

การกำจัดซิลิกาในน้ำด้วยวิธีตกผลึกทางเคมี



นางสุมาลี ไชยพลชัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-137-1

011799

i 18034755

THE REMOVAL OF SILICA IN WATER BY CHEMICAL PRECIPITATION

MRS. SUMALEE DACHOPONCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF SANITARY ENGINEERING

GRADUATE SCHOOL

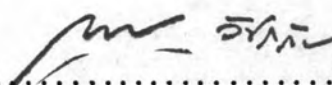
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1986

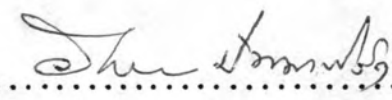
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดซิลิกาในน้ำด้วยวิธีตกผลึกทาง เหม
โดย นางสาวมาลี เดโชพลชัย
ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันซูลเวศม์

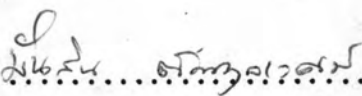


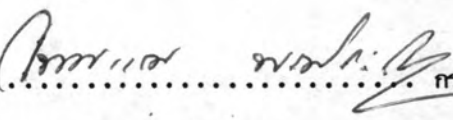
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

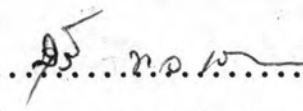

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วีรวัฒน ปัทมาภีร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันซูลเวศม์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพรรณ พรประภา)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุรี ชาวเอียร)

adjustment, insignificant increase in silica removal was obtained but however the quality of treated water was deteriorated. Cost analysis revealed magnesium compound to be best economically suitable for silica removal.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.มันสิน
ด้ยกุลเวศม์ ที่ท่านได้กรุณาแนะนำแนวทางการวิจัยและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ
ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และ คณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรม
สาขาภิบาลทุก ๆ ท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ รวมทั้งถ่ายทอดวิชา
ความรู้ต่าง ๆ

และ เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิต
วิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดขอแสดงความดีใจของวิทยานิพนธ์ ขอขอบให้ คุณพ่อคุณแม่และพี่ ๆ ซึ่งได้ส่งเสริม
การศึกษาของผู้ทดลองมาโดยตลอด และเป็นพี่ระลึก แต่ ครอบครัวและลูกสาวคนแรกของผู้วิจัย
ที่มีส่วนสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดเวลา



สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.5 กลไกการกำจัดขี้ดึกา	68
4.6 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกำจัดขี้ดึกา	81
4.7 การประเมินราคาสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดขี้ดึกา	86
4.8 การเลือกใช้สารเคมีในการปรับพีเอช	94
4.9 แนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้สารเคมีในการกำจัดขี้ดึกา	97
4.10 ความสำคัญของการกำจัดขี้ดึกาด้วยวิธีตกผลึกทางเคมี	101
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	102
5.1 สรุปผลการทดลอง	102
5.2 ข้อเสนอแนะในการทดลองที่น่าจะทำต่อไป	103
เอกสารอ้างอิง	104
ภาคผนวก	108
ประวัติผู้วิจัย	123

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ค่าการละลายของซิลิกาที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ	5
2.2	พีเอชที่เหมาะสมสำหรับสาร เคมีแต่ละชนิด	25
3.1	ระดับพีเอชที่ต้องการศึกษา	31
3.2	ระดับความเข้มข้นของสาร เคมีที่ต้องการศึกษา	31
3.3	ตัวแปรอิสระที่ใช้วิจัย	32
3.4	ระดับความเข้มข้นและชนิดของโพลีโอเล็กโทรไลต์ที่ต้องการศึกษา	33
3.5	ระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ปูนขาว เป็นสารปรับพีเอช	34
3.6	สารละลายเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	34
3.7	ตัวแปรตามที่ต้องการทำการวิเคราะห์	38
4.1	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิกาด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์ปริมาณความเข้มข้น ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM ที่พีเอชสารละลายในช่วง 9 ถึง 12	41
4.2	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิกาด้วยแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณความเข้มข้น ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM ที่พีเอชสารละลายในช่วง 9 ถึง 12	46
4.3	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิกาด้วยอลูมิเนียมซัลเฟตปริมาณความเข้มข้น ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM ที่พีเอชสารละลายในช่วง 5 ถึง 9	51
4.4	พีเอชและปริมาณสารเคมีที่ใช้กำจัดซิลิกา 60 มก/ล	54
4.5	ผลการทดลองการกำจัดซิลิกาด้วยสารเคมีต่าง ๆ ร่วมกับ PE 3 ชนิด ที่ปริมาณความเข้มข้น 0 ถึง 1 มก/ล	55
4.6	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิกาด้วยสารเคมีต่าง ๆ เปรียบเทียบระหว่างการใส่ NaOH และ Ca(OH) ₂ เพื่อปรับพีเอชสารละลาย	62
4.7	ราคาและความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ เมษายน 2529	86
4.8	สรุปปริมาณ และราคาสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดซิลิกา	93
4.9	การเปรียบเทียบราคาและปริมาณของการปรับพีเอชด้วยโซดาไฟและปูนขาว	96
4.10	สรุปผลการทดลองและประเมินราคา	96

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การละลายของซิลิกาที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ	6
2.2 โครงสร้างของ monosilicic acid	7
2.3 การละลายของซิลิกาขึ้นอยู่กับค่าพีเอช ที่อุณหภูมิ 25 ⁰	9
2.4 การแตกตัวของอนุพลซิลิเคตในสารละลายซิลิกาที่มีความเข้มข้น 120 มก/ล ที่พีเอชต่าง ๆ	10
2.5 ขั้นตอนการเกิดขบวนการโพลีเมอไรเซชันของซิลิกา	13
2.6 กลไกการดูดติดและลดเสถียรภาพ	18
2.7 กลไกโคแอกกูเลชันแบบกวาด	18
2.8 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชันโดยกลไกการเชื่อมต่อของโพลีเมอร์.....	19
2.9 อิทธิพลของ retention time	24
2.10 องค์ประกอบของสารต่าง ๆ ในน้ำที่มีพีเอชต่าง ๆ ในสภาวะสมดุลย์...	27
2.11 อิทธิพลของการหมุนเวียนตะกอนกลับมาใช้ใหม่	29
3.1 ถ้วยทดลองและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทำจาร์เทสต์.....	36
3.2 เครื่องจาร์เทสต์ที่ใช้ในการวิจัย	36
4.1 การโคเคชันระหว่าง NaOH กับน้ำสังเคราะห์ที่เติมแมกนีเซียมคลอไรด์ ปริมาณต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM	40
4.2 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดซิลิกาด้วยแมกนีเซียมคลอไรด์ ปริมาณ ต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM	42
4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ในน้ำที่ผ่านการกำจัดซิลิกาด้วย แมกนีเซียมคลอไรด์ที่พีเอชต่าง ๆ	44
4.4 การโคเคชันระหว่าง NaOH กับน้ำสังเคราะห์ที่เติมแคลเซียมคลอไรด์ ปริมาณต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 ถึง 6 mM	45
4.5 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดซิลิกาด้วยแคลเซียมคลอไรด์	47
4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ในน้ำที่ผ่านการกำจัดซิลิกาด้วย แคลเซียมคลอไรด์ที่พีเอชต่าง ๆ	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 การไตเตรชันระหว่าง NaOH กับน้ำสังเคราะห์ที่เติมอลูมิเนียมซัลเฟต ปริมาณต่าง ๆ ตั้งแต่ 1-6 mM	50
4.8 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดซิลิกาด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต	52
4.9 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่าง ๆ ในน้ำที่ผ่านการกำจัดซิลิกาด้วย อลูมิเนียมซัลเฟต ที่พีเอชต่าง ๆ	53
4.10 การเปรียบเทียบผลการกำจัดซิลิกาด้วยสารเคมีต่าง ๆ ร่วมกับ PE 3 ชนิด	56
4.11 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ เมื่อใช้ PE ร่วมกับ $MgCl_2$ 1 mM.	58
4.12 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ เมื่อใช้ PE ร่วมกับ $CaCl_2$ 4 mM.	59
4.13 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ เมื่อใช้ PE ร่วมกับ $Al_2(SO_4)_3$ 1 mM ..	60
4.14 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิการะหว่างการใช้ NaOH กับ $Ca(OH)_2$ เพื่อปรับพีเอช	63
4.15 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างการใช้ NaOH กับ $Ca(OH)_2$ ปรับพีเอชสารละลาย สำหรับการใช้ $MgCl_2$ กำจัดซิลิกา	65
4.16 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างการใช้ NaOH กับ $Ca(OH)_2$ ปรับพีเอชสารละลาย สำหรับการใช้ $CaCl_2$ กำจัดซิลิกา	66
4.17 การเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระหว่างการใช้ NaOH กับ $Ca(OH)_2$ ปรับพีเอชสารละลาย สำหรับการใช้ $Al_2(SO_4)_3$ กำจัดซิลิกา	67
4.18 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อซิลิกาและไอออนแมกนีเซียมที่เหลืออยู่ในน้ำ	70
4.19 ปริมาณสูงสุดของ Mg^{++} ที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีระดับพีเอชต่าง ๆ	71
4.20 ปริมาณสูงสุดของ Mg^{++} ที่ละลายอยู่ในน้ำที่มี OH^- ในระดับต่าง ๆ	71
4.21 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อซิลิกาและไอออนของแคลเซียมที่เหลืออยู่ในน้ำ	73
4.22 ปริมาณสูงสุดของ Ca^{++} ที่ละลายอยู่ในน้ำที่มี OH^- ในระดับต่าง ๆ	74
4.23 อิทธิพลของพีเอชที่มีต่อซิลิกาและไอออนของอลูมิเนียมที่เหลืออยู่ในน้ำ	78

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24	Stabilit Diagram ของสารส้มในน้ำที่ไม่มีความขุ่น 79
4.25	การละลายน้ำของโลหะ Mg^{++} , Ca^{++} และ Al^{+3} ที่มีความ เข้มข้น 1 ถึง 6 mM ที่อุณหภูมิ $27^{\circ}C$ 80
4.26	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดซิลิกาที่พีเอชเหมาะสมของแต่ละสาร.. 82
4.27	เปอร์เซ็นต์การกำจัดซิลิกาเปรียบเทียบกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ 83
4.28	อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดซิลิกา 84
4.29	การปรับพีเอชให้เป็นกลางด้วยค่าแอมป์และค่าอ่อน 95
4.30	การเปรียบเทียบตัวแปรค่าต่าง ๆ ระหว่างการใช้ $MgCl_2$, $CaCl_2$ และ $Al_2(SO_4)_3$ ในการกำจัดซิลิกา 99
ผ-1	ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของโพลีเมอร์ที่มีประจุต่างกัน 110