

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
สัญลักษณ์ และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	4
การตรวจเอกสาร	5
โครเมียม	5
การปนเปื้อนของโครเมียมสู่สิ่งแวดล้อม	7
ความเป็นพิษ	9
การใช้ประโยชน์จากโครเมียม	10
คุณลักษณะน้ำเสียโครเมียม	11
วิธีการกำจัดโครเมียมในน้ำเสีย	14
หลักการทำงานของกระบวนการไฟฟ้าเคมี	18
ระบบบำบัดโดยวิธีตกตะกอนด้วยไฟฟ้าเคมี	31
ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการกำจัดโครเมียม	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
อุปกรณ์และวิธีการ	45
เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย	45
สภาวะที่ใช้ในการทดลอง	50
ขั้นตอนและวิธีการ	50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลและวิจารณ์	56
ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดโครเมียมด้วยระบบ Electro-Chemical and Electro Flotation Process	56
ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดตะกอน	69
ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดก๊าซไฮโดรเจน	85
ระดับ pH ของน้ำที่ผ่านออกจากระบบ ECF	93
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบ ECF	97
สรุปและข้อเสนอแนะ	104
สรุปผลการทดลอง	104
ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดโครเมียมในระบบ ECF แบบต่อเนื่อง	104
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดตะกอนในระบบ ECF แบบต่อเนื่อง	106
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ ECF แบบต่อเนื่อง	107
ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมของระบบ ECF แบบต่อเนื่อง	108
ข้อเสนอแนะ	109
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	110
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลองระบบ ECF	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสารประกอบโครเมียม	6
2 การใช้สารประกอบโครเมียมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ	11
3 คุณลักษณะน้ำทิ้งจากโรงชุบโลหะในเขตกรุงเทพมหานคร	12
4 คุณลักษณะน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะขนาดเล็กในประเทศฟิลิปปินส์	13
5 ปฏิกริยาเคมีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการกำจัดโครเมียม	16
6 ปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในการกำจัดโครเมียม 1 มก/ล(ตามทฤษฎี)	16
7 ระดับโออาร์พี และระดับพีเอช ที่เหมาะสมในการรีดิวส์โครเมียม	17
8 ความหมายของเครื่องหมาย ΔG และ ΔE	21
9 ตัวอย่างศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของอิเล็กโตรดที่ 25 องศาเซลเซียส	22
10 โลหะและค่าการเป็นสื่อนำไฟฟ้า	30
11 อัตราการไหลแสดงการไหลของน้ำเสียเข้าและออกถังปฏิกิริยา	49
12 แสดงระยะห่างระหว่างขั้ว จำนวนแผ่นและพื้นที่ผิวที่ใช้เป็นขั้วคาโทดและแอโนด	51
13 ปริมาณของกระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่ผิวของแผ่นขั้วไฟฟ้าที่ใช้ทดลอง	52
14 วิธีการตรวจวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ	54
15 ผลการทดลองการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ของระบบ ECF	57
16 ผลการทดลองการเกิดตะกอนในระบบ ECF	70
17 ผลการทดลองแสดงอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ	85
18 แสดงการใช้พลังงานในการกำจัดโครเมียมที่สภาวะต่าง ๆ	90
 ตารางผนวกที่	
ก1 ตารางแสดงข้อมูลการทดลองระบบ ECF	120

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรโครเมียม	8
2	บทบาทของพีเอชที่มีต่อการสร้างตะกอนแข็งของโครเมียม (Cr^{+3})	14
3	คุณสมบัติและรูปแบบของ Cr^{+3} ที่ละลายน้ำ	15
4	องค์ประกอบที่เกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี	19
5	ความสัมพันธ์ของ pH กับความสามารถของเหล็กที่ละลายน้ำ	29
6	ค่า pH-potential ไดอะแกรมสำหรับเหล็ก	29
7	การจัดเรียงอิเล็กโทดแบบโมโนโพลาร์-เซลล์เดียว	32
8	การจัดเรียงอิเล็กโทดแบบโมโนโพลาร์-แบบต่อเนื่อง	32
9	การจัดเรียงอิเล็กโทดแบบโมโนโพลาร์-แบบต่อเนื่องนาน	33
10	การจัดเรียงอิเล็กโทดแบบไบโโนโพลาร์-แบบต่อเนื่องนาน	34
11	ตัวอย่างเครื่องตกตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	36
12	ถึงปฏิกิริยา Electro-Chemical and Electro-Flotation	46
13	การต่อวงจรไฟฟ้าและปั๊มสูบน้ำเสียของถึงปฏิกิริยา ECF	47
14	การจัดเรียงขั้วแบบโมโนโพลาร์ หลายเซลล์ แบบต่อเนื่องนานที่ใช้ในการทดลอง	48
15	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองระบบ ECF	52
16	ขั้นตอนการศึกษาวิจัยการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบ ECF	55
17	ผลของอัตราไหลของน้ำเสียต่อการกำจัดโครเมียมจากระบบ ECF	61
18	ผลของระยะห่างระหว่างขั้วต่อการกำจัดโครเมียมของระบบ ECF	99
19	ผลของกระแสไฟฟ้าต่อการกำจัดโครเมียมของระบบ ECF	65
20	ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในระบบ ECF ตามช่วงเวลาเดินระบบ	67
21	ผลของอัตราไหลของน้ำเสียต่อการเกิดตะกอนในระบบ ECF	73
22	ผลของอัตราไหลของน้ำเสียต่อสัดส่วนตะกอนลอยต่อตะกอนหนัก	74
23	ผลของระยะห่างระหว่างขั้วต่อการเกิดตะกอนในระบบ ECF	76
24	ผลของระยะห่างระหว่างขั้วต่อสัดส่วนตะกอนลอยต่อตะกอนหนัก	77
25	ผลของกระแสไฟฟ้าต่อการเกิดตะกอนในระบบ ECF	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
26 ผลของกระแสไฟฟ้าต่อสัดส่วนตะกอนลอยต่อตะกอนหนัก	81
27 อัตราการเกิดตะกอนในระบบ ECF ตามช่วงเวลาการเดินระบบ	82
28 ผลของอัตราการไหลต่อการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ ECF	86
29 ผลของระยะห่างระหว่างขั้วต่อการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ ECF	87
30 ผลของกระแสไฟฟ้าต่อการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ ECF	88
31 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนในระบบ ECF ตามช่วงเวลาการเดินระบบ	89
32 พลังงานที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมที่ระยะห่างระหว่างขั้วต่าง ๆ	94
33 พลังงานที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมที่กระแสไฟฟ้าต่าง ๆ	96
34 พลังงานที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมที่อัตราการไหลของน้ำเสียต่าง ๆ	101
35 พลังงานที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมที่ระยะห่างระหว่างขั้วต่าง ๆ	102
36 พลังงานที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมที่กระแสไฟฟ้าต่าง ๆ	103

สัญลักษณ์และคำย่อ

Ag	เงิน
Amp	แอมแปร์
A	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)
Al	อลูมิเนียม
BECP	การตกตะกอนทางไฟฟ้าเคมีแบบสองขั้ว (Bipolar electrochemical precipitation)
cm	เซนติเมตร
Cc	ความเข้มข้น (mole/cm^3)
Cl^-	คลอไรด์ไอออน
Cr^{3+}	โครเมียมประจุ 3+ (Trivalent chromium ion)
Cr^{6+}	โครเมียมประจุ 6+ (Hexavalent chromium ion)
CH_3COOH	กรดอะซิติก (Acetic acid)
CH_3COONa	โซเดียมอะซิเตท (Sodium acetate)
Cu	ทองแดง
d	วัน
DC	ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current)
e^-	อิเล็กตรอน
E	ศักย์ไฟฟ้า (V)
ECP	การตกตะกอนไฟฟ้าเคมี (Electro-chemical precipitation)
EDTA	Ethylenediamine tetra acetate
Fe	เหล็ก
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	เฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ (Ferrous hydroxide)
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide)
g	กรัม
hr	ชั่วโมง
H	ไฮโดรเจน
H_2	ก๊าซไฮโดรเจน

สัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

H_2SO_4	กรดซัลฟิวริก
Hg	ปรอท
HCl	กรดไฮโดรคลอริก
HNO_3	กรดไนตริก
H^+	ไฮโดรเจน อีออน
inch	นิ้ว
i	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า
I	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
L	ความยาว
L	ลิตร
m	เมตร
mg	มิลลิกรัม
mm	มิลลิเมตร
ml	มิลลิลิตร
min	นาที
M	โมล
MECP	การตกตะกอนทางไฟฟ้าเคมีแบบขั้วเดียว (Monopolar electrochemical precipitation)
M^{n+}	โลหะไอออน
$\text{M}(\text{OH})_n$	ไฮดรอกไซด์ของโลหะ
NaCl	โซเดียมคลอไรด์
NaOH	โซเดียมไฮดรอกไซด์
NO_3^-	ไนเตรท
O	ออกซิเจน
OH^-	ไฮดรอกไซด์ อีออน
pH	ค่าความเป็นกรดด่าง

สัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

R	ความต้านทาน
s	วินาที
t	เวลา
V	โวลต์
w	วัตต์
kw-hr	วัตต์-ชั่วโมง
σ	ความนำไฟฟ้า
ρ	ความต้านทานจำเพาะ
Ω	โอห์ม
λ	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ
μg	ไมโครกรัม
μs	ไมโครวินาที