองเพื่อหาค่าของคุณสมบัติต่างๆ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด โดยจะทำการจำลองน้ำเสียที่มีโลหะหนักเจือปนอยู่เป็นสารปนเปื้อนและจะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกับการไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา หลังการทดลองจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียจำลองเพื่อนำไปบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆต่อไป ข้อมูลที่ได้ทั้งจากการทดลองและการบำบัดน้ำเสียจริงๆนี้จะสามารถนำไปใช้สร้างและพัฒนาเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้าให้สามารถนำมาใช้งานได้ต่อไปในอนาคต

WASTE-WATER TREATMENT MACHINE WITH ELECTRICAL SYSTEM

Pairach Trivate

Paradorn Sriprasart

Poomwich Prayoonhong

Puwanart Hoontrakoon

Yotin Thong-ngam

Phisuithipong Saeng-on

Assc. Prof. Prapas Prisuwana Advisor

1997

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to present the tests for find the properties of waste-water treatment machine with electrical system, which effects to the efficiency of treatment for make the maximum efficiency. The experimental is simulated the water with heavy metals and used catalyte for increase ability of treatment compared with no used catalyte ,this data is used to simulated the waste-water treatment machine for treated the waste-water from many source. Both data received from the tests and treatment can also utilized in make and develop the waste-water treatment machine with electrical system to usable in the future.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส	3
2.2 ปฏิกิริยาและกฎที่สำคัญในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส	5
2.2.1 ศักย์ไฟฟ้าแตกตัวและศักย์ไฟฟ้าเกินตัว	5
2.2.2 กฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับอิเล็กโทรลิซิส	6
2.3 อิเล็กโทรลิซิสที่ใช้อิเล็กโทรดที่มีส่วนในการทำปฏิกิริยา	12
บทที่ 3 การทดลอง ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง	14
3.1 การเตรียมการทดลอง	14
3.1.1 การเตรียมสารละลาย CuSO_4 ที่ใช้ในการทดลอง	14
3.1.2 อุปกรณ์การทดลอง	15
3.1.3 วงจรการทดลอง	16
3.2 การทดลอง	17
3.2.1 การทดลองที่ 1 (ดูปฏิกิริยาที่แผ่นเพลท)	17
3.2.2 การทดลองที่ 2 (การหาชนิดของเพลทที่ใช้)	26
3.2.3 การทดลองที่ 3 (การหาระยะห่างที่เหมาะสมของเพลท)	37
3.2.4 การทดลองที่ 4 (การหาขนาดที่เหมาะสมของเพลท)	43
3.2.5 การทดลองที่ 5 (ผลของการเพิ่มแรงดันและการเติมเกลือ)	48
บทที่ 4 การออกแบบเครื่องบำบัดน้ำเสียจำลอง	55
4.1 การออกแบบเครื่อง	55
บทที่ 5 ผลการทดสอบน้ำเสีย ค่ามาตรฐานของน้ำ และค่าใช้จ่ายในการบำบัด	67
5.1 การทดสอบ COD	67

	หน้า
5.2 การหาความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)	70
5.3 การทดสอบหาคลอไรด์	71
5.4 การทดสอบหาสารแขวนลอย	72
5.5 ผลการตรวจสอบน้ำเสียดำค่า pH , Conduct , ss	74
5.5.1 น้ำเสียนิดแรก	74
5.5.2 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบไม่เติมเกลือ	75
5.5.3 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ	76
5.6 ผลการหาค่าคลอไรด์	77
5.6.1 น้ำเสียนิดแรก	77
5.6.2 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบไม่เติมเกลือ	77
5.6.3 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ	77
5.7 ผลการหาค่า COD	78
5.7.1 น้ำเสียนิดแรก	79
5.7.2 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบไม่เติมเกลือ	79
5.7.3 น้ำเสียนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ	79
5.8 มาตรฐานน้ำทิ้งที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด	80
5.9 การคิดค่าเงินต่อหน่วยยูนิตของไฟฟ้า	81
บทที่ 6 แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	83
6.1 แนวทางพัฒนา	83
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเซลล์อิเล็กโตรลิติก	3
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักย์ไฟฟ้า ในเซลล์อิเล็กโตรลิติก	6
รูปที่ 3.1 วงจรการทดลอง	16
รูปที่ 3.2 การทดลองจุ่มเพลทลงในสารละลาย	18
รูปที่ 3.3 เพลทอะลูมิเนียมหลังการทดลองแบบเติมเกลือ	19
รูปที่ 3.4 เพลททองแดงหลังการทดลองแบบเติมเกลือ	19
รูปที่ 3.5 เพลทสแตนเลสหลังการทดลองแบบเติมเกลือ	20
รูปที่ 3.6 เพลทสังกะสีหลังการทดลองแบบเติมเกลือ	20
รูปที่ 3.7 เพลทอะลูมิเนียมหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ	21
รูปที่ 3.8 เพลททองแดงหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ	21
รูปที่ 3.9 เพลทสแตนเลสหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ	22
รูปที่ 3.10 เพลทสังกะสีหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ	22
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเพลทเมื่อเติมเกลือ	23
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเพลทเมื่อไม่เติมเกลือ	24
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นอะลูมิเนียม	28
รูปที่ 3.14 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นทองแดง	29
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นสังกะสี	30
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นสแตนเลส	31
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวกเป็นอะลูมิเนียม	32
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวกเป็นทองแดง	33
รูปที่ 3.19 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวกเป็นสแตนเลส	34
รูปที่ 3.20 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวกเป็นสังกะสี	35
รูปที่ 3.21 การวางเพลทระยะห่าง 4 นิ้ว	40
รูปที่ 3.22 การวางเพลทระยะห่าง 1.5 นิ้ว	40
รูปที่ 3.23 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างเปลี่ยนแปลง	41
รูปที่ 3.24 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างเปลี่ยนแปลง	43
รูปที่ 3.25 การทดลองหาขนาดเพลทที่เหมาะสม	45

รูปที่ 3.26 เพลทที่เลือกใช้งาน	45
รูปที่ 3.27 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขนาดเพลทเปลี่ยนแปลง	46
รูปที่ 3.28 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขนาดเพลทเปลี่ยนแปลง	47
รูปที่ 3.29 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง	50
รูปที่ 3.30 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง	51
รูปที่ 3.31 กราฟแสดงกระแสเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันและปริมาณเกลือ	52
รูปที่ 4.1 กระบวนการสกัดแร่ทองแดง	56
รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานของตัวเครื่อง	57
รูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบต่างๆของตัวเครื่อง	58
รูปที่ 4.4 ลักษณะการทำงานของลูกลอย	61
รูปที่ 4.5ก ภาพถ่ายของตัวเครื่องโดยรวม	62
รูปที่ 4.5ข ภาพถ่ายของตัวเครื่องโดยรวม	63
รูปที่ 4.6 ถังน้ำเข้าซึ่งมีตะแกรงรองรับ	63
รูปที่ 4.7 ถังกรอง ถังน้ำเข้า และถังพักบน	64
รูปที่ 4.8ก ถังบำบัด	64
รูปที่ 4.8ข ถังพักล่าง	65
รูปที่ 4.9 ถังบำบัดที่มีการติดตั้งแผ่นเพลท	65
รูปที่ 4.10 ลูกลอยไฟฟ้า ถังพักล่าง และปั๊มน้ำ	66
รูปที่ 6.1 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า	84
รูปที่ 6.2 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบวงกลม	85
รูปที่ 6.3 ถังกำจัดตะกอนหนักที่ใช้ระบบเป่าอากาศ	86
รูปที่ 6.4 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวตั้ง	87
รูปที่ 6.5 ระบบกวาดตะกอนให้ลอย	88
รูปที่ 6.6 เครื่องกวาดไขมันแบบ Belt Skimmers	88
รูปที่ 6.7 ระบบการควบคุมด้วยไฟฟ้า	90

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1	แสดงน้ำหนักของธาตุต่างๆใน $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 250 กรัม	14
ตารางที่ 3.2	แสดงน้ำหนักของธาตุต่างๆใน $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 50 กรัม	15
ตารางที่ 3.3	ผลการทดลองหุ้มเพลทในสารละลายที่ไม่เติมเกลือ	17
ตารางที่ 3.4	ผลการทดลองหุ้มเพลทในสารละลายที่เติมเกลือ	18
ตารางที่ 3.5	ผลการทดลองการหาชนิดของเพลทที่ใช้	27
ตารางที่ 3.6	ผลการทดลองการหาระยะห่างระหว่างเพลท	38
ตารางที่ 3.7	ผลการทดลองการหาขนาดเพลทที่เหมาะสม	44
ตารางที่ 3.8	ค่ากระแสที่แรงดันต่างๆ	48
ตารางที่ 3.9	ค่ากระแสที่เกลือปริมาณต่างๆ	49
ตารางที่ 5.1	คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียชนิดแรก	74
ตารางที่ 5.2	คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียชนิดแรก	74
ตารางที่ 5.3	คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียชนิดแรก	74
ตารางที่ 5.4	คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ	75
ตารางที่ 5.5	คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ	75
ตารางที่ 5.6	คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ	75
ตารางที่ 5.7	คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ	76
ตารางที่ 5.8	คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ	76
ตารางที่ 5.9	คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ	76
ตารางที่ 5.10	คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดที่แรก	77
ตารางที่ 5.11	คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดสองแบบไม่เติมเกลือ	77
ตารางที่ 5.12	คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดสองแบบเติมเกลือ	77
ตารางที่ 5.13	คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดที่แรก	79
ตารางที่ 5.14	คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดสองแบบไม่เติมเกลือ	79
ตารางที่ 5.15	คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดสองแบบเติมเกลือ	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ สภาพแวดล้อมนับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ถ้าหากเกิดสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษมากขึ้นทุกวัน ๆ ก็จะเป็นสาเหตุให้มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้เกิดสภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษก็คือ น้ำเสียจากสถานที่ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นจากอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม และสถานที่อื่น ๆ ซึ่งในน้ำเสียเหล่านี้จะมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ เจือปนอยู่ รวมทั้งสารพิษต่าง ๆ ซึ่งเป็นอันตราย เช่น สารตะกั่ว ทองแดง เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยและเป็นการรักษาสภาวะสิ่งแวดล้อมไม่ให้เสียไปจึงต้องมีการบำบัดน้ำเสียเหล่านั้นให้ได้มาตรฐานก่อนที่จะทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป

วิธีการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีด้วยกันหลายวิธี เช่น ใช้ระบบชีวภาพ ใช้สารเคมี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดี ข้อเสีย และวิธีการในการดำเนินการแตกต่างกันไป โดยในที่นี้จะเป็นการศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า โดยการใช้อิเล็กโทรดแผ่นราบ (Plate Electrode) โดยใช้หลักการ อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis) ของ ไมเคิล ฟาราเดย์ ซึ่งอาศัยการจ่ายไฟฟ้าให้กับแผ่นอิเล็กโทรดเพื่อให้เกิดการดึงประจุต่าง ๆ มาเกาะที่แผ่นอิเล็กโทรด สำหรับในการทดลองจะใช้สารละลายที่มีทองแดงอยู่ เพื่อให้มีน้ำเสียมีโลหะทองแดงเจือปนอยู่ด้วย

โดยในการทดลองจะทำในแบบสถิตย์ (Static) คือทำการบำบัดขณะน้ำนิ่ง เพื่อให้ได้คุณสมบัติต่างๆ ของระบบที่ถูกต้อง แต่สำหรับการบำบัดจริงจะทำในแบบไดนามิก (Dynamic) คือให้มีอัตราการไหลของน้ำเพื่อความสะดวก ในการบำบัด

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.) เพื่อศึกษาหลักการแยกอนุภาคหรือสิ่งเจือปนในน้ำด้วยไฟฟ้า โดยทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการแยกอนุภาคในน้ำด้วยไฟฟ้า
- 2.) นำข้อมูลที่ได้จากศึกษาและการทดลองมาสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้า
- 3.) พัฒนาเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยระบบไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้จริงและปรับปรุงเครื่องเพื่อให้สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีต่อไปในอนาคต



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis)

กระบวนการอิเล็กโทรลิซิส หมายถึง กระบวนการเกิดปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายข้างนอก

ส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการอิเล็กโทรลิซิสคือแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า อิเล็กโทรดสองขั้ว และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วเรียกว่า “ เซลล์อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis Cell) ” สำหรับอิเล็กโทรดทั้งสองนี้

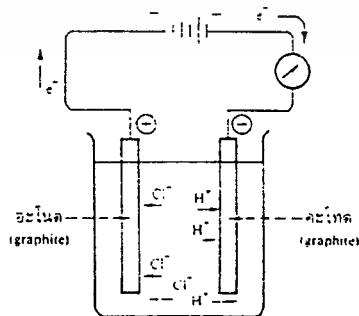
อิเล็กโทรดที่มีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้น เรียกว่า “ อานอด ”



อิเล็กโทรดที่มีปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น เรียกว่า “ แคโทด ”



พิจารณากระบวนการอิเล็กโทรลิซิสของสารละลายของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่มีความเข้มข้นพอประมาณในน้ำ กรดไฮโดรคลอริกจะแตกตัวออกเป็น H^+ และ Cl^- อีออน เมื่อจัดเข้าเป็นเซลล์อิเล็กโทรลิติก และใช้เกรฟไฟต์เป็นอิเล็กโทรดจะเห็นได้ตามรูป



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเซลล์อิเล็กโทรลิติก

ตามรูปใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า ซึ่งมีเส้นลวดต่อโยงไปยังอิเล็กโทรดที่ทำด้วยแกรไฟต์ ในบางวงจรมีสวิตช์และเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น กัลวาโนมิเตอร์ เมื่อสับสวิตช์ (วงจรปิด) จะสังเกตเห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าเพราะเข็มของกัลวาโนมิเตอร์เคลื่อนที่ไปจากเดิม ในขณะที่เดียวกันที่อิเล็กโทรดที่ต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่จะมีฟองก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นรอบ ๆ และผุดขึ้นมาจากสารละลาย ส่วนอิเล็กโทรดที่ต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่จะมีฟองก๊าซคลอรีนเกิดขึ้นรอบ ๆ เช่นกัน การเกิดก๊าซขึ้นที่อิเล็กโทรดทั้งสองนี้แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นแล้ว

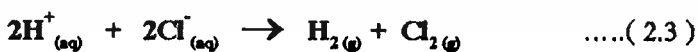
กระบวนการอิเล็กโทรลิซิสดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากได้พลังงานจากแบตเตอรี่ เมื่อปิดวงจร อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ออกจากขั้วลบของแบตเตอรี่ไปตามเส้นลวดจนถึงอิเล็กโทรด ซึ่งทำหน้าที่เป็น “ คาโทด ” อีออนบวก H^+ จะเคลื่อนที่มารับอิเล็กตรอนที่อิเล็กโทรดนี้ และถูกรีดิวซ์เป็นก๊าซ H_2



ส่วนอิเล็กโทรดทางด้านซ้ายมือซึ่งต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำหน้าที่เป็นอานอด อีออนลบ Cl^- จะให้อิเล็กตรอนที่อิเล็กโทรดนี้



อิเล็กตรอนที่อิเล็กโทรดทางด้านซ้ายมือรับไว้นี้ จะเคลื่อนที่ไปสู่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ทำให้ครบวงจร ปฏิริยาของเซลล์จึงได้จากผลบวกของสมการ (2.1) และ (2.2) ดังนี้

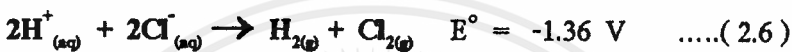


จากตัวอย่างนี้จะเห็นได้ว่าปฏิริยาเรดักชันเกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดที่เป็นขั้วลบจึงเป็น ปฏิริยาที่ “ คาโทด ” และปฏิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดที่เป็นขั้วบวก จึงเป็นปฏิริยาที่ “ อานอด ”

2.2 ปฏิกิริยาและ กฎที่ ง่ายในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส

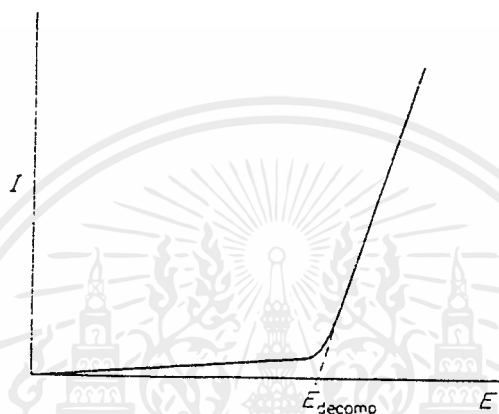
2.2.1 ศักย์ไฟฟ้าแตกตัวและศักย์ไฟฟ้าเกินตัว

พิจารณาเซลล์อิเล็กโทรลิติกของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ และใช้พลาคินัมเป็นอิเล็กโทรด เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเซลล์จำนวนหนึ่ง จะได้รับก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคลอรีนที่อิเล็กโทรดตามปฏิกิริยา



ศักย์ไฟฟ้ามีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่าปฏิกิริยาดังที่เขียนเกิดขึ้นเองไม่ได้ เพราะฉะนั้นในกรณีนี้ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นต่อเมื่อได้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จึงค่อย ๆ เพิ่มศักย์ไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายจากศูนย์ไปเรื่อย ๆ ในระยะแรกกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านสารละลายจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่น้อย จนกระทั่งมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่า 1.36 V หรือมากกว่าถึง 1.60 V จึงจะเห็นฟองก๊าซเกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดทั้งสอง และจากนี้ไปกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นด้วยความรวดเร็ว เมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้นและเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน ทำให้ลักษณะการเพิ่มขึ้นของ ทั้งสองอย่างเป็นแบบเส้นตรง ถ้าลากเส้นตรงตามแนวที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาตัดกับแกนของศักย์ไฟฟ้าที่ $I = 0$ จะได้ศักย์ไฟฟ้าแตกตัว (Decomposition Potential) ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่ทำให้อิเล็กโทรลิซิสเกิดขึ้นได้ ศักย์ไฟฟ้าแตกตัวเป็นค่าที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะของ อิเล็กโทรดและสถานะอื่นๆด้วย ค่าที่ได้ควรเป็นค่าเดียวกับศักย์ไฟฟ้าย้อนกลับ (Reversible Potential) ซึ่งเป็นศักย์ตอนที่อ็อกซิเจนและอิเล็กโทรดในสารละลายอยู่ในสถานะสมดุล เพราะฉะนั้นจะเห็นว่า ศักย์ไฟฟ้าแตกตัวจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ศักย์ไฟฟ้าย้อนกลับ ศักย์ไฟฟ้าที่เกินศักย์ไฟฟ้าย้อนกลับเรียกว่า “ศักย์ไฟฟ้าเกินตัว (Over Potential หรือ Over Voltage)” ศักย์ไฟฟ้าเกินตัวเป็นปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างซับซ้อนและขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ที่สำคัญคือการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นช้าเพราะมีพลังงานกระตุ้นสูง และเป็น Activation Overvoltage อีกปัจจัยหนึ่งคือสารละลายบางอย่างมีความต้านทานมากและไม่เท่ากันในบริเวณต่างๆ ซึ่งเป็น Resistance Overvoltage ปัจจัยสุดท้ายคือ ความเข้มข้นรอบๆ อิเล็กโทรดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้การนำไฟฟ้าลดลงได้ ซึ่งเป็น Concentration Overvoltage เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้ศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าที่ควรจึงจะทำให้เกิดอิเล็กโทรลิซิสขึ้นได้ ปรากฏการณ์เกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าเกินตัวยังเป็นที่ยังไม่เข้าใจกันน้อย ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแน่นอนและแตกต่างจากค่าศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรด เพราะฉะนั้น

การใช้ศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโทรดในการทำงานการเกิดอิเล็กโทรลิซิสจึงไม่ถูกต้องเสมอไป โดยเฉพาะกรณีที่ปฏิกิริยาให้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซออกซิเจนหรือไฮโดรเจน ในตอนต่อไปจะเห็นว่าเนื่องจากออกซิเจนมีศักย์ไฟฟ้าเกินตัวสูงในสารละลายของเกลือในน้ำที่มีความเข้มข้นสูง ปฏิกิริยาที่อาโนดแทนที่จะให้ก๊าซออกซิเจนกลับได้ก๊าซคลอรีน ทั้ง ๆ ที่คลอรีนศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของอิเล็กโทรดสูงกว่า



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักย์ไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรลิติก

2.2.2 กฎของฟาราเดย์เกี่ยวกับอิเล็กโทรลิซิส (Faraday's Laws of Electrolysis)

ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) เป็นคนแรกที่ได้ค้นพบความสัมพันธ์แบบปริมาณวิเคราะห์ระหว่างปริมาณไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรด ในกระบวนการอิเล็กโทรลิซิส ความมากน้อยของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับจำนวนอิเล็กตรอนที่มีการถ่ายเทในปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน เป็นต้นว่าการรีดิวซ์ไอออนของเงินและทองแดงให้เป็นโลหะ ตามปฏิกิริยา



จะเห็นว่าปฏิกิริยาในสมการที่ 2.7 เงิน 1 โมลออกมารับอิเล็กตรอน 1 โมล ได้โลหะเงิน 1 โมลหนัก 107.87 กรัม ซึ่งจะไปเคลือบอิเล็กโตรดที่เป็นคาโทด ส่วนปฏิกิริยาในสมการที่ 2.8 ออกซิเจนของทองแดง 1 โมลทำปฏิกิริยากับอิเล็กตรอน 2 โมล เนื่องจากจำนวนอิเล็กตรอนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไฟฟ้า เพราะฉะนั้นจะเห็นว่าในการรีดิวซ์ออกซิเจนของทองแดงเพื่อให้ได้โลหะ 1 โมล จะต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าถึงสองเท่าของปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กับเงิน

ปริมาณไฟฟ้าที่จะต้องผ่านเข้าไปในเซลล์อิเล็กโตรลิติก เพื่อให้อิเล็กตรอน 1 โมล ทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการออกซิเดชัน เรียกว่า 1 ฟาราเดย์ (faraday) เพราะฉะนั้นกรณีข้างบนจะเห็นว่าต้องใช้ปริมาณไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์เพื่อทำให้ออกซิเจนของโลหะเป็นโลหะเงินหนัก 107.87 กรัม และใช้ปริมาณไฟฟ้าถึง 2 ฟาราเดย์ เพื่อให้ได้ทองแดงหนัก 63.54 กรัม

ปริมาณไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมบ์ (Coulomb) หาได้จากความสัมพันธ์

$$Q = I * t \quad \dots\dots(2.9)$$

เมื่อ Q เป็นปริมาณไฟฟ้าในหน่วยคูลอมบ์ (C), I เป็นกระแสไฟฟ้าในหน่วยแอมแปร์(A) และ t เป็นเวลาในหน่วยวินาที (s) เพราะฉะนั้น

$$1 \text{ C} = 1 \text{ As} \quad \dots\dots(2.10)$$

ปริมาณไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์ (F) เป็นผลคูณของประจุไฟฟ้ากับจำนวนอิเล็กตรอน 1 โมล เนื่องจากประจุของอิเล็กตรอนมีค่าเท่ากับ $1.60210 * 10^{-19} \text{ C}$ เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} F &= eN_A = (1.60210 * 10^{-19} \text{ C})(6.02252 * 10^{23} \text{ mol}^{-1}) \\ &= 96,487 \text{ Cmol}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ } 1 \text{ ฟาราเดย์} = 96,487 \text{ C}$$

N_A คือ เลขอาโวกาโดร (Avogadro number)

น้ำหนักของสารที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโตรดโดยการผ่านปริมาณไฟฟ้า 96,487 C เข้าไปในเซลล์อิเล็กโตรลิติก เป็นน้ำหนักสมมูลของสารนั้น ซึ่งเป็นน้ำหนักที่เกิดขึ้นจากออกซิเจนของโลหะรับอิเล็กตรอน 1 โมล เพราะฉะนั้นจึงพอสรุปได้ว่า “ ปริมาณไฟฟ้า 1 ฟาราเดย์จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้จากออกซิเดชันหรือรีดักชันในกระบวนการอิเล็กโตรลิซิสหนักเท่ากับหนึ่งกรัมสมมูลเสมอ ” ในกรณีที่เซลล์อิเล็กโตรลิติกมีออกซิเจนของเงิน และทองแดง ถ้าหากผ่านปริมาณไฟฟ้าเข้าไป

1 ฟาราเดย์แล้ว เงินและทองแดงที่ได้จากรีดักชันที่คาโทดจะมีน้ำหนักเป็น 107.87 กรัม และ $63.54 / 2 = 31.77$ กรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักกรัมสมมูลของเงินและทองแดงตามลำดับ

จากที่ได้ กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากออกซิเดชันและรีดักชันมีความสัมพันธ์กับปริมาณไฟฟ้าหรือจำนวนฟาราเดย์ ความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจสรุปเป็นกฎได้เรียกว่า “กฎอิเล็กโทรลิซิสของฟาราเดย์ (Faraday's Law of Electrolysis) ดังนี้

1. มวลของสารที่เกิดขึ้นที่อานอดหรือคาโทดในขณะที่เกิดอิเล็กโทรลิซิสเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในเซลล์
2. มวลของสารต่าง ๆ กันที่เกิดขึ้นในระหว่างการอิเล็กโทรลิซิสที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าเท่ากันจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักสมมูลของสารนั้น ๆ

ในทางปฏิบัติเนื่องจากกระแสไฟฟ้าในวงจรไม่คงที่ทำให้ค่าปริมาณไฟฟ้านั้นไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง การวัดปริมาณไฟฟ้าจึงนิยมใช้เครื่องคูลอมมิเตอร์ (coulometer) ชนิดที่มีอิเล็กโทรดทำด้วยโลหะเงินและใช้สารละลายที่มีไอออนของเงิน เมื่อต่อคูลอมมิเตอร์แบบอนุกรมเข้ากับเซลล์อิเล็กโทรลิติกแล้วอาศัยน้ำหนักของเงินที่เพิ่มขึ้นที่คาโทด ก็จะสามารถที่จะคำนวณหาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการอิเล็กโทรลิซิสได้ ทั้งนี้เพราะว่าปริมาณไฟฟ้าหนึ่งฟาราเดย์ (96,487C) สามารถทำให้เงินแยกตัวออกได้หนัก 107.87 กรัม



ตัวอย่างการคำนวณ

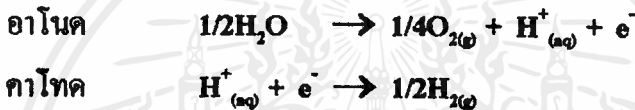
ตัวอย่างที่ 1

ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้า 3 A เข้าไปในสารละลาย H_2SO_4 (น้ำเป็นตัวทำละลาย) ในเซลล์อิเล็กโทรไลติกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จงคำนวณหา

- น้ำหนักของออกซิเจนที่เกิดขึ้น
- ปริมาตรของไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่ S.T.P

วิธีทำ

จำนวนสมมูลของออกซิเจนที่เกิดขึ้นที่เอาโนดเท่ากับจำนวนสมมูลของไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นที่คาโทด



$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้} \quad Q &= I \cdot t = 3.0 \text{ A} \cdot 2(2\text{h} \cdot 3600\text{s/h}) \\ &= 21,600 \text{ As} \text{ หรือ } \text{กูลอมบ์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นจำนวนสมมูลที่ใช้} &= 21,600 \text{ As} \cdot 1\text{equiv}/96,500 \text{ As} \\ &= 0.224 \text{ equiv} \end{aligned}$$

หรือจำนวนสมมูลของ O_2 และ H_2 ต่างเท่ากับ 0.224

$$\text{ก.) น้ำหนักของออกซิเจน} = 0.224 \text{ equiv} \cdot 8.00 \text{ g}/1 \text{ equiv} = 1.792 \text{ กรัม}$$

$$\text{ข.) ปริมาตรของ 1 สมมูลของ } \text{H}_2 \text{ ที่ S.T.P เท่ากับ } 11.2 \text{ ลิตร}$$

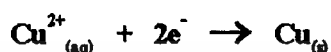
$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นปริมาตรของไฮโดรเจน} &= 0.224 \text{ equiv} \cdot 11.2 \text{ l}/1 \text{ equiv} \\ &= 2.52 \text{ ลิตรที่ S.T.P} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2

จงหาเวลาที่ใช้ในการผ่านกระแสไฟฟ้า 4.0 แอมแปร์เข้าไปในสารละลาย และทำให้เกิดทองแดงหนัก 127 กรัม

วิธีทำ

ครึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่คาโทด



จากครึ่งปฏิกิริยาจะเห็นว่าใช้ 2 โมลของอิเล็กตรอน เพราะฉะนั้นน้ำหนักสมมูลของทองแดงจึงเท่ากับ $63.54/2 = 31.77$ กรัม

ทองแดงหนัก 31.77 กรัม ใช้ปริมาณไฟฟ้า 96,500 คูลอมบ์ ถ้าทองแดงหนัก 127 กรัม จะต้องใช้ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมด

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไฟฟ้า} &= 127 \text{ g} * 1\text{equiv}/31.77 \text{ g} * 96,500 \text{ As}/1 \text{ equiv} \\ &= 386,000 \text{ As} = 4F \end{aligned}$$

ระยะเวลาในหน่วยชั่วโมงที่จะต้องใช้ในการอิเล็กโทรลิซิส

$$= 386,000 \text{ As} / 4.0 \text{ A} * 1\text{h}/3600 \text{ s} = 26.8 \text{ ชั่วโมง}$$

ถ้าต้องการทราบถึงจำนวนอิเล็กตรอนที่ใช้ในการอิเล็กโทรลิซิสของตัวอย่างนี้ อาจหาได้

ดังนี้

$$4F * 6.02 * 10^{23} \text{ electrons}/1F = 2.41 * 10^{24} \text{ อิเล็กตรอน}$$

ตัวอย่างที่ 3

ในการอิเล็กโทรลิซิสของเกลือแมกนีเซียมหลอมเหลวโดยผ่านปริมาณไฟฟ้า 96.5 คูลอมบ์เข้าไปในเซลล์ ปรากฏว่าได้แมกนีเซียม 0.012 กรัมที่คาโทด จงหาน้ำหนักสมมูลของแมกนีเซียม

วิธีทำ

ปริมาณไฟฟ้า 96.5 คูลอมบ์ทำให้เกิดแมกนีเซียมหนัก 0.012 กรัม ฉะนั้นถ้าใช้ปริมาณไฟฟ้าหนึ่งฟาราเดย์ จะได้แมกนีเซียมหนัก

$$= 0.012 \text{ g} / 96.5 \text{ C} = 96500 \text{ C} / 1 \text{ equiv} = 12.0 \text{ g} / 1 \text{ equiv}$$

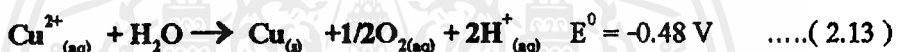
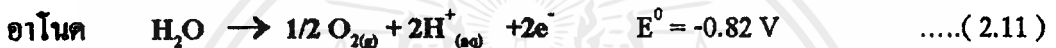
นั่นคือน้ำหนักสมมูลของแมกนีเซียมเท่ากับ 12.0 กรัม



2.3 อิเลคโตรไลซิสที่ใช้อิเล็กโทรดที่มีส่วนในการทำปฏิกิริยา (Electrolysis with Active Electrode)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเราได้พิจารณาเฉพาะเซลล์อิเล็กโทรไลซิสที่ใช้อิเล็กโทรดแบบเฉื่อยที่ไม่มีส่วนในการทำปฏิกิริยา แต่ทำหน้าที่เป็นเพียงสะพานให้อิเลคตรอนผ่านเท่านั้น เช่น ในกรณีของอิเล็กโทรไลซิสของสารละลาย NaCl หรือ H_2SO_4 โดยใช้อิเล็กโทรดที่เป็นพลาทินัม อิเลคโทรดที่กล่าวมานี้ทำหน้าที่เพียงให้อิเลคตรอนผ่านจากเบตเตอร์ไปยังอ็อนในสารละลายหรืออีกนัยหนึ่งคือรับอิเลคตรอนจากสารละลายให้ผ่านไปยังเบตเตอร์เท่านั้น แต่ยังมีเซลล์อิเล็กโทรไลซิส อย่างอื่นที่อิเล็กโทรดมีส่วนในการทำปฏิกิริยาคือ

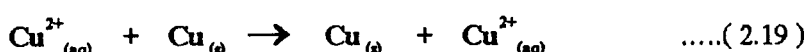
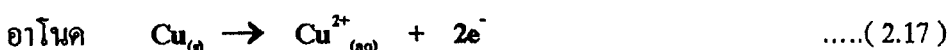
พิจารณาการเกิดอิเล็กโทรไลซิสของสารละลาย $CuSO_4$ ในน้ำและใช้พลาทินัมเป็นอิเล็กโทรด สารละลายนี้มีลักษณะเป็นกลาง ปฏิกิริยาของเซลล์เป็นดังนี้



แต่ถ้าใช้ทองแดงเป็นอิเล็กโทรดแทนพลาทินัม ปฏิกิริยาที่คาโทดจะยังมีลักษณะเหมือนเดิมคือทองแดงจะไปเคลือบอิเล็กโทรดที่เป็นคาโทดแต่ที่อโนดจะมีปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้

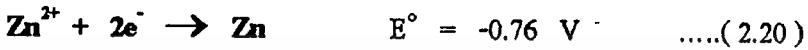


จากค่าศักย์ไฟฟ้า จะเห็นได้ว่า Cu มีแนวโน้มที่จะถูกออกซิไดซ์เป็น Cu^{2+} ได้ง่ายกว่าปฏิกิริยาอื่นๆ เพราะฉะนั้นในการอิเล็กโทรไลซิสสารละลาย $CuSO_4$ ในน้ำโดยใช้ทองแดงเป็น อิเลคโทรดทั้งสองปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็น

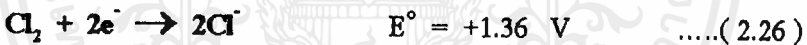


จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยานี้จะไม่มีปฏิกิริยาสุทธิ แต่ทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นแอโนดจะละลายเป็นไอออนไปในสารละลาย และขณะเดียวกันไอออนที่อยู่ในสารละลายจะไปเคลือบอิเล็กโตรดที่ทำหน้าที่เป็นคาโทดความเข้มข้นของสารละลายจะ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

โดยทั่วไปสำหรับอิเล็กโตรลิตของไอออนของโลหะในสารละลายที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายไอออนที่มีค่าศักย์รีดักชันเป็นบวกมากที่สุดจะถูกรีดิวซ์ก่อน เช่น



ปฏิกิริยาสุดท้ายมีศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กโตรดเป็นค่าบวกมากที่สุดก็จะเป็นรีดิวซ์ก่อนที่คาโทด ส่วนกรณีที่มีไอออนลบในสารละลายที่เป็นกรด เช่น



ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นที่แอโนดของเซลล์อิเล็กโตรลิตที่มีค่า E° น้อยที่สุด ออกซิเดชัน ในกรณีข้างบน Br^- จะถูกออกซิไดซ์ให้เป็น Br_2 ได้ก่อนตัวอื่นๆ

บทที่ 3

การทดลอง ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 การเตรียมการทดลอง

จากทฤษฎีและหลักการที่กล่าวมาข้างต้นจะถูกนำมาใช้ในการหาคุณสมบัติของเครื่องตั้งชนิดของเพลทที่ใช้, ระยะห่างในการวางเพลท, ขนาดพื้นที่ของเพลทเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดความเข้มข้นของสารละลาย CuSO_4 ที่กำหนดที่ค่าความเข้มข้นหนึ่ง

3.1.1 การเตรียมสารละลาย CuSO_4 ที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติของธาตุต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ขนาดน้ำหนักของธาตุต่างๆเป็นไปตามตาราง

ธาตุ	น้ำหนัก (กรัม)
Cu	63.546
S	32
4O	64
5H ₂	90
รวม	249.546

ตารางที่ 3.1 แสดงน้ำหนักของธาตุต่างๆใน $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 250 กรัม

เมื่อใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 249.545 กรัม \approx 250 กรัม ผสมน้ำกลั่นจะได้ความเข้มข้นของ CuSO_4 1 โมลต่อลิตร หรือได้ $\text{Cu} = 63.546$ กรัมต่อลิตร

แต่เนื่องจากในการทดลองนี้มีการทดลองจำนวนหลายครั้ง การใช้ CuSO_4 250 กรัม จะเป็นการสิ้นเปลืองอย่างมากจึงใช้ CuSO_4 เพียง 50 กรัม ซึ่งขนาดน้ำหนักของธาตุต่างเป็นตามตาราง

ธาตุ	น้ำหนัก (กรัม)
Cu	12.7
S	6.4
4O	12.8
5H_2	18
รวม	49.9

ตารางที่ 3.2 แสดงน้ำหนักของธาตุต่างๆใน $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 50 กรัม

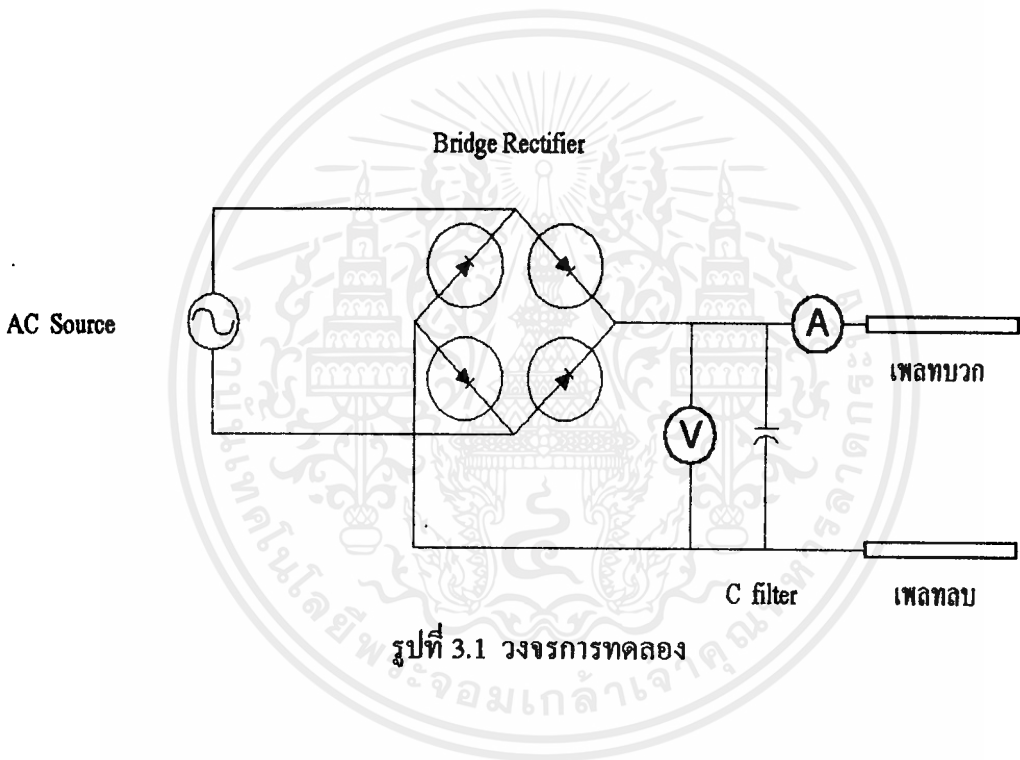
ในการทดลองจะใช้ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 50$ กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร
 $= 50$ กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร $= 0.33$ โมลต่อลิตร
 $\text{Cu} = 12.7$ กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร $= 4.23$ กรัม

3.1.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. ตู้พลาสติกใส ขนาด กว้าง 5 นิ้ว ยาว 10 นิ้ว สูง 6 นิ้ว
2. เครื่องชั่งแบบ Digital
3. แผ่นเพลทอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย
 - แผ่นทองแดง
 - แผ่นอะลูมิเนียม
 - แผ่นสังกะสี
 - แผ่นสแตนเลส
4. การละลาย CuSO_4
5. สารละลาย NaCl
6. น้ำกลั่น
7. วาริแอก (Variat)

8. บริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier)
9. Volt Meter (AC, DC)
10. Amp Meter (AC, DC)
11. Watt Meter
12. C filter
13. บีกเกอร์ขนาด 1000 mm^2

3.1.3 วงจรการทดลอง



3.2 การทดลอง

3.2.1 การทดลองที่ 1 (ปฏิบัติการที่แผ่นเพลท)

1.) ไม่เติมเกลือ (NaCl)

1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 50 g โดยใช้เครื่องวัดแบบ Digital
2. นำน้ำกลั่น 3 ลิตรผสมกับ CuSO_4 50 g ที่ได้เตรียมไว้
3. นำแผ่นเพลทขนาด 6*6 นิ้วทั้ง 4 ชนิดชั่งน้ำหนักแล้วจดค่าน้ำหนักที่วัดได้
4. นำแผ่นเพลททั้ง 4 ชนิดจุ่มลงในสารละลาย CuSO_4 ที่ได้เตรียมไว้ทิ้งไว้ 10 นาที
5. หลังจากทิ้งไว้ครบกำหนดเวลา นำเพลทแต่ละชนิดมาชั่งค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลการทดลองแบบไม่เติม NaCl

ชนิดของเพลท	นน.ก่อนการทดลอง (g)	นน.หลังการทดลอง (g)	นน.ที่เปลี่ยน (g)
อะลูมิเนียม	33.16	33.43	0.27
ทองแดง	70.15	70.20	0.05
สแตนเลส	55.12	55.15	0.03
สังกะสี	39.51	39.64	0.13

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองจุ่มเพลทในสารละลายที่ไม่เติมเกลือ

2.) เติมเกลือ (NaCl)

1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 50 g โดยใช้เครื่องวัดแบบ Digital
2. นำน้ำกลั่น 3 ลิตรผสมกับ CuSO_4 50 g ที่ได้เตรียมไว้
3. เติม NaCl 10 g ลงในสารละลาย CuSO_4
4. นำแผ่นเพลทขนาด 6*6 นิ้วทั้ง 4 ชนิดชั่งน้ำหนักแล้วจดค่าน้ำหนักที่วัดได้
5. นำแผ่นเพลททั้ง 4 ชนิดจุ่มลงในสารละลาย CuSO_4 ที่ได้เตรียมไว้ทิ้งไว้ 10 นาที
6. หลังจากทิ้งไว้ครบกำหนดเวลา นำเพลทแต่ละชนิดมาชั่งค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลการทดลองแบบเติมเกลือ

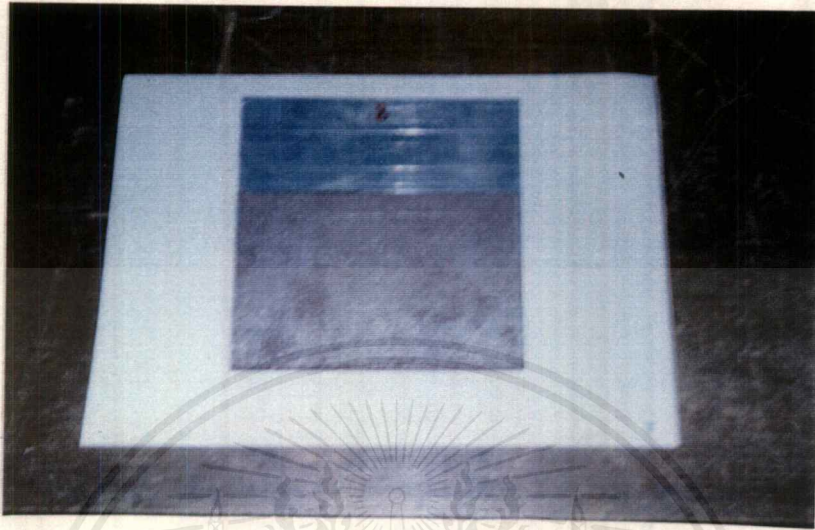
ชนิดของเพลาท	นน.ก่อนการทดลอง (g)	นน.หลังการทดลอง (g)	นน.ที่เปลี่ยน (g)
อะลูมิเนียม	35.67	36.51	0.84
ทองแดง	70.65	70.68	0.03
สแตนเลส	54.94	54.97	0.01
สังกะสี	39.05	41.38	2.33

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองจุ่มเพลาทในสารละลายที่เติมเกลือ

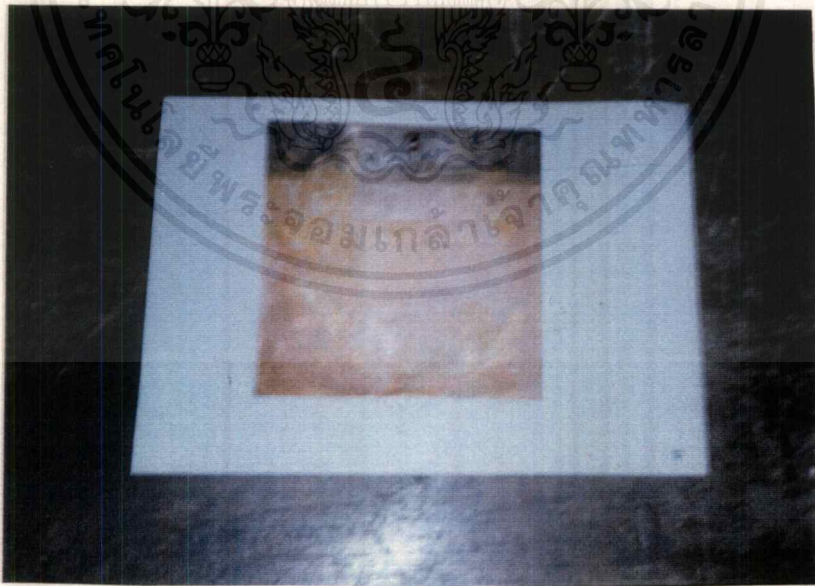


รูปที่ 3.2 การทดลองจุ่มเพลาทในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

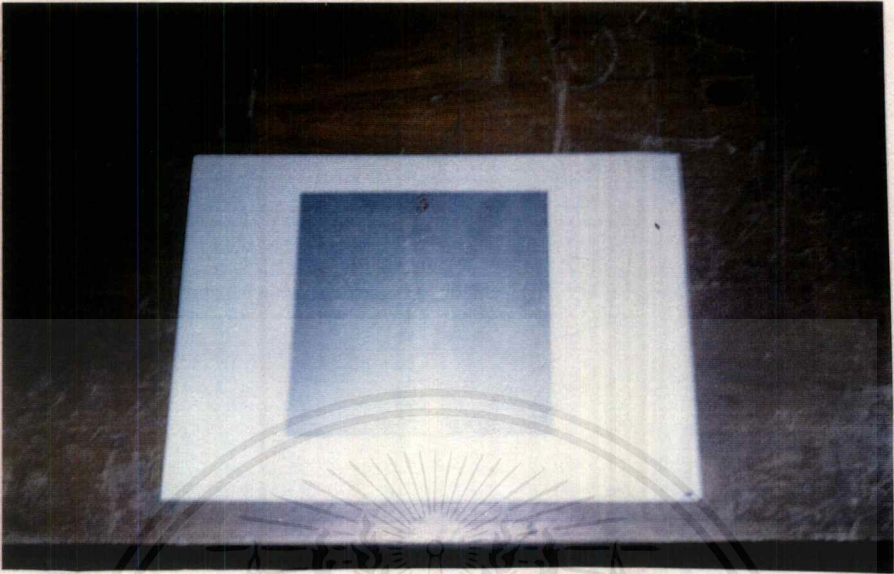


รูปที่ 3.3 เพลทอะลูมิเนียมหลังการทดลองแบบเติมเกลือ



รูปที่ 3.4 เพลททองแดงหลังการทดลองแบบเติมเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เพลทสแตนเลสหลังการทดลองแบบเติมเกลือ



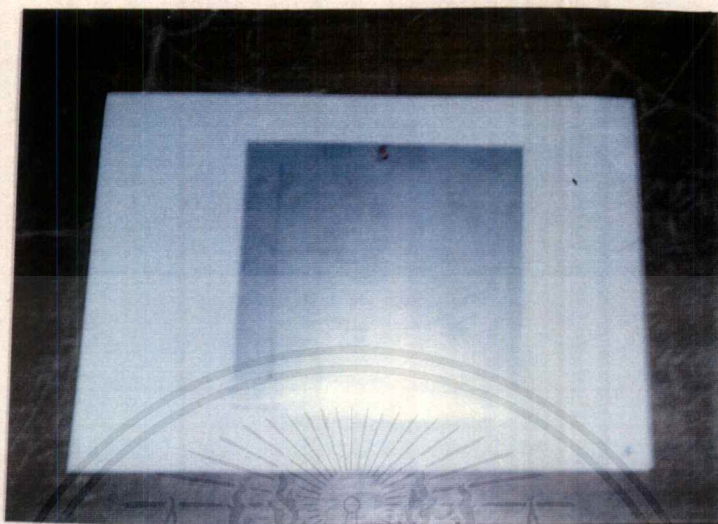
รูปที่ 3.6 เพลทสังกะสีหลังการทดลองแบบเติมเกลือ



รูปที่ 3.7 เฟลทอะลูมิเนียมหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ



รูปที่ 3.8 เฟลททองแดงหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ



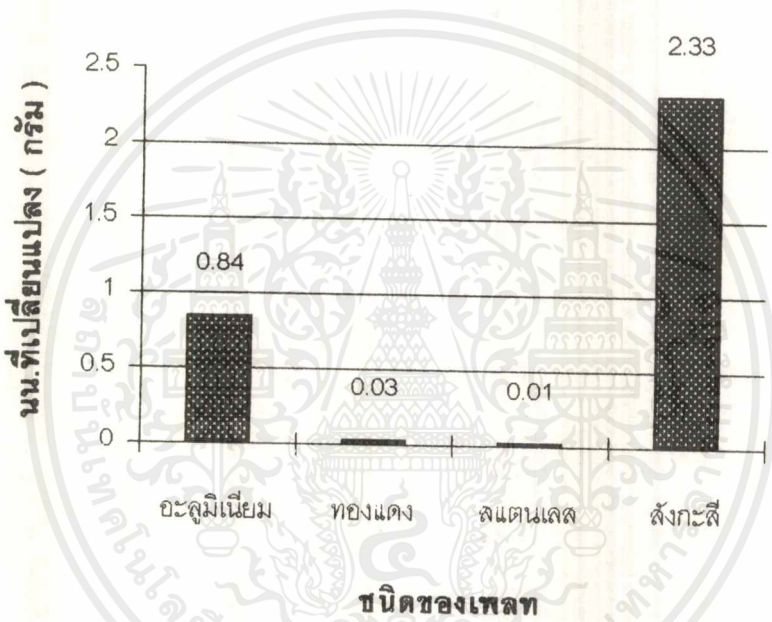
รูปที่ 3.9 เฟลทสแตนเลสหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ



รูปที่ 3.10 เฟลทสังกะสีหลังการทดลองแบบไม่เติมเกลือ

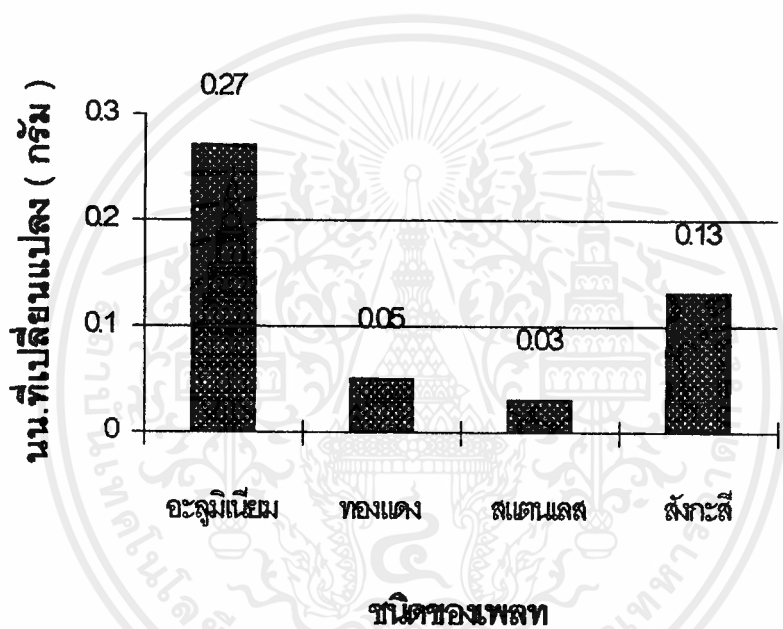
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองจุ่มเพลทโดยสารละลายเติมเกลือ



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเพลทเมื่อเติมเกลือ

การทดสอบจุ่มเพลทโดยการละลายไม้เติมเกลือ

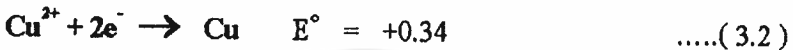
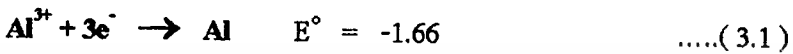


รูปที่ 3.12 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละเพลทเมื่อ ไม้เติมเกลือ

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 1

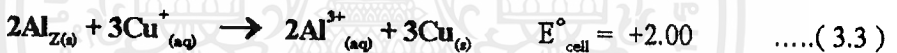
จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเพลททุกชนิดมีการเปลี่ยนแปลงโดยสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ตามชนิดของเพลทดังนี้

1. อะลูมิเนียม จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเพลทอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้นมากที่สุดทั้งแบบไม่ เติมเกลือและแบบเติมเกลือซึ่งสามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ดังนี้ คือ



ซึ่งจะพบว่าค่า E° ของอะลูมิเนียมน้อยกว่าทองแดงดังนั้นเพลทอะลูมิเนียมจะเกิดปฏิกิริยา

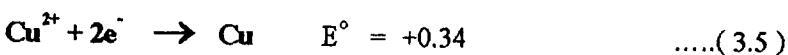
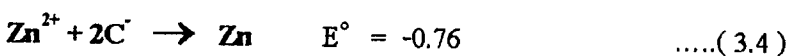
ออกซิเดชัน (ง่ายอิเล็กตรอน) ส่วนสารละลาย CuSO_4 จะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับอิเล็กตรอน) โดยสามารถเขียนปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



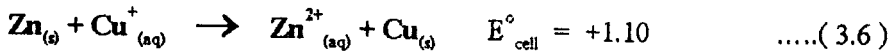
ค่า E° เป็นบวกแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องจ่ายพลังงานข้างนอกเข้าไปจะเห็นว่าเพลทอะลูมิเนียมจ่ายอิเล็กตรอนให้ $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ทำให้เกิด $\text{Cu}_{(s)}$ มาเกาะที่แผ่นเพลทอะลูมิเนียมทำให้น้ำหนักของ เพลทอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้น

2. ทองแดง จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเพลททองแดงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลยทั้งแบบไม่เติมเกลือและแบบเติมเกลือ เนื่องจากเพลทที่ใช้คือทองแดงและสารละลายที่ใช้คือ CuSO_4 ดังนั้นจึงไม่มีปฏิกิริยาเคมีใดๆเกิดขึ้นเลย

3. สังกะสี จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเพลทสังกะสีเพิ่มมากขึ้นแต่เพิ่มขึ้นน้อยกว่าอะลูมิเนียมสามารถอธิบายปฏิกิริยาดังกล่าวได้ดังนี้



ซึ่งจะพบว่าค่า E° ของสังกะสีน้อยกว่าทองแดง ดังนั้นเพลทสังกะสีจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ง่ายอิเล็กตรอน) และสารละลาย CuSO_4 จะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (รับอิเล็กตรอน) โดยสามารถเขียนปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นได้ดังนี้



ค่า E° เป็นบวกแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องจ่ายพลังงานภายนอกเข้าไป จะเห็นว่าเพลทสังกะสีจ่ายอิเล็กตรอนให้ $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ทำให้เกิด $\text{Cu}_{(s)}$ มาเกาะที่แผ่นเพลทสังกะสีทำให้น้ำหนักของเพลทสังกะสีเพิ่มขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเพลทอะลูมิเนียมเพราะค่า E° ของอะลูมิเนียมต่ำกว่าของสังกะสี

4. **สแตนด์แลส** จากการทดลองพบว่าน้ำหนักของเพลทเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย แสดงว่าสแตนด์แลสซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กกับอะลูมิเนียมมีค่า E° ใกล้เคียงกับทองแดง

รูปผลการทดลองที่ 1

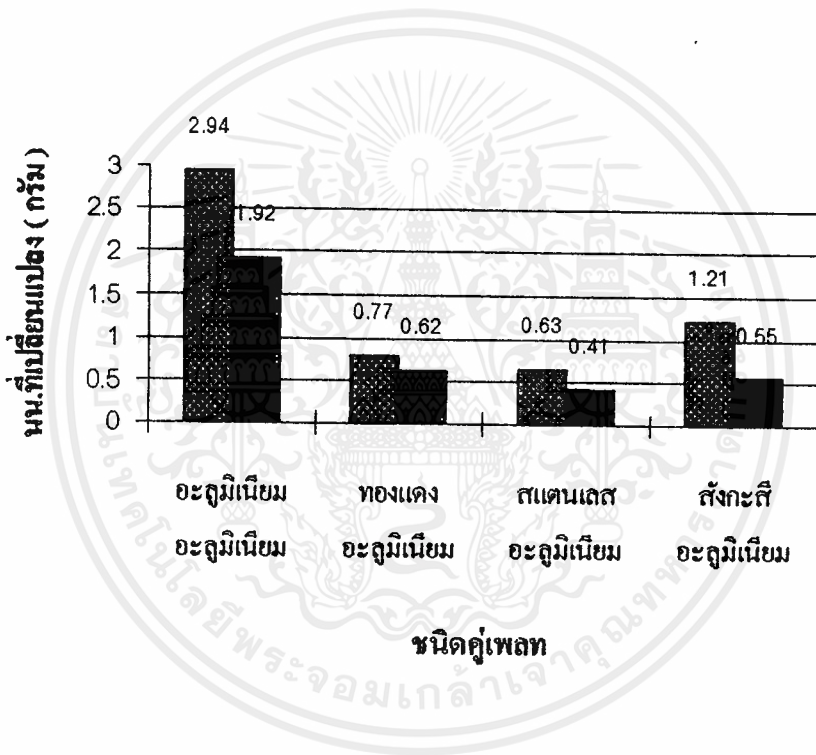
จากการทดลองจะพบว่าโลหะที่มีค่า E° ต่ำจะเป็นโลหะที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย ส่วนโลหะที่มี E° มากจะเป็นโลหะที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนได้ยาก สำหรับการเติมเกลือจะมีผลเร่งปฏิกิริยาให้เกิดได้เร็วยิ่งขึ้น

3.2.2 การทดลองที่ 2 (การหาชนิดของเพลทที่ใช้)

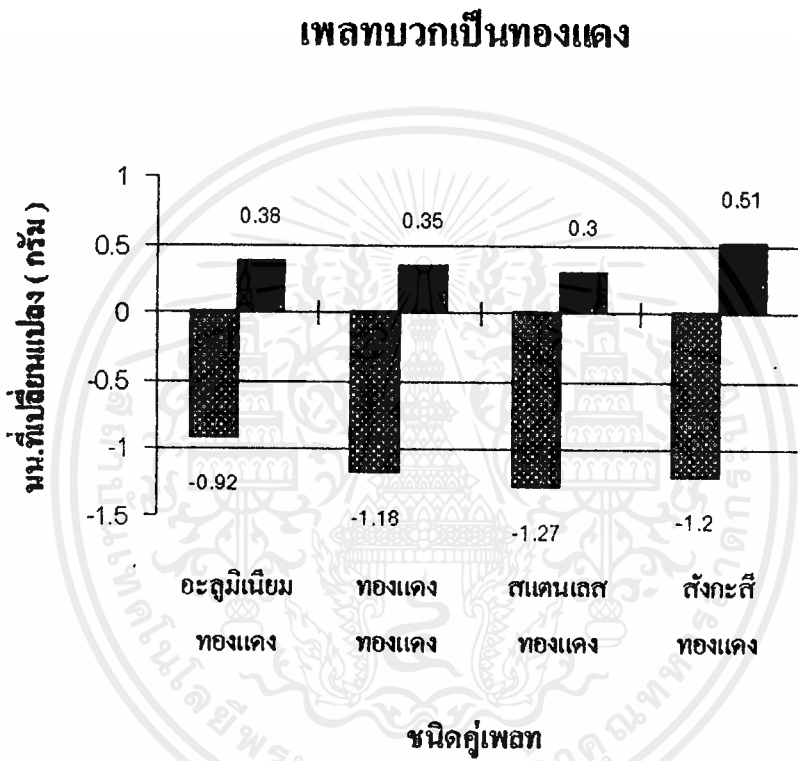
1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 50 g โดยใช้เครื่องวัดแบบ Digital
2. นำน้ำกลั่น 3 ลิตรผสมกับ CuSO_4 50 g ที่ได้เตรียมไว้
3. เติม NaCl 10 g ลงในสารละลาย CuSO_4
4. ต่อบังคับตามรูปการทดลองโดยกำหนดขนาดแรงดัน 20 โวลท์
5. นำแผ่นเพลทขนาด 6*6 นิ้วทั้ง 4 ชนิดชั่งน้ำหนักแล้วจดค่าน้ำหนักที่วัดได้
6. นำแผ่นเพลทที่จะทดลองวางไว้ในตู้พลาสติกจากนั้นนำสารละลาย CuSO_4 ที่ได้เตรียมไว้เทลงในตู้ แล้วเริ่มทำการทดลอง
7. บันทึกผลของแรงดันและกระแสทั้งทางด้านกระแสสลับและกระแสตรง , อุณหภูมิ ก่อนและหลังการทดลอง ทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลาเริ่มการทดลองจนถึง 10 นาที
8. เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้นำแผ่นเพลท ไปชั่งค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลไว้
9. เปลี่ยนชนิดของเพลทบวกและเพลทลบจากชนิดของสารที่ให้ครบทุกการทดลอง ซึ่งจะมีทั้งหมด 16 การทดลอง บันทึกผลการทดลองทุกๆการทดลอง

ชนิดของเพลง		อุณหภูมิ (°C)		Vac (V)	Iac (A) ที่ทันที			Idc (A) ที่ทันที			นน.เพลงก่อนทดลอง (g)			นน.เพลงหลังทดลอง (g)		นน.เพลงที่เปลี่ยน (g)	
บวก	ลบ	ก่อน	หลัง		0	5	10	0	5	10	บวก	ลบ	บวก	ลบ	บวก	ลบ	
อะคูนิ่ม	อะคูนิ่ม	30.0	39.0	25.0	11.5	11.7	12.0	9.0	9.8	10.2	33.20	33.29	40.64	39.71	2.94	1.92	
อะคูนิ่ม	ทองแดง	30.0	36.5	25.0	8.1	8.2	8.5	6.6	6.8	7.2	32.48	69.33	37.75	74.45	0.77	0.62	
อะคูนิ่ม	สแตนเลส	30.0	37.0	25.0	8.8	9.1	9.5	7.1	7.5	7.8	33.19	54.94	38.32	59.85	0.63	0.41	
อะคูนิ่ม	สังกะสี	30.0	37.0	25.0	9.0	9.4	10.2	7.3	7.8	8.6	35.59	41.41	41.30	46.46	1.21	0.55	
ทองแดง	อะคูนิ่ม	30.0	36.0	25.0	8.6	9.0	9.4	7.0	7.4	7.8	72.39	36.42	75.97	41.30	-0.92	0.38	
ทองแดง	ทองแดง	30.0	38.0	25.0	10.8	11.2	11.7	9.0	9.4	9.9	72.86	72.59	76.18	77.44	-1.18	0.35	
ทองแดง	สแตนเลส	30.0	37.5	25.0	9.8	10.2	10.3	8.1	8.5	8.6	72.23	54.93	75.46	59.73	-1.27	0.30	
ทองแดง	สังกะสี	30.0	37.0	25.0	9.3	9.6	10.0	7.6	8.0	8.4	72.03	39.22	75.33	44.23	-1.20	0.51	
สแตนเลส	อะคูนิ่ม	30.0	36.0	25.0	8.2	8.6	9.0	6.4	7.0	7.4	54.46	32.61	57.96	37.56	-1.00	0.45	
สแตนเลส	ทองแดง	30.0	37.0	25.0	9.2	9.6	10.0	7.6	8.0	8.4	55.18	70.41	58.71	75.04	-0.97	0.13	
สแตนเลส	สแตนเลส	30.0	36.5	25.0	8.6	9.0	9.6	6.9	7.5	8.0	54.57	54.45	57.31	59.20	-1.76	0.25	
สแตนเลส	สังกะสี	30.0	36.5	25.0	8.5	9.1	9.5	6.8	7.5	7.8	55.40	41.21	58.90	46.26	-1.00	0.55	
สังกะสี	อะคูนิ่ม	30.0	36.5	25.0	8.4	8.6	9.0	6.7	7.1	7.5	40.07	35.80	43.38	40.79	-1.19	0.49	
สังกะสี	ทองแดง	30.0	38.0	25.0	10.6	11.2	11.6	8.6	9.4	9.9	39.41	72.17	42.31	77.04	-1.60	0.37	
สังกะสี	สแตนเลส	30.0	38.0	25.0	10.0	10.3	10.7	8.3	8.7	9.0	40.37	55.01	43.39	59.71	-1.48	0.20	
สังกะสี	สังกะสี	30.0	39.0	25.0	11.5	12.1	12.4	9.7	10.4	10.7	39.09	39.30	41.84	44.28	-1.75	0.48	

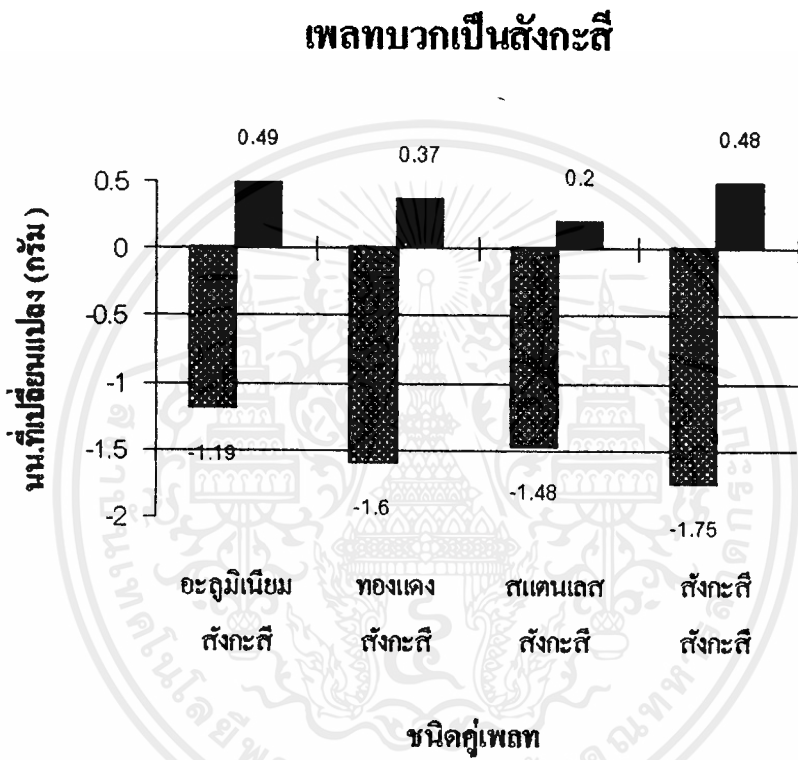
เพลทบวกรเป็นอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกรเป็นอะลูมิเนียม

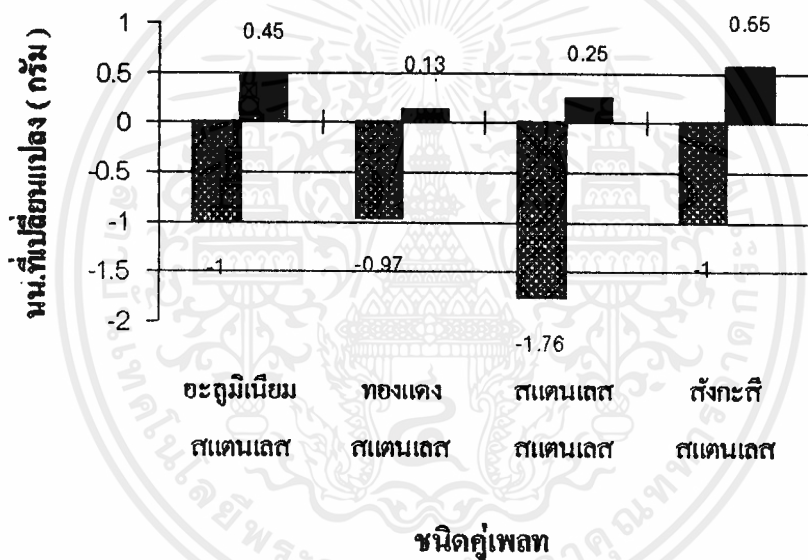


รูปที่ 3.14 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นทองแดง



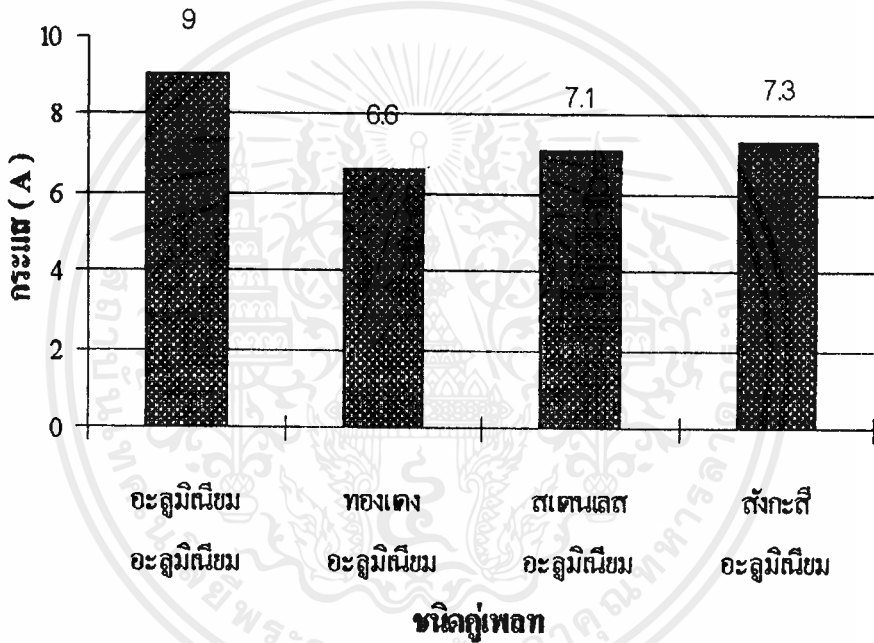
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นสังกะสี

เพลทบวกเป็นสแตนเลส



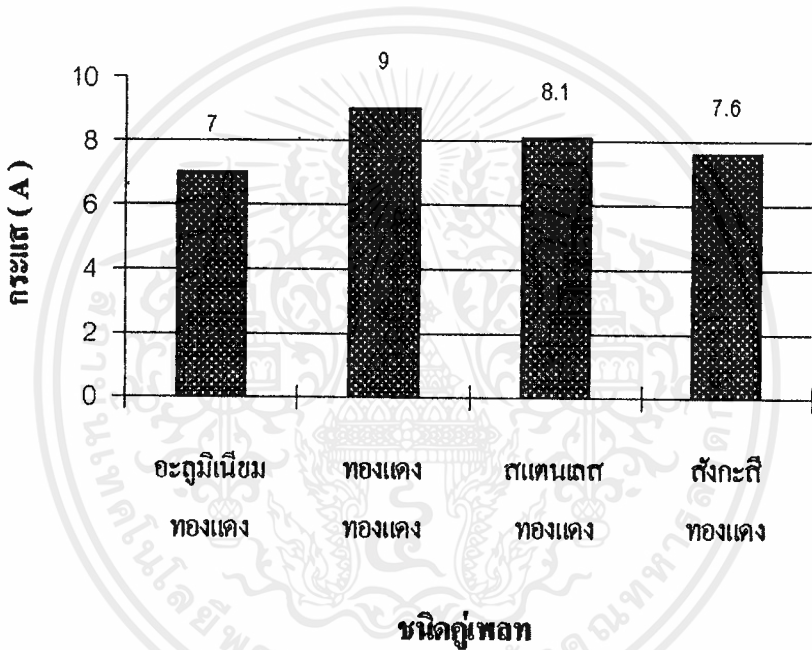
รูปที่ 3.16 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพลทบวกเป็นสแตนเลส

กระแสเริ่มต้นเมื่อเพลาทบวกเป็นอะลูมิเนียม



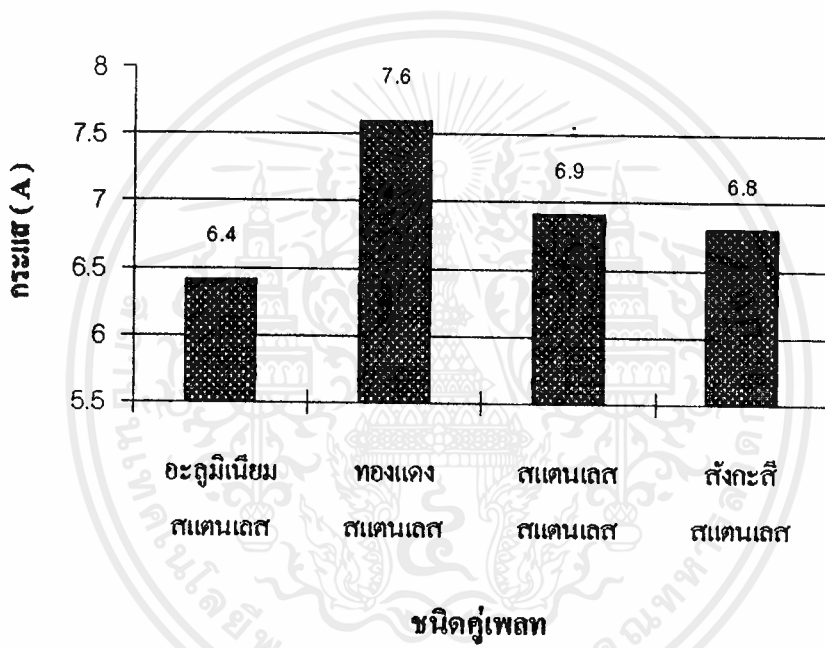
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลาทบวกเป็นอะลูมิเนียม

กระแสตอนเริ่มเมื่อเพลทบาทวทเป็นทองแดง



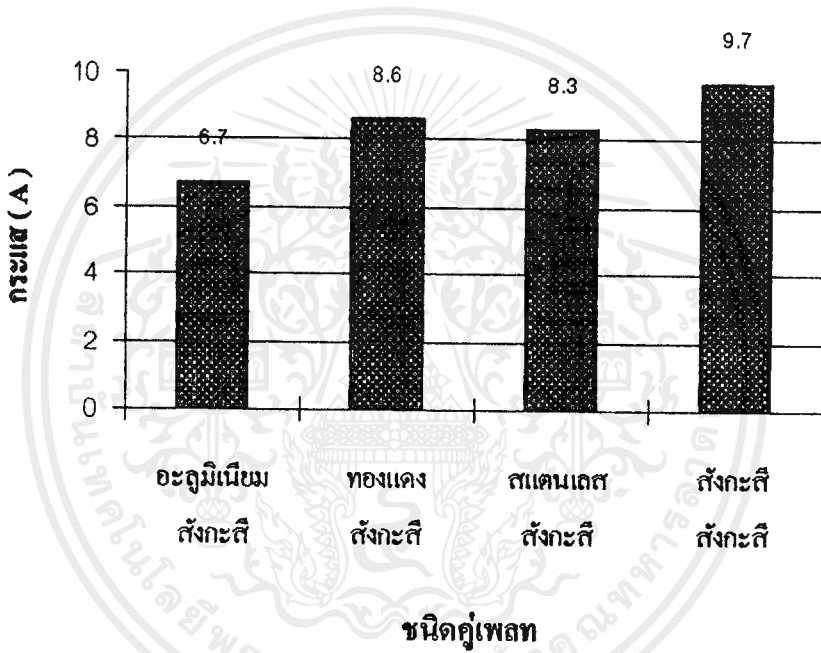
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบาทวทเป็นทองแดง

กระแสตอนเริ่มเมื่อเพลทบวกเป็นสแตนเลส



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวกเป็นสแตนเลส

กระแสตอนเริ่มเมื่อเพลทบวคเป็นสแตนเลส



รูปที่ 3.20 กราฟแสดงกระแสเริ่มต้นเมื่อเพลทบวคเป็นสังกะสี

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 2

จากการทดลองที่ 2 เมื่อเราเปลี่ยนเพลทชนิดต่างๆกันซึ่งได้แก่ อะลูมิเนียม , ทองแดง, สแตนเลส, สังกะสี สลับกันทั้งขั้วบวกและขั้วลบ สามารถวิเคราะห์การทดลองได้ดังนี้

1. จากผลการทดลองพบว่าเพลทบวกของโลหะทุกชนิดยกเว้นอะลูมิเนียมจะมีน้ำหนักลดลง โดยโลหะที่มีน้ำหนักลดลงมากที่สุดคือสังกะสี รองลงมาคือสแตนเลสและทองแดงตามลำดับ สำหรับอะลูมิเนียมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีทองแดงมาเกาะ

2. จากผลการทดลองพบว่าเพลทลบของโลหะทุกชนิดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดคืออะลูมิเนียม แสดงว่าที่เพลทลบที่เป็นอะลูมิเนียมมี $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ มาเกาะและกลายเป็น Cu_6 มากที่สุด

สรุปผลการทดลองที่ 2

1. ที่เพลทบวก โลหะจะเกิดการกร่อนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่อะลูมิเนียมที่มีค่า E° ต่ำกว่าโลหะชนิดอื่นมากทำให้มี Cu ซึ่งมีค่า E° สูงกว่ามากไปเกาะที่เพลทอะลูมิเนียมทำให้น้ำหนักเพลทเพิ่มขึ้น แต่ถ้าน้ำเสียจริงหรือสารละลายหรือสารละลายชนิดอื่นที่ไม่ใช่คอปเปอร์ซัลเฟต ปฏิกิริยาที่เพลทบวกส่วนใหญ่จะเกิดก๊าซขึ้นดังนั้นโลหะที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำเป็น เพลทบวกต้องมีคุณสมบัติที่ทนต่อการสึกกร่อนและนำไฟฟ้าได้ดี จากผลการทดลองพบว่าโลหะที่สึกกร่อนน้อยที่สุดคือสแตนเลสและทองแดง แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาแล้วสแตนเลสถูกกว่ามาก ดังนั้นโลหะที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นเพลทบวกคือสแตนเลส

2. ที่เพลทลบ จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นโดยโลหะที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดคืออะลูมิเนียมเนื่องจากอะลูมิเนียมมีค่า E° ต่ำที่สุดทำให้จ่ายอิเล็กตรอนให้ $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ ได้มากที่สุดทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด ดังนั้นเพลทที่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีไอออนโลหะเจือปนได้ดีที่สุดคือโลหะที่มีค่า E° ต่ำที่สุดซึ่งจากการทดลองก็คือ “อะลูมิเนียม” นั่นเอง

3.2.3 การทดลองที่ 3 (การหาระยะห่างที่เหมาะสมของเพลาท)

1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 50 g โดยใช้เครื่องวัดแบบ Digital
2. นำน้ำกลั่น 3 ลิตรผสมกับ CuSO_4 50 g ที่ได้เตรียมไว้
3. เติม NaCl 10 g ลงในสารละลาย CuSO_4
4. ต่อวงจรตามรูปการทดลองโดยกำหนดขนาดแรงดัน 20 โวลท์
5. นำแผ่นเพลาทที่เลือกใช้จากการทดลองที่ 2 ขนาด 6*6 นิ้ว ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก ที่วัดได้
6. นำแผ่นเพลาทที่จะทดลองวางไว้ในตู้พลาสติกโดยให้ระยะห่างระหว่างเพลาทเริ่มต้นเท่ากับ 4 นิ้ว จากนั้นนำสารละลาย CuSO_4 ที่ได้เตรียมไว้เทลงในตู้ แล้วเริ่มทำการทดลอง
7. บันทึกผลของแรงดันและกระแสทั้งทางด้านกระแสสลับและกระแสตรง , อุณหภูมิ ก่อนและหลังการทดลอง ทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลาเริ่มการทดลองจนถึง 10 นาที
8. เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้นำแผ่นเพลาทไปชั่งค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลไว้
9. เปลี่ยนระยะห่างของเพลาทเป็น 3, 2, 1.5 นิ้ว ตามลำดับ บันทึกผลการทดลองทุกๆ การทดลอง

๗

ผลการทดลองที่ 3

ระยะ ห่าง	อุณหภูมิ (°C)		V _{ac} (V)	I _{ac} (A) ที่นาที่			I _{dc} (A) ที่นาที่			นน.เพลท ก่อนทดลอง		นน.เพลท หลังทดลอง		นน.เพลท ที่เปลี่ยนแปลง	
	ก่อน	หลัง		0	5	10	0	5	10	บวก	ลบ	บวก	ลบ	บวก	ลบ
4"	30.0	36.5	25.0	6.3	6.6	6.8	4.8	5.2	5.3	32.97	33.61	38.79	39.30	5.82	5.69
3"	30.0	38.0	25.0	7.5	8.1	8.4	6.0	6.5	6.9	33.43	33.09	40.42	38.89	6.99	5.80
2"	30.0	40.5	25.0	10.4	11.0	11.7	8.6	9.4	10	33.42	33.55	40.23	39.54	6.81	5.99
1.5"	30.0	42.5	25.0	11.4	12.2	13.0	9.6	10.5	11.2	33.49	33.58	40.37	39.53	6.88	5.95

ตารางที่ 3.6 ผลการทดลองการหาระยะห่างระหว่างเพลท

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 3

จากผลการทดลอง จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับกระแสและน้ำหนักเพลทที่เปลี่ยนแปลงดังนี้

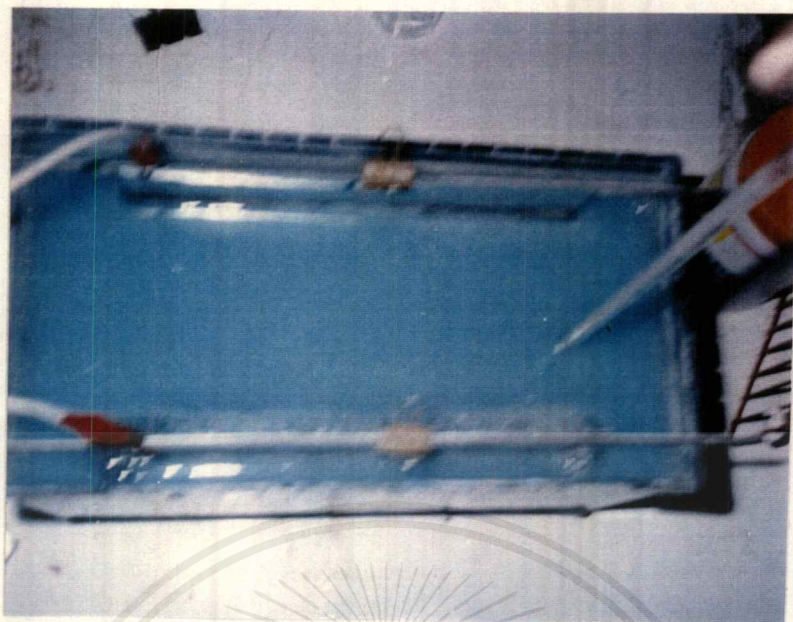
1. ถ้าระยะห่างลดลงจะเห็นว่าค่ากระแสที่วัดได้จะสูงขึ้น
2. ถ้าระยะห่างลดลงจะเห็นว่าน้ำหนักเพลทที่ขั้วอิเล็กโตรดทั้งบวกและลบก็จะเพิ่มขึ้น

เมื่อระยะห่างลดลงค่ากระแสที่วัดได้จะสูงขึ้น เนื่องจากจะทำให้ค่าความต้านทานของน้ำ ($R=PL/A$) ลดลง ดังนั้นที่แรงดันไฟฟ้าที่คงที่จะทำให้กระแสสูงขึ้นและเมื่อระยะห่างลดลงน้ำหนักของเพลทอิเล็กโตรดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตามกระแสตามกฎของฟาราเดย์ ดังนั้นเมื่อระยะห่างลดลงกระแสจะเพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่เพลทก็จะเพิ่มตาม

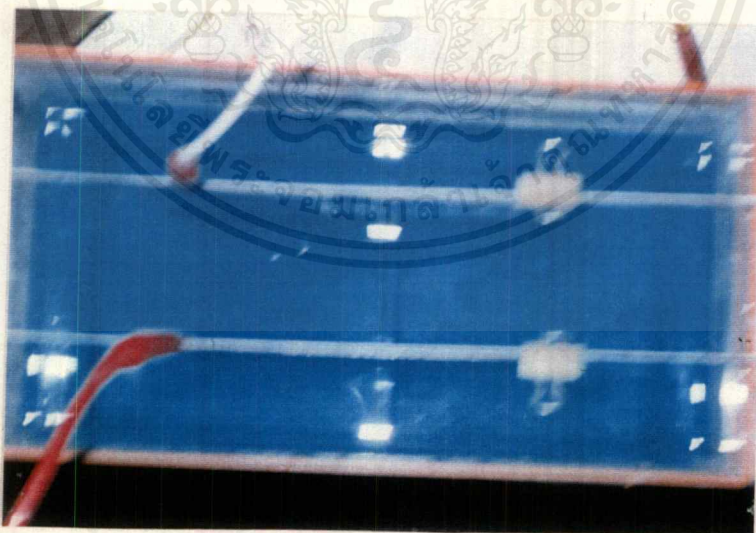
สรุปผลการทดลองที่ 3

จากการทดลองจะพบว่าระยะห่างที่เหมาะสมที่สุดคือต้องให้ระยะห่างระหว่างเพลทน้อยที่สุดเท่าที่แหล่งจ่ายสามารถจ่ายได้





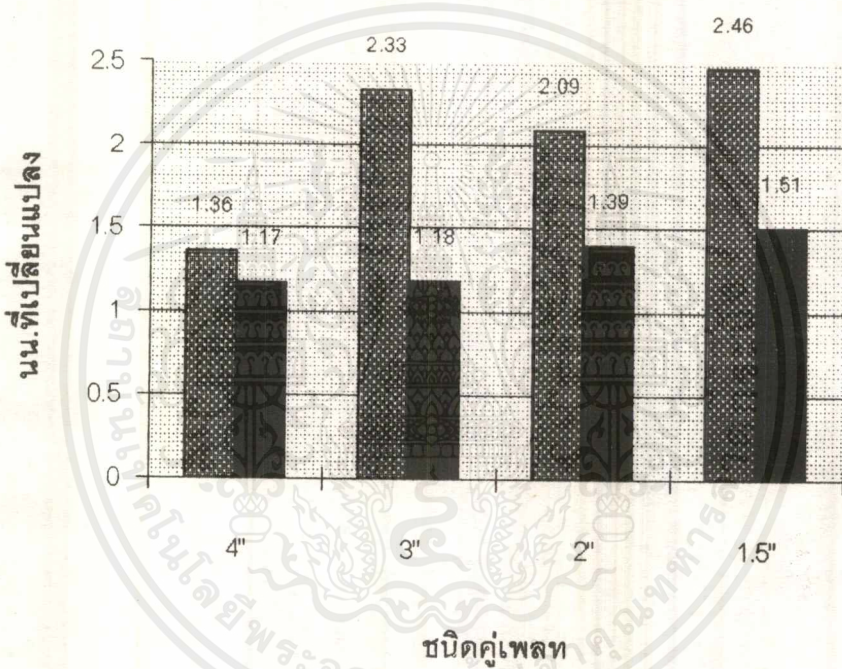
รูปที่ 3.21 การวางเพลากระยะห่าง 4 นิ้ว



รูปที่ 3.22 การวางเพลากระยะห่าง 1.5 นิ้ว

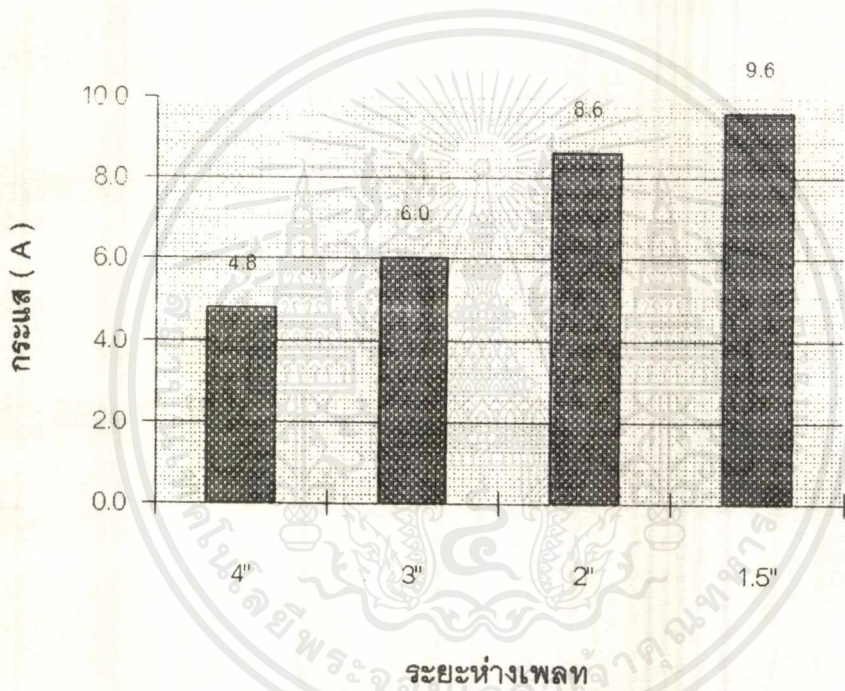
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นน.ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างเปลี่ยน



รูปที่ 3.23 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างเปลี่ยนแปลง

ขนาดกระแสเมื่อเปลี่ยนแปลงขนาดเพลท



รูปที่ 3.24 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะห่างเปลี่ยนแปลง

3.2.4 การทดลองที่ 4 (การหาขนาดที่เหมาะสมของเพลท)

1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 50 g โดยใช้เครื่องวัดแบบ Digital
2. นำน้ำกลั่น 3 ลิตรผสมกับ CuSO_4 50 g ที่ได้เตรียมไว้
3. เติม NaCl 10 g ลงในสารละลาย CuSO_4
4. ต่อบังคับตามรูปการทดลองโดยกำหนดขนาดแรงดัน 20 โวลท์
5. นำแผ่นเพลทที่เลือกใช้จากการทดลองที่ 2 และ 3 ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนักที่วัดได้
6. นำแผ่นเพลทที่จะทดลองวางไว้ในตู้พลาสติก โดยให้ขนาดเพลทเริ่มต้นเท่ากับ 6*6 นิ้ว จากนั้นนำสารละลาย CuSO_4 ที่ได้เตรียมไว้เทลงในตู้ แล้วเริ่มทำการทดลอง
7. บันทึกผลของแรงดันและกระแสทั้งทางด้านกระแสสลับและกระแสตรง , อุณหภูมิ ก่อนและหลังการทดลอง ทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลาเริ่มการทดลองจนถึง 10 นาที
8. เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้นำแผ่นเพลท ไปชั่งค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลไว้
9. เปลี่ยนขนาดของเพลทเป็น 7*6, 8*6, 9*6 นิ้ว ตามลำดับ บันทึกผลการ ทดลองทุกๆ การทดลอง

ผลการทดลองที่ 4

ขนาด	อุณหภูมิ (° C)		Vac (V)	Iac (A)			Idc (A)			นน.เพลท ที่เปลี่ยน(g)	
	ก่อน	หลัง		ที่นาที่			ที่นาที่			บวก	ลบ
				0	5	10	0	5	10		
6" * 6"	30.0	42.5	25.0	11.4	12.2	13.0	9.6	10.5	11.2	2.46	1.51
7" * 6"	30.0	44.5	25.0	12.7	14.2	15.0	10.8	12.3	13.2	2.86	1.55
8" * 6"	30.0	46.0	25.0	14.6	16.0	17.0	12.6	14.0	15.0	3.29	1.79
9" * 6"	30.0	51.0	25.0	16.8	18.2	19.0	14.8	16.0	17.0	5.48	2.41

ตารางที่ 3.7 ผลการทดลองการหาขนาดเพลทที่เหมาะสม

วิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4

จากผลการทดลอง จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเพลทกับกระแสและน้ำหนักเพลทที่เปลี่ยนแปลงดังนี้

1. ถ้าขนาดเพลทเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าค่ากระแสที่วัดได้จะสูงขึ้น
2. ถ้าขนาดเพลทเพิ่มขึ้นจะเห็นว่าน้ำหนักเพลทที่ขั้วอิเล็กโตรดทั้งบวกและลบก็จะเพิ่มขึ้น

เมื่อขนาดเพลทเพิ่มขึ้นค่ากระแสที่ได้จะสูงขึ้น เนื่องจากจะทำให้ค่าความต้านทานของน้ำ ($R=PL/A$) ลดลง ดังนั้นที่แรงดันไฟฟ้าที่คงที่ จะทำให้กระแสสูงขึ้นและเมื่อขนาดเพลทเพิ่มขึ้นน้ำหนักของเพลทอิเล็กโตรดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตามกระแสตามกฎของฟาราเดย์ ดังนั้นเมื่อขนาดเพลทเพิ่มขึ้นกระแสจะเพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่เพลทก็จะเพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลองที่ 4

จากการทดลองจะพบว่าขนาดเพลทที่เหมาะสมที่สุดคือต้องให้ขนาดเพลทใหญ่ ที่สุดเท่าที่แหล่งจ่ายสามารถจ่ายได้

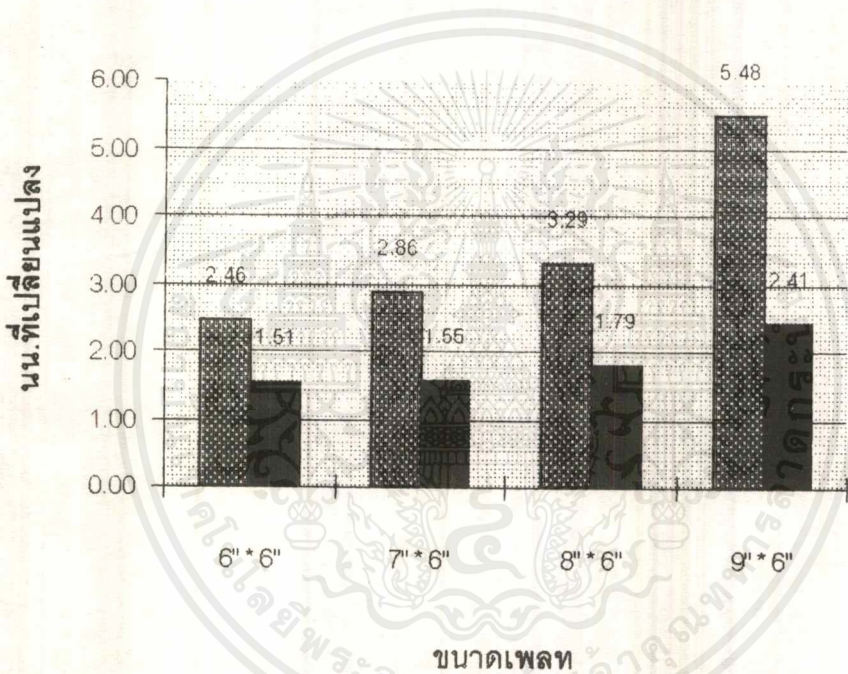


รูปที่ 3.25 การทดสอบหาขนาดที่เหมาะสม

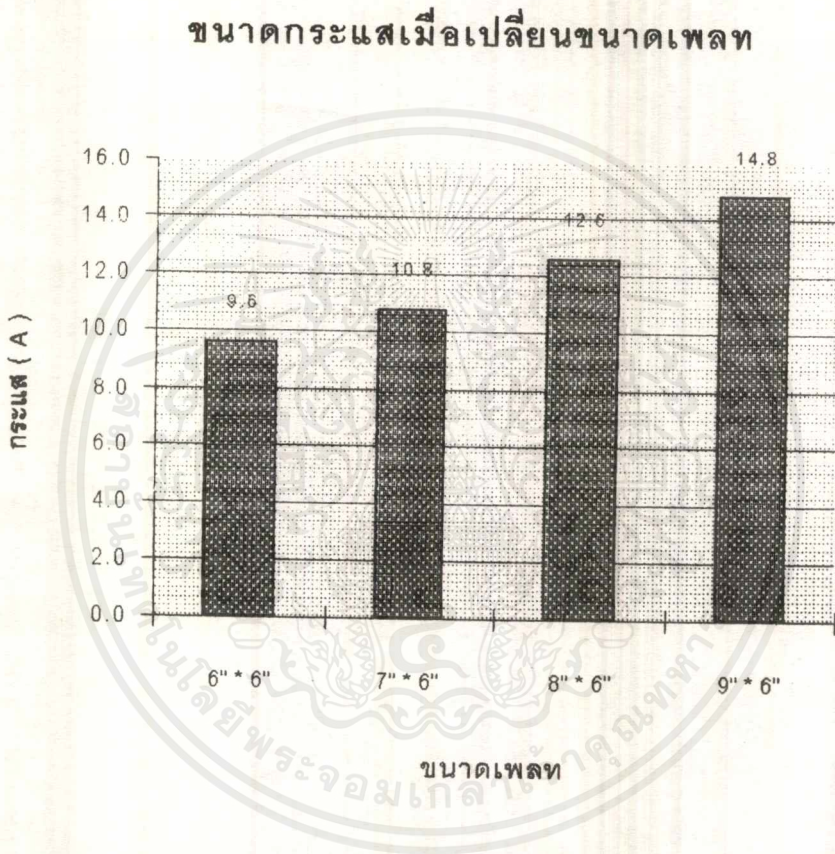


รูปที่ 3.26 เพลทที่เลือกใช้งาน

นน.ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนขนาดเพลท



รูปที่ 3.27 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขนาดเพลทเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.28 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อขนาดเพลทเปลี่ยนแปลง

3.2.5 การทดลองผลของการเพิ่มโวลต์เตจและการเติมเกลือ

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลาย CuSO_4 ความเข้มข้น 16.67 กรัมต่อลิตรหรือ 50 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร
2. ใช้เฟลทอะลูมิเนียมเน็ยบ ทั้งเฟลทบวกและลบขนาด 9*6 นิ้ว ระยะห่าง 1.5 นิ้ว
3. เปลี่ยนความเข้มข้นของเกลือ ดังนี้คือ 5 , 10 , 15 , 20 กรัม
4. ปรับโวลต์เตจโดยปรับค่าต่างๆ ดังนี้ 5 , 10 , 15 , 20 โวลต์
5. สังเกตลักษณะของกระแส บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

โวลต์	อุณหภูมิ		V_{ac} (V)	I_{ac} (A) ที่นาที			I_{dc} (A) ที่นาที			นน.ที่เปลี่ยนแปลง	
	ก่อน	หลัง		0	5	10	0	5	10	บวก	ลบ
5	28.0	29.5	8.0	4.2	4.6	4.7	3.0	3.4	3.6	2.49	1.40
10	28.0	32.5	14.0	6.7	7.1	7.6	5.4	5.9	6.4	3.01	2.37
15	28.0	37.0	20.0	10.3	11.2	11.8	8.6	9.6	10.2	3.49	3.96
20	28.0	49.0	25.0	16.8	18.2	19.0	14.8	16.0	17.0	5.50	4.41

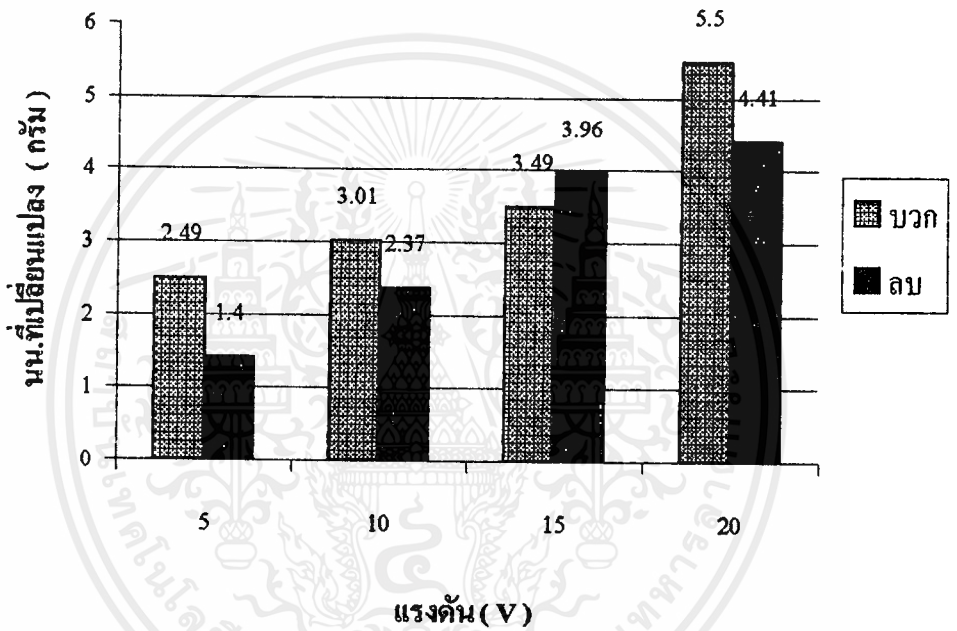
ตารางที่ 3.8 ค่ากระแสที่แรงดันต่างๆ

แรงดัน (V)	I_{dc} (A)เมื่อเติมเกลือ			
	5 กรัม	10 กรัม	15 กรัม	20 กรัม
5	1.2	2.0	2.4	2.5
10	3.5	4.2	5.7	6.8
15	6.6	7.9	9.4	11.1
20	8.6	10.8	13.2	15.6

ตารางที่ 3.9 ค่ากระแสที่เกลือปริมาณต่างๆ

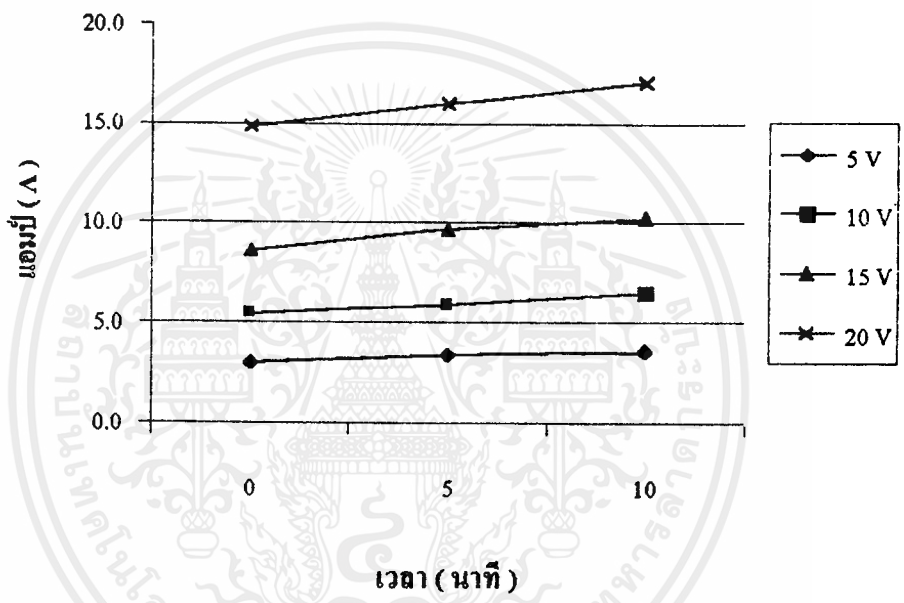


น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง



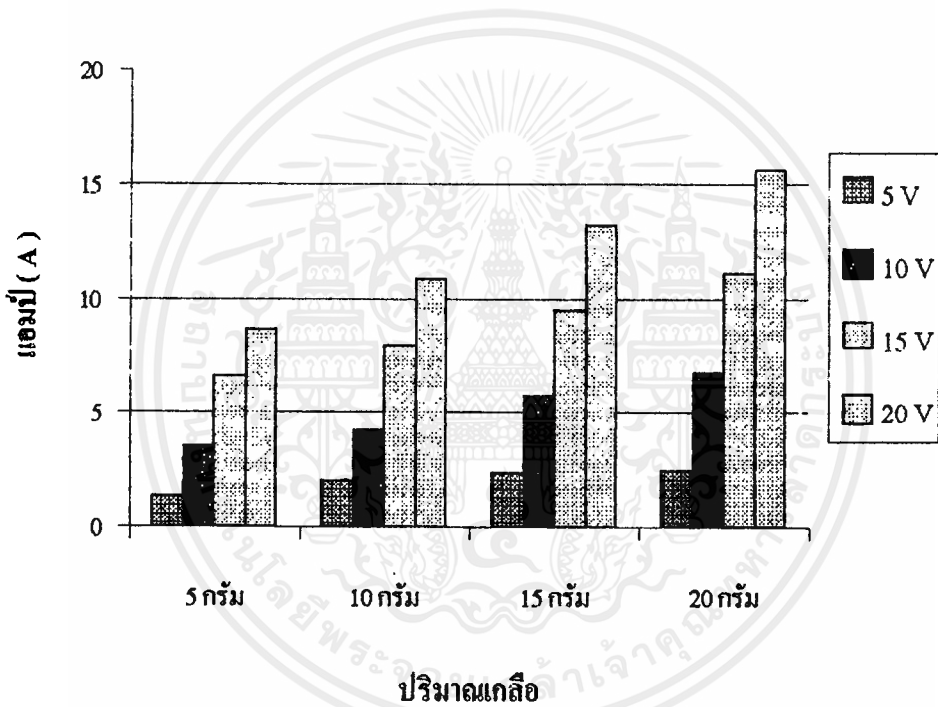
รูปที่ 3.29 กราฟแสดงน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง

กระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.30 กราฟแสดงกระแสที่เปลี่ยนแปลงเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลง

ค่ากระแสเมื่อปริมาณเกลือเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.31 กราฟแสดงกระแสเมื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันและปริมาณเกลือ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเกลือให้มากขึ้น โดยใช้โวลต์เตจที่คงที่ ค่าของกระแสที่จ่ายให้กับแผ่นเพลทจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเกลือที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเกลือที่เพิ่มเข้าไปจะแตกตัวกลายเป็นไอออนอิสระ ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้น
- 2 .เมื่อมีการปรับค่าโวลต์เตจให้เพิ่มขึ้นโดยใช้ปริมาณเกลือเท่าเดิม ค่ากระแสที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามค่าของโวลต์เตจที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นไปตามสมการ

$$V = IR \quad \dots(3.7)$$



สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อมีการเพิ่มปริมาณแกลลิอโคโยให้โวลต์เตจคงที่ ค่ากระแสจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณแกลลิอโคโยที่เหมาะสมก็ควรจะเป็นค่าที่มากที่สุดเพื่อให้ได้ค่ากระแสที่มากที่สุด แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายไฟด้วยว่ามีพิกัดกำลังที่จะสามารถจ่ายกระแสได้เท่าใด

2. การปรับค่าโวลต์เตจเพิ่มขึ้น โดยใช้ปริมาณแกลลิอโคโยที่ ก็จะทำให้ได้ค่ากระแสเพิ่มขึ้น ดังนั้น ค่าโวลต์ที่เหมาะสมก็ควรจะมีค่ามากที่สุดที่ทำให้ได้ค่ากระแสมากที่สุด แต่ก็ขึ้นอยู่กับค่าพิกัดของแหล่งจ่ายไฟอีกเช่นกัน



บทที่ 4

การออกแบบเครื่องบำบัดน้ำเสียจำลอง

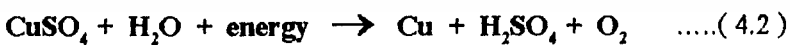
4.1 การออกแบบเครื่อง

จากการที่ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้และจากการทดลองที่ได้ทำผ่านมา จึงได้ทำการรวบรวมเอาข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาทำการออกแบบเครื่องบำบัดน้ำเสียจำลอง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นจะใช้นำมาช่วยในการออกแบบเพลทที่ใช้ในการบำบัดและรูปแบบของถังบำบัด ส่วนตัวเครื่องโดยรวมและรูปแบบการไหลเวียนของน้ำในระบบนั้น จะออกแบบจากข้อมูลที่ได้ศึกษามา ในการสร้างนั้นจะเน้นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและมีราคาถูกมาใช้ในการสร้างเนื่องจากเป็นเพียงเครื่องจำลองเท่านั้น หลักการที่แท้จริงคือบำบัดน้ำเสียให้ได้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่อปริมาณน้ำที่บำบัดได้ค่าที่ต่ำที่สุด โดยการออกแบบตัวเครื่องได้ดัดแปลงมาจากระบบการสกัดทองแดงออกจากแร่ที่พบอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งจะอธิบายได้ดังต่อไปนี้

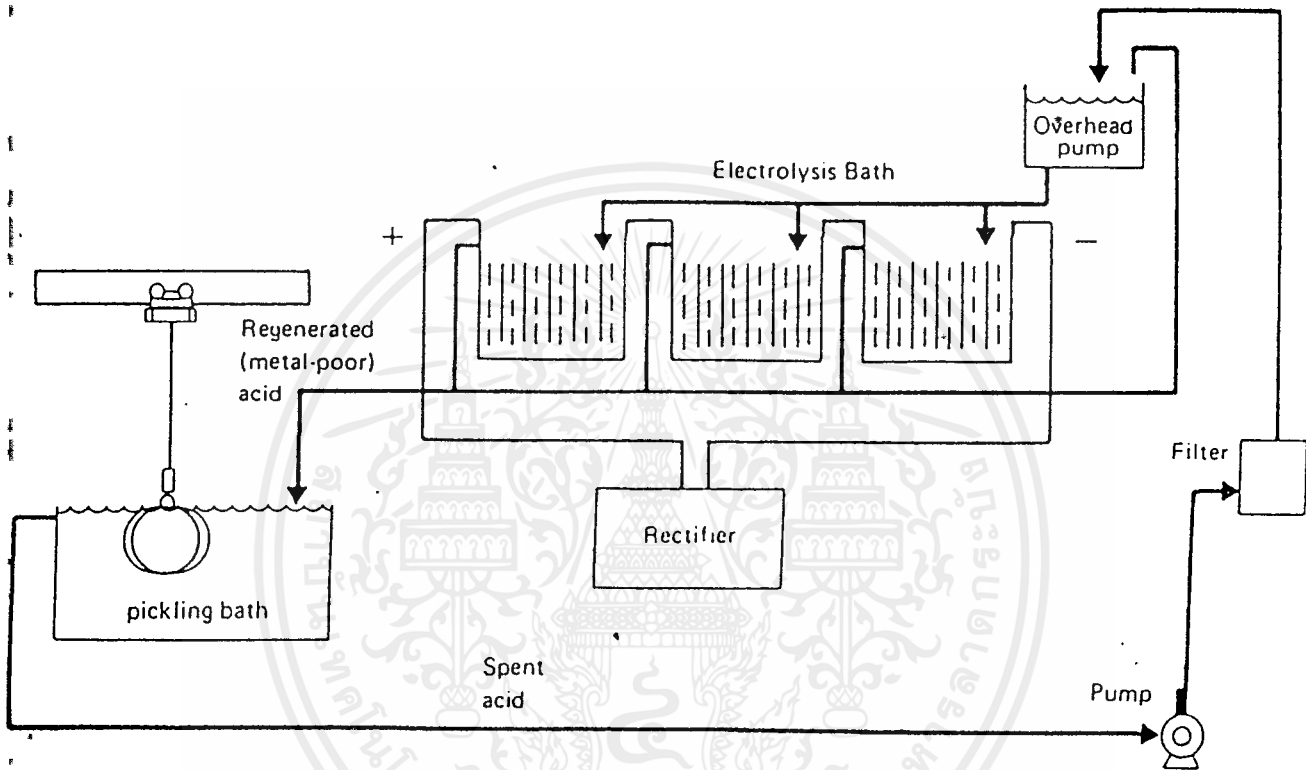
จากรูปที่ 4.1 ระบบนี้เป็นการทำงานแบบวงรอบปิด (CLOSE-LOOP) ซึ่งในการทำงานจะนำเอา CuO ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่พบอยู่ตามธรรมชาติมาผสมกับ H_2SO_4 ซึ่งเป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้



จากสมการเราจะได้ คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) และน้ำ จากนั้นจึงแยกทองแดงออกจากโดยใช้หลักการอิเล็กโทรลิซิส ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับที่เราใช้ในเครื่องบำบัดน้ำเสีย การทำงานจะเกิดขึ้นที่ส่วนของ Electrolysis Bath ซึ่งเป็นไปตามสมการต่อไปนี้

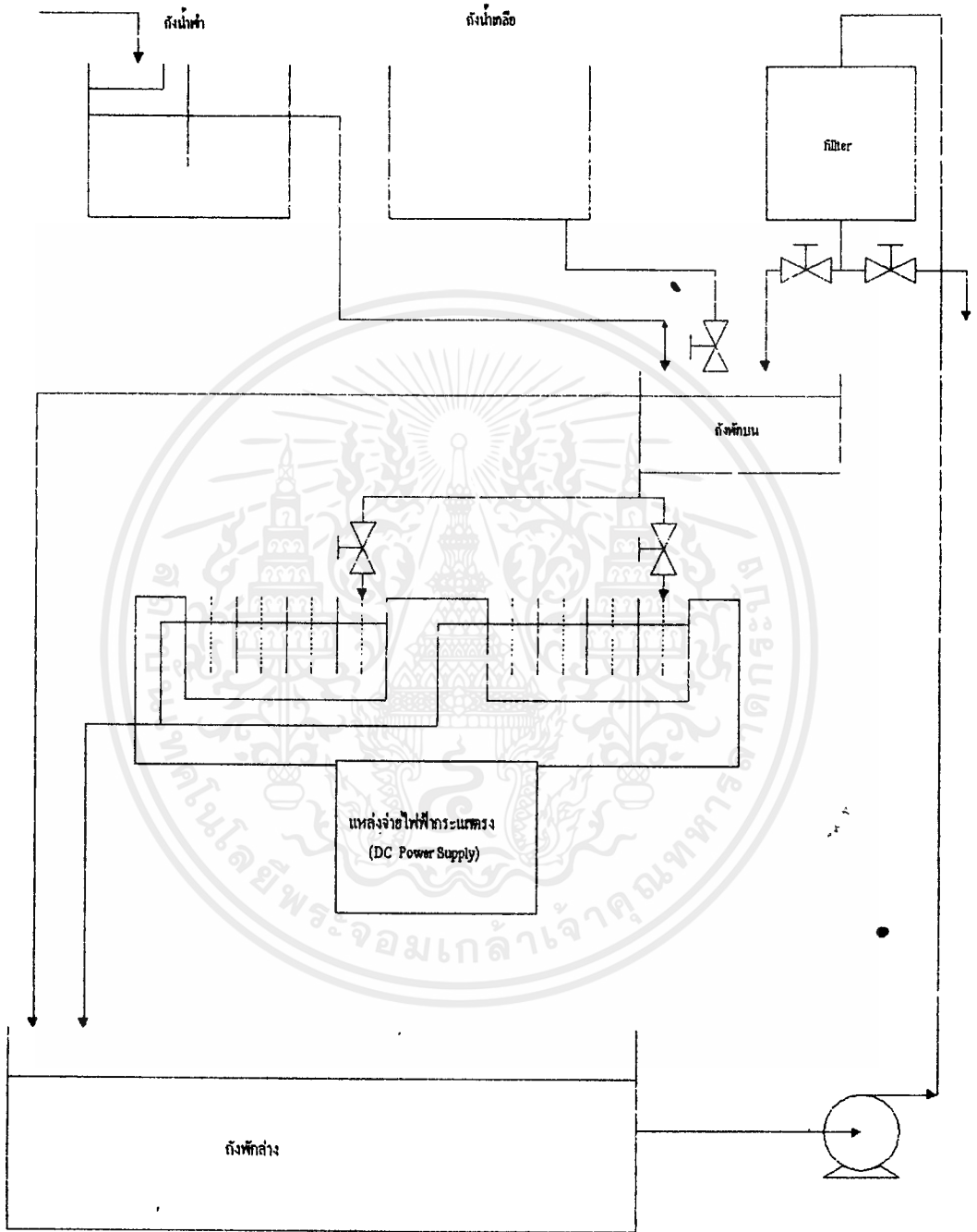


จะเห็นว่าจากการทำงานจะได้ทองแดงออกมารวมถึงกรดซัลฟิวริกและก๊าซออกซิเจนด้วย ทองแดงที่ได้จะไปพักอยู่ที่ Pickling Bath ส่วน CuSO_4 ที่ไม่ถูกแยกออกและกรดซัลฟิวริกที่ได้มา หลังจากการบำบัดจะถูกไบพัตตีผสมและกลับขึ้นไปทำงานใหม่อีกครั้ง จะเห็นว่าจะมีการคววนเวียนอยู่ในระบบตลอดโดยไม่ต้องเติมกรดเพิ่มเข้าไปอีก ในเครื่องที่เราได้ออกแบบสร้างขึ้น มา ได้ออกแบบให้ใช้การไหลเวียนของน้ำในลักษณะเดียวกันนี้ แต่จะมีรายละเอียดของตัวเครื่องที่แตกต่างกันไป เนื่องจากมีจุดประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.2 ต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 กระบวนการการสกัดแร่ทองแดง

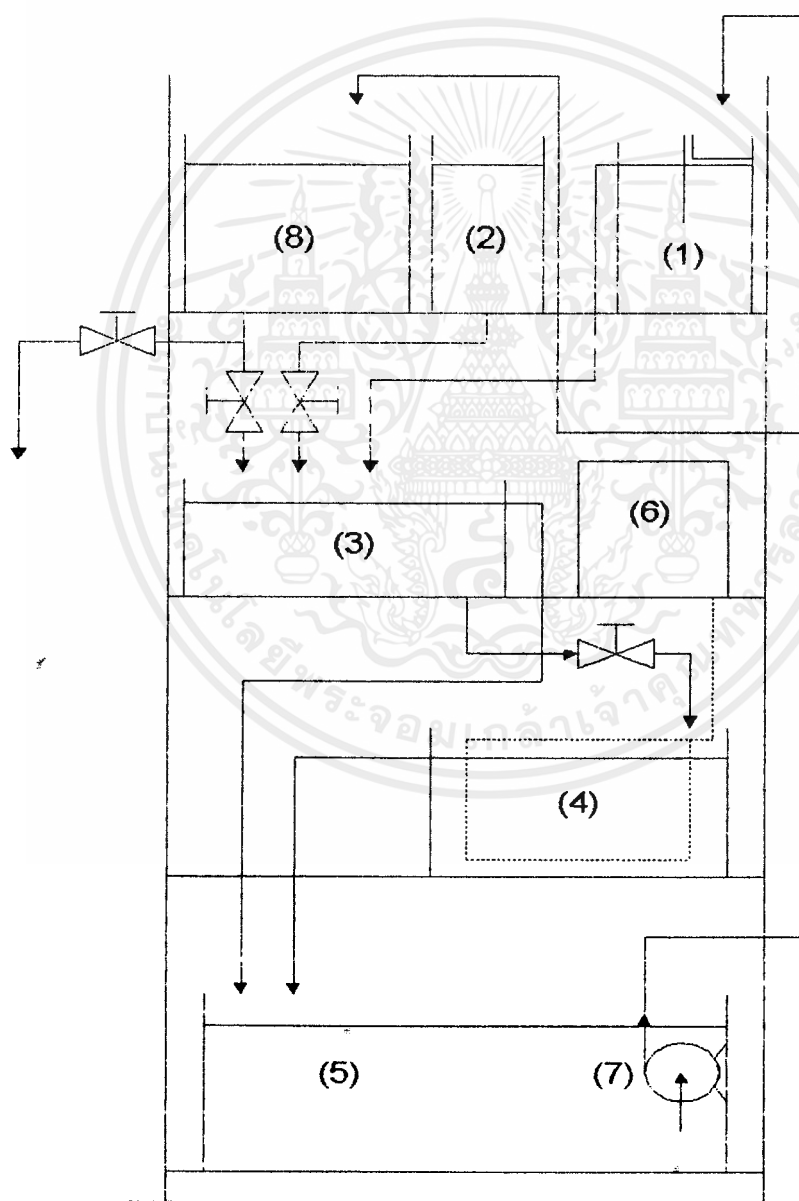
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นได้ว่าตัวเครื่องมีวงรอบการทำงาน (LOOP) ในลักษณะที่คล้ายกัน แต่จะเพิ่มส่วนของถังพักน้ำเข้า ซึ่งจะแยกไขมัน วัสดุที่ลอยน้ำ สารเจือปนที่มีขนาดใหญ่และสารเจือปนที่มีขนาดเล็กออกไปก่อน ทำให้น้ำเสียที่เข้าไปอยู่ในวงรอบการทำงานเป็นน้ำที่มีลักษณะเป็นสารละลายหรือมีเพียงสิ่งเจือปนขนาดเล็ก ซึ่งจะไหลเวียนในระบบได้สะดวก และอีกส่วนคือถังน้ำเกลือซึ่งจะทำการควบคุมการไหลเข้าของน้ำเกลือไปในระบบ เกลือจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำงาน



รูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบต่างๆของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 แสดงส่วนประกอบต่างๆของตัวเครื่อง อธิบายหน้าที่และการทำงานได้ดังต่อไปนี้

- 1.) ถังน้ำเข้า เป็นที่รับน้ำเข้า ซึ่งจะแยกตะกอนขนาดใหญ่และไขมันที่ลอยน้ำออกก่อนที่น้ำจะเข้าไปยังเครื่อง
- 2.) ถังน้ำเกลือ เป็นที่เก็บและควบคุมการไหลของน้ำเกลือ
- 3.) ถังพักบน เป็นตัวผสมน้ำเสียที่เข้ามาในระบบกับน้ำเกลือ และเป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำเข้าสู่ถังบำบัด
- 4.) ถังบำบัด เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียโดยบรรจุเพลมทไวท์ภายในถังซึ่งปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีจะเกิดขึ้นที่ถังนี้ เมื่อบำบัดเสร็จแล้วน้ำจะไหลออกจากถังโดยการสั่นออกไปเอง โดยจะไหลอย่างต่อเนื่องไปสู่ถังพักด้านล่างต่อไป
- 5.) ถังพักล่าง จะเป็นถังที่พักน้ำหลังจากที่ออกจากส่วนบำบัดซึ่งจะมีหน้าที่หลักๆอยู่สองอย่างคือ
 - ลดอุณหภูมิของน้ำเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากถังบำบัด
 - ตกตะกอนสารที่แยกได้จากน้ำและปนออกมากับน้ำที่ออกมาจากถังบำบัด รวมถึงเป็นที่เก็บกักตะกอนไว้
- 6.) แหล่งจ่ายไฟทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับถังบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแหล่งจ่ายจะจ่ายไฟหรือตัดไฟอย่างไรจะมีชุดควบคุม สถานะการทำงานต่างๆ
- 7.) บั๊มจะสูบน้ำจากถังพักล่างไปสู่ถังกรอง ในจังหวะที่ถูกควบคุมจากชุดควบคุมอีกครั้งหนึ่ง
- 8.) ถังกรอง ทำหน้าที่กรองสารเจือปนที่ติดไปกับบั๊ม ก่อนที่จะเข้าสู่ถังพักบนเพื่อวนรอบการทำงานต่อไป

จากการอธิบายส่วนต่างๆของเครื่องว่ามีหน้าที่อย่างไร ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการทำงานของระบบโดยรวม ดังต่อไปนี้

จากระบบโดยรวมจะเห็นได้ว่า เราสามารถทำการควบคุมให้ทำงานได้ 2 ลักษณะ คือ

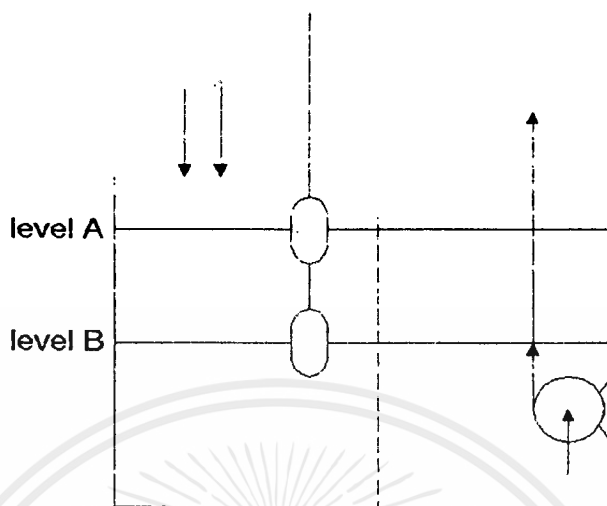
- วงรอบปิด(CLOSE LOOP)
- วงรอบเปิด(OPEN LOOP)

1.) **วงรอบปิด** จะทำงานโดยเติมน้ำเข้าไปในส่วนต่างๆ ของระบบให้เต็ม และทำงานโดยปิดวาล์วน้ำออก และเติมน้ำเกลือลงไปปริมาณที่เหมาะสม จากนั้นเดินเครื่องตามเวลาที่ควบคุม เมื่อครบเวลาก็เปิดวาล์วน้ำออกและปิดวาล์วอีกครั้ง มีข้อดีคือจะได้ส่วนผสมของเกลือที่แน่นอนและได้คุณภาพน้ำเป็นไปตามที่กำหนด ส่วนข้อเสียคือจะเห็นได้ว่ามีบางส่วนของระบบที่ต้องมีปริมาณน้ำคงที่ไว้ เช่น ถังพักกลาง ถังบำบัด ทำให้น้ำที่บำบัดได้มีปริมาณที่น้อย

2.) **วงรอบเปิด** จะทำงานโดยมีทั้งน้ำเข้า และน้ำออก ไหลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา โดยมีกระบวนการไหลที่วาล์วต่างๆ จากชุดควบคุม ข้อดีของระบบนี้ คือ สามารถบำบัดน้ำได้ต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งจะเป็นธรรมชาติของน้ำเสียโดยทั่วไป แต่ข้อเสียคือจะควบคุมระบบยาก อาจได้คุณภาพน้ำที่ไม่แน่นอน และควบคุมส่วนผสมของเกลือไม่ได้แน่นอน และต้องออกแบบวงจรควบคุมที่ยุ่งยาก

ในการทำงานของเครื่องบำบัดที่ได้ออกแบบนี้ จะเห็นว่ายังมีจุดบกพร่องอีกมาก เนื่องจากถ้าทำเป็นเพียงเครื่องจำลอง เพื่อให้เห็นรูปแบบการทำงานได้ชัดเจนมากขึ้น ดังนั้นจากระบบจะเห็นได้ว่าเมื่อมีน้ำเข้ามาที่ถังเข้า ถังน้ำเข้าจะแยกวัตถุน้ำขนาดใหญ่และวัตถุน้ำออกให้น้ำจะเข้า สู่ถังพักบน ซึ่งจะผสมกับเกลือ และส่วนผสมที่ได้จะถูกส่งไปยังถังบำบัดและหากมีน้ำล้นหรือน้ำเข้าในระบบมากเกินไป น้ำที่ล้นออกจะถูกส่งไปยังถังพักล่างทันที

ที่ถังบำบัดน้ำที่เข้าจะถูกควบคุมอัตราการไหลที่เหมาะสมและน้ำที่ออกก็จะยังมีอัตราการไหลที่เท่ากันเพราะใช้การล้นออก ถังบำบัดจะถูกออกแบบไว้ 2 ถัง เนื่องจากส่วนนี้จะมีการซ่อมบำรุงบ่อย สาเหตุเพราะแผ่นเพลทที่ใช้จะมีสารมาเกาะและจะมีการกร่อนตามอายุการใช้งานจึงต้องมีการเปลี่ยนหรือทำความสะอาด เพื่อให้ได้การทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นเครื่องจะทำงานได้ตลอดโดยอาจใช้ถังเดียวในเวลาที่มีการซ่อมบำรุงและสลับกันทำงาน รวมถึงอาจใช้ถังเดียวถ้าปริมาณน้ำเสียในระบบน้อยเกินไปซึ่งในการทำงานสองชุดอาจจะไม่คุ้มค่า น้ำที่ได้จากการบำบัดจะมีความร้อนค่อนข้างสูง และมีสารที่แยกออกมาจากน้ำปะปนออกมาด้วยในบางส่วน ของผสมนี้จะถูกส่งผ่านไปยังถังพักล่าง ซึ่งจะพักน้ำไว้ในเวลาหนึ่ง ซึ่งจะให้ความร้อนลดลงและตะกอนของเสียก็จะตกตะกอนแยกออกมาด้วย จากนั้นน้ำจะถูกสูบไปยังถังรองค้ำบน การสูบของปั๊มจะถูกควบคุมโดยลูกลอย ดังรูปที่ 4.4 และมีช่วงของการทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 ลักษณะการทำงานของลูกลอย

- ถ้าน้ำอยู่ในระดับ A น้ำจะถูกสูบกลับขึ้นไปสู่ถังพักบน จนระดับน้ำลดลงเหลือระดับ B ก็อกระดับที่ลูกลอยตัด ปัมป์จะหยุดทำงาน
- เมื่อน้ำในถังเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับ A ปัมป์จะสูบน้ำกลับขึ้นสู่ถังพักบนอีก เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

สาเหตุที่ต้องให้มีการทำงานเช่นนี้เพื่อที่จะรักษาระดับน้ำให้อยู่ระหว่างช่วงระดับ A และ B ซึ่งเป็นระดับที่น้ำส้นออกและระดับที่ปัมป์จะทำงานได้ตามลำดับ ซึ่งถ้ำระดับน้ำต่ำกว่าระดับ B ปัมป์จะดูดน้ำไม่ได้และจะทำให้ปัมป์เสียบ ส่วนการติดตั้งท่อของปัมป์จะติดตั้งไว้ให้สูงจากระดับพื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนที่อยู่ด้านล่างของถังถูกดูดเข้าปัมป์ ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องกรองสั้นลง น้ำที่จะถูกสูบไปที่เครื่องกรองจะเป็นน้ำที่ได้ผ่านการบำบัดแล้ว แต่คุณภาพของน้ำที่ได้อาจจะยังไม่ดีพอและอาจจะมีสารเจือปนมากเกินไป เครื่องกรองจะทำหน้าที่แยกสารเจือปนเหล่านี้ออกจากน้ำอีกทีหนึ่ง ก่อนที่จะส่งเข้าถังพักบนเพื่อบำบัดต่อไป โดยที่เครื่องกรองจะมีเซนเซอร์ (sensor) อยู่เพื่อป้องกันการสั่นของน้ำโดยจะมีสัญญาณเตือน แต่โดยทั่วไปจะไม่มีการสั่นเนื่องจากได้มีการออกแบบไว้อย่างเหมาะสมแล้ว ยกเว้นจะมีการป้อนน้ำเข้าในปริมาณที่สูงเกินไปเท่านั้น และจะมีระบบป้องกันอีกหนึ่งชุดก็คือถ้ำไม่มีน้ำไหลเข้าสู่ถังบำบัด หรือปริมาณน้ำในถังบำบัดมีน้อยเกินไปก็จะไม่มีการจ่ายไฟเข้าสู่ระบบเพราะจะทำให้เป็นอันตรายต่อตัวเครื่อง

ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา แสดงได้ดังรูปที่ 4.5-4.10

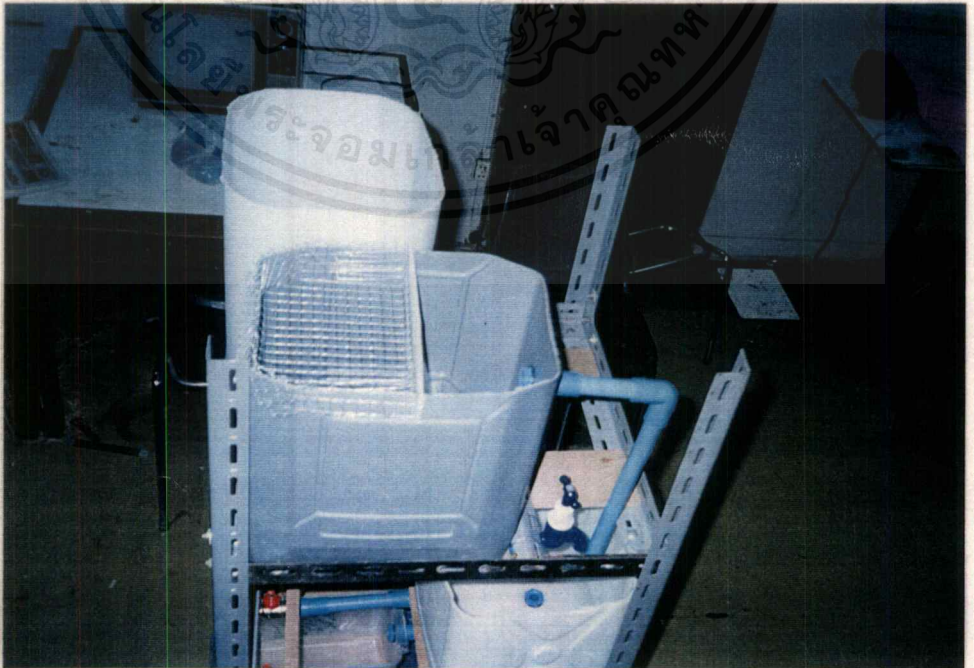


รูปที่ 4.5 ก. ภาพถ่ายของตัวเครื่องโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

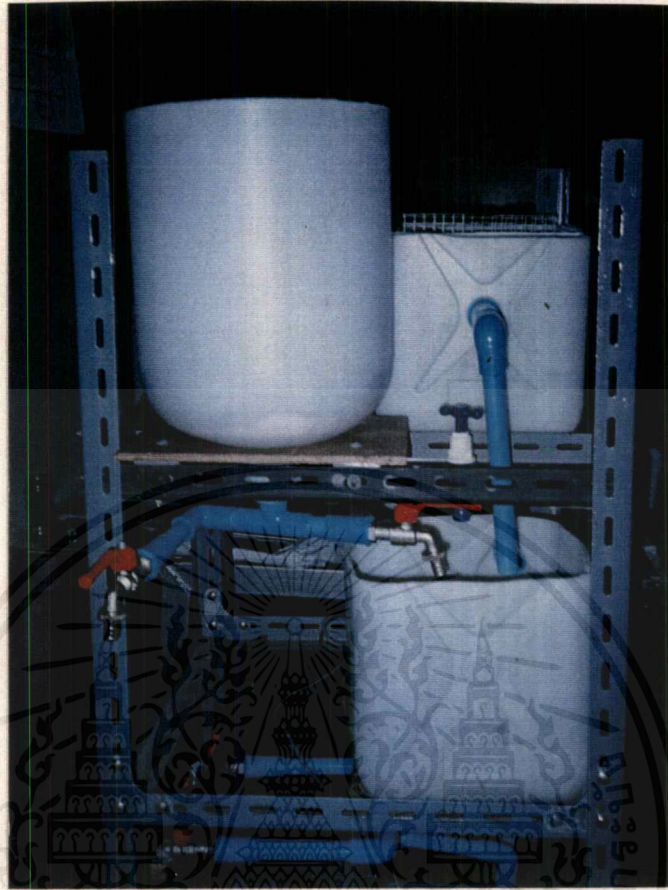


รูปที่ 4.5 ข. ภาพถ่ายของตัวเครื่องโดยรวม

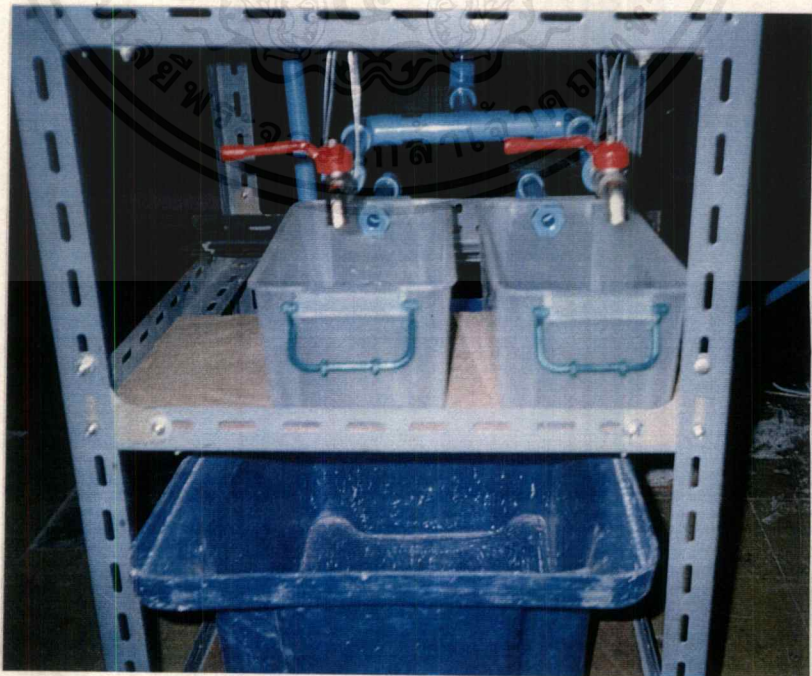


รูปที่ 4.6 ถังน้ำเข้าซึ่งมีตะแกรงรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายถึงกรอง...ถึงน้ำเข้า และถึงพักบน

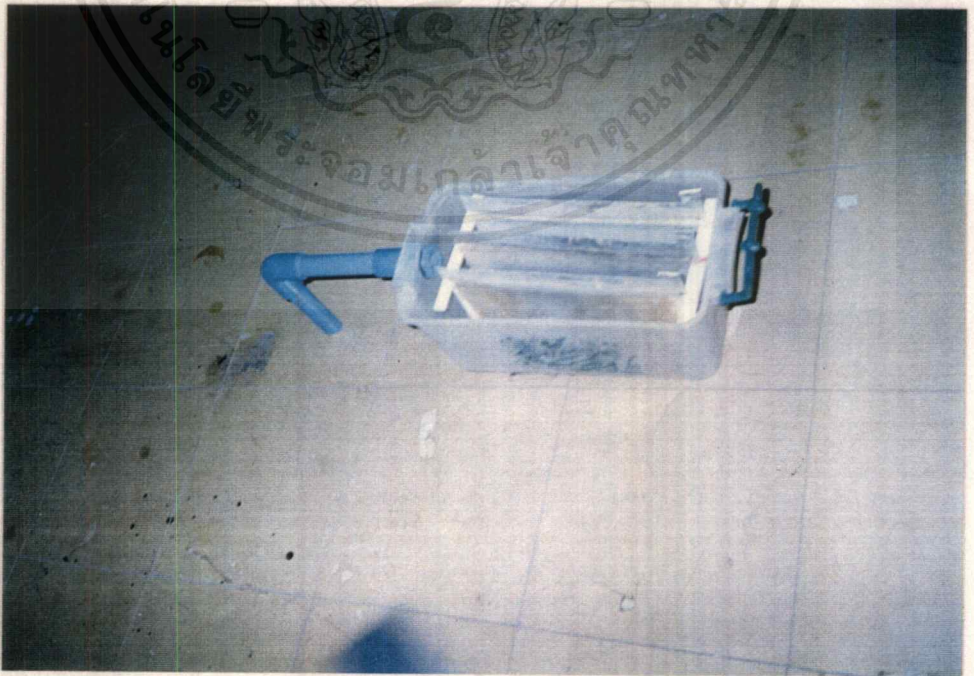


รูปที่ 4.8 ก. ถึงบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ข. ถังพักล้าง



รูปที่ 4.9 ถังบำบัดที่ได้มีการติดตั้งแผ่นเพลทแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ถูกลอยไฟฟ้า ถังพักล้าง และปั๊มน้ำ
(ในรูปใช้ผ้ากันแทนแผ่นกรอง เนื่องจากแผ่นกรองเกิดการชำรุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดสอบน้ำเสีย ค่ามาตรฐานของน้ำ และค่าใช้จ่ายในการบำบัด

5.1 การทดสอบเรื่อง ซี โอ ดี (Chemical Oxygen Demand)

5.1.1 บทนำ

ค่าซีโอดี เป็นค่าที่ใช้บอกถึงความสกปรกของน้ำเสียโดยเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำด้วยสารออกซิไดซ์เชิงเอเจนต์อย่างแรงกับกรดเข้มข้นและใช้สารตะกั่วไลต์ร่วมด้วยโดยการต้มเดือด (reflux) นาน 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการออกซิเดชัน อย่างสมบูรณ์และป้องกันไม่ให้สารที่ระเหยง่ายระเหยออกไปหมด ดังนั้นค่าซีโอดีเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียแต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์นั้นย่อยสลายทางชีวภาพได้หรือไม่ ในขณะที่ค่าบีโอดีก็เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่จุลินทรีย์ใช้ในปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ จึงใช้ประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดทางชีวภาพมากกว่าค่าซีโอดี แต่ค่าซีโอดีจะใช้เวลาในการหาได้เร็วเพียง 3 ชม. มีตัวผันแปรน้อยกว่าและค่าที่ได้จะมีความแน่นอนมากกว่าอัตราส่วนของค่าซีโอดีและบีโอดีสำหรับน้ำเสียชนิดต่างๆ มีค่าไม่เท่ากับขั้นชนิดของสารที่เจือปนในน้ำโดยปกติบีโอดีน้อยกว่าประมาณ 60-80% ของซีโอดี

5.1.2 วัตถุประสงค์

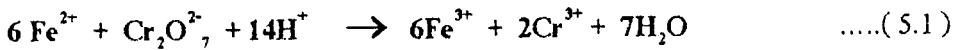
1. เพื่อทราบถึงวิธีการวิเคราะห์ ซี โอ ดี ที่ถูกต้องและรู้จักการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับสมการออกซิเดชันและรีดักชันเพื่อทราบความสกปรกของน้ำเสีย

5.1.3 หลักการ

สารเคมีที่ใช้เป็นตัวออกซิเดนต์ (oxidant) คือ โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ซึ่งถือว่าเป็นออกซิเดนต์ที่ดีกว่าตัวอื่นๆ (ferric sulphate, potassium iodate) เนื่องจากทำให้บริสุทธ์ได้ง่าย และมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูง เมื่อสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกทำลายได้ถ้าต้มกับโปตัสเซียมไดโครเมตที่ทราบปริมาณแน่นอนกับกรดซัลฟูริกปริมาณไดโครเมตบางส่วนจะถูกใช้ไปในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์และจะมีปริมาณส่วนที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยาซึ่งจะนำไปไตเตรทกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulphate) โดยใช้เฟอโรอิน (ferroin) เป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติคือจุดที่เฟอร์รัส (Fe^{2+}) ทำปฏิกิริยากับเฟอโรอินได้สารประกอบสีน้ำตาลแดง จะทำให้ทราบปริมาณไดโครเมต (dichromate) ส่วนที่เหลือเมื่อหักออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปริมาณที่ใส่ไปทั้งหมดจึงถือว่าการทำ backtitration เป็นวิธีการที่ทำให้ทราบปริมาณไดโครเมตส่วนที่ถูกใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำซึ่งเท่ากับปริมาณออกซิเจนโดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



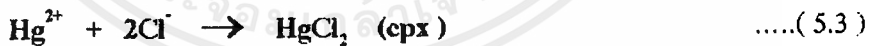
5.1.4 สารบรคววน

สารอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ อโรมาติกไฮโดคาร์บอน สารเหล่านี้จะไม่ถูกออกซิไดซ์โดยวิธีนี้สารประกอบพวกอลิฟาติกไฮโดคาร์บอนและกรดอินทรีย์อื่นๆถูกออกซิไดซ์ได้ดี ถ้าใส่ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) เป็นตะตาไลต์

สารบรคววนที่สำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดีก็คือ คลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ค่าซีโอดีสูงขึ้นจึงจำเป็นต้องใส่สารเคมีเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนขึ้น เช่น ใส่เมอคิวริกซัลเฟต (HgSO_4) หรือ เมอคิวริกคลอไรด์ (HgCl_2) ลงไปก่อนที่จะนำไปต้มเดือดเพื่อที่จะไปจับคลอไรด์ให้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อน (mercuric chloride complex) ดังสมการ



ทำให้ค่าซีโอดีสูงเกินความจริง



ไนไตรต์สามารถให้ค่าซีโอดีสูงขึ้นประมาณ 1.1 มก./ลิตร NO_2N แต่ในน้ำทิ้งหรือน้ำสกปรกโดยทั่วไปมักจะมีไนไตรต์ไม่เกิน 1-2 มก./ลิตร จึงถือว่าไม่ค่อยมีผลกระทบมากนักต่อการวิเคราะห์แต่ปริมาณไนไตรต์มากกว่านี้แก้ไขได้โดยใส่กรดซัลฟามิก 10 มก. ต่อทุกๆ มก. ของไนไตรต์วิธีนี้สามารถวิเคราะห์ซีโอดีที่มีค่าตั้งแต่ 50 มก. ต่อลิตรขึ้นไป

5.1.5 การเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษา

1. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันที
2. ตัวอย่างน้ำที่มีของแข็งจมตัวปะปนมากๆ ต้องเขย่าหรือกวน
3. ถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีให้เก็บรักษาโดยใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.8 มก./ลิตร น้ำเสีย
4. ในกรณีที่น้ำเสียมีความเข้มข้นมากให้ทำการเจือจางเสียก่อนจึงทำการวิเคราะห์

5.1.6 การหาซีโอติแบบวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux, Titrimetric Method)

หลักการ

วิธีนี้ประหยัดแต่ต้องผสมตัวอย่างน้ำที่มีสารแขวนลอยให้เข้ากันให้ดีเพื่อให้ผลที่ถูกต้อง และวิธีนี้จะสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ระเหยได้มากกว่า เนื่องจากสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่าเหมาะสมกับตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอติต่ำกว่า 500 มก./ลิตร

5.1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยบอโรซิลิเกต (borosilicate culture tubes) ขนาด 16 x 100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดทีเอฟอี (TFE)
2. ฮีตติ้งบล็อก (Heating block) ก่อของอลูมิเนียมตัน ลึก 45-50 มม. มีรูขนาดพอดีกับหลอดแก้ว
3. บล็อกฮีตเตอร์ (Block heater) หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 150 °C การใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมง ที่ 150 °C จะไม่ทำให้ฝาหลอดแก้วถูกทำให้เสียหาย

5.1.8 สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย (Standard potassium digestion solution) 0.1 N: นำ $K_2Cr_2O_7$ สารปฐมภูมิอบแห้งใน 130 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก $K_2Cr_2O_7$ มา 4.613 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มล. ต่อกกรดซัลฟูริกเข้มข้น 167 มล. และเติมปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม ทิ้งให้ละลายและปล่อยให้เย็นจึงเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มล.
2. สารละลายกรดซัลฟูริก : เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 5.5 กรัม ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 กิโลกรัม ตั้งทิ้งไว้ 1 ถึง 2 วัน ให้ละลาย
3. สารละลายเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์
4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.01N : ละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 32.9 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. ทิ้งให้เย็น

แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร นำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมตทุกครั้งก่อนใช้

5. กรดซัลฟูริก
6. สารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไฮโดเจนพาราเลต

5.2 การหาความเข้มข้นของ เฟอรัคแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

เติมสารเคมีทุกชนิดตามตาราง ลงในหลอดแก้วขนาดที่ต้องการโดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างน้ำทิ้งให้เย็นลงแล้วเติมเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 แล้วไตเตรทด้วยสารละลาย FAS

$$\text{นอร์มัลลิตีของสารละลาย FAS} = \frac{\text{ปริมาตรของ } 0.1N K_2Cr_2O_7 \times 0.10}{\text{ปริมาตร FAS ที่ใช้ไตเตรต}}$$

5.2.1. วิธีวิเคราะห์

1. ล้างหลอดแก้วและฝาด้วย 20% กรดซัลฟูริกก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
2. ใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่างและสารเคมีตามตาราง โดยเติมตัวอย่างน้ำลงในหลอดแก้วแล้วเติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลายแล้วค่อยๆเติมสารละลายกรดซัลฟูริกให้เกิดชั้นกรดอยู่ที่ก้นแก้ว ปิดฝาให้แน่นพอดีแล้วกลับไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกันดี
3. นำหลอดแก้วใส่ลงในฮีทติงบล็อกรหรือตู้อบที่ $150^{\circ}C$ แล้วคัมเป็นเวลา 2 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำหลอดแก้ววางลงข้างตั้ง
4. เปิดฝาหลอดแก้วแล้วใส่แท่งแม่เหล็กกวนขนาดเล็กๆ ที่หุ้ม TFE แล้วเติมเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด กวนอย่างเร็วบนเครื่องกวนแม่เหล็กแล้วไตเตรท 0.01N FAS จนกระทั่งสีเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแดง
5. ทำแบบลงค์ด้วยทุกครั้ง โดยใช้สารเคมีและน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับน้ำตัวอย่าง

5.2.2 การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี, มก./ล.} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ, มล.}}$$

เมื่อ A = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ไตเตรตแบบลงค์

B = มิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ไตเตรตน้ำตัวอย่าง

N = นอร์มัลลิตีของ FAS

5.3 การทดสอบหาคลอไรด์

5.3.1 Argentometric or Mohr Method

วิธีนี้ใช้หาคลอไรด์ได้ดีในช่วงความเข้มข้น 15-10 มิลลิกรัมคลอไรด์ในน้ำตัวอย่างที่นำมา ทิเทรต ข้อเสียของวิธีนี้คือจุดสีของ end point ยากต้องอาศัยประสบการณ์คือทำบ่อยๆ ส่วน ข้อดีคือหาง่ายไม่ยุ่งยาก น้ำเบสแกมที่ใช้ก็น้อย ตัวขัดขวางต่อการเกิดสีของ Ag_2CrO_4 ต่อ SO_4^{2-} ซึ่งแก้ไขได้โดยการเติม H_2O_2 ลงไปเพื่อออกซิไดซ์ SO_3^{2-} ให้เป็น SO_4^{2-} ซึ่งไม่ขัดขวาง ต่อการเกิดสี

5.3.2 เครื่องมือ

1. ขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร 3 ใบ
2. บuret ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ใบ

5.3.3 น้ำยาเคมี

1. โปตัสเซียมโครเมตอินดิเคเตอร์ : ละลาย K_2CrO_4 50 กรัมในน้ำเล็กน้อย เติม AgNO_3 จนกระทั่งได้ตะกอนสีแดงเกิดขึ้น ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง กรอง และเติมน้ำกลั่นจนได้ ปริมาณ 1 ลิตร
2. สารละลายมาตรฐานเงินไนเตรท 0.0141 นอร์มัล : ละลาย 2.395 กรัม AgNO_3 ใน น้ำกลั่นและเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร ให้ standardize ด้วย 0.0141 นอร์มัล โซเดียมคลอไรด์ก่อนใช้ทุกครั้ง 1 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานเงินไนเตรท 0.0141 นอร์มัล = 500 ไมโครกรัมคลอไรด์
3. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ 0.0141 นอร์มัล : ละลาย 824.1 มิลลิกรัม NaCl (อบให้แห้งที่ ก่อน) ในน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรครบ 1 ลิตร
4. น้ำยาพิเศษ สำหรับกำจัดตัวขัดขวาง
 - 4.1 Aluminium hydroxide suspension : ละลาย 125 กรัม ของ อะลูมิเนียมโปตัสเซียมซัลเฟต, $\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ หรือ อะลูมิเนียมแอมโมเนียมซัลเฟต, $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ในน้ำกลั่น 1 ลิตร อุณหภูมิ และเติม 55 มิลลิลิตรของ conc. NH_4OH ช้าๆพร้อมกับคนตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง และถาลงขวด
 - 4.2 ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์
 - 4.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล
 - 4.4 กรดกำมะถัน 1 นอร์มัล
 - 4.5 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30%

วิธีทำ

ก. การเตรียมตัวอย่างน้ำ : ให้ใช้ตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือเลือกปริมาตรที่เหมาะสม ถ้าน้ำมีสีสูงเติม $\text{Al}(\text{OH})_3$ 3 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งให้ตกตะกอน กรอง ล้างตะกอนรวมน้ำล้าง กับ filtrate เข้าด้วยกัน

ถ้ามี S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ทำให้น้ำนั้นเป็นด่างก่อกำกับอินทรีย์ด้วย NaOH เติม H_2O_2 1 มิลลิลิตร คน และทำให้เป็นกลางด้วย H_2SO_4

ข. การทิตเรต : ทิตเรตตัวอย่างน้ำในช่วงพีเอช 7-10 โดยปรับพีเอชของน้ำด้วย NaOH หรือ H_2SO_4 เติม K_2CrO_4 1 มิลลิลิตร ทิตเรตด้วย AgNO_3 จนกระทั่งได้สีเหลืองอมส้มซึ่งถือว่าเป็น end point ทำ blank ทุกครั้งโดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง ค่า blank กวรวอยู่ระหว่าง 0.2-0.4 มิลลิลิตร

การคำนวณ

$$\text{mg/l Cl} = \frac{(A-B) \times N \times 35450}{\text{ml sample}}$$

A = มิลลิลิตรของ AgNO_3 ที่ใช้ในการทิตเรตตัวอย่าง

B = มิลลิลิตรของ AgNO_3 ที่ใช้ในการทิตเรต blank

N = นอร์มัลลิตีของ AgNO_3

อาจจะบอกผลของคลอไรด์ในรูป NaCl ได้โดยใช้สูตร

$$\text{mg/l NaCl} = \text{mg/l Cl} \times 1.65$$

5.4 การทดสอบหาสารแขวนลอย (Suspended Solids, ss)

5.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระดาษกรองใยแก้ว GF/C (Whatman GF/C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 cm
2. กรวยบุกเนอร์ ความจุ 100 cm³
3. เครื่องดูดอากาศ
4. เตาอบแห้ง
5. โถทำแห้ง
6. เครื่องชั่งละเอียด

5.4.2 วิธีวิเคราะห์

1. อบกระดาษกรองให้แห้ง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง
สมมติเป็น A มิลลิกรัม
2. เลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ ซึ่งจะให้ค่าของแข็งซึ่งได้โดย อย่างน้อยที่สุด 2.5
มิลลิกรัม (เพิ่มจากน้ำหนักของกระดาษกรอง)
3. วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ
4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกและให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์
5. กรองตัวอย่างน้ำตามปริมาตรที่ต้องการโดยอาศัยแรงดูดช่วย
6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด และรอจนกว่าจะแห้ง
7. ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ เช่น จานเพาะเชื้อ
ด้วยอะลูมิเนียม หรือ กระดาษนาฬิกา นำไปอบในตู้อบแห้ง จนกว่าจะแห้งใช้เวลา
ประมาณ 1 ชั่วโมง
8. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องในโถทำแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองใหม่ สมมติเป็น
B มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$ss \text{ (mg/cm}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B*A)*100}}{\text{ลูกบาศก์เซนติเมตรของตัวอย่างน้ำ}}$$

5.5 ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียค่า pH , Conduct , ss

5.5.1 น้ำเสียชนิดแรก

เวลาการบำบัด	สี	pH	อุณหภูมิของน้ำ pH
เริ่มต้น	น้ำตาลอ่อน	8.05	29.9
ผ่านการบำบัด 1 ชม.	น้ำตาลอ่อนกว่า	8.22	30.1
ผ่านการบำบัด 2 ชม.	เกือบใส	8.30	29.6

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียชนิดแรก

เวลาการบำบัด	Conduct	ลักษณะทั่วไป	อุณหภูมิของน้ำ Conduct
เริ่มต้น	443 hs/cm^3	ขุ่นมีตะกอน	31.6
ผ่านการบำบัด 1 ชม.	435 hs/cm^3	ขุ่นมีตะกอน	31.4
ผ่านการบำบัด 2 ชม.	414 hs/cm^3	ขุ่นมีตะกอน	30.8

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียชนิดแรก

เวลาการบำบัด	น้ำหนักกระดาษกรอง ก่อนทดลอง	น้ำหนักสาร + น้ำหนักกระดาษกรอง	SS (mg/cm^3)
เริ่มต้น	0.1971 g	0.2471 g	0.01000
ผ่านการบำบัด 1 ชม.	0.1986 g	0.2104 g	0.00236
ผ่านการบำบัด 2 ชม.	0.1975 g	0.2010 g	0.00070

ตารางที่ 5.3 คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียชนิดแรก

5.5.2 น้ำเสียนชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

เวลาการบำบัด	สี	pH	อุณหภูมิขณะวัด pH
เริ่มต้น	น้ำตาลแก่	7.00	28.4
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	น้ำตาลอ่อน	7.11	28.8
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	น้ำตาลอ่อนกว่า	7.02	28.7

ตารางที่ 5.4 คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียนชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

เวลาการบำบัด	Conduct	ลักษณะทั่วไป	อุณหภูมิขณะวัด Conduct
เริ่มต้น	1316 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	ตะกอนขุ่นมาก	29.7
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	1305 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	ตะกอนขุ่น	29.6
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	1256 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	ไม่มีตะกอน	29.4

ตารางที่ 5.5 คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียนชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

เวลาการบำบัด	น้ำหนักกระดาดกรอง ก่อนทดลอง	น้ำหนักถาร + น้ำหนักกระดาดกรอง	SS (mg/cm^3)
เริ่มต้น	0.2006 g	0.2420 g	0.00828
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	0.1986 g	0.2178 g	0.00384
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	0.1989 g	0.2091 g	0.00204

ตารางที่ 5.6 คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียนชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

5.5.3 น้ำเสียชนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ

เวลาการบำบัด	สี	pH	อุณหภูมิขณะวัด pH
เริ่มต้น	น้ำตาลแก่	7.00	28.4
ใส่เกลือ 1 ชม.	น้ำตาลอ่อนกว่ามาก	7.28	28.5
ใส่เกลือ 2 ชม.	น้ำตาลอ่อนมากๆ	6.91	29.4

ตารางที่ 5.7 คุณสมบัติ pH ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ

เวลาการบำบัด	Conduct	ลักษณะทั่วไป	อุณหภูมิขณะวัด Conduct
เริ่มต้น	1316 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$	ตะกอนขุ่นมาก	29.7
ใส่เกลือ 1 ชม.	2.18 ms/cm^3	มีตะกอนเล็กน้อย	29.5
ใส่เกลือ 2 ชม.	2.17 ms/cm^3	ไม่มีตะกอน	30.4

ตารางที่ 5.8 คุณสมบัติ conduct ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ

เวลาการบำบัด	น้ำหนักกระดาษกรอง ก่อนทดลอง	น้ำหนักถาร + น้ำหนักกระดาษกรอง	SS (mg/cm^3)
เริ่มต้น	0.2006 g	0.2420 g	0.00828
ใส่เกลือ 1 ชม.	0.1962 g	0.2028 g	0.00132
ใส่เกลือ 2 ชม.	0.2003 g	0.2061 g	0.00116

ตารางที่ 5.9 คุณสมบัติสารแขวนลอยของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ

5.6 ผลการหาค่าคลอรีน

5.6.1 น้ำเสียชนิดแรก

เวลาการบำบัด	pH	AgNO (cm ³)	Cl (mg/l)
เริ่มต้น	9.05	14.4	0.003766
ผ่านการบำบัด 1 ชม.	8.74	36.3	0.009657
ผ่านการบำบัด 2 ชม.	9.10	35.2	0.009361

ตารางที่ 5.10 คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดแรก

5.6.2 น้ำเสียชนิดที่สองบำบัดแบบไม่เติมเกลือ

เวลาการบำบัด	pH	AgNO (cm ³)	Cl (mg/l)
เริ่มต้น	9.26	17.5	0.004600
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	9.36	12.4	0.003228
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	9.24	13.2	0.003443

ตารางที่ 5.11 คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

5.6.3 น้ำเสียชนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ

เวลาการบำบัด	pH	AgNO (cm ³)	Cl (mg/l)
เริ่มต้น	9.26	17.5	0.004600
ใส่เกลือ 1 ชม.	9.32	10.5	0.002717
ใส่เกลือ 2 ชม.	9.70	17.1	0.004492

ตารางที่ 5.12 คุณสมบัติคลอรีนของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ

Standardize AgNO 13.1 ml

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$N_1 * 13.1 = 0.0141 * 25$$

$$N_1 = 0.02690$$

$$\begin{aligned} \text{การค่า Cl (ml) ที่เริ่มต้น} &= \frac{(A - B) * N * 35450}{\text{ml sample}} \\ &= \frac{(14.4 - 0.4) * 0.02090 * 35450}{100} \\ &= 0.003766 \end{aligned}$$

5.7 ผลการหาค่า COD

สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

ปริมาตร FAS ครั้งที่

1.) 29.2

2.) 28.9

3.)

เฉลี่ยทั้ง 3 ครั้งเท่ากับ 29.1

29.2

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$N_1 * 29.1 = 0.1 * 25$$

$$N_1 = 0.085910 \text{ (ความเข้มข้นที่แน่นอนของ FAS)}$$

$$\begin{aligned} \text{การหาค่า COD เริ่มต้น} &= \frac{(A - B) * N * 8000}{\text{ml sample}} \\ &= \frac{(3.2 - 2.0) * 0.085910 * 8000}{2.5 \text{ ml}} \\ &= 329.8944 \end{aligned}$$

5.7.1 น้ำเสียชนิดแรก

เวลาการบำบัด	ปริมาตร FAS	COD (mg/l)
เริ่มต้น	1.0	604.8064
ผ่านการบำบัด 1 ชม.	1.5	467.3504
ผ่านการบำบัด 2 ชม.	2.4	219.9296

ตารางที่ 5.13 คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดแรก

5.7.2 น้ำเสียชนิดที่สองบำบัดแบบไม่เติมเกลือ

เวลาการบำบัด	ปริมาตร FAS	COD (mg/l)
เริ่มต้น	0.5	742.2624
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	0.6	714.7712
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	0.7	687.2800

ตารางที่ 5.14 คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบไม่เติมเกลือ

5.7.3 น้ำเสียชนิดที่สองบำบัดแบบเติมเกลือ

เวลาการบำบัด	ปริมาตร FAS	COD (mg/l)
เริ่มต้น	0.5	742.2624
ไม่ใส่เกลือ 1 ชม.	1.5	467.3504
ไม่ใส่เกลือ 2 ชม.	1.6	439.8592

ตารางที่ 5.15 คุณสมบัติ COD ของน้ำเสียชนิดที่สองแบบเติมเกลือ

5.8 มาตรฐานน้ำทิ้งที่กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนด

ค่า COD	มีค่าไม่มากกว่า 400 mg/l
ค่า คลอรีนอิสระ	มีค่าไม่มากกว่า 1 mg/l
ค่า ss (สารแขวนลอย)	มีค่าไม่มากกว่า 30 mg/l
อุณหภูมิ T_{max}	49 องศาเซลเซียส
ค่า pH	อยู่ระหว่าง 5 และ 9

สรุปผลการทดสอบ

น้ำเสียตัวอย่าง ที่เรานำไปตรวจค่าต่างๆมี 2 ชนิด คือ น้ำทิ้งได้ตักกิจกรรม และ น้ำทิ้งจากครัวเรือน (ซึ่งสกปรกกว่า) เราได้นำน้ำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด ไปหาค่า COD , pH , Cl , T, ss (สารแขวนลอย) , conduct โดยน้ำที่นำไปตรวจนี้

น้ำตัวอย่างชนิดแรก

- 1.) น้ำทิ้งเริ่มต้นก่อนผ่านเครื่องบำบัด
- 2.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 1 ชม. (ไม่ใส่เกลือ)
- 3.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 2 ชม. (ไม่ใส่เกลือ)

น้ำตัวอย่างชนิดที่สอง

- 1.) น้ำทิ้งเริ่มต้นก่อนผ่านเครื่องบำบัด
- 2.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 1 ชม. (ไม่ใส่เกลือ)
- 3.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 2 ชม. (ไม่ใส่เกลือ)
- 4.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 1 ชม. (ใส่เกลือ)
- 5.) น้ำทิ้งที่ผ่านเครื่องบำบัด 2 ชม. (ใส่เกลือ)

เราพิจารณาตัวอย่าง ชนิดแรกก่อน ซึ่งจากผลที่ทำการวัดค่าต่างๆ เราสรุปได้ว่า

น้ำตัวอย่างเริ่มต้น จะมีลักษณะขุ่น พอผ่านการบำบัด 2 ชม. จะเริ่มใสทีละน้อย อุณหภูมิจะลดลงตามเวลาการบำบัด (อุณหภูมิยิ่งสูง ค่า conduct ก็ยิ่งสูงด้วย) ค่า conduct จะลดลงเหมือนกัน ซึ่งน้ำที่ดีควรมีค่า conduct ไม่สูงเกินไป ค่า pH ก็อยู่ในมาตรฐาน ค่า COD ก็ลดลงตามเวลาการบำบัด เมื่อผ่านการบำบัด 2 ชม. จะได้น้ำทิ้งตามมาตรฐาน ค่า Cl จะเพิ่มตามชั่วโมงบำบัด มี Cl มากยิ่งดี แต่ไม่ควรเกินมาตรฐาน ส่วนค่า ss (ปริมาณสารแขวนลอย) จะลดลง ยิ่งน้ำเสียผ่านการบำบัดนานเท่าใด ก็จะทำให้สารแขวนลอยในน้ำเสียลดลง ทำให้น้ำใสสะอาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราพิจารณา น้ำเสียตัวอย่างชนิดสอง เราสรุปได้ว่า

สีของน้ำเสียเริ่มต้นจะขุ่นมาก พอผ่านการบำบัด สีจะค่อยๆจางลง ค่า pH อยู่ในช่วงมาตรฐาน ค่า conduct ของน้ำเสียที่ไม่ใส่เกลือจะลดลงตามเวลาการบำบัด แต่ค่า conduct ของน้ำเสียที่ใส่เกลือจะมีค่าลดลงเหมือนกัน แต่ค่าค่ากว่าไม่ใส่เกลือ อุณหภูมิก็ไม่สูงเกินมาตรฐาน ปริมาณสารแขวนลอย (ค่า ss) ของน้ำเสียแบบไม่ใส่เกลือ จะลดลงตามเวลาการบำบัด ส่วนน้ำเสียแบบใส่เกลือ ค่าจะลดลงมากกว่า แสดงว่า ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสีย(ใส่เกลือ) ที่ผ่านการบำบัดเป็นเวลานานๆ จะมีน้อยกว่าน้ำเสียแบบไม่ใส่เกลือ ค่า CI จะเพิ่มตามเวลาการบำบัด ยิ่งบำบัดนานเท่าไร ค่า CI ก็เพิ่มจะขึ้น ทำให้น้ำใสสะอาดมากขึ้น แต่ไม่ควรเกินมาตรฐาน ค่า COD ก็ลดลงตามเวลาการบำบัด ค่า COD (ปริมาณของเสีย) ยิ่งน้อยยิ่งดี ดังนั้น จะได้ว่าน้ำเสียแบบใส่เกลือ จะมีค่า COD ต่ำกว่าแบบไม่ใส่เกลือ จึงทำให้น้ำใสสะอาดได้เร็วขึ้น ดังนั้น การใส่เกลือลงไปในน้ำเสีย จะช่วยให้น้ำใสสะอาดได้เร็วขึ้น

5.9 การคิดค่าเงินต่อหน่วยผลิตของไฟฟ้า

5.6.1 น้ำเสียจากตึกก่อสร้าง (No NaCl)

meter เริ่ม		2.70	kWatt / Hour
ผ่านการบำบัด	1 Hr	2.98	kWatt / Hour
ผ่านการบำบัด	2 Hr	3.33	kWatt / Hour

คิดเงิน unit ละ 2 บาท

ใน 1 hr $2.98 - 2.70 = 0.28$ kw/hr เป็นเงิน 0.56 บาท

ช่วง 1-2 hr $3.33 - 2.98 = 0.35$ kw/hr เป็นเงิน 0.7 บาท

รวม 2 hr เสียเงิน $0.56 + 0.7 = 1.26$ บาท

เฉลี่ย 1 hr = 0.63 บาท/ชั่วโมง

น้ำเสีย 60 ลิตร เสียเงิน 0.63 บาท/ชั่วโมง

น้ำเสีย 1000 ลิตร เสียเงิน $0.63 \times 1000 = 10.5$ บาท/ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร

5.6.2 น้ำเสียจากคอกอรั้ง (With NaCl)

meter เริ่ม		3.40	kWatt / Hour
ผ่านการบำบัด 1 Hr		3.53	kWatt / Hour
ผ่านการบำบัด 2 Hr		3.66	kWatt / Hour

คิดเงิน unit ละ 2 บาท

ใน 1 hr $3.53 - 3.40 = 0.13$ kw/hr เป็นเงิน 0.26 บาท

ช่วง 1-2 hr $3.66 - 3.53 = 0.13$ kw/hr เป็นเงิน 0.26 บาท

รวม 2 hr เสียเงิน $0.26 + 0.26 = 0.52$ บาท

เฉลี่ย 1 hr = 0.26 บาท/ชั่วโมง

น้ำเสีย 60 ลิตร เสียเงิน 0.26 บาท/ชั่วโมง

น้ำเสีย 1000 ลิตร เสียเงิน $\frac{0.26 \times 1000}{60} = 4.33$ บาท/ชั่วโมง/ลูกบาศก์เมตร

60

จากผลการทดสอบน้ำต้องใช้เวลาบำบัด 2 ชั่วโมงครึ่งจึงจะได้น้ำทิ้งที่ได้มาตรฐาน ดังนั้น จะเสียค่าใช้จ่าย 10.82 บาท

บทที่ 6

แนวทางการแก้ไขและพัฒนา

6.1 แนวทางพัฒนา

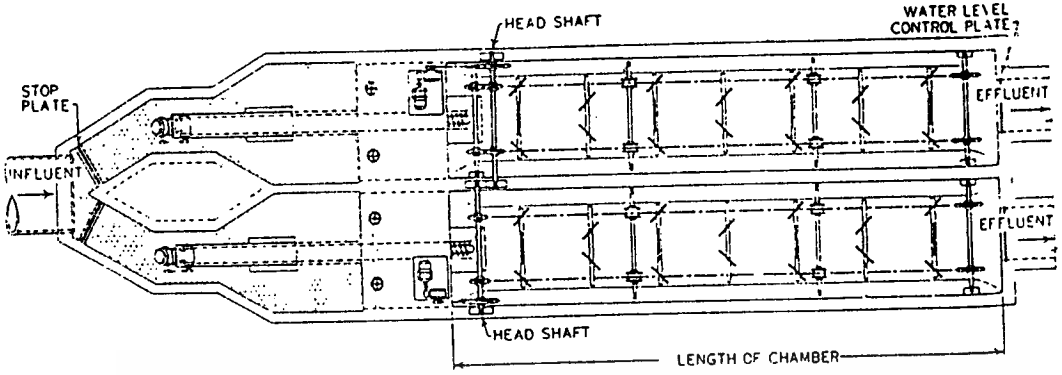
จากการทดลองใช้งานของแบบจำลองเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยไฟฟ้าที่เราได้สร้างขึ้นมานี้ พบว่าแม้จะทำงานได้ดีพอสมควร แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากการทำงานในบางส่วนยังทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควรจึงได้มีการวางแผนในการปรับปรุง เพื่อที่จะสร้างเป็นเครื่องบำบัดน้ำเสียที่สามารถใช้งานได้จริงต่อไป ซึ่งจากการที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลมา สามารถสรุปเป็นข้อบกพร่องที่ควรจะไปแก้ไขตัวเครื่องได้เป็นข้อใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1.) ตะกอนในระบบจะเกิดขึ้นมาก ทำให้เป็นปัญหาต่อหลายๆส่วนของตัวเครื่องเช่น ทำให้ถังกรองเกิดการอุดตันน้ำไหลได้ช้ากว่าที่ออกแบบจนถึงไหลไม่ได้เลย วาล์วจุดต่างๆเกิดการอุดตัน แผ่นกรองที่ถังพักด้านล่างเกิดการเสียหาย ปิ๋วทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และการที่มีตะกอนมากจะทำให้ไม่สามารถแยกน้ำสะอาดออกมาจากตะกอนได้ จึงต้องมีการแยกตะกอนออกจากระบบที่จุดต่างๆดังนี้

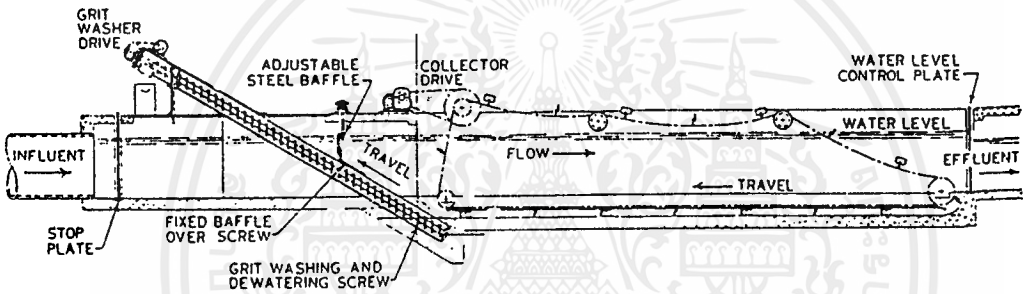
- (1.) ที่ถังกรอง ใช้ถังกรองแบบแยกตะกอนได้ ทำให้ไม่เกิดการอุดตันและแยกของเสียออกมาได้ง่าย แต่ระบบนี้ยังอยู่ในช่องของการศึกษาข้อมูลอยู่
- (2.) ที่ถังพักล่าง ติดตั้งตัวดูดตะกอน ซึ่งในประเทศไทยมีระบบที่นิยมใช้อยู่หลายระบบ แต่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับระบบของเรา ซึ่งมีขนาดเล็กและมีน้ำไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา และเป็นตะกอนที่มีขนาดเล็ก
- (3.) ถังน้ำเข้า ถังน้ำเข้าจะเป็นอีกที่หนึ่งที่มีตะกอนขนาดใหญ่และไขมันสะสมอยู่มาก และจะทำให้เกิดการอุดตัน

ตัวอย่างระบบการแยกของเสียออกจากระบบมีดังต่อไปนี้

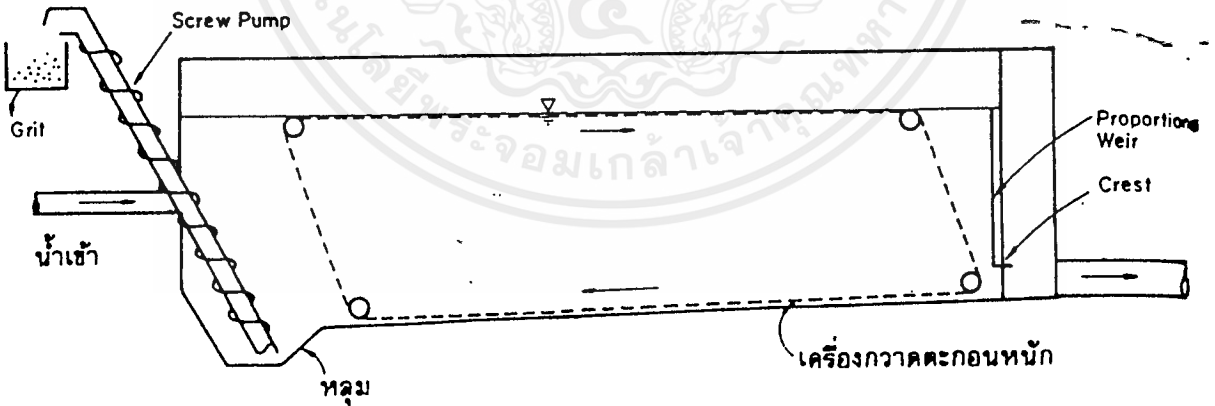
1. ถังกำจัดตะกอนหนัก ดังรูป 6.1, 6.2 และ 6.3



(ก.)



(ข.)



(ค.)

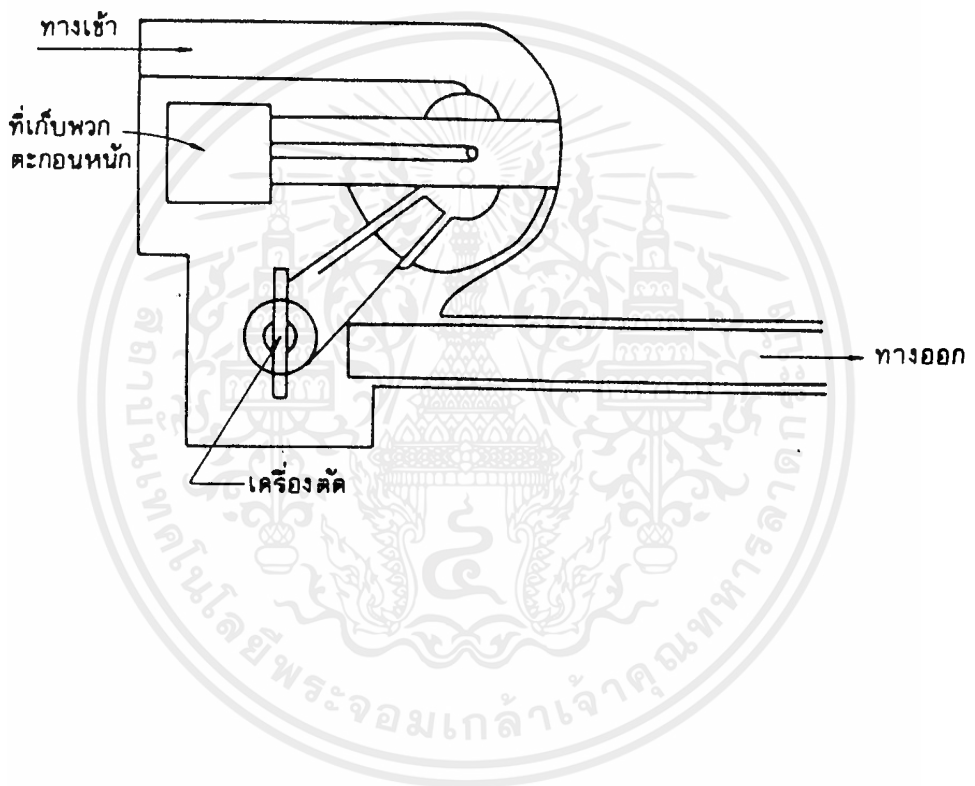
รูปที่ 6.1 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

(ก) ภาพด้านบน

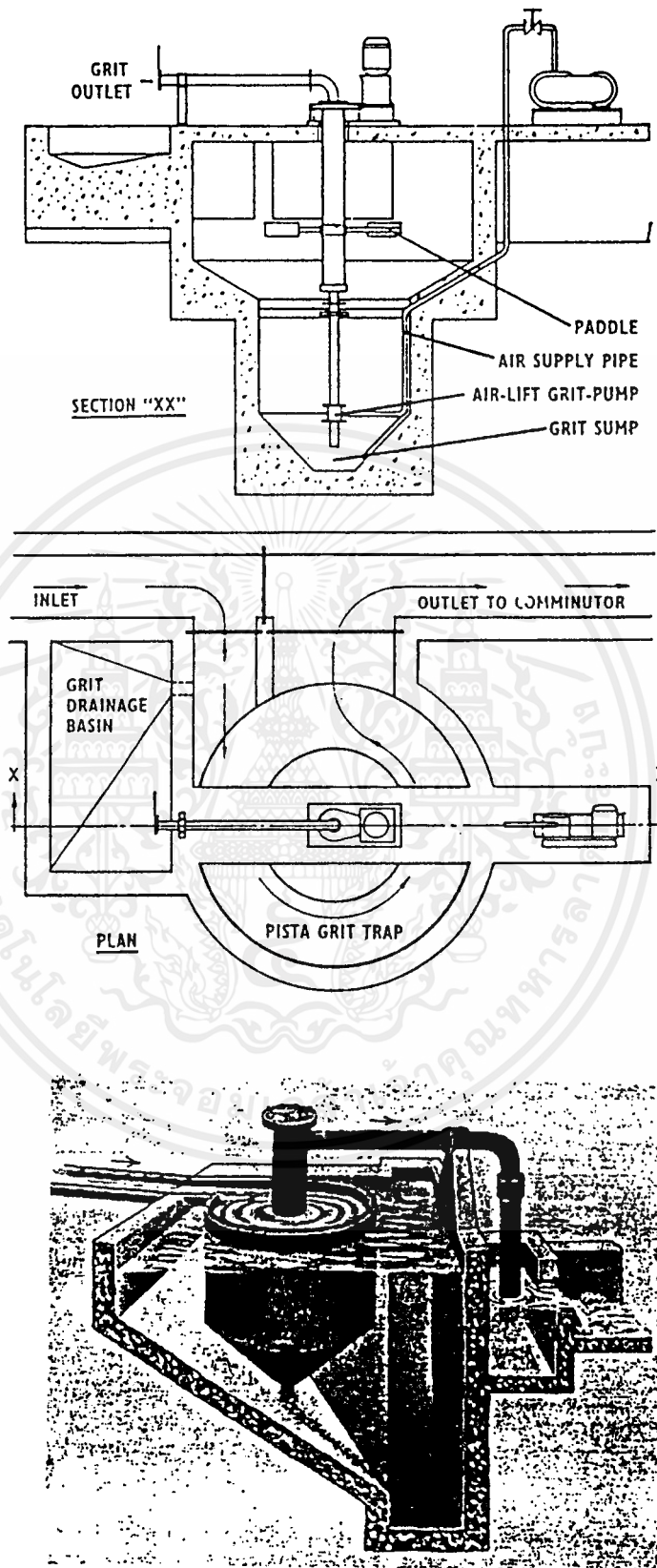
(ข) ภาพด้านข้าง

(ค) ภาพอธิบายการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



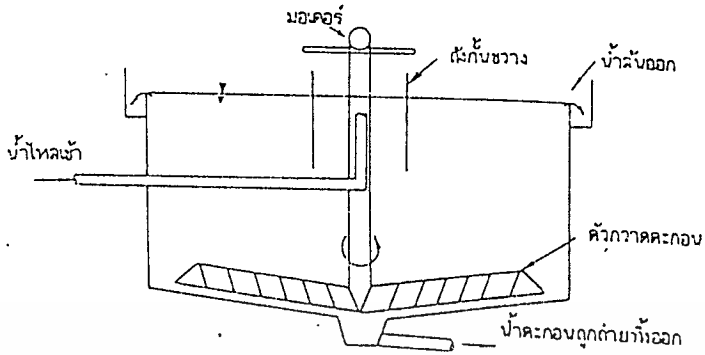
รูปที่ 6.2 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบวงกลม



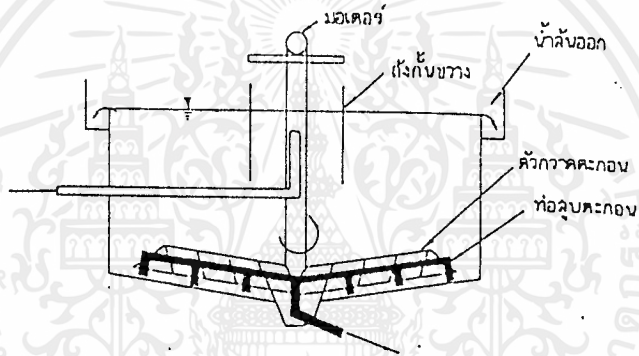
รูป 6.3 ถังกำจัดตะกอนหนักที่ใช้ระบบเป่าอากาศ(Aerated grit chamber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

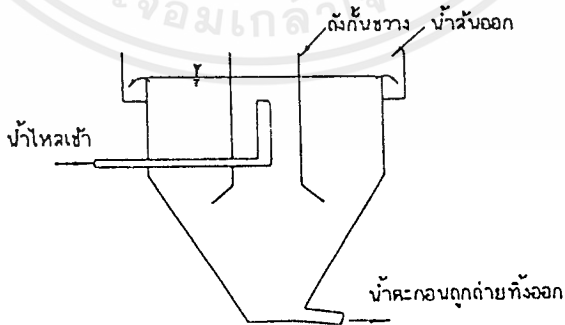
2. ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวตั้ง ดังรูป 6.4



(ก.)แบบมีระบบกวาดตะกอน



(ข.)แบบมีระบบกวาดและระบบสูบลตะกอน

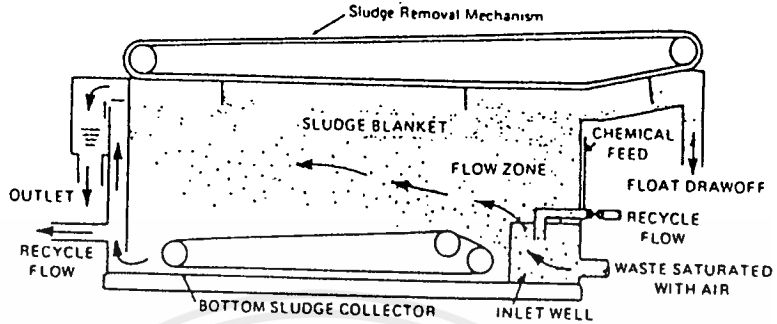


(ค.)แบบมีระบบสูบลตะกอน(มีความลาดเอียงสูง)

รูป 6.4 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวตั้ง

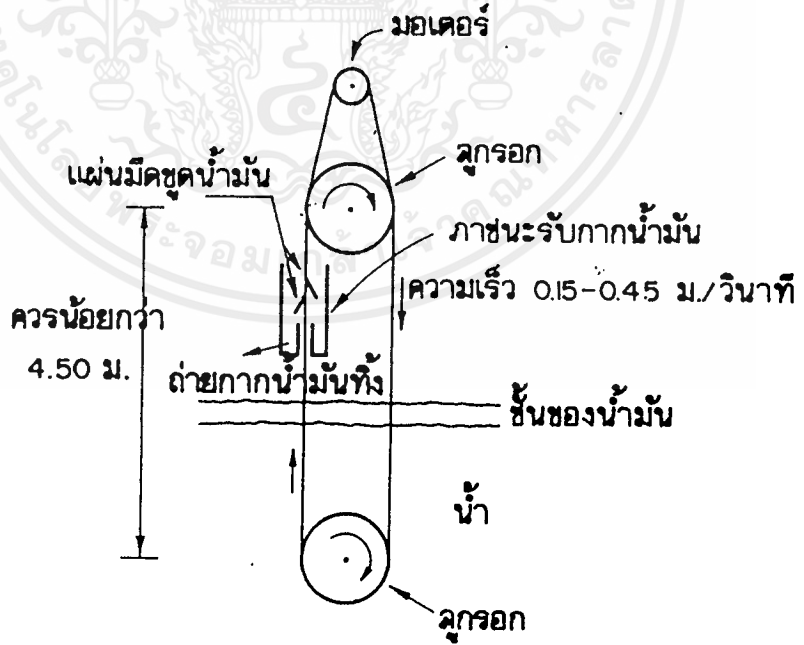
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบกวนให้ตะกอนลอยแล้วใช้ตัวกวาดที่ผิวน้ำ ดังรูป 6.5



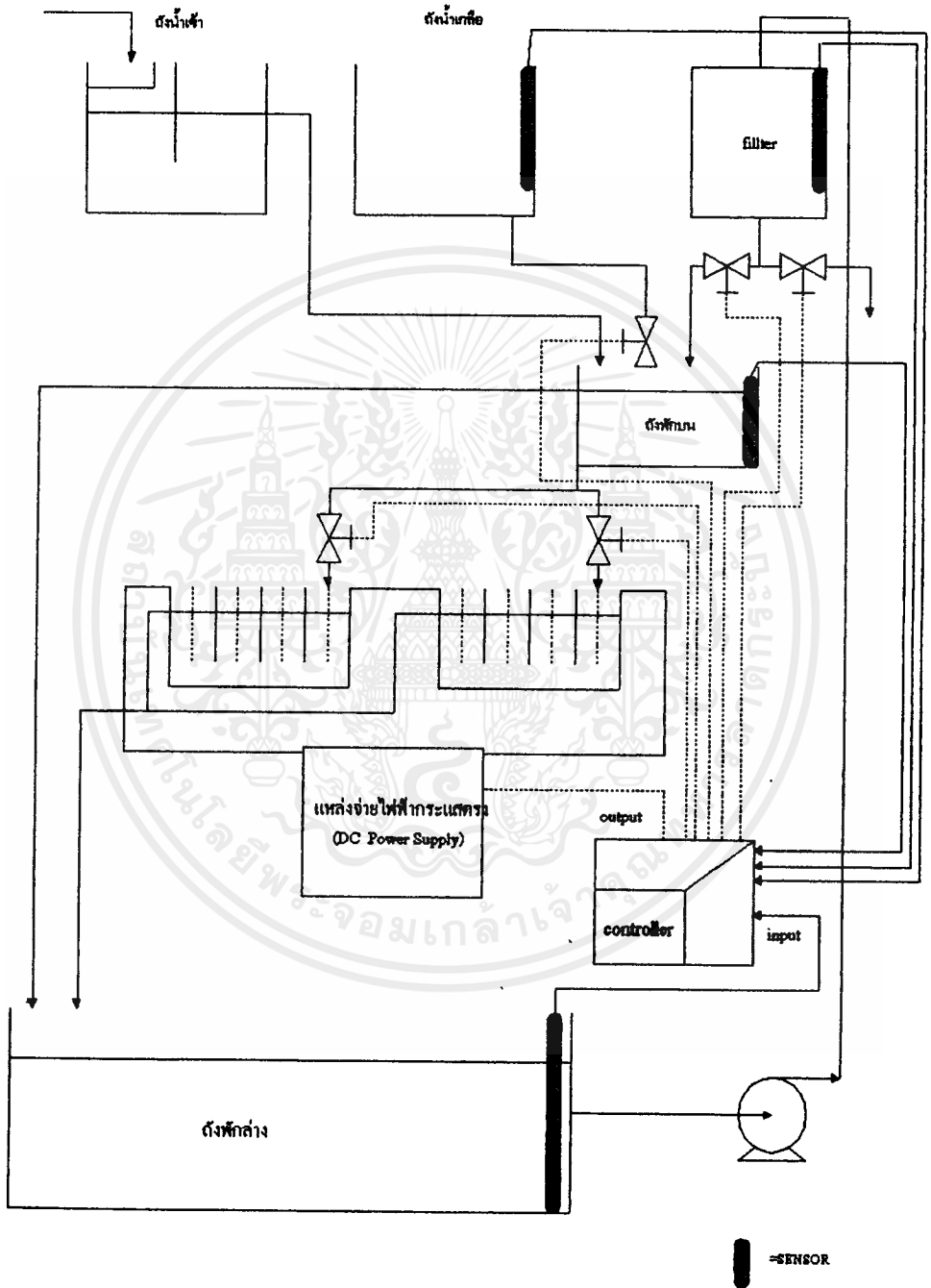
รูป 6.5 ระบบกวนให้ตะกอนลอย

4. เครื่องกวาดไขมัน ดังรูป 6.6



รูป 6.6 เครื่องกวาดไขมันแบบ Belt Skimmers

- 2.) การควบคุมระบบด้วยไฟฟ้า จากการทำงานของแบบจำลองเครื่องบำบัดน้ำเสีย อัตราการไหลที่วาล์วต่างๆจะไม่แน่นอน ซึ่งในการนำไปใช้งาน ควรจะมีระบบที่ควบคุมโดยอัตโนมัติทั้งหมด โดยรับข้อมูลจากเซนเซอร์ที่จุดต่างๆซึ่งจะบ่งบอกระดับน้ำและอัตราการไหลที่จุดต่างๆมาประมวลผลและควบคุมการไหลของวาล์วแต่ละตัวให้ทำงานสัมพันธ์กัน รวมถึงควบคุมการจ่ายพลังงานของแหล่งจ่ายไฟให้เหมาะสม มีชุดแสดงผลการทำงานของตัวเครื่องและมีสัญญาณเตือนเมื่อมีการขัดข้อง แสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ ดังรูปที่ 6.7
- 3.) เครื่องจำลองที่เราได้ออกแบบมา ได้ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายและราคาถูกซึ่งอาจมีรูปร่างที่ไม่สวยงามและเมื่อนำมาต่อกับท่อน้ำ อาจมีการรั่วซึมของน้ำที่จุดต่างๆได้ง่าย และจากขณะที่ไม่ได้ออกแบบเอง ทำให้เมื่อนำมาต่อรวมกัน ตัวเครื่องจึงขนาดใหญ่ ดังนั้น ในการที่จะสร้างใช้งานจริงควรออกแบบสร้างถึงพักและส่วนต่าง ๆ เอง เพื่อจะได้ขนาดที่เหมาะสมและมีความแข็งแรงทนทานในการใช้งาน
- 4.) ในเครื่องที่เราออกแบบและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากการใช้วาริแอก (Variac) ปรับค่าต่อกับวงจรเรียงกระแสและตัวเก็บประจุ ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับใช้ในการทดลองมากกว่าในการใช้งานจริง แต่เมื่อใช้งานจริงจะมีปัญหาคือ
- วาริแอกมีขนาดเล็กเกินไป ไม่สามารถจ่ายกระแสขนาดสูงมากๆ ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียหาย
 - วาริแอกไม่มีการแยกกราวด์ ดังนั้น ต้องระวังในการต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับให้ถูกด้าน ถ้าต่อผิดจะทำให้มีกระแสไฟฟ้ารั่วภายในตัวเครื่อง ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ รวมทั้งทำให้เกิดความสิ้นเปลือง เนื่องจากสูญเสียกระแสไฟฟ้า ดังนั้นในเครื่องที่ใช้งานจริงจะต้องมีการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นมาสำหรับเครื่องโดยเฉพาะเพื่อให้เหมาะสมในการนำไปใช้งาน
- 5.) วัสดุที่ได้นำมาใช้ทำแผ่นเพลทยังเป็นวัสดุที่ราคาสูงและหาจ่าย เมื่อนำไปใช้งานจะเกิดการสึกหรอมาก ต้องทำการซ่อมบำรุงบ่อยครั้ง จากศึกษาพบว่า ในเครื่องมือที่ทำงานในลักษณะเดียวกันนี้ ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป เช่น เครื่องผลิตคลอรีนในสระว่ายน้ำ, เครื่องสกัดทองแดงจากแร่ธรรมชาติ จะใช้วัสดุที่มีราคาสูงมาก ซึ่งใช้งานได้ดีกว่า เช่น โททาเนียม, พลาทินัม, แผ่นแกรไฟต์ ดังนั้นในการใช้งานจริง ควรจะเปลี่ยนชนิดของสารที่นำมาใช้ทำเพลทเสียใหม่



รูปที่ 6.7 ระบบการควบคุมด้วยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6.) เนื่องจากเครื่องมือที่เราออกแบบจะต้องทำงานร่วมกับน้ำ จึงอันตรายในการที่จะติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากหากมีความผิดพลาด เช่น น้ำรั่ว ชิม หรือกระเด็น อาจทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ในการใช้งานควรติดตั้งระบบไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยมากขึ้น





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เรื่อง กำหนดคุณภาพลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดคุณภาพลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ด้วยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดคุณภาพลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ข้อ 2 (15), (16), (17) ได้ระบุให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่จะกำหนดคุณภาพลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ซึ่งได้แก่ ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ค่า ที เค เอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) และค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ให้แตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศฉบับดังกล่าวได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม

ฉะนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณภาพลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่องกำหนดคุณภาพลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ค่าบีโอดี ((Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 คือ

- 1.1 ลำดับที่ 4(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมีใช้สัตว์น้ำประเภทการฆ่าสัตว์
- 1.2 ลำดับที่ 9(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมตทีซ หรือหัวพืชประเภทการทำแป้ง
- 1.3 ลำดับที่ (10) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้ง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การผลิตวัตถุที่รับรองไว้ในคำราชา ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ

(2) การผลิตวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ ป่าไม้ ,บรรเทาภิภมา หรือป้องกันโรค หรือความเจ็บป่วยของมนุษย์ หรือสัตว์

(3) การผลิตวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับให้เกิดผลแก่สุขภาพ โครงสร้าง หรือการกระทำหน้าที่ใด ๆ ของร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขประกาศ แต่วัตถุตาม (1) หรือ (2) ไม่รวมถึงวัตถุที่มุ่งหมายสำหรับใช้เป็นอาหาร เครื่องกีฬา เครื่องสำอาง เครื่องมือ ที่ใช้ในการประกอบโรคศิลปะ และส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในการนั้น

1.10 ลำดับที่ 92 โรงงานห้องเย็น

ข้อ 2 ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร: สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 คือ

2.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหาร ประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร

2.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสม หรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

ข้อ 3 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 คือ

3.1 ลำดับที่ 13(2) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุง หรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร

3.2 ลำดับที่ 15(1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์

3.3 ลำดับที่ 22 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ค้าย และเส้นใยซึ่งมีใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(1) การหมัก คาร์บอนไซ์ สาง หวี รีด ปั่น อบ กวน นิคเกลียวกรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟลอก หรือข้อมเสี้ยนใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรทำทอหรือการเตรียมเส้นค้ายอื่นสำหรับการทอประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535

เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 14 แห่งกฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ที่ระบุว่า "ห้ามระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงานเว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างจนน้ำทิ้งนั้นมีลักษณะเป็นไปตามที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)" รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ดังนี้

ข้อ 1 คำจำกัดความ

น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ 2 น้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าไม่น้อยกว่า 5.5 และไม่มากกว่า 9.0

(2) ทึบใส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

2.1 ค่า ทึบใส ไม่มากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างกันที่

กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 น้ำดื่มที่รับมาจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำที่มีค่าความเค็ม (Salinity) มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า พีดีเอส ในน้ำดื่มจะมีค่ามากกว่าค่า พีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ ได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำดื่ม แหล่งรองรับน้ำดื่ม หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) โลหะหนักมีค่าดังนี้

4.1 ปรอท (Mercury)	ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.2 เซเลเนียม (Selenium)	ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.3 แคดเมียม (Cadmium)	ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.4 ตะกั่ว (Lead)	ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.5 อาร์เซนิก (Arsenic)	ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6 โครเมียม (Chromium)	
4.6.1 Hexavalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.6.2 Trivalent Chromium	ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.7 บาเรียม (Barium)	ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.8 นิกเกิล (Nickel)	ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.9 ทองแดง (Copper)	ไม่มากกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.10 สังกะสี (Zinc)	ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
4.11 แมงกานีส (Manganese)	ไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(8) สารประกอบฟีนอล (Phenols Compound) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (9) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (10) เพสทิไซด์ (Pesticide) ต้องไม่มี
- (11) อุณหภูมิ ไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส
- (12) สี ต้องไม่เป็นสีม่วงเข้มเขียว
- (13) กลิ่น ต้องไม่เป็นสีม่วงเข้มเขียว
- (14) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (15) ค่า บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 5 วัน ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (16) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด แต่ต้องไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
- (17) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่มากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ ขึ้นกับปริมาณน้ำทิ้ง แหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม แต่ต้องไม่มากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ 3 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 2 ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

- (1) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำทิ้ง ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)
- (2) การตรวจสอบค่า ทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง
- (3) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก นำใช้วิธีการดังนี้

4.1 การตรวจสอบค่าสังกะสี โคบอลต์ ทองแดง แคดเมียม แมงกานีส ตะกั่ว นิกเกิล และแมงกานีส นำใช้วิธีอะตอมิก แอมบ์ซัน สเปกโตรโฟโตเมทรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดโคเรคชั่นเฟรช (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัมเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.2 การตรวจสอบค่าอาร์เซนิก และเซเลเนียม นำใช้วิธีอะตอมิกแอมบ์ซัน สเปกโตรโฟโตเมทรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์ เจเนอเรชัน (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสมา อีมิสชัน สเปกโตรสโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัมเพิล พลาสมา (Inductively Coupled Plasma : ICP)

4.3 การตรวจสอบค่าปรอท นำใช้วิธีอะตอมิกแอมบ์ซัน โคลด์ วาเปอร์ เทคนิค (Atomic Absorption Cold Vapour Technique)

(5) การตรวจสอบค่าซิลิเกต นำใช้วิธีการไทเทรต (Titrate)

(6) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ นำใช้วิธีคลั่งและตามด้วยวิธีไนทริน บาร์บิทูริกแอซิด (Pyridine-Barbituric Acid)

(7) การตรวจสอบค่าฟอร์มาลดีไฮด์ นำใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)

(8) การตรวจสอบค่าสารประกอบนิออล นำใช้วิธีกลั่น และตามด้วยวิธี 4-อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4-Aminoantipyrine)

(9) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ นำใช้วิธีไอโอดิเมทริก (Iodometric Method)

(10) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ นำใช้วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas-Chromatography)

(11) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ นำใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(12) การตรวจสอบค่าบีโอดีและไบโอดี นำใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลายหลาย แล้วแยกหาบีโอดีของ บีโอดีและไบโอดี

(13) การตรวจสอบค่าพีไอดี นำใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide Modification)

อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมให้ความเห็นชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(14) การตรวจสอบค่าที่เคเอ็น ให้ใช้วิธีเจลดาค์ล (Kjeldahl)

(15) การตรวจสอบค่าซีโอที ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยปอตัสเซียม ไดโครเมต (Potassium Dichromate digestion)

ข้อ 4 การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ตามข้อ 3 จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หรือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

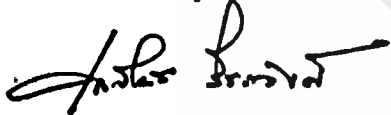
ประกาศ ณ วันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2539

ไชยวัฒน์ สินสุวงศ์

(นายไชยวัฒน์ สินสุวงศ์)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

สำเนาถูกต้อง



(นายเสถียร วีระวงศ์)

เจ้าหน้าที่บริหารงานธุรการ 5

ประกาศราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 113 ตอนที่ 52 ง วันที่ 27 มิถุนายน 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

บริษัท พรีเมียร์ โปรดักส์ จำกัด เอื้อเพื่อข้อมูลในการทำโปรเจก

บริษัท Magic Pool จำกัด เอื้อเพื่อข้อมูลในการทำโปรเจก

บริษัท ยูนิเทค จำกัด ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำ

บริษัท บี.แอล.ที. แอสโซซิเอทส์ จำกัด ให้ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

บริษัท ชรรมสรย์ ให้ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียที่ประเทศไทยนิยมใช้

โรงพยาบาลสมิติเวช

โรงพยาบาลรามคำแหง

โรงพยาบาลลาดพร้าว

โรงพยาบาลพญาไท 1

โรงพยาบาลพญาไท 2

โรงพยาบาลพญาไท 3

พีศศิโรจน์ ให้ข้อมูลเบื้องต้นและชี้ทางสว่าง

พีรัชกฤษณ์ ช่วยตรวจสอบคุณภาพน้ำและให้คำแนะนำดีๆ

อาจารย์อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ ให้ข้อคิดในการทำงานต่างๆ

อาจารย์ประภาส ไพรสุวรรณ ความรู้เพิ่มพูนทุกครั้งที่ได้ปรึกษา

อาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาดีๆ

Database Research Center ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้ใช้สถานที่ทำรายงาน

ขอบคุณทุกคนในโลกที่มีส่วนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์.....



เอกสารอ้างอิง

- [1] Soli J. Arceivala , “ Wastewater Treatment for Pollution Control” , New Delhi ,
India.
- [2] Nicholas P. Cheremisinoff and Paul N. Cheremisinoff , “Water Treatment and
Waste Recovery Advanced Technology and Applications” , New Jersey.
- [3] Edward J. Martin and Edward T. Martin , “Technologies for Small Water and
Wastewater Systems” , New York.
- [4] H.H. Rump and H. Krist , “Laboratory Manual for the Examination of Water ,
Waste Water , and Soil” , New York.
- [5] G. Nikoladze , D. Mints and A. Kastalsky , “Water Treatment for Public and
Industrial Supply” , Moscow.
- [6] ดร.พิมต เวียนวัฒนา และ ดร.ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์ , “เคมีสิ่งแวดล้อม” , สำนักพิมพ์
ไอเดียนสโตร์ , กรุงเทพฯ , 2539.
- [7] ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , “วิศวกรรมกรรมการกำจัดน้ำเสีย 2” , มิตรนราการพิมพ์ ,
กรุงเทพฯ , 2539.
- [8] คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาเคมี , “เคมี 2” , อักษรเจริญทัศน์ ,
กรุงเทพฯ , 2540.
- [9] นันทเกียรติ สุทธิธรรม และ ชัยยุทธ หาญโสภณวรรณกุล , “วิทยานิพนธ์ เรื่อง Water
Purification System” , ปีการศึกษา 2522-2523.