

**การศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสาร
แขวนลอย ในน้ำเสียของโรงงานผลิตถังกะลีส**

นางสาววิลาณี จันตะนา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2552

**A Study of Optimal Lime and Polymer Used to Treat Suspended Solid
in Wastewater of Zinc Industry**

Miss Wilanee Jantana

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2009

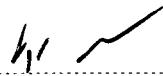
หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลีเมอร์ที่เหมาะสมใน
การบำบัดสารแขวนลอยในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี
ชื่อและนามสกุล นางสาววิลาณี จันทะนา
แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นชอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ
ฉบับนี้แล้ว



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ อนุมัติให้รับการศึกษา
ค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช



(รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

วันที่ 17 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

ชื่อการศึกษา คั่นคว่ำอิสระ การศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสารแขวนลอย ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี

ผู้ศึกษา นางสาว วิลาณี จันตะนา **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี **ปีการศึกษา** 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาคั่นคว่ำอิสระนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ ที่เหมาะสมในการบำบัดสารแขวนลอย ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีแห่งหนึ่ง และเพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี

วิธีการดำเนินการวิจัยจะทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสีย โดยใช้อุปกรณ์ทดสอบการตกตะกอน เพื่อหาค่าสารแขวนลอยในน้ำ ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม มีวิธีการดังนี้ คือ เติมปูนขาว ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างน้ำเสียปริมาตร 600 มิลลิลิตร 4 ตัวอย่าง แล้วควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 9-10 โดยใช้ โซดาไฟ ความเข้มข้น 50 % ทำการกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 145 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติม โพลิเมอร์ ความเข้มข้น 0.5% ปริมาตร 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ทำการกวนช้า ด้วยความเร็วรอบ 29 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตะกอนตก แล้วทำการแยกน้ำใสออกจากตะกอน นำไปหาค่าสารแขวนลอยในน้ำ (SS) จากนั้นทดลองซ้ำ จนครบ 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาร้อยละการกำจัดสังกะสีในน้ำเสียดังกล่าว

ผลการศึกษาทำให้ทราบว่า ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี คือ ใช้ 10%ปูนขาว 3 มิลลิลิตร 0.5%โพลิเมอร์ 3 มิลลิลิตร ในตัวอย่างน้ำเสีย 600 มิลลิลิตร ทำให้น้ำที่บำบัดได้มีลักษณะใส ค่าสารแขวนลอยในน้ำ(SS) เฉลี่ยเท่ากับ 39 มิลลิกรัมต่อลิตร ร้อยละการกำจัดสังกะสีในน้ำเสีย เท่ากับ 93.71%

จากการศึกษาดังกล่าวมีข้อเสนอแนะดังนี้คือ ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมกับน้ำเสียในแต่ละช่วงที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต และควรทำการศึกษารามีเตอร์อื่นๆ ควบคู่ไปด้วย

คำสำคัญ น้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี การทดสอบการตกตะกอน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากบุคลากรหลายๆ ท่าน
ในบริษัท ราชสิมาผลิตเหล็ก จำกัด ดังนั้นจึงขอขอบคุณแต่ละท่านดังนี้

คุณช่อ และคุณนงเยาว์ จันตะนา ขอขอบพระคุณที่ช่วยให้ทุนการศึกษา และเป็น
กำลังใจที่ดีเสมอมา

คุณธรรรงค์ เพชรช่วย ตำแหน่ง ผู้จัดการโรงงานสังกะสี CGL#3 บริษัท ราชสิมา
ผลิตเหล็ก จำกัด

คุณธนา เกิดสนอง ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายเทคนิค ผู้จัดการโรงงานสังกะสี CGL#3
บริษัท ราชสิมาผลิตเหล็ก จำกัด

ขอขอบคุณที่ช่วยสนับสนุนการทำการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นอย่างมาก ที่เอื้อเพื่อ
สถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่ใช้ในการทดสอบ

คุณวีระวุฒิ ลิ้มตระกูล ผู้จัดการฝ่ายคลังสินค้าและ QC สายงานเหล็กเส้น บริษัท ราชสิมา
ผลิตเหล็ก จำกัด ที่คอยให้กำลังใจ, ให้คำแนะนำ และเป็นที่ปรึกษาที่ดีเสมอมา

คุณอรุณกรณ์ แจ่มกลาง ตำแหน่ง โฟร์แมนบำบัดน้ำเสีย ขอขอบคุณที่ช่วยเตรียม
สารเคมี และเก็บตัวอย่างน้ำเสียส่งทดสอบ

คุณณัฐพล ศรีรัมย์ ตำแหน่ง โฟร์แมนบำบัดน้ำเสีย และทีมงาน ขอขอบคุณที่ช่วย
ทำการทดลอง จัดเตรียมสถานที่ และอำนวยความสะดวกต่างๆ

รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำแนะนำและเป็น
ที่ปรึกษาที่ดีเสมอมา

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้จะใช้เป็นแนวทางและมีประโยชน์ใน
การนำไปปฏิบัติงานต่อไป

วิลาณี จันตะนา

ตุลาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การศึกษา	8
ตัวแปรที่ศึกษา	8
กรอบความคิดทางทฤษฎี	9
ประเภทของการศึกษาค้นคว้าอิสระ	9
ประเด็นปัญหาที่ศึกษา	9
ขอบเขตการศึกษา	10
รูปแบบและวิธีการศึกษา	10
คำจำกัดความ	12
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	12
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	13
อุตสาหกรรมการผลิตสังกะสี	13
ระบบบำบัดน้ำเสียวิธีเคมี	14
COAGULATION และ FLOCCULATION ในการลดค่าสารแขวนลอย	17
การบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตสังกะสี	20
คุณภาพน้ำที่ศึกษา	23
Jar Test	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	29
เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	29
สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	30
การเตรียมสารเคมี	31
วิธีการทดลอง	31
การวิเคราะห์ข้อมูล	33
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
ผลการศึกษาทดลองทำ Jar Test.....	34
การทดลองทำ Jar Test.....	34
การทดลองทำ Jar Test ซ้ำ ครั้งที่ 2.....	38
การทดลองทำ Jar Test ซ้ำ ครั้งที่ 3	41
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	44
สรุปผลการวิจัย	44
อภิปรายผล	46
ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	50
ก การเตรียมสารเคมี.....	51
ข ผลกรวดน้ำโรงงานสังกะสี.....	53
ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
ง Certificate.....	65
ประวัติผู้ศึกษา	69

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ความเข้มข้นและปริมาณปูนขาวและ โพลีเมอร์ที่ใช้ทดลอง	10
ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักโดยการเติมปูนขาว	17
ตารางที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อเติม Coagulant ในระบบบำบัดน้ำเสีย ชีววิทยาต่างๆ	19
ตารางที่ 2.3 ประโยชน์ของข้อมูลค่าปริมาณของแข็งที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย	23
ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ทดลอง	29
ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1	34
ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1	35
ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1	36
ตารางที่ 4.4 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1	37
ตารางที่ 4.5 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2	38
ตารางที่ 4.6 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2	39
ตารางที่ 4.7 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2	40
ตารางที่ 4.8 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3	41
ตารางที่ 4.9 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3	42
ตารางที่ 4.10 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3	43
ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณปูนขาวและ โพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัด สารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของ โรงงานผลิตสังกะสี	44
ตารางที่ 5.2 คำนวณหา %Removal	45

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงจุดกำเนิดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต.....	2
ภาพที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี.....	5
ภาพที่ 1.3 แสดงขั้นตอนการตกตะกอนน้ำเสียของโรงงานสังกะสี.....	6
ภาพที่ 1.4 ความสามารถในการละลายของโลหะซัลไฟด์และโลหะหนักซัลไฟด์ ที่ระดับ pH ต่างๆ.....	7
ภาพที่ 1.5 รูปแบบโครงร่างการศึกษา.....	11
ภาพที่ 2.1 แสดงแผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นอบสังกะสี.....	13
ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสังกะสี.....	22
ภาพที่ 2.3 แสดงเครื่อง Jar Test.....	26
ภาพที่ 3.1 รูปเครื่อง Jar Test.....	30
ภาพที่ 3.2 ตู้อบ.....	30
ภาพที่ 3.3 ตู้แช่.....	31
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างน้ำที่เก็บวิเคราะห์.....	31
ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการทดลอง.....	32
ภาพที่ 4.1 ทดลองทำ Jar Test.....	35
ภาพที่ 4.2 ทดลองทำ Jar Test.....	36
ภาพที่ 4.3 ทดลองทำ Jar Test.....	37
ภาพที่ 4.4 ทดลองทำ Jar Test.....	38

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในขณะเดียวกันน้ำก็เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาเศรษฐกิจขั้นพื้นฐาน เช่น การชลประทาน การประมง การสาธารณสุข โภค การอุตสาหกรรม การคมนาคม และพลังงาน ตลอดจนการระบายของเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งของมลพิษทางน้ำเป็นปัญหาใหญ่ซึ่งกระทบกระเทือนต่อภาวะสิ่งแวดล้อมของโลก เพราะทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ยังผลให้กระทบกระเทือนของการดำรงชีวิตของคน สัตว์และพืช เมื่อเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้นไม่ว่าจะเกิดจากเรื่องน้ำเสีย อากาศเสียหรือดินเสียก็ยากที่จะแก้ไขให้มันกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ โดยอาจต้องใช้เวลายาวนาน หรือใช้เงินจำนวนมาก

น้ำเสียเป็นน้ำที่ไหลมาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ แหล่งเพาะปลูก แหล่งเลี้ยงสัตว์ การอุตสาหกรรม และจากชุมชนทั่วไป ซึ่งลักษณะของน้ำเสียที่มาจากแหล่งต่างๆ จะมีความแตกต่างกัน น้ำเสียบางประเภทมีพวกสารอินทรีย์ต่างๆ มากมาย แต่บางประเภทจะมีสารโลหะหนัก หรือสารพิษอื่นๆ ทำให้การบำบัดน้ำเสียจำเป็นต้องใช้วิธีบำบัดน้ำเสียที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพนั้นๆ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้หลายๆ ด้าน ได้แก่ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี กลศาสตร์ของไหล เครื่องจักรกล โครงสร้างถ้ำ เป็นต้น และเพื่อให้ได้วิธีบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการที่ถูกต้องควรมีการทดลองบำบัดน้ำเสียในห้องปฏิบัติการทดสอบด้วยวิธี Jar Test

ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จะมีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ถูกใช้ กระบวนการ และปัจจัยอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องที่ ต้องทราบถึงลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ เสียก่อน ก่อนที่จะลงมือออกแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ

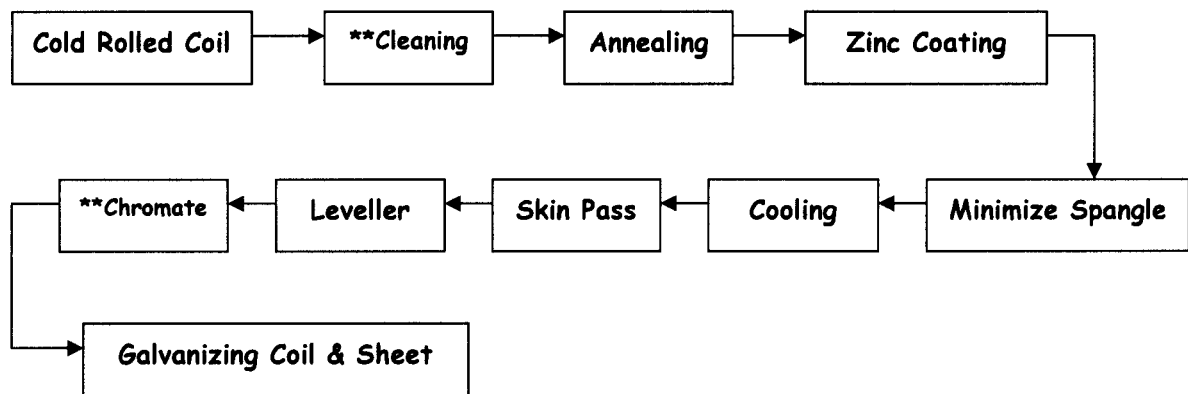
ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการคุณภาพน้ำโดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้มีความเหมาะสมสอดคล้องต่อเนื่องเป็นขั้นตอน ดังนั้นการจัดการน้ำใช้และน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมจึงควรเป็นแบบบูรณาการครอบคลุมทั้งทางด้านกฎหมาย ประกาศมาตรฐานคุณภาพน้ำ การจัดองค์การบริหารจัดการฝังการ

บริหารงาน บุคลากรหลัก การสนับสนุนเศรษฐศาสตร์ การเงิน – การคลัง เทคโนโลยีการจัดการน้ำ ใช้และน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ทั้งด้านการปรับเปลี่ยน เทคโนโลยีการผลิต การใช้สารอินทรีย์ทดแทน การใช้หมุนเวียนและการนำกลับมาใช้งาน

ในขั้นตอนการผลิตสังกะสีนั้นมีความจำเป็นอย่างมากในการใช้น้ำกับกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสีย มีดังนี้

1. Cleaning Section: น้ำเสียจากส่วนนี้เกิดจากขั้นตอนกระบวนการล้างทำความสะอาด CR Coil ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง

2. Chromate Section: น้ำเสียจากส่วนนี้เกิดจากขั้นตอนกระบวนการเคลือบผิวแผ่นสังกะสี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด



ภาพที่ 1.1 แสดงจุดกำเนิดน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต (**)

ซึ่งจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนี้มีทั้งกรด ด่าง รวมถึงโลหะหนัก เช่น โครเมต (Cr^{+6}) ดังนั้นก่อนปล่อยน้ำเสียทิ้ง จะต้องทำการบำบัดน้ำเสียก่อน ซึ่งโรงงานผลิตแผ่นเหล็กชุบสังกะสี มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี (CHEMICAL TREATMENT) มีรายละเอียดดังนี้

น้ำเสียของโรงงานที่ออกมาจากขบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. น้ำเสียที่เป็นด่าง (ALKALINE)

เป็นน้ำเสียจากส่วนแรกของกระบวนการผลิตจะมีส่วนผสมของด่าง (ALKALINE) ซึ่งจะมี pH สูง (pH มากกว่า 8) และมีคราบไขมัน น้ำเสียส่วนนี้จะต้องทำการแยกไขมันออกก่อน จึงทำการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเคมี

2. น้ำเสียที่เป็นกรด (ACID)

เป็นน้ำเสียจากส่วนชุบโครเมียม (Cr) มีส่วนผสมของกรด และโครเมต จะต้องทำการเปลี่ยนรูปของโครเมียมอออนจากประจุบวก 6 ให้กลายเป็นประจุบวก 3 โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (REDUCTION) ก่อนไปรวมกับน้ำเสียในส่วนที่ 1 เพื่อทำการบำบัดระบบเคมีต่อไป

ระบบบำบัดแบบเคมี ของน้ำเสียโรงงานผลิตสังกะสีจะถูกส่งจากขบวนการผลิตสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยมีขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย ดังภาพที่ 1.2 ซึ่งแบ่งมาเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 Alkaline น้ำเสียมารวมกันที่ บ่อที่ 1

ส่วนนี้จะต้องทำการแยกไขมันก่อน โดยมีปั๊ม (P-1,P-2) ทำหน้าที่สูบน้ำจากบ่อที่ 1 เข้าสู่ระบบ DAF (DISSOLVED AIR FLOATATION) เพื่อทำการแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสียก่อนผ่านไปสู่บ่อที่ 5 บ่อพักน้ำเสียรวม (EQUALIZATION)

ส่วนที่ 2 น้ำโครเมต มารวมกันที่บ่อที่ 3

น้ำเสียส่วนนี้มีส่วนผสมของโครเมียม (Cr) ดังนั้นจึงต้องทำการรีดักชัน (REDUCTION) เพื่อเปลี่ยนรูปโครเมียมอออน ให้อยู่ในรูปที่เกิดเป็นสารประกอบของแข็งได้ โดยการปรับ pH ให้ต่ำกว่า 3 โดยใช้กรดซัลฟูริก และเติมสารละลายโซเดียมไบซัลเฟต โดยมี P-3, P-4 จะสูบน้ำเสียจากบ่อ ที่ 3 ส่งไปยังบ่อที่ 4 และปั๊มเคมี CP-9 ทำหน้าที่สูบสารละลายโซเดียมไบซัลเฟตปั๊ม CP-9 ทำหน้าที่สูบกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) มาผสมกับน้ำเสียที่บ่อ 4 โดยมีเครื่องควบคุม pH (pH Controller No.2) ไม่ให้สูงกว่า pH 3 และมีค่า ORP (OXIDATION REDOX POTENTIAL) 150 – 200 น้ำเสียจะไหลล้นลงไปรวมกับส่วนที่ 1 ในบ่อที่ 5

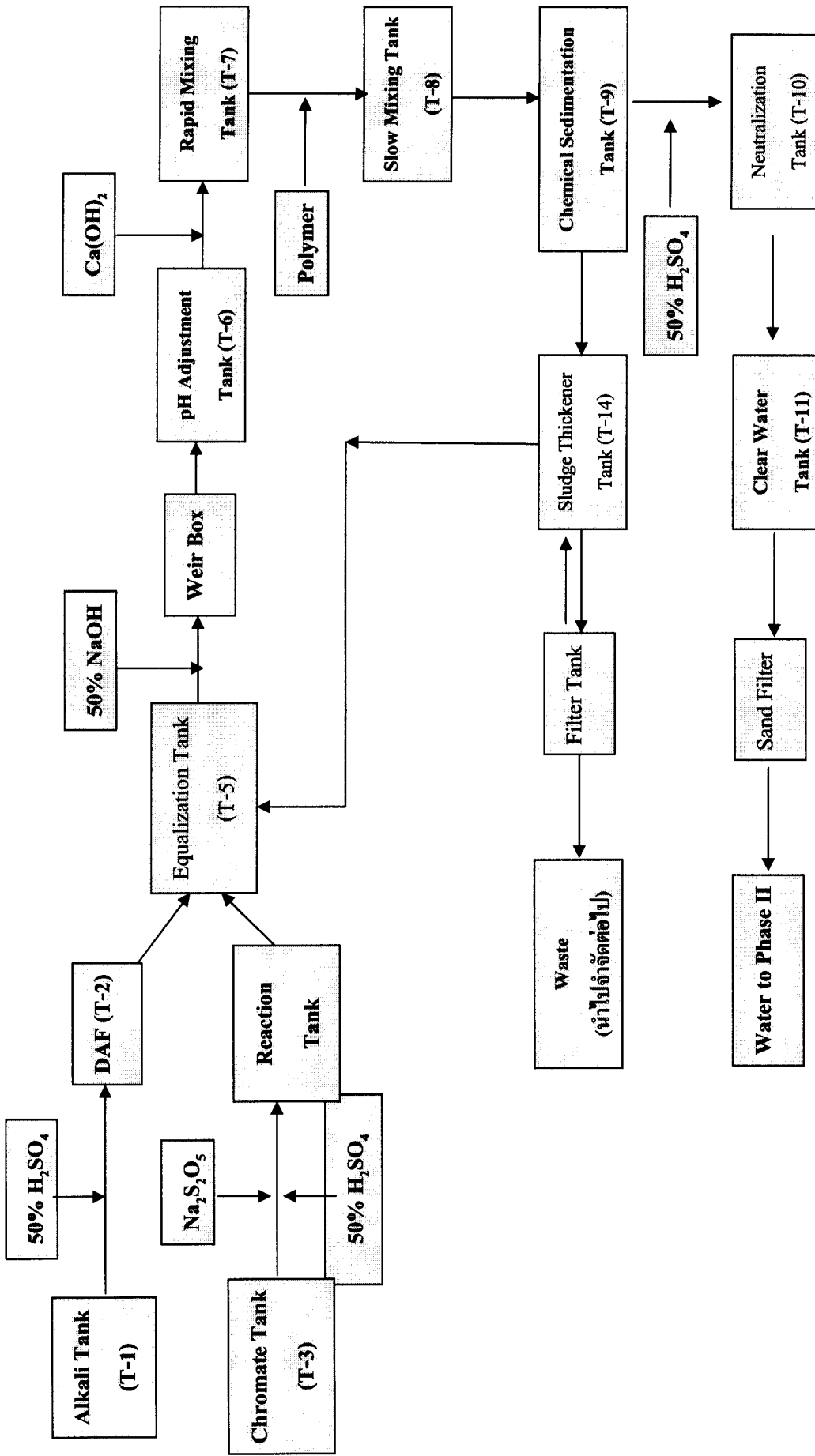
น้ำเสียจากส่วนที่ 1 และ 2 ไหลมารวมกันที่บ่อ 5 จะถูกบำบัดรวมกันโดยถูกปั๊ม P-5, P-6 สูบส่งไปยัง WEIR BOX ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเสียในส่วนที่ระบบถูกออกแบบมาไว้ที่อัตราการไหล 240 ลบ.ม.ต่อวัน วันละ 24 ชม. ดังนั้นอัตราการไหลไม่เกิน 10 ลบ.ม.ต่อ ชม. เราจะต้องทำการปรับอัตราไหลของน้ำ ให้มีระดับสูงจาก Weir 8.35 ซม.

ใน Weir Box จะมีเครื่องควบคุม pH ควบคุมให้มีค่า pH มากกว่า 9.5 เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอน โดยจะมีโซดาไฟ (NaOH) เป็นตัวควบคุม pH โซดาไฟ จะถูกปั๊มเคมี CP-5, CP-6 ส่งมาผสมกับน้ำเสียเพื่อทำให้น้ำมีค่า pH มากกว่า 9.5 (ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) จากนั้นน้ำจะไหลล้นลงมายังถังที่ 6 (pH Adjustment Tank) และไหลต่อไปยังถังที่ 7 ถังกวนเร็ว (Rapid Mixing Tank) ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียน้ำกับปูนขาว ($Ca(OH)_2$) ที่ถูกส่งมาโดยปั๊มเคมี CP-3, CP-4 ปูนขาวจะช่วยให้ตะกอนจับตัวกันเป็นแกนตะกอน (Flocgulation) ก่อนที่น้ำเสียจะไหลไปยังบ่อที่ 8 ถังกวนช้า (Slow Mixing Tank) ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียน้ำกับโพลิเมอร์ (โดยปั๊ม CP-7, CP-8) เพื่อเพิ่มขนาดตะกอนให้ใหญ่ขึ้น ทำให้ตะกอนตกเร็วขึ้นก่อนส่งไปยังบ่อที่ 9

บ่อดกตะกอน (Chemical Sedimentation Tank) ที่บ่อดกตะกอนจะทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำใส น้ำใดยังมีค่า pH เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง (ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง pH = 5.5 - 9) จะต้องทำการปรับให้อยู่ในค่ามาตรฐานก่อนทิ้ง ดังนั้นน้ำใสจะไหลกลับเข้ามายังถังที่ 10 ถึงปรับ pH ให้เป็นกลาง (Neutralization Tank) จะมี pH Controller ควบคุมให้ pH = 7.5 – 8.0 โดยมีปั๊มเคมี CP-11 สูบกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) มาปรับก่อนจะไหลไปยังถังที่ 11 ถึงเก็บน้ำใส (Clear Water Tank) ซึ่งจะได้ค่า pH ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนนำไปผ่านถังกรองทราย (Sand Filter) เพื่อแยกตะกอนที่ยังคงหลงเหลืออยู่

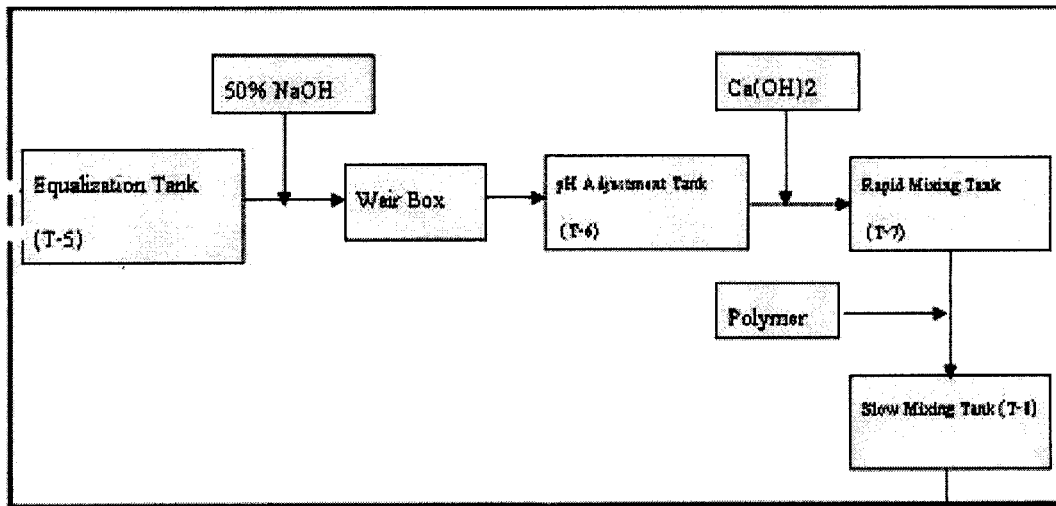
น้ำเสียในถังที่ 11 จะถูกสูบโดยปั๊ม P-7, P-8 ส่งไปกรองยังถังกรองทราย (Sand Filter SF-1, SF-2) ถังทรายมี 2 ใบ (Run 1, Stand By 1) น้ำที่ผ่านถังกรองทรายแล้วจะสามารถนำไปทิ้งได้ โดยเราจะเก็บน้ำส่วนหนึ่งไว้สำหรับล้างกลับ (Back Wash) ในถังเก็บน้ำบำบัดแล้ว (Treated Water Tank) และส่วนที่เหลือนำไปทิ้งในรางสาธารณะ

ส่วนตะกอนในบ่อดกตะกอน จะถูกปั๊ม P-11, P-12 สูบตะกอนจากกันถังไปยังบ่อทำตะกอนเข้มข้น (Sludge Thickener) เพื่อให้ให้น้ำใสและตะกอนแยกออกจากกันอีกครั้ง ทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นมากขึ้น น้ำที่แยกออกจากตะกอนในบ่อนี้ อาจจะมีคุณภาพยังไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นจึงถูกส่งไปยังบ่อที่ 5 เพื่อบำบัดใหม่ ส่วนตะกอนจะถูกปั๊ม P-13, P-14 ส่งไปยังเครื่องอัดตะกอน (Filter Press) เพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำ ตะกอนที่ได้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป



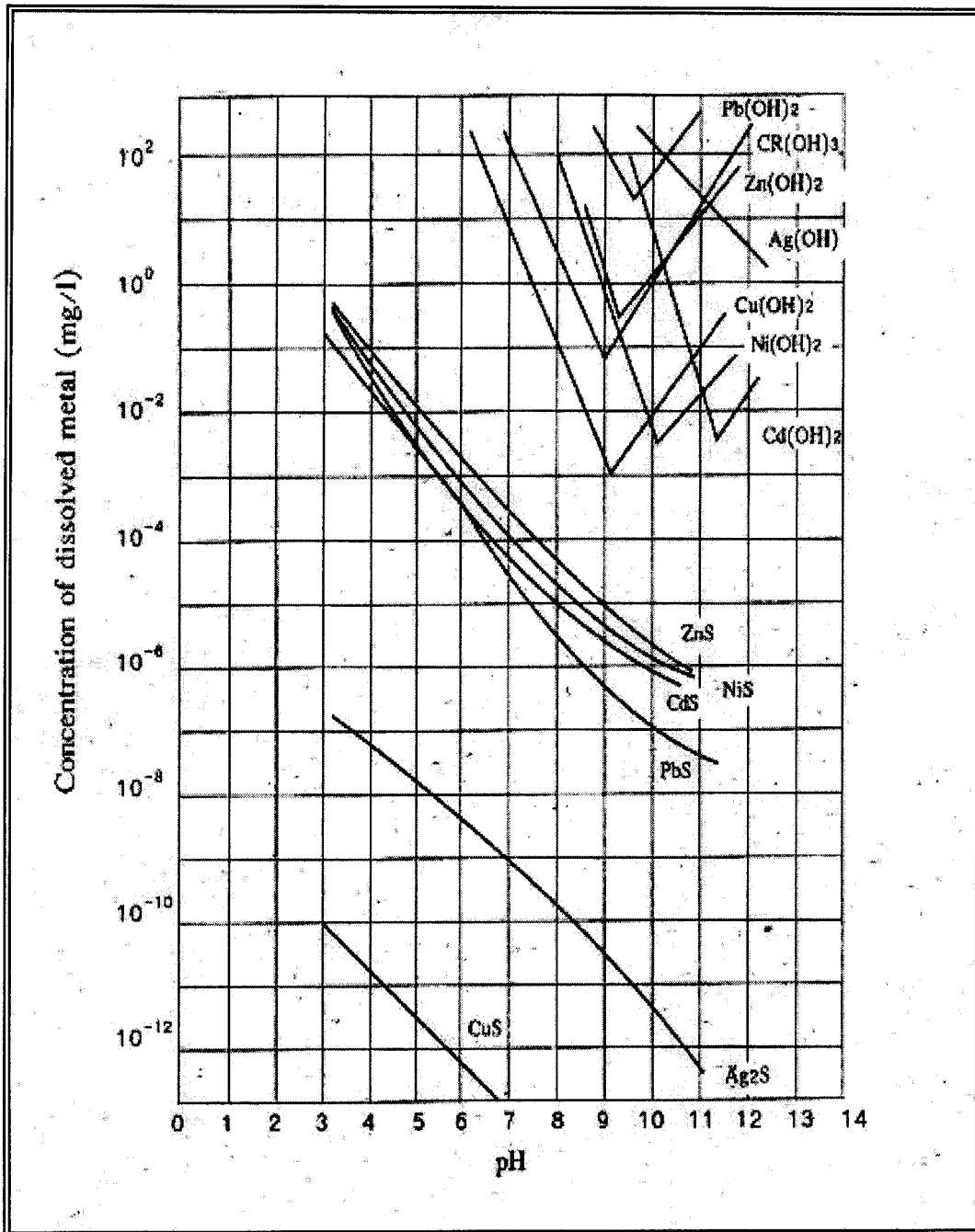
ภาพที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสังกะสี

จากผลการตรวจวิเคราะห์น้ำทิ้งของโรงงานผลิตสังกะสีที่ผ่านมาพบว่า ระบบบำบัดแบบเคมีนี้ ไม่สามารถบำบัดค่า BOD, ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และสารแขวนลอย (SS) ให้มีค่าผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเฉพาะในขั้นตอนการตกตะกอนทางเคมีของโรงงานผลิตสังกะสีแห่งนี้ ซึ่งปัจจุบันยังไม่ทราบปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสีย เพื่อศึกษาการหาปริมาณปูนขาว และ โพลีเมอร์ ที่ใช้ตกตะกอนน้ำเสีย ดังภาพที่ 1.3 ที่จะช่วยลดค่า สารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีแห่งนี้ ให้มีค่าผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งจะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมี เฉพาะขั้นตอนการตกตะกอน โดยใช้เครื่องมือจาร์เทส (Jar Test) ในการทำการทดลองตกตะกอนน้ำเสีย



ภาพที่ 1.3 แสดงขั้นตอนการตกตะกอนน้ำเสียของโรงงานสังกะสี

โลหะหนักแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการละลายน้ำต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ ระดับ pH ดังแสดงความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์ และโลหะซัลไฟด์ ที่ระดับ pH ต่างๆ ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.4 ถ้าทำการเปลี่ยนโลหะหนักให้อยู่ในรูปของโลหะไฮดรอกไซด์หรือโลหะซัลไฟด์ แล้วทำการปรับ pH ให้อยู่ในช่วงที่ละลายได้ต่ำสุด จากนั้นก็จะสามารถทำการแยกตะกอนโลหะไฮดรอกไซด์ หรือโลหะซัลไฟด์ดังกล่าวออกจากน้ำเสียได้ (การจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม, มสช.) และในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีที่ทำการศึกษามีสารโลหะหนักได้แก่ สังกะสี (Zn), ตะกั่ว (Pb), และโครเมียม (Cr) เจือปนอยู่ และทำการตกตะกอนโลหะหนักในรูปของโลหะไฮดรอกไซด์ ดังนั้นทางผู้วิจัยจะทำการทดลองโดยควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 9 – 10 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถตกตะกอนโลหะหนักจำพวกนี้ได้ดีที่สุดในที่สุด



ภาพที่ 1.4 ความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะหนักซัลไฟด์ที่ระดับ pH ต่างๆ

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการตกตะกอนของน้ำเสียจากโรงงานผลิตสังกะสี เพื่อให้ได้ค่า สารแขวนลอยในน้ำ (SS) ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง

2.2 เพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 **ตัวแปรอิสระ:** ปริมาตรสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสีย ได้แก่

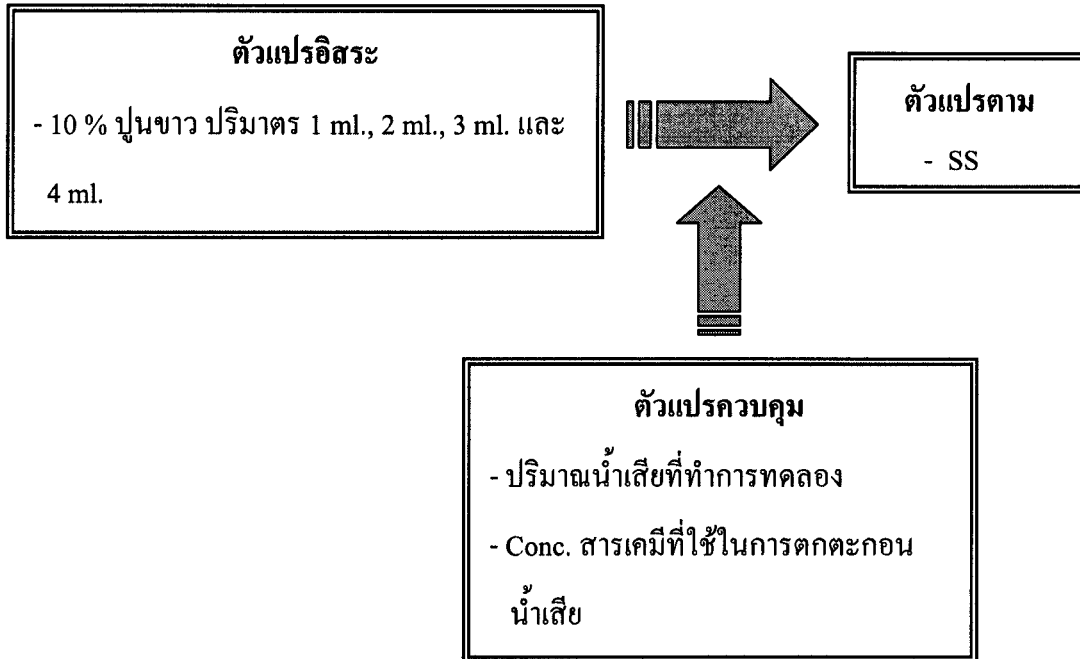
- 10 % ปูนขาว ปริมาตร 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml.
- 0.5 % โพลีเมอร์ ปริมาตร 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml.

3.2 **ตัวแปรตาม:** ของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solid; SS)

3.3 **ตัวแปรควบคุม :**

- ปริมาณน้ำเสียที่ทำการทดลอง 600 ml.
- Conc. สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสีย
 - 1) 10% ปูนขาว
 - 2) 0.5% โพลีเมอร์
- pH ในการตกตะกอนน้ำเสีย อยู่ในช่วง 9 – 10

4. กรอบความคิดทางทฤษฎี



5. ประเภทของการศึกษาค้นคว้าอิสระ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นประเภทการวิจัยเชิงทดลองที่เกี่ยวข้องกับการตกตะกอนน้ำเสีย

6. ประเด็นปัญหาที่ศึกษา

6.1 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสียโรงงานผลิตสังกะสี

6.2 ความเข้มข้นและปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่ใช้ทดลองดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ความเข้มข้นและปริมาตรปูนขาวและโพลีเมอร์ที่ใช้ทดลอง

น้ำเสียน้ำ (ml.)	600															
10%ปูนขาว (ml.)	1				2				3				4			
pH Control	9-10 (โดยใช้ 50%NaOH)															
0.5%โพลีเมอร์ (ml.)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

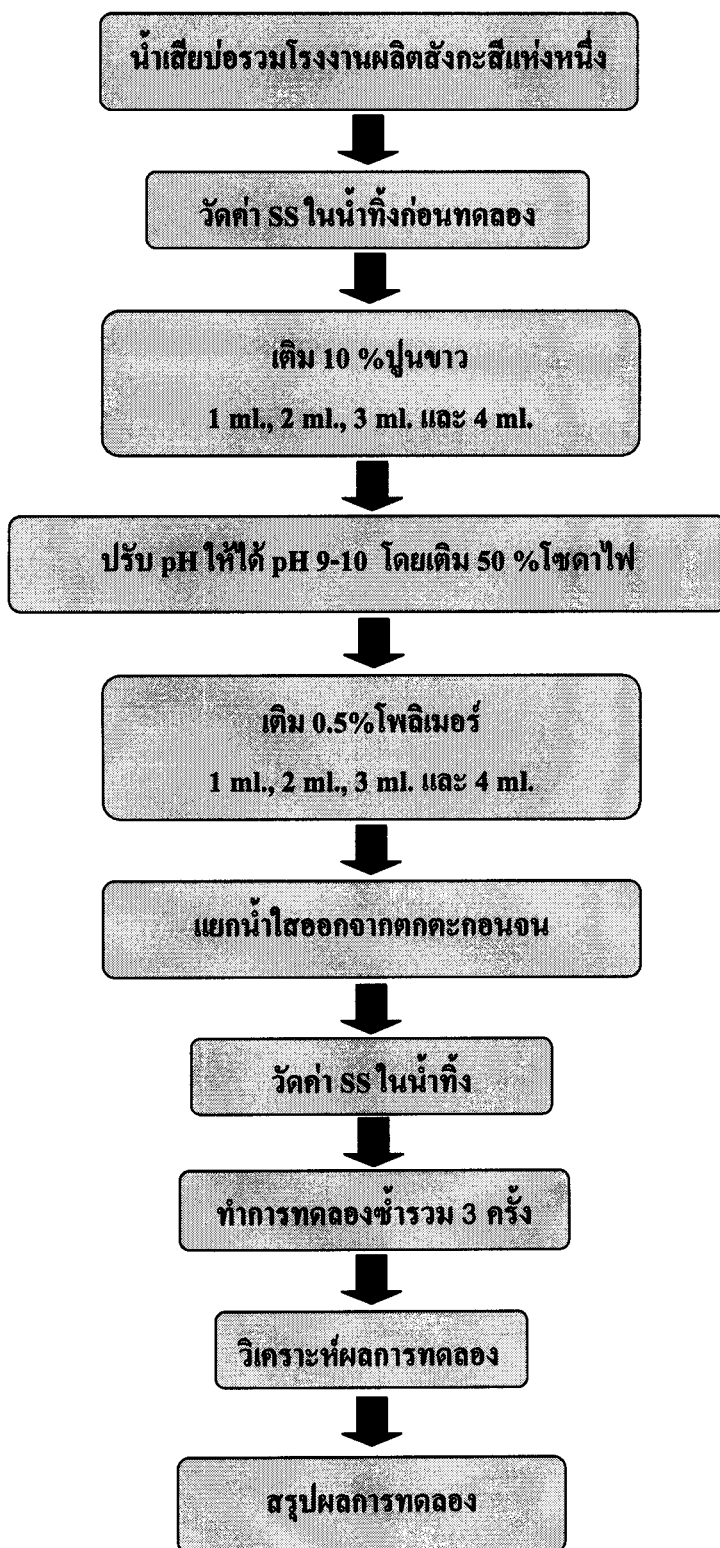
7. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลีเมอร์ที่เหมาะสมในการตกตะกอนของน้ำเสียน้ำจากโรงงานผลิตสังกะสีในครั้งนี้มีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

- 7.1 ศึกษาเฉพาะขั้นตอนการตกตะกอนน้ำเสียน้ำเท่านั้น ดังภาพที่ 1.3
- 7.2 ใช้เครื่อง Jar Test ในการศึกษาการตกตะกอนของน้ำเสียน้ำ
- 7.3 ใช้น้ำเสียน้ำจากโรงงานผลิตสังกะสีแห่งหนึ่ง
- 7.4 ทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิและบรรยากาศของห้องปฏิบัติการ
- 7.5 การตกตะกอนในแต่ละปริมาตรทำการทดลองซ้ำจนครบ 3 ครั้ง

8. รูปแบบและวิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาการตกตะกอนของน้ำเสียน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียน้ำ โรงงานผลิตสังกะสีแห่งหนึ่งในประเทศไทย ซึ่งสามารถเขียนโครงร่างการศึกษาได้ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.5 รูปแบบโครงร่างการศึกษา

9. คำจำกัดความ

9.1 น้ำเสีย หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน น้ำเสียจากการใช้น้ำของโรงงานและน้ำเสียจากกิจกรรมอื่นๆในโรงงาน

9.2 SS (Suspended Solids) ส่วนของของแข็งที่เหลือด่าง (Nonfiltrable residue) บนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานหลังจากการกรองตัวอย่าง และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส

9.3 pH หมายถึงความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายน้ำทิ้งที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่า pH น้อยกว่า 7 เป็นด่างจะมีค่ามากกว่า 7 และเป็นกลางจะมีค่าเท่ากับ 7

10. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

10.1 สามารถหาปริมาณปูนขาว และ โพลีเมอร์ใช้ในการตกตะกอนของน้ำเสียจากโรงงานผลิตสังกะสีได้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่า สารแขวนลอยในน้ำ (SS) ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง

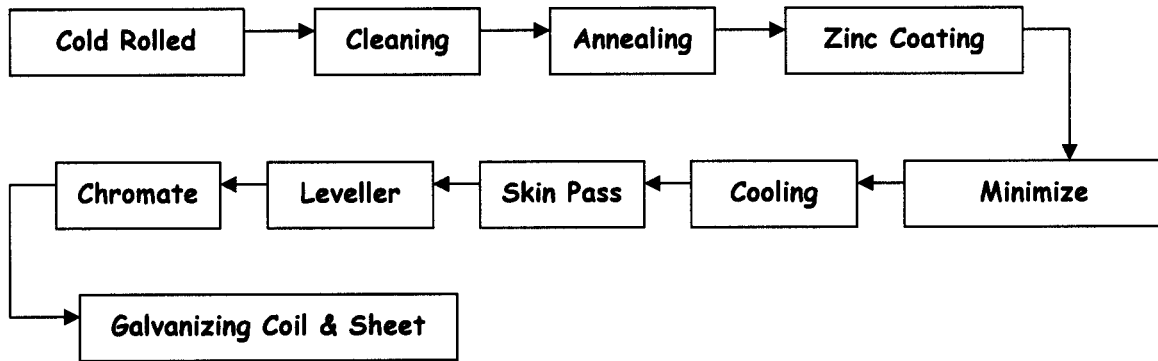
10.2 สามารถใช้เป็นแนวทางในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีได้

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. อุตสาหกรรมการผลิตสังกะสี

1.1 กระบวนการผลิตสังกะสี

กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นอบสังกะสีมีกระบวนการผลิตโดยสังเขป ดังนี้



ภาพที่ 2.1 แสดงแผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นอบสังกะสี

กรรมวิธีการผลิตโดยย่อ

เหล็กแผ่น (Cold Rolled Strip) ที่จะนำมาชุบสังกะสี จะถูกนำมาล้างทำความสะอาด คราบน้ำมันออกจากผิว จากนั้นแผ่นเหล็กก็จะเข้าสู่เตาอบ (Annealing Furnace) ซึ่งเตาอบนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนคุณสมบัติของเหล็กจากแข็ง (Hard) มาเป็นอ่อน (Soft) เพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานพับขึ้นรูปโดยเหล็กไม่แตก นอกจากนั้นเตาอบนี้ ยังช่วยเพิ่มความร้อนให้แก่แผ่นเหล็กให้มีอุณหภูมิเหมาะสมเวลาชุบสังกะสีด้วย ปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเตาอบตลอด อากาศภายในเตาอบนี้จะถูกควบคุมอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ จากนั้นแผ่นเหล็กก็จะถูกนำไปชุบในบ่อสังกะสี ซึ่งมีการควบคุมส่วนผสมอย่างเหมาะสม ปริมาณเนื้อสังกะสีที่เคลือบบนผิวแผ่นเหล็กจะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อทำให้ปริมาณสังกะสีมีความหนาสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น แผ่นเหล็กที่ขึ้นจากบ่อชุบ จะถูกนำไปลดอุณหภูมิหากต้องการไม่ให้เห็นลายดอกสังกะสี เหล็กแผ่นจะผ่านเข้าสู่เครื่องควบคุมดอกสังกะสี (Zero Spangle) และเครื่องปรับความเรียบของลายดอกสังกะสี (Skin Pass) ก่อนที่จะผ่าน

เข้าเครื่องปรับความเรียบ (Tension Leveller) เพื่อปรับความเรียบของผิวและปรับคุณสมบัติทางกล (Physical Property) อีกครั้ง จากนั้นแผ่นเหล็กจะถูกนำเข้าไปเคลือบโครเมต เพื่อป้องกันการเกิดสนิม แผ่นเหล็กที่ผ่านกระบวนการต่างๆ มาครบแล้ว จะถูกนำเข้าไปเก็บเป็นม้วนหรือตัวเป็นแผ่นตามความต้องการของลูกค้า

1.2 คุณสมบัติน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตสังกะสี

กระบวนการผลิตสังกะสี เป็นกระบวนการผลิตแผ่นเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งทำให้เกิดน้ำเสียจากขบวนการผลิตมีส่วนผสมของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น กราบไขมัน, ด่าง, กรด และโลหะหนักๆ ต่างๆ เช่น เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn), โครเมียม (Cr), นิกเกิล (Ni) เป็นต้น

ดังนั้น ระบบบำบัดน้ำเสียจึงเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี (CHEMICAL TREATMENT) ซึ่งระบบนี้จะทำการกำจัดในส่วนเฉพาะค่า COD, TDS และโลหะหนัก เท่านั้น โดยน้ำเสียที่ออกมาจากขบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. น้ำเสียที่เป็นด่าง (ALKALINE)

เป็นน้ำเสียจากส่วนแรกของกระบวนการผลิตจะมีส่วนผสมของด่าง (ALKALINE) ซึ่งจะมี pH สูง (pH มากกว่า pH 8) และมีกราบไขมัน น้ำเสียส่วนนี้จะต้องทำการแยกไขมันออกก่อนจึงทำการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเคมี

2. น้ำเสียที่เป็นกรด (ACID)

เป็นน้ำเสียจากส่วนชุบโครเมียม (Cr) มีส่วนผสมของกรด และโครเมต จะต้องทำการเปลี่ยนรูปของโครเมียมอ็อกไซด์จากประจุบวก 6 ให้กลายเป็นประจุบวก 3 โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน (REDUCTION) ก่อนไปรวมกับน้ำเสียในส่วนที่ 1 เพื่อทำการบำบัดระบบเคมี ระบบบำบัดแบบเคมี ใช้หลักการทำให้สารเคมีที่ละลายในน้ำเปลี่ยนรูปเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ (ของแข็ง) จากนั้นจึงทำการแยกของแข็งออกจากน้ำ แล้วปล่อยน้ำใสทิ้งไป ส่วนของแข็งนำไปกำจัดต่อไป

2. ระบบบำบัดน้ำเสียวิธีเคมี

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมี หมายถึง การเติมสารเคมีลงไปในน้ำเสีย แล้วเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างมลสารในน้ำเสียกับสารเคมีที่เติม ภายหลังปฏิกิริยาจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของน้ำเสีย เช่น pH, COD, BOD, ความขุ่น, สี, ปริมาณโลหะหนัก หรือมลสารที่ต้องการกำจัด การบำบัดโดยวิธีเคมีจะเหมาะสมสำหรับน้ำเสียบางประเภท เพื่อวัตถุประสงค์ เช่น การขจัดสี, ลดปริมาณโลหะหนัก เป็นต้น การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมีมีหลายแบบที่ประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

เช่น การปรับ pH ให้เป็นกลาง (Neutralization), การทำให้สารแขวนลอยรวมตัว (Chemical Coagulation), ขบวนการ Oxidation-Reduction, ขบวนการตกตะกอนเคมี (Chemical Precipitation)

2.1 การปรับค่า pH ให้เป็นกลาง (Neutralization)

ค่า pH หมายถึงการวัดความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออน ซึ่งเท่ากับ

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

โดยค่า pH จะสูงสุด = 14 และต่ำสุด = 0 ที่ค่า pH = 7 หมายถึง น้ำเสียนั้นเป็นกลาง มีไอออนของไฮโดรเจนเท่ากับไอออนไฮดรอกไซด์ (OH) ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7 หมายถึง น้ำเสียนั้นมีฤทธิ์เป็นกรด ดังนั้นจึงต้องเติมสารด่าง เพื่อให้ค่า pH นั้นเป็นกลาง

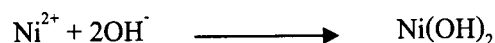
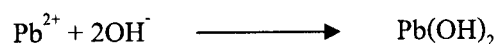
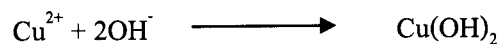
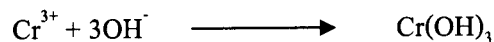
2.2 การทำให้เกาะรวมตัว (Chemical Coagulation)

เป็นขบวนการที่เติมสาร Coagulant ลงไปในน้ำเสีย เพื่อไปทำลายประจุไฟฟ้าของอนุภาคเล็กๆ ที่แขวนลอยในน้ำ (Colloid) ทำให้อนุภาคเล็กๆ เหล่านี้ไม่ผลัดกัน และสามารถรวมเป็นอนุภาคใหญ่ได้สารที่เติมลงไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น ในกรณีเติมสารส้มจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีประจุบวกขึ้น

2.3 การตกตะกอนเคมี (Chemical Precipitation)

การตกตะกอนเคมี เป็นขบวนการที่ทำให้มลสารซึ่งอยู่ในรูปแตกตัว (Ionized Form) ซึ่งละลายน้ำ (Soluble) ไม่สามารถแยกออกได้ ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เติมลงไปเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารใหม่ซึ่งไม่ละลายน้ำ หรือความสามารถในการละลายน้ำ (Solubility) ลดน้อยลงอย่างมาก จึงทำให้สารดังกล่าวตกเป็นผลึก ซึ่งสามารถแยกออกจากรน้ำเสียได้ง่าย เช่น ใช้ถังตกตะกอน การใช้ระบบลอย (DAF) เป็นต้นวิธีการตกตะกอนเคมีแบ่งเป็นวิธีต่างๆ ดังนี้

1. Hydroxide Precipitation คือ การทำให้อนุภาควก (Cation) ตกออกมาในรูป Hydroxide โดยการปรับค่า pH ให้เป็นด่าง (สูงกว่า 7) สารที่นิยมใช้ ได้แก่ โซดาไฟ (NaOH) และปูนขาว (CaO) สมการเคมีการตกในรูปไฮดรอกไซด์ ดังนี้



ในกรณีที่มีไอออนบวก (Cation) หลายชนิดอยู่ในน้ำเสีย การควบคุมค่า pH มีความสำคัญมากในการกำจัดไอออนบวก ความเข้มข้นโลหะหนักได้แก่ สังกะสี, โครเมียม, นิกเกิล,

ทองแดง และแคดเมียม ที่ค่า pH ต่างๆ จะแตกต่างกัน โลหะสังกะสีและโครเมียมจะลดลงเมื่อค่า pH สูงขึ้น มีค่าต่ำสุดที่ $\text{pH} = 8.5$ ถ้าค่า pH สูงกว่า 8.5 ความเข้มข้นโลหะหนักสังกะสี และโครเมียม สูงขึ้น ซึ่งต่างจากโลหะหนักอีก 3 ชนิด ซึ่งมีค่าความเข้มข้นลดลง เมื่อ pH สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ในการกำจัดโลหะหนักที่มีโลหะที่มีโลหะหลายชนิดเหล่านี้จึงจำเป็นต้องควบคุมค่า pH 2 ค่า คือที่ ค่า $\text{pH} = 8.5$ แล้วปล่อยให้โลหะออกไซด์ของสังกะสี และโครเมียม ตกตะกอนแยกออกจากน้ำนั้น นำมาปรับ pH เป็น 10.0 เพื่อตกโลหะนิเกิล, ทองแดง และแคดเมียม

สารอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำเสียอาจมีผลต่อการตกตะกอนเคมี เช่น สารแอมโมเนีย จะทำให้ การละลายน้ำเปลี่ยนไป ซึ่งจะเห็นว่าการกำจัดโลหะหนักที่มีแอมโมเนียนี้เป็นขั้นตอนเดียว คือควบคุม ค่า $\text{pH} = 10.0$ จะสามารถแยกโลหะหนักทุกตัวได้สูงสุด

การใช้โซดาไฟในการปรับค่า pH ให้เป็นด่างมีข้อดีหลายประการคือ การเตรียม สารละลายโซดาไฟสะดวก และกรองให้แห้งยาก นอกจากนี้มีค่าใช้จ่ายสูง ในกรณีที่ใช้ปูนขาวมี ข้อดี คือ มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการใช้โซดาไฟมาก และตะกอนที่ได้จะจมตัวได้ดี และกรองง่ายมาก ทั้งนี้ เนื่องจากปูนขาวในรูปของ Ca(OH)_2 และ CaCO_3 จมตัวได้ดี แต่การใช้ปูนขาวมีข้อเสียคือ การเตรียม น้ำปูนขาวยุ่งยากมาก และมีตะกอนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้โซดาไฟ โดยทั่วไปมักนิยมใช้ ปูนขาวมากกว่าโซดาไฟในการกำจัดโลหะหนัก ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสาร โลหะ หนักต่างๆ โดยเติมปูนขาว

ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักโดยการเติมปูนขาว

Metal	Concentration Range		Removed (%)
	Influent	Effluent	
Ag	0.24 – 1.51	0.01 – 0.02	96 – 99
As	7.00 – 8.40	0.20 – 0.30	96 – 97
Ba	0.36 – 1.08	0.40 – 0.19	87 – 89
Cd	0.54 – 5.78	0.04 – 0.09	95 – 99
Co	0.42 – 1.29	0.30 – 1.25	90 – 96
Cr+6	0.45 – 1.40	0.04 – 0.23	11 – 33
Cu	0.60 – 1.47	0.29 – 0.61	84 – 93
Hg	3.26 – 4.45	0.01 – 0.02	86 – 91
Mn	1.37 – 2.26	0.11 – 0.20	99
Ni	0.75 – 1.36	0.11 – 0.20	85
Pb	0.41 – 1.21	0.04 – 0.05	90 – 96
Zn	7.34 – 9.61	0.12 – 0.18	97 – 99

3. COAGULATION และ FLOCCULATION ในการลดค่าสารแขวนลอย

สารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กซึ่งเรียกว่า COLLOIDAL PARTICLES หรือ COLLOID ไม่สามารถใช้วิธีธรรมดา เช่น การตกตะกอนในการแยกสารขนาดเล็กนี้ได้ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการจมตัวช้ามากดังแสดงเปรียบเทียบในตาราง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำวิธีการอื่นมาประยุกต์ใช้ วิธี COAGULATION และ FLOCCULATION เป็นเทคนิคที่นำมาใช้กับสารแขวนลอยขนาดเล็กให้สามารถตกตะกอนได้ในทางปฏิบัติ

Coagulation คือ ขบวนการทำให้สาร Colloid ในน้ำ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าให้เป็นกลาง โดยเติมสารเคมีซึ่งเรียกว่า Coagulant ซึ่งทำให้สาร Colloid เมื่อพบกันไม่ผลักกัน และมีโอกาสจับเกาะรวมกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้ความเร็วการจมตัวสูงขึ้น

Flocculation คือ ขบวนการทำให้สาร Colloid ที่เกาะกันอยู่สามารถเกาะรวมกันได้มากขึ้น โดยเติมสารเคมีซึ่งเรียกว่า Flocculant สาร Colloid จะมีขนาดใหญ่ขึ้นจนเห็นด้วยตาเรียกว่า

Floc จะมีความเร็วในการจมตัวสูงชันมาก ซึ่งจะทำให้ง่ายมากขึ้นในการทำให้ตกตะกอน หรือทำให้ลอยตัวแยกออก

3.1 ทฤษฎีการเกิด Colloid และการทำลายเสถียรภาพของ Colloid

สาร Colloid อาจแบ่งได้เป็น 2 จำพวก คือ

- Hydrophobic Colloids เป็นสาร Colloid ที่ไม่ชอบน้ำจะไม่รวมกับน้ำ เช่น ดิน (Clay) การเติมสาร Coagulant ไม่สูงมากนักในการทำให้ตกตะกอน เช่น การเติมสารส้มในระบบผลิตน้ำประปา

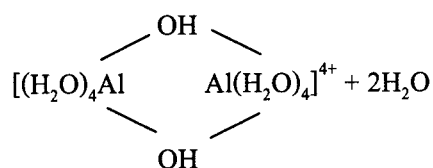
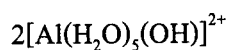
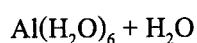
- Hydrophilic Colloid เป็น Colloid ที่มีสมบัติชอบน้ำจะรวมตัวกับน้ำได้ง่าย ซึ่งได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ มักพบในน้ำเสียประเภทต่างๆ สารอินทรีย์เหล่านี้อาจทำให้น้ำขุ่น หรือ เกิดสี สาร Coagulant ที่เติมต้องใช้ในปริมาณสูง

อนุภาคขนาดเล็กจะมีประจุไฟฟ้า โดยส่วนใหญ่มักเป็นประจุลบ เนื่องจากการแตกตัวของอนุภาคต่างๆ เช่น Amino, Carboxyl และ Hydroxide ดังนั้นอนุภาคเหล่านี้มาอยู่ใกล้กัน จึงผลักกัน ไม่สามารถรวมกันได้ จึงทำให้เกิดสภาพแขวนลอยในน้ำไม่ยอมจมตัวลงไป เมื่ออนุภาค 2 อนุภาคเข้าใกล้กันจะมีแรงผลักรวมกัน และจะมากขึ้นถ้ามีประจุมากขึ้น แต่เมื่อเข้าใกล้กันมากพอจะมีแรงดูดเข้าหากันซึ่งเรียกว่า Vander Waals Forces การวัดแรงผลักรวมกันเนื่องจากประจุไฟฟ้า เรียกว่า Zeta Potential น้ำธรรมชาติที่ pH = 5-8 จะมีค่า Zeta Potential ประมาณ -14 ถึง -30 mv. ถ้าค่า Zeta Potential นี้มีค่าใกล้ศูนย์ จะแสดงว่ามีประจุน้อยลงและแรงผลักรวมกันมีค่าน้อยลง ซึ่งจะทำให้มีโอกาสรวมกันของอนุภาคแขวนลอยได้ง่ายขึ้น (Coagulation) ดังนั้นจึงใช้การวัดค่า Zeta Potential ขณะเติมสาร Coagulant เพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารที่ต้องเติมที่เหมาะสมได้

การทำให้อนุภาคไม่ผลักกัน และเกิดการรวมตัวกัน ซึ่งเรียกว่า Coagulation นั้น ก็คือการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคแขวนลอย (Colloids) นั้นเอง ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

1. Double – Layer Repression เป็นการทำลายชั้นประจุ 2 ชั้นรอบอนุภาค โดยเติม Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} เป็นต้น ที่นิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ สารส้ม ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$) และปูนขาว (CaO)

ในกรณีใช้สารส้มจะเกิดการแตกตัวเป็นสาร Complex รูปต่างๆ ขึ้นอยู่กับค่า pH ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปประจุบวก



2. Charge Neutralization โดยเติมสารที่มีประจุตรงกันข้ามกับประจุในชั้น Stern ซึ่งทำให้ชั้น Stern หรือ Shear นี้บางลง อนุภาคแขวนลอยจะเหลือชั้นประจุรอบนอกชั้นเดียว จึงทำให้อนุภาคเหล่านี้สามารถเกาะจับกันได้ง่ายขึ้น เติมในปริมาณสูง (Overdose) วิธีการนี้ไม่นิยมใช้

3. Bridging เป็นการเติมสารพวกโพลิเมอร์ (Polymer) ซึ่งมีประจุตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค ดังนั้น สารโพลิเมอร์ทำหน้าที่เหมือนสะพานเชื่อมอนุภาคต่างๆ มารวมกัน วิธีการนี้ไม่นิยมใช้มากนัก เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

4. Entrapment เป็นการเติม Coagulant ในปริมาณสูงมากๆ ซึ่งจะทำให้เกิดตะกอน เช่น Hydroxide จึงจับอนุภาคแขวนลอยให้จมตัวลงมาด้วย มีลักษณะเป็นตะกอนเบา (Sweep-floc) ซึ่งมีปริมาณมาก และยากในการแยกน้ำออก (Dewatering) การรวมตัวแบบนี้อาจจัดเป็นแบบ Flocculation ได้ สาร Coagulant ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- สารอนินทรีย์ ได้แก่ สารส้ม (Alum), PAC (Polyaluminium Chloride), $FeCl_3$, ปูนขาว (Lime), Dolomite ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), Copperas ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), Sodium Aluminate ($Na_2Al_2O_4$) และ Activated Silica แต่ที่นิยมมากที่สุดได้แก่ สารส้ม และ PAC เนื่องจากมีราคาต่ำสุด
- สารอินทรีย์ เป็นสารพวกโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 100,000 อาจเป็นแบบไม่มีประจุ (Nonionic), ประจุบวก (Cationic) หรือประจุลบ (Anionic)

ตารางที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดเมื่อเติมสาร Coagulant ในระบบบำบัดน้ำเสียชีววิทยาต่างๆ

	Phosphorus		Suspended Solids		BOD	
	Removal (%)		Removal (%)		Removal (%)	
	Without	With	Without	With	Without	With
Primary Treatment	5 - 10	70 - 90	40 - 70	60 - 75	25 - 40	40 - 50
Secondary Treatment	10 - 15	70 - 85	40 - 60	60 - 75	20 - 40	50 - 60
Trickling Filter	10 - 20	80 - 95	70 - 92	85 - 95	80 - 90	80 - 95
Activated Sludge	10 - 20	80 - 95	85 - 95	85 - 95	85 - 95	85 - 95

3.2 FLOCCULATION

ดังได้กล่าวมาแล้ว Flocculation คือ กระบวนการเพิ่มขนาดอนุภาคที่ทำให้เป็นกลางแล้ว โดยทำให้เกาะรวมกันให้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อทำให้การกรองแยกน้ำออก (Dewatering) ง่ายขึ้น

ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายการกรองต่ำลง หรือในกรณีที่ต้องการให้ตกตะกอน จะทำให้ถังตกตะกอนมีขนาด เล็กลง หรือในกรณีที่ต้องการแยกโดยการลอย (DAF) จะทำให้ความดันที่ต้องการต่ำลง และขนาด ของถังลอยเล็กลง สารที่เดิมเรียกว่า Flocculants ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. สารอนินทรีย์ ได้แก่ สารส้ม, ปูนขาว เป็นต้น ในกรณีใช้สารส้ม ในช่วงแรกที่ เติมปริมาณน้อย ประจุบวกที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่เป็นสาร Coagulant โดยจะไปทำลายประจุลบของ อนุภาคสารแขวนลอย เมื่อเติมสารส้มมากขึ้นจะทำให้เกิดตะกอนเบาของ $Al(OH)_3$ ซึ่งจะเป็นที่เกาะ ของอนุภาคต่างๆ ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ในขั้นตอนหลังนี้สารส้มทำหน้าที่เป็นสาร Flocculants

2. สารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสาร โพลีเมอร์มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่า 1 ล้าน ซึ่งแบ่งย่อยเป็น

- Nonionic เช่น Polyacrylamide, Polyvinylalcohol
- Anionic เช่น Polyacrylates
- Cationic เช่น Polyamines, Polyquaternaries

4. การบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตสังกะสี

น้ำเสียจะถูกส่งจากขบวนการผลิตสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งมาเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 Alkaline น้ำเสียมารวมกันที่ บ่อที่ 1

ส่วนนี้จะต้องทำการแยกไขมันก่อน โดยมีปั๊ม (P-1,P-2) ทำหน้าที่สูบน้ำจากบ่อที่ 1 เข้าสู่ระบบ DAF (DISSOLVED AIR FLOATATION) เพื่อทำการแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำ เสียก่อนผ่านไปสู่บ่อที่ 5 บ่อพักน้ำเสียรวม (EQUALIZATION)

ส่วนที่ 2 น้ำโครเมต มารวมกันที่บ่อที่ 3

น้ำเสียส่วนนี้มีส่วนผสมของโครเมียม (Cr) ดังนั้นจึงต้องทำการรีดักชัน (REDUCTION) เพื่อเปลี่ยนรูปโครเมียมอ็อกไซด์ให้อยู่ในรูปที่เกิดเป็นสารประกอบของแฉ่งได้โดยการปรับ pH ให้ต่ำ กว่า 3 โดยใช้กรดซัลฟูริก และเติมสารละลายโซเดียมไบซัลเฟต โดยมีปั๊ม P-3, P-4 จะสูบน้ำเสียจาก บ่อที่ 3 ส่งไปยังบ่อที่ 4 และปั๊มเคมี CP-9 ทำหน้าที่สูบน้ำสารละลายโซเดียมไบซัลเฟต ปั๊ม CP-9 ทำ หน้าที่สูบน้ำกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) มาผสมกับน้ำเสียที่บ่อ 4 โดยมีเครื่องควบคุม pH (pH Controller No.2) ไม่ให้สูงกว่า pH 3 และมีค่า ORP (OXIDATION REDOX POTENTIAL) 150 – 200 น้ำเสียจะไหล ลงไปรวมกับส่วนที่ 1 ในบ่อที่ 5

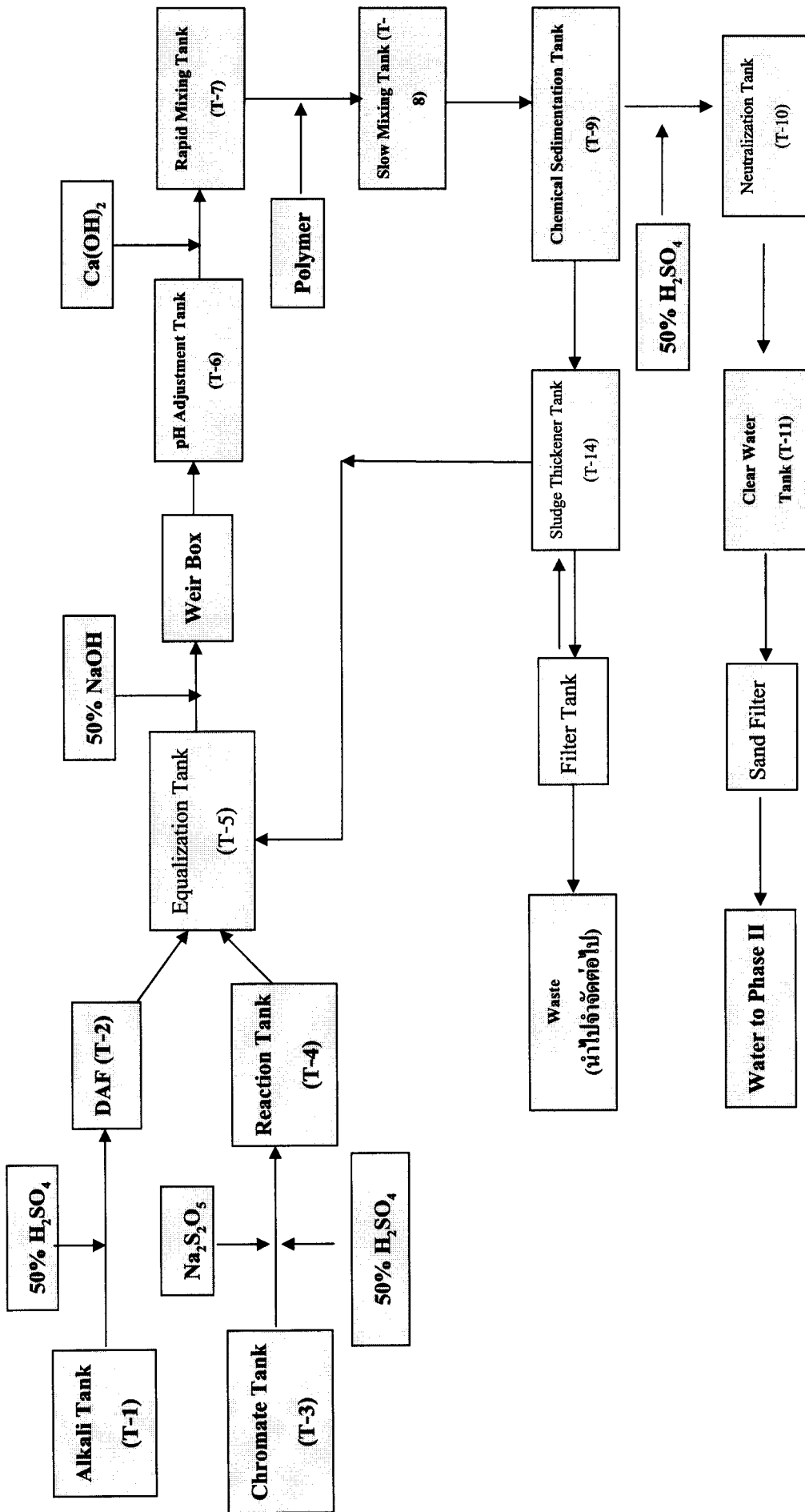
น้ำเสียจากส่วนที่ 1 และ 2 ไหลมารวมกันที่บ่อ 5 จะถูกบำบัดรวมกัน โดยถูกปั๊ม P-5, P-6 สูบส่งไปยัง WEIR BOX ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเสียในส่วนที่ระบบถูก

ออกแบบมาไว้ที่อัตราการไหล 240 ลบ.ม.ต่อวัน วันละ 24 ชม. ดังนั้นอัตราการไหลไม่เกิน 10 ลบ.ม. ต่อ ชม. เราจะต้องทำการปรับอัตราไหลของน้ำ ให้มีระดับสูงจาก Weir 8.35 ซม.

ใน Weir Box จะมีเครื่องควบคุม pH ควบคุมให้มีค่า pH มากกว่า 9.5 เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอน โดยจะมีโซดาไฟ (NaOH) เป็นตัวควบคุม pH โซดาไฟ จะถูกปั๊มเคมี CP-5, CP-6 ส่งมาผสมกับน้ำเสียเพื่อทำให้น้ำมีค่า pH มากกว่า 9.5 (ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) จากนั้นน้ำจะไหลสั่นลงมายังถังที่ 6 (pH Adjustment Tank) และไหลต่อไปยังถังที่ 7 ถังกวนเร็ว (Rapid Mixing Tank) ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียน้ำปูนขาว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่ถูกส่งมาโดยปั๊มเคมี CP-3, CP-4 ปูนขาวจะช่วยให้ตะกอนจับตัวกันเป็นแกนตะกอน (Flocculation) ก่อนที่น้ำเสียจะไหลไปยังบ่อที่ 8 ถังกวนช้า (Slow Mixing Tank) ทำหน้าที่ผสมน้ำเสียน้ำกับโพลีเมอร์ (โดยปั๊ม CP-7, CP-8) เพื่อเพิ่มขนาดตะกอนให้ใหญ่ขึ้น ทำให้ตะกอนตกเร็วขึ้นก่อนส่งไปยังบ่อที่ 9 บ่อตกตะกอน (Chemical Sedimentation Tank) ที่บ่อตกตะกอนจะทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำใส น้ำใดยังมีค่า pH เกินมาตรฐานน้ำทิ้ง (ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง pH = 5.5 - 9) จะต้องทำการปรับให้อยู่ในค่ามาตรฐานก่อนทิ้ง ดังนั้นน้ำใสจะไหลสั่นเข้ามายังถังที่ 10 ถังปรับ pH ให้เป็นกลาง (Neutralization Tank) จะมี pH Controller ควบคุมให้ pH = 7.5 - 8.0 โดยมีปั๊มเคมี CP-11 สือบกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) มาปรับก่อนจะไหลไปยังถังที่ 11 ถังเก็บน้ำใส (Clear Water Tank) ซึ่งจะได้ค่า pH ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนนำไปผ่านถังกรองทราย (Sand Filter) เพื่อแยกตะกอนที่ยังคงหลงเหลืออยู่

น้ำเสียในถังที่ 11 จะถูกสูบโดยปั๊ม P-7,P-8 ส่งไปกรองยังถังกรองทราย (Sand Filter SF-1, SF-2) ถังทรายมี 2 ใบ (Run 1, Stand By 1) น้ำที่ผ่านถังกรองทรายแล้วจะสามารถนำไปทิ้งได้ โดยเราจะเก็บน้ำส่วนหนึ่งไว้สำหรับล้างกลับ (Back Wash) ในถังเก็บน้ำบำบัดแล้ว (Treated Water Tank) และส่วนที่เหลือนำไปทิ้งในโรงสาธารณสุข

ส่วนตะกอนในบ่อตกตะกอน จะถูกปั๊ม P-11, P-12 สูบตะกอนจากกันถังไปยังบ่อทำตะกอนเข้มข้น (Sludge Thickener) เพื่อทำให้น้ำใสและตะกอนแยกออกจากกันอีกครั้ง ทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นมากขึ้น น้ำที่แยกออกจากตะกอนในบ่อนี้ อาจจะมีคุณภาพยังไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นจึงถูกส่งไปยังบ่อที่ 5 เพื่อบำบัดใหม่ ส่วนตะกอนจะถูกปั๊ม P-13,P-14 ส่งไปยังเครื่องอัดตะกอน (Filter Press) เพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำ ตะกอนที่ได้จะถูกนำไปกำจัดต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานสังกะสี

4.1 สารเคมีที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตตั้งกะติ

1. โซดาไฟเข้มข้น 50% (NaOH) ขนาดบรรจุ 30 กก./ถัง
2. ปูนขาว (ผง) 46% (Ca(OH)₂) ขนาดบรรจุ 20 กก./ถุง
3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น 50% (H₂SO₄) ขนาดบรรจุ 30 กก./ถัง
4. โพลีอิเล็กโตรไลต์ (POLYELECTROLYTE) เป็นชนิด ANIONIC POLYMER

ขนาดบรรจุ 20 กก./ถุง(ผง)

5. กรดโซเดียมไบซัลเฟต (ผง) 95% (Na₂S₂O₅) ขนาดบรรจุ 20 กก./ถุง

5. คุณภาพน้ำที่ศึกษา

5.1 ปริมาณของแข็ง (Solids)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบด้วย ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (Total Suspended Solids) และปริมาณของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ปริมาณของแข็งทั้งหมดจะประกอบไปด้วย ของแข็งที่สามารถระเหยได้ ณ อุณหภูมิ 600 °C บวกกับของแข็งที่ไม่ระเหย ณ อุณหภูมิ 600 °C ซึ่งปริมาณของแข็งที่ ระเหยไป ณ อุณหภูมิ 600 °C ก็คือ ค่าปริมาณของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียนี้ และปริมาณของแข็งที่ไม่ระเหย ณ อุณหภูมิ 600 °C ก็คือ

ตารางที่ 2.3 ประโยชน์ของข้อมูลค่าปริมาณของแข็งที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย

ค่าปริมาณของแข็ง	ประโยชน์ของข้อมูล
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) (Total Solids)	
ปริมาณของแข็งที่แขวนลอย (TSS) (Total Suspended Solids)	บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำเสียและบอกถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ ได้บ้าง
ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้ (Settleable Solids)	ใช้ประมาณค่าปริมาณของตะกอนที่จะถูกกำจัดโดยถังตะกอนและยังสามารถบ่งถึงประสิทธิภาพของถังตกตะกอนได้
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TDS Total Dissolved Solids)	สามารถบอกปริมาณของธาตุเกลือในน้ำเสียได้ เช่น คลอไรด์อย่างประมาณ
ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (VS) (Volatile Solids)	บอกถึงปริมาณอย่างประมาณของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

การวิเคราะห์ของแข็งในรูปต่างๆ ได้ทำในตัวอย่างน้ำและกากตะกอน เช่น น้ำดื่ม น้ำเสีย น้ำทิ้งจากบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม กากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งของแข็งนี้จะประกอบด้วย สารอินทรีย์และอนินทรีย์ การวิเคราะห์ของแข็งในรูปต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้วิธีชั่งน้ำหนัก และของแข็ง แบ่งได้ ดังนี้ คือ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (TS)} = \text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)} + \text{ของแข็งละลายทั้งหมด (TDS)}$$

หลักการ

ของแข็ง หมายถึง สารทุกอย่างที่อยู่ในน้ำหรือน้ำเสียทั้งที่ละลายในน้ำได้ หรือที่เป็นสารแขวนลอย

ของแข็งทั้งหมด หมายถึง สารที่เหลืออยู่ในภาชนะหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส ของแข็งทั้งหมดแบ่งเป็นของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งละลาย

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ส่วนของของแข็งที่เหลือค้ำบนกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานหลังจากการกรองตัวอย่าง และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส

5.1.1 ความสำคัญต่อระบบบำบัดน้ำเสีย

การตรวจวิเคราะห์ของแข็งมีความสำคัญในการควบคุมกระบวนการในระบบบำบัดและประเมินสมรรถภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดตรวจวัดในน้ำดิบ น้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นต้นและน้ำทิ้ง

1) น้ำเสียดิบ: ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดจะอยู่ในรูปแขวนลอยทั้งหมด เนื่องจากน้ำไหลด้วยความเร็ว ความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียดิบใช้เพื่อออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและประสิทธิภาพการกำจัดที่ต้องการ และแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเสียเข้าระบบ ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยได้ ตรวจวัดเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดข้างต้นและบ่งชี้ถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบบำบัด ซึ่งจะมีผลต่อการควบคุมดูแลและประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดทางชีวภาพ ความถี่ในการบ่มสลัดจ์ และประสิทธิภาพของระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2) น้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นต้น: ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดขั้นต้นใช้เพื่อประเมินภาระของแข็งแขวนลอยที่จะเข้าสู่ระบบทางชีวภาพ และตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบบำบัดขั้นต้น ความถี่และเวลาที่บ่มสลัดจ์ในระบบบำบัดขั้นต้นขึ้นกับค่า

ของแข็งแขวนลอยในน้ำออกจากระบบบำบัดขั้นต้น ค่าของแข็งแขวนลอยระเหยได้ในน้ำเสียจากระบบบำบัดขั้นต้นแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่จะถูกกิน โดยจุลชีพในระบบบำบัดทางชีววิทยา จึงสามารถใช้ตรวจสอบอัตราการเติบโตของแบคทีเรียซึ่งมีผลต่อการเติมออกซิเจน และความเข้มข้นของจุลชีพในถังเติมอากาศ รวมทั้งมีผลต่ออัตราการบีบสลัดจ์จุลชีพเวียนกลับมาในถังเติมอากาศ หรือนำไปทิ้ง

3) น้ำทิ้งจากระบบ: การตรวจวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีความสำคัญมากต่อมาตรฐานน้ำทิ้งซึ่งความเข้มข้นในน้ำทิ้งจะขึ้นกับประสิทธิภาพการกำจัดของระบบบำบัดทางชีววิทยา

วิธีการวัดค่า SS โดยวิธีการระเหย

- 1) ชั่งกระดาษกรอง ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกผล
- 2) กรองสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
- 3) นำกระดาษกรองอบในตู้อบนาน 1 ชั่วโมง โดยตั้งอุณหภูมิของเครื่องอยู่ที่ 103°C
- 4) ทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) นาน 30 นาที
- 5) ชั่งกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกผล

5.2 pH

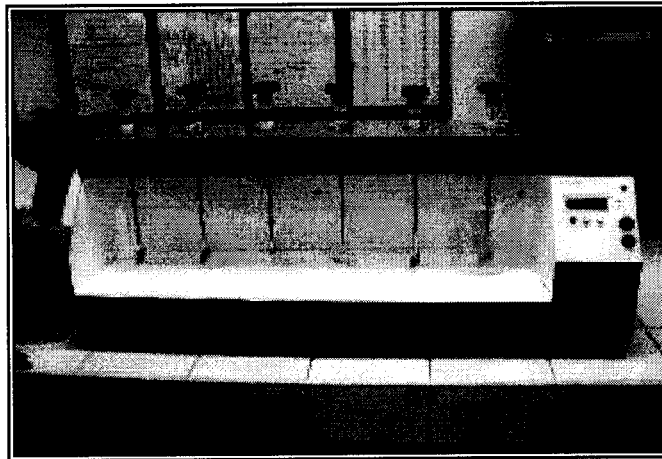
ค่า pH คือค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งในน้ำเสียต่างๆ ไป ค่านี้จะเป็นค่าหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำว่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั่วไปในน้ำหรือไม่ ค่า pH จะแสดงถึงความเป็นกรด หรือด่างของน้ำเสียนั้นๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี อย่างเช่นถ้า pH ของน้ำเสีย เท่ากับ 7.0 จะมีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ สำหรับการวัดค่า pH ส่วนมากนิยมใช้เครื่อง pH meter ซึ่งสะดวกรวดเร็ว และได้ค่าที่น่าเชื่อถือได้

วิธีการวัดค่า pH โดยใช้ pH Meter

- 1) ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างหัวอิเล็กโทรด แล้วเช็ดให้แห้ง
- 2) ปรับเครื่อง pH Meter ให้ได้ค่าตามมาตรฐานคู่มือของเครื่อง โดยการใส่สารละลายมาตรฐาน pH 4, pH 7 และ pH 10
- 3) ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างหัวอิเล็กโทรด แล้วเช็ดให้แห้ง
- 4) จุ่มหัวอิเล็กโทรดลงในน้ำตัวอย่าง เพื่อวัดค่า pH อ่านค่าและบันทึกผล

6. Jar Test

การทดสอบการสร้างตะกอนเป็นปฏิบัติการพื้นฐานทางด้านการบำบัดน้ำสำหรับการบำบัดน้ำเสีย ปริมาณและชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการสร้างตะกอนจำเป็นต้องเหมาะสมกับลักษณะสมบัติของน้ำที่ต้องการทดสอบ ซึ่งมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด หรืออีกความหมายหนึ่ง คือ เป็นการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งการสร้างตะกอนเป็นกระบวนการทำให้อนุภาคแขวนลอยขาดเสถียรภาพ โดยเติมสารเคมีลงไป เนื่องจากน้ำในธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและสถานที่การใช้สารเคมีที่เหมาะสมจึงต้องอาศัยการทดสอบที่เรียกว่า Jar Test โดยมีรูปแบบของเครื่องมือ แสดงดังรูป



ภาพที่ 2.3 แสดงเครื่อง Jar Test

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกิจ แก้วทองมา (2550) ศึกษาผลของสารตกตะกอนต่อน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ และเพื่อเป็นแนวทางในการกำจัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตทราย โดยดำเนินการเปรียบเทียบผลของสารเคมีตกตะกอน 2 ชนิดคือ $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ โดยใช้อุปกรณ์ทดสอบการตกตะกอน (Jar Test) หาค่า pH และปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม ผลการศึกษาหลังจากการตกตะกอนระหว่างสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีดังนี้คือ $Al_2(SO_4)_3$ สีของน้ำสีขาวใน ส่วน $FeSO_4$ สีของน้ำเป็นสีแดงเล็กน้อย (เนื่องจากเป็นสีของสนิมเหล็ก) ค่าความขุ่นของน้ำเมื่อปรับ pH ที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 0.66 และ 4.9 NTU ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าของ

น้ำเมื่อปรับ pH ที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 221 และ 548.33 $\mu s/cm$ ตามลำดับ ค่าความขุ่นของน้ำเมื่อปรับปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 0.4 และ 1.47 NTU ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเมื่อปรับปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 226.3 และ 595 $\mu s/cm$ ตามลำดับ เปรอร์เซ็นค่าความขุ่นของน้ำที่ลดลงเมื่อปรับ pH ที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 99.98% และ 99.88% ตามลำดับ เปรอร์เซ็นค่าความขุ่นของน้ำที่ลดลงเมื่อปรับปริมาตรสารเคมี (ml.) ที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 99.99% และ 99.96% ตามลำดับ ค่า pH ที่เหมาะสมของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 8 และ 9 ตามลำดับ และค่าใช้จ่ายของสารเคมี $Al_2(SO_4)_3$ และ $FeSO_4$ มีค่าเท่ากับ 0.796 และ 3.6 บาท/ลบม. ตามลำดับ

ทิตยา นันหมื่น (2549) ผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียด้วยสารส้มคือ ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8 โดยสามารถขจัด COD สีและความขุ่นได้ร้อยละ 88.89, 85.60 และ 86.23 ตามลำดับ การบำบัดด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์มีสภาวะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 10 โดยสามารถขจัด COD สีและความขุ่นได้ร้อยละ 100.00, 84.23 และ 60.29 ตามลำดับ การบำบัดด้วยโพลีอิเล็กทไลท์มีสภาวะที่เหมาะสมคือ ที่ความเข้มข้น 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6 โดยสามารถขจัด COD สีและความขุ่นได้ร้อยละ 52.78, 50.72 และ 77.09 ตามลำดับ สารเคมีรวมกลุ่มตะกอนที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการทดลองครั้งนี้คือ สารส้ม ที่สภาวะความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 8 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

สุทธิพงษ์ ลาภอนันต์ และคณะ (2546) วิธีการทดลองเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหารกลางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำ ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันเมื่อใช้สารส้ม PAC และกากตะกอน โดยวิธีการทำ Jar Test เพื่อหาปริมาณโคแอกกูแลนต์ (สารส้ม และ PAC) และ pH ที่เหมาะสมแล้วนำน้ำใสที่แยกได้มาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและไขมันด้วยวิธีการสกัดด้วยกรวยแยก หาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำมันและไขมันกับ pH น้ำมันและไขมันกับโคแอกกูแลนต์ เพื่อหา pH และปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม พบว่าเมื่อใช้สารส้มที่ pH ในช่วงต่างๆ พบว่าปริมาณสารส้มที่เหมาะสมคือ 20 mg/l มีปริมาณน้ำมันและไขมันที่เหลือ 38.86 mg/l และค่า pH ที่เหมาะสมคือ 7.0 ปริมาณน้ำมันและไขมันที่เหลือ 31.90 mg/l

จักรพงษ์ ทรัพย์หิรัญ (2545) ทดลองด้วยวิธี Jar Test เพื่อหาค่า pH และปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ตัวแปรที่ใช้ตัดสินใจ คือค่าความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียต้องมีค่าน้อย และลักษณะของฟล็อกที่เกิดขึ้นต้องมีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้เร็วและได้น้ำใส การทดลองใช้ตัวอย่างน้ำเสียจำนวน

0.8 ลิตร ตัวแปรที่ศึกษาคือ pH = 5, 6, 7, 8, 9, 10 สารละลายสารส้ม = 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5 มิลลิลิตร และสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 มิลลิลิตร

จากการทดลองด้วยวิธี Jar Test สภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและลักษณะฟล็อกดีที่สุด คือ ค่า pH ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบ DAF (Dissolved Air Flootation) = 5, ปริมาตรสารละลายสารส้ม = 3.5 มิลลิลิตร และปริมาตรสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ = 3.5 มิลลิลิตร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ทำการศึกษาการตกตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีแห่งหนึ่ง โดยสารเคมีที่ใช้ทดลองตกตะกอน คือ 10%ปูนขาว, 0.5% โพลีเมอร์ และทำการควบคุม pH โดยใช้ 50%NaOH ให้อยู่ในช่วง 9-10 และนำน้ำใสที่ได้ไปหาค่า สารแขวนลอยในน้ำ (Suspended Solid; SS)

ปริมาณน้ำเสีย, ปูนขาว และโพลีเมอร์ที่ใช้ในการตกตะกอนน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี ที่ทำการศึกษาดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณสารเคมีที่ใช้ทดลอง

น้ำเสีย (ml.)	600															
10%ปูนขาว (ml.)	1				2				3				4			
pH Control	9-10 (โดยใช้ 50%NaOH)															
0.5%โพลีเมอร์ (ml.)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4

2. เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

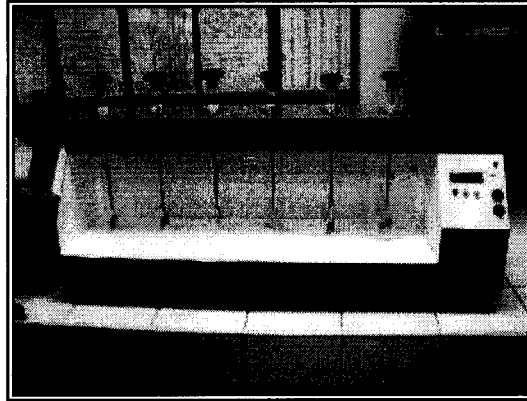
- 2.1 เครื่อง Jar Test
- 2.2 เครื่อง pH Meter
- 2.3 ตู้อบ
- 2.4 กรวยกรองสุญญากาศ
- 2.5 กระดาษกรอง
- 2.6 กระบอกตวง ขนาด 1,000 ml.
- 2.7 บีกเกอร์ขนาด 1,000 ml.

2.8 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

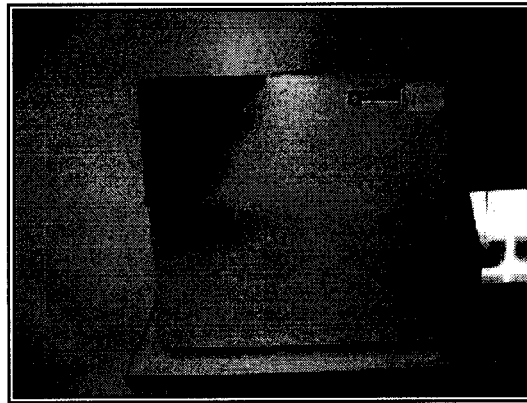
2.9 ซ้อนตักสารเคมี

2.10 ปิเปต ขนาด 5.0 ml.

2.11 แท่งแก้วคนสารเคมี



ภาพที่ 3.1 รูปเครื่อง Jar Test



ภาพที่ 3.2 ตู้อบ

3. สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.1 สารละลายปูนขาว 10 % ($\text{Ca}(\text{OH})_2$:แคลเซียมไฮดรอกไซด์, Lime)

3.2 สารละลายโพลิเมอร์ 0.5 % (POLYMER ELECTROLITE, PE)

3.3 โซดาไฟ 50% (NaOH)

4. การเตรียมสารเคมี

4.1 10% ปูนขาว

ชั่งน้ำหนักปูนขาว มา 100 g. ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 ml.

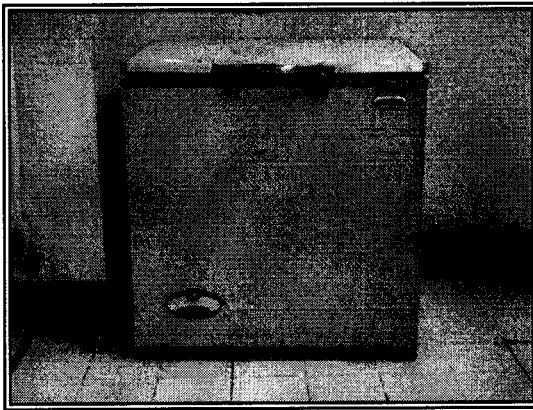
4.2 0.5% โพลีเมอร์

ชั่งน้ำหนักโพลีเมอร์ มา 5 g. ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 ml.

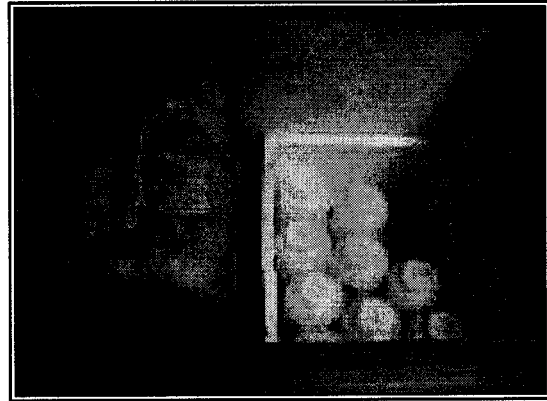
5. วิธีการทดลอง

5.1 วิธีการเก็บและรักษาน้ำตัวอย่าง

ทำการเก็บน้ำตัวอย่างโดยวิธีสุ่มเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) แล้วเก็บรักษาน้ำตัวอย่างในตู้แช่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.3 ตู้แช่



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างน้ำที่เก็บวิเคราะห์

5.2 วิธีการทดลอง

- 1) หาค่าสารแขวนลอยในน้ำตัวอย่างทุกครั้งก่อนการทดลองทำจาร์เทส
- 2) ตวงน้ำเสียตัวอย่างมา 600 ml. ด้วยกระบอกตวง แล้วเทลงในบีกเกอร์ที่ 1-4
- 3) วัดค่า pH ของน้ำตัวอย่าง แล้วบันทึกผลการทดลอง

4) เติม 10% ปูนขาว ใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาตร 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml.

ตามลำดับ

5) ผสมให้เข้ากัน แล้ววัดค่า pH ของน้ำตัวอย่าง แล้วบันทึกผลการทดลอง

6) ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 9-10 โดย 50 % โซดาไฟ แล้วบันทึกปริมาณ 50 %

โซดาไฟที่ใส่ลงไป

7) จากนั้นทำการกวนเร็ว ด้วยความเร็วรอบ 145 rpm/min เป็นเวลา 15 นาที

8) เติม 0.5% โพลีเมอร์ ปริมาตร 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml. ตามลำดับ ในแต่ละ

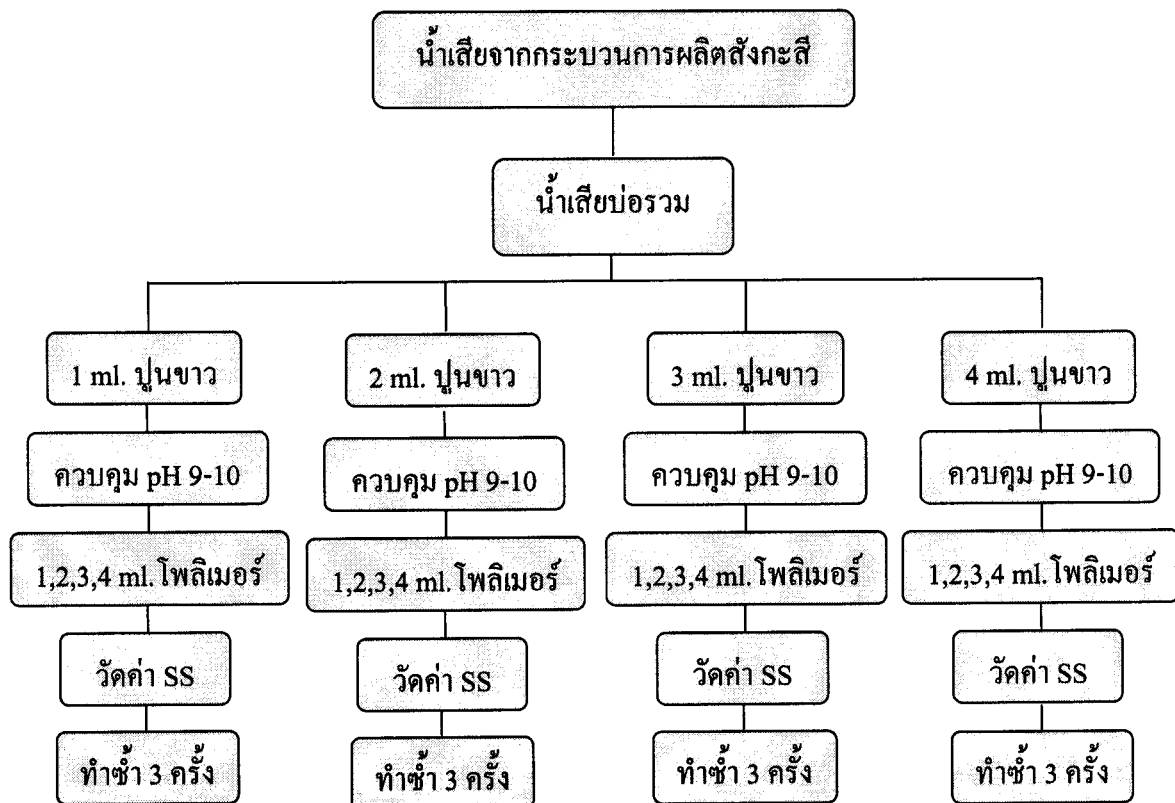
บีกเกอร์

9) ทำการกวนช้า ด้วยความเร็วรอบ 29 rpm/min เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้

1 ชม. เพื่อให้ตะกอนตก

10) ทำการแยกน้ำใสออกจากตะกอน นำไปหาค่าสารแขวนลอยในน้ำ

11) ทำการทดลองซ้ำจนครบ 3 ครั้ง โดยทำการทดลองตามภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 หาค่าเฉลี่ยในการทดลองในแต่ละอัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

6.2 คำนวณหา %Removal

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

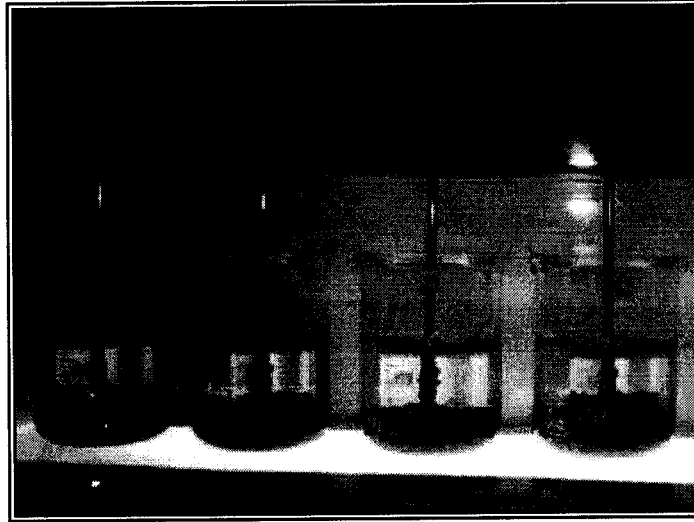
1. ผลการศึกษาทดลองทำ Jar Test

1.1 การทดลองทำ Jar Test

จากการทดลองเติม 10% ปูนขาว 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml. ตามลำดับ ลงในตัวอย่างน้ำเสีย 600 ml. แล้วควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 9-10 โดยใช้ 50 % โซดาไฟ ทำการกวนเร็วด้วยความเร็วรอบ 145 rpm/min เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติม 0.5% โพลีเมอร์ ปริมาตร 1 ml., 2 ml., 3 ml. และ 4 ml. ตามลำดับ ทำการกวนช้าด้วยความเร็วรอบ 29 rpm/min เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชม. เพื่อให้ตะกอนตกแล้วทำการแยกน้ำใสออกจากตะกอน ไปหาค่าสารแขวนลอยในน้ำ (SS) ได้ผลการทดลองดัง ตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ภาพที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1

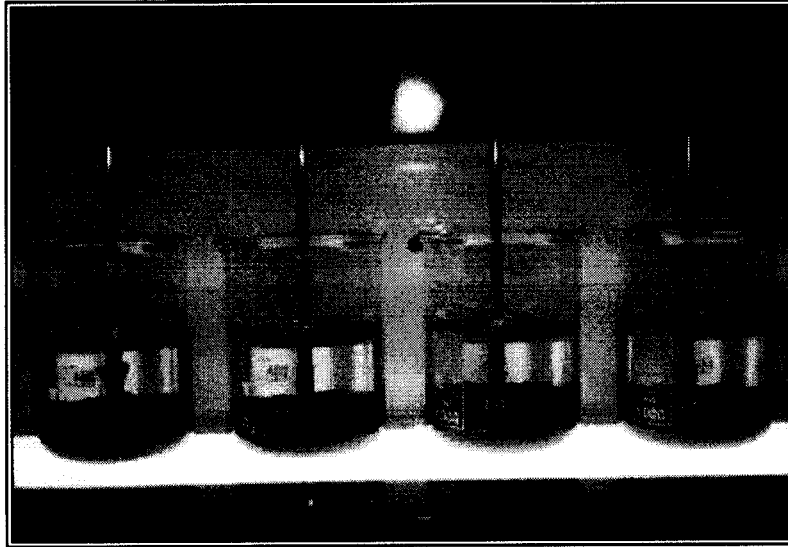
ปีกเกอร์	1	2	3	4
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	535	476	578	630
Vol. น้ำเสีย (ml.)	600			
pH	4.40	4.45	4.41	4.43
10% ปูนขาว (ml.)	1			
pH	6.67	6.66	6.65	6.66
50% NaOH (หยด)	3	3	3	3
pH	9.23	9.26	9.25	9.24
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	8.93	8.93	8.61	8.53
SS (ppm.) หลังทดลอง	124	116	64	96
สี	เหลืองมี	เหลืองมี	เหลืองมี	เหลืองมี
	ตะกอนลอย	ตะกอนลอย	ตะกอนลอย	ตะกอนลอย



ภาพที่ 4.1 ทดลองทำ Jar Test

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1

บีกเกอร์	5	6	7	8
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	549	756	568	529
Vol.น้ำเสีย (ml.)		600		
pH	4.42	4.43	4.46	4.42
10% ปูนขาว (ml.)		2		
pH	9.84	9.82	9.84	9.85
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	9.72	9.71	9.75	9.76
SS (ppm.) หลังทดลอง	93	108	60	98
สี	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส
	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย



ภาพที่ 4.2 ทดลองทำ Jar Test

ตารางที่ 4.3 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1

บีกเกอร์	9	10	11	12
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	677	532	674	519
Vol. น้ำเสีย (ml.)		600		
pH	4.40	4.45	4.44	4.45
10% ปูนขาว (ml.)		3		
pH	10.41	10.50	10.38	10.45
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	10.12	9.35	8.64	8.72
SS (ppm.) หลังทดลอง	88	98	32	52
สี	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย

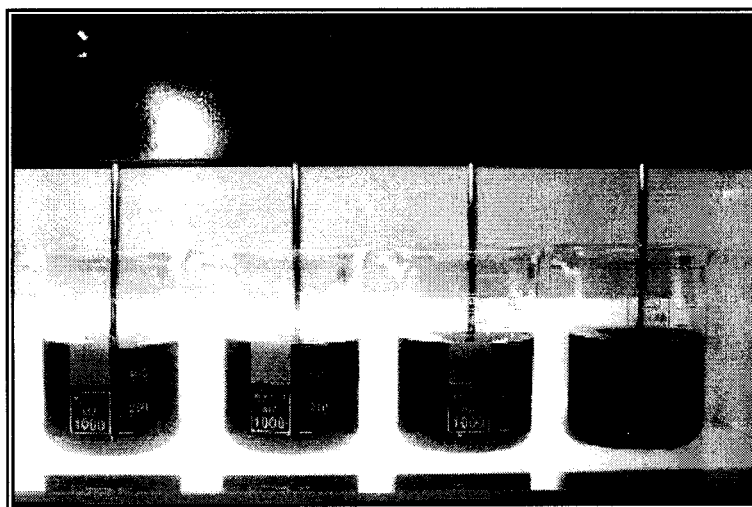


ภาพที่ 4.3 ทดลองทำ Jar Test

ตารางที่ 4.4 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1

บีกเกอร์	13	14	15	16
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	428	567	590	553
Vol. น้ำเสี้ยว (ml.)			600	
pH	4.43	4.42	4.45	4.45
10% ปูนขาว (ml.)			4	
pH	11.59	11.46	11.63	11.47
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
SS (ppm.) หลังทดลอง	-	-	-	-
สี	-	-	-	-

หมายเหตุ: ไม่ทำการทดลองต่อเนื่องจากค่า pH หลังเติมปูนขาวลงไปมีค่า pH สูงกว่า 9-10 ซึ่งเป็นช่วงที่ควบคุม



ภาพที่ 4.4 ทดลองทำ Jar Test

1.2 การทดลองทำ Jar Test ซ้ำ ครั้งที่ 2

จากการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 1 แล้ว ได้ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2

บีกเกอร์	1	2	3	4
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	576	544	562	584
Vol. น้ำเสีย (ml.)	600			
pH	4.34	4.35	4.36	4.37
10% ปูนขาว (ml.)	1			
pH	6.72	6.74	6.76	6.74
50% NaOH (หยด)	3	3	3	3
pH	9.18	9.23	9.24	9.27
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	8.88	8.85	8.81	8.94
SS (ppm.) หลังทดลอง	93	105	69	102
สี	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย

ตารางที่ 4.6 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2

ปีเกอร์	5	6	7	8
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	566	530	536	551
Vol. น้ำเสีย (ml.)		600		
pH	4.32	4.34	4.33	4.39
10% ปูนขาว (ml.)		2		
pH	9.79	9.81	9.74	9.72
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	9.42	8.95	8.90	8.84
SS (ppm.) หลังทดลอง	96	96	66	82
สี	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส
	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย

ตารางที่ 4.7 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 2

บีกเกอร์	9	10	11	12
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	673	554	598	480
Vol. น้ำเสีย (ml.)		600		
pH	4.35	4.35	4.34	4.33
10% ปูนขาว (ml.)		3		
pH	10.26	10.51	10.32	10.42
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	10.20	9.12	8.43	8.51
SS (ppm.) หลังทดลอง	95	96	46	62
สี	ใสมีตะกอนลอย เล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย

1.3 การทดลองทำ Jar Test ซ้ำ ครั้งที่ 3

จากการทดลองทำ Jar Test ครั้งที่ 2 แล้ว ได้ทำการทดลองซ้ำครั้งที่ 3 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8, 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3

บีกเกอร์	1	2	3	4
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	621	563	590	532
Vol. น้ำเสีย (ml.)			600	
pH	4.59	4.52	4.54	4.53
10% ปูนขาว (ml.)			1	
pH	6.69	6.63	6.66	6.65
50% NaOH (หยด)	3	3	3	3
pH	9.04	9.10	9.12	9.06
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	8.44	8.35	8.52	8.41
SS (ppm.) หลังทดลอง	97	120	63	94
สี	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย	เหลืองมีตะกอนลอย

ตารางที่ 4.9 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3

บีกเกอร์	5	6	7	8
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	518	542	593	572
Vol.น้ำเสีย (ml.)		600		
pH	4.57	4.52	4.55	4.52
10% ปูนขาว (ml.)		2		
pH	9.24	9.26	9.22	9.26
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	9.02	8.76	9.24	8.89
SS (ppm.) หลังทดลอง	91	104	62	85
สี	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส	เหลืองใส
	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย	มีตะกอนลอย

ตารางที่ 4.10 บันทึกผลการทดลองทำ Jar Test ซ้ำครั้งที่ 3

บีกเกอร์	9	10	11	12
SS (ppm.) ก่อนทดลอง	690	596	539	593
Vol. น้ำเสี้ยว (ml.)		600		
pH	4.40	4.45	4.00	4.00
10% ปูนขาว (ml.)		3		
pH	10.44	10.52	10.53	10.28
50% NaOH (หยด)	-	-	-	-
pH	-	-	-	-
0.5% Polymer (ml.)	1	2	3	4
pH	10.06	9.66	8.74	8.89
SS (ppm.) หลังทดลอง	86	90	38	60
สี	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย	ใสมีตะกอน ลอยเล็กน้อย

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาหาปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสีแห่งหนึ่ง ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ได้ผลสรุปดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี

สารเคมี	น้ำเสีย	10%ปูนขาว	0.5%โพลิเมอร์
ปริมาตร (ml.)	600	3	3

1.1 ในการทดลอง พบว่าที่อัตราส่วนปูนขาวและโพลิเมอร์ ตามตารางที่ 5.1 ทำให้ได้ค่า % Removal เท่ากับ 93.71% ตามการคำนวณในตารางที่ 5.2 ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดในการทดลอง

ตารางที่ 5.2 จำนวนหา %Removal

ปริมาณสาร (ml.)	ค่าสารแขวนลอย (ppm.) ก่อนทดลอง				ค่าสารแขวนลอย (ppm.) หลังทดลอง				%Removal		
	โพติเมอร์	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
1	1	535	576	621	577	577	124	93	97	105	83.20
	2	476	544	563	528	528	116	105	120	114	77.26
	3	578	562	590	577	577	64	69	63	65	89.08
	4	630	584	532	582	582	96	102	94	97	83.85
2	1	549	566	518	544	544	93	96	91	93	83.28
	2	756	530	542	609	609	108	96	104	103	82.93
	3	568	536	593	566	566	60	66	62	63	89.04
	4	529	551	572	551	551	98	85	85	89	84.56
3	1	677	673	690	680	680	88	95	86	90	87.35
	2	532	554	596	561	561	98	96	90	95	83.95
	3	674	598	539	604	604	32	46	38	39	93.71
	4	519	480	593	531	531	52	62	60	58	88.69

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาทดลองหาปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่เหมาะสมในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียของโรงงานผลิตสังกะสี ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง ทำให้ทราบปริมาณปูนขาวและโพลิเมอร์ที่แท้จริงในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะเกิดผลดีในหลายๆ ด้าน เช่น ช่วยในเรื่องค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย, ใช้สารเคมีลดลง, ลดอัตราายในการสัมผัสสารเคมีของพนักงานประจำระบบบำบัดน้ำเสีย และช่วยลดสารมลพิษในน้ำ ทำให้บำบัดสารแขวนลอย (SS) ในน้ำเสียผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม

นอกจากนี้จากการทดลองทำให้ทราบว่าปริมาตรสารละลายปูนขาว 3 ml. ที่เติมลงไป ในตัวอย่างน้ำเสีย 600 ml. จะทำให้ได้ค่า pH อยู่ในช่วง pH 10 พอดี ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้โซดาไฟในการปรับค่า pH เลย ซึ่งเป็นการลดการใช้โซดาไฟ และลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลงไป นอกจากนี้ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนำมาวัดค่า pH ได้ในช่วง pH 8-9 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม ที่ควบคุมอยู่ที่ 5.5-9 ซึ่งไม่ต้องใช้ 50% ซัลฟูริกในการปรับค่า pH ของน้ำก่อนปล่อยทิ้งเลย ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ลงไปด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมกับน้ำเสียในแต่ละช่วงที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

3.2 ควรทำการศึกษาพารามิเตอร์อื่นๆ ควบคู่ไปด้วย เช่น ค่า TDS และโลหะหนักต่างๆ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2545) *ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ* พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
- กรณีการ์ สิริสิงห์ (2544) *เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์* พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร สถาบันราชภัฏจันทรเกษม
- ณรงค์ วุทธเสถียร (2548) *การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม* พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพมหานคร สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
- ปิติ พูนไชยศรี (2543) “แหล่งน้ำเพื่ออุตสาหกรรม” ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 2 หน้า 39-43 นนทบุรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- _____ (2544) “การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีเคมี” ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม* หน่วยที่ 6 หน้า 34-36 นนทบุรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- มันสิน ตัณฑุลเวศม์ (2532) *วิศวกรรมการประปา เล่ม 1* พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จักรพงษ์ ทรัพย์หิรัญ และคณะ (2545) “การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยวิธีการทำให้ตกตะกอน” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
- ทิตยา นั้บหมื่น (2549) “การบำบัดน้ำเสียคลองแสนแสบด้วยวิธีการรวมตะกอนหรือโคแอกกูเลชัน” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะพัฒนาสังคม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์*
- สิทธิพงษ์ ลาภอนันต์ (2546) “การเตรียมโคแอกกูแลนต์จากกากตะกอนเพื่อใช้ในการแยกน้ำมันและน้ำมันออกจากน้ำเสีย” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
- สุกิจ แก้วทองมา (2550) “ผลของสารตกตะกอนต่อน้ำทิ้งที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตทราย” *วิทยานิพนธ์ปริญญาสาทรณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*

บริษัท ราชสีมา ผลิตเหล็ก จำกัด (2548) รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา การศึกษาและวิเคราะห์
กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นชุบสังกะสี พิมพ์ครั้งที่ 1 นครราชสีมา บริษัท ราชสีมา
ผลิตเหล็ก จำกัด

บริษัท ราชสีมา ผลิตเหล็ก จำกัด (2545) คู่มือควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย Phase I (ทางเคมี) พิมพ์ครั้งที่
1 นครราชสีมา บริษัท ราชสีมา ผลิตเหล็ก จำกัด

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมี

วิธีการคำนวณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองบำบัดน้ำเสีย

1. 10% ปูนขาว

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำ 100 ml.} & \quad \text{มีปูนขาวอยู่} & = & 10 \text{ g.} \\
 \text{ถ้าต้องการเตรียมที่ปริมาตร 1,000 ml.} & \text{จะต้องมีปูนขาว} & = & \frac{1,000 \text{ ml.} \times 10 \text{ g.}}{100 \text{ ml.}} \\
 & & = & 100 \text{ g.}
 \end{aligned}$$

2. 0.5% โพลีเมอร์

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำ 100 ml.} & \quad \text{มีโพลีเมอร์ อยู่} & = & 0.5 \text{ g.} \\
 \text{ถ้าต้องการเตรียมที่ปริมาตร 1,000 ml.} & \text{จะต้องมีโพลีเมอร์} & = & \frac{1,000 \text{ ml.} \times 0.5 \text{ g.}}{100 \text{ ml.}} \\
 & & = & 5 \text{ g.}
 \end{aligned}$$

3. 50% โซดาไฟ

ใช้สารเคมีที่สั่งซื้อมาโดยตรงจากบริษัทภายนอก

ภาคผนวก ข
ผลรวรคหน้าโรงงานสังกะสี

1. ผลการทดสอบ

1.1 คุณภาพน้ำทิ้ง (Wastewater monitoring)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน ^[1]
			น้ำบ่อบำบัด โรงตั้งกะถี	
Colour	Pt-Co unit	Visual Comparison Method	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
Odour	-	By Small	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
pH	-	Electrometric Method	7.24	5.50-9.00
Temperature	°C	Laboratory Method	29.50	40.00
Suspended Solids	mg/l	Dried at 103-105 °C	90.50 *	50.00
Total Dissolved Solids	mg/l	Dried at 103-105 °C	3,500.00 *	3,000.00
Biochemical Oxygen Demand	mg/l	5 Day BOD test, Azide Modification	35.00 *	20.00
Chemical Oxygen Demand	mg/l	Titration Method	74.00	120.00
Oil & Greases	mg/l	Partition Gravimetric Method	4.80	5.00
Hydrogen Sulfide	mg/l H ₂ S	Iodometric Method	0.67	1.00
Manganese	mg/l Mn	Persulfate Method	N.D.	5.00
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/l N	Kjeldahl distillation and Titrimetric Method	7.97	100.00
Phenols	mg/l	Chloroform extraction Method	0.044	1.00
Formaldehyde	mg/l	Nash Method	0.16	1.00
คุณลักษณะน้ำ			ใส	

หมายเหตุ: 1. [1] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

2. N.D. = Not detected

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้ง (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ	มาตรฐาน ^[1]
			น้ำอบำบัด โรงสังกะสี	
Cyanide	mg/l CN ⁻	Ion Selective Electrode	<0.005	0.20
Free Chlorine	mg/l	DPD Method	4.85	-
Zinc	mg/l Zn	AAS	0.35	5.00
Chromium (III)	mg/l Cr ³⁺	AAS	<0.02	0.75
Chromium (VI)	mg/l Cr ⁶⁺	Spectrophotometric Method	0.15	0.25
Copper	mg/l Cu	AAS	<0.02	2.00
Cadmium	mg/l Cd	AAS	<0.02	0.03
Barium	mg/l Ba	AAS	<0.20	1.00
Lead	mg/l Pb	AAS	<0.05	0.20
Nickel	mg/l Ni	AAS	0.03	1.00
Arsenic	mg/l As	Hydride Generation AAS	<0.0002	0.25
Selenium	mg/l Se	Hydride Generation AAS	<0.0005	0.02
Mercury	mg/l Hg	Hydride Generation AAS	<0.0005	0.005
คุณลักษณะน้ำ			ใส	

หมายเหตุ: 1. [1] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้ง (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการทดสอบ	Detection Limits	Results
				น้ำบ่อบำบัด โรงสังกะสี
<u>Organo Chlorine</u>				
<u>Pesticides</u>				
- α -BHC	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- β -BHC	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- γ -BHC	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- δ -BHC	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- Heptachlor	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- Aldrin	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.004	N.D.
- Heptachlor Expoxide	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.008	N.D.
- Endosulfan I	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.008	N.D.
- p.p. DDE	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.008	N.D.
- Dieldrin	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.008	N.D.
- Endrin	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.008	N.D.
- Endosulfan II	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.012	N.D.
- p.p. DDD	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.012	N.D.
- Endrin Aldehyde	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.012	N.D.
- Endosulfan Sulfate	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.012	N.D.
- p.p. DDT	ppb	Gas Chromatography (ECD)	0.012	N.D.
มาตรฐาน ^[1]				N.D.
คุณลักษณะน้ำ				ใส

หมายเหตุ: 1. [1] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

2. N.D. = Not detected

จากผลการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้ง มีรายละเอียดดังนี้

จากผลการทดสอบคุณภาพน้ำทิ้งบริเวณบ่อบำบัดโรงสังกะสี พบว่าเกือบทุกพารามิเตอร์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ยกเว้นค่า Suspended Solids, Total Dissolved Solids และ Biochemical Oxygen Demand **มีค่าไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน** เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การคำนวณหาค่า SS ก่อน และหลังการทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ 1.1 แสดงการคำนวณหาค่า SS ก่อน การทดลองครั้งที่ 1

บีกเกอร์	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนทดลอง (g)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังทดลอง (g)			
	1	2	3	Ave.	1	2	3	Ave.
1	0.0904	0.0905	0.0902	0.0904	0.1037	0.1038	0.1037	0.1037
2	0.0894	0.0897	0.0896	0.0896	0.1015	0.1014	0.1015	0.1015
3	0.0893	0.0895	0.0894	0.0894	0.1038	0.1038	0.1039	0.1038
4	0.0896	0.0897	0.0896	0.0896	0.1054	0.1054	0.1053	0.1054
5	0.0900	0.0899	0.0899	0.0899	0.1037	0.1036	0.1037	0.1037
6	0.0892	0.0892	0.0894	0.0893	0.1082	0.1081	0.1082	0.1082
7	0.0894	0.0894	0.0895	0.0894	0.1036	0.1037	0.1036	0.1036
8	0.0900	0.0902	0.0902	0.0901	0.1033	0.1034	0.1034	0.1034
9	0.0899	0.0899	0.0899	0.0899	0.1068	0.1069	0.1068	0.1068
10	0.0902	0.0907	0.0904	0.0904	0.1037	0.1036	0.1037	0.1037
11	0.0893	0.0895	0.0895	0.0894	0.1063	0.1062	0.1063	0.1063
12	0.0908	0.0908	0.0909	0.0908	0.1038	0.1038	0.1038	0.1038
13	0.0899	0.0901	0.0898	0.0899	0.1006	0.1006	0.1006	0.1006
14	0.0888	0.0890	0.0894	0.0891	0.1032	0.1032	0.1033	0.1032
15	0.0902	0.0900	0.0900	0.0901	0.1048	0.1048	0.1048	0.1048
16	0.0899	0.0901	0.0899	0.0900	0.1032	0.1033	0.1034	0.1033

2. การคำนวณหาค่า SS ก่อน และหลังทำ Jar Test ครั้งที่ 2

ตารางที่ 2.1 แสดงการคำนวณหาค่า SS ก่อน ทำ Jar Test ครั้งที่ 2

ปีเตอร์	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนทดลอง (g)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังทดลอง (g)			
	1	2	3	Ave.	1	2	3	Ave.
1	0.0900	0.0901	0.0900	0.0900	0.1044	0.1044	0.1045	0.1044
2	0.0888	0.0889	0.0887	0.0888	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024
3	0.0900	0.0902	0.0902	0.0901	0.1042	0.1041	0.1042	0.1042
4	0.0894	0.0887	0.0885	0.0889	0.1035	0.1034	0.1035	0.1035
5	0.0894	0.0893	0.0891	0.0893	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034
6	0.0895	0.0902	0.0898	0.0898	0.1031	0.1031	0.1030	0.1031
7	0.0895	0.0895	0.0895	0.0895	0.1029	0.1029	0.1029	0.1029
8	0.0882	0.0883	0.0883	0.0883	0.1020	0.1021	0.1020	0.1020
9	0.0890	0.0893	0.0890	0.0891	0.1059	0.1059	0.1059	0.1059
10	0.0898	0.0902	0.0900	0.0900	0.1039	0.1038	0.1038	0.1038
11	0.0897	0.0896	0.0897	0.0897	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046
12	0.0890	0.0890	0.0890	0.0890	0.1010	0.1010	0.1010	0.1010

ตารางที่ 2.2 แสดงการคำนวณหาค่า SS หลังทำ Jar Test ครั้งที่ 2

บีกเกอร์	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนทดลอง (g)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังทดลอง (g)			
	1	2	3	Ave.	1	2	3	Ave.
1	0.0885	0.0885	0.0885	0.0885	0.0906	0.0908	0.0911	0.0908
2	0.0895	0.0894	0.0892	0.0894	0.0920	0.0920	0.0920	0.0920
3	0.0895	0.0895	0.0897	0.0896	0.0913	0.0913	0.0913	0.0913
4	0.0887	0.0886	0.0887	0.0887	0.0912	0.0912	0.0912	0.0912
5	0.0904	0.0903	0.0903	0.0903	0.0926	0.0927	0.0929	0.0927
6	0.0906	0.0903	0.0903	0.0904	0.0926	0.0927	0.0929	0.0927
7	0.0899	0.0899	0.0899	0.0899	0.0916	0.0915	0.0915	0.0915
8	0.0891	0.0890	0.0892	0.0891	0.0911	0.0911	0.0912	0.0911
9	0.0882	0.0882	0.0883	0.0882	0.0906	0.0906	0.0906	0.0906
10	0.0883	0.0883	0.0883	0.0883	0.0907	0.0907	0.0907	0.0907
11	0.0906	0.0908	0.0911	0.0908	0.0920	0.0920	0.0919	0.0920
12	0.0899	0.0895	0.0899	0.0898	0.0914	0.0914	0.0912	0.0913

3. การคำนวณหาค่า SS ก่อน และหลังทำ Jar Test ครั้งที่ 3

ตารางที่ 3.1 แสดงการคำนวณหาค่า SS ก่อนทำ Jar Test ครั้งที่ 3

บีกเกอร์	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนทดลอง (g)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังทดลอง (g)			
	1	2	3	Ave.	1	2	3	Ave.
1	0.0903	0.0902	0.0902	0.0902	0.1058	0.1057	0.1058	0.1058
2	0.0899	0.0898	0.0898	0.0898	0.1039	0.1039	0.1039	0.1039
3	0.0886	0.0884	0.0886	0.0885	0.1033	0.1033	0.1032	0.1033
4	0.0890	0.0892	0.0892	0.0891	0.1025	0.1024	0.1024	0.1024
5	0.0884	0.0882	0.0884	0.0883	0.1012	0.1013	0.1013	0.1013
6	0.0898	0.0899	0.0897	0.0898	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034
7	0.0908	0.0908	0.0909	0.0908	0.1057	0.1057	0.1056	0.1057
8	0.0903	0.0903	0.0902	0.0903	0.1046	0.1045	0.1046	0.1046
9	0.0891	0.0892	0.0893	0.0892	0.1064	0.1065	0.1064	0.1064
10	0.0894	0.0893	0.0891	0.0893	0.1042	0.1042	0.1041	0.1042
11	0.0895	0.0902	0.0898	0.0898	0.1033	0.1033	0.1033	0.1033
12	0.0895	0.0895	0.0895	0.0895	0.1043	0.1043	0.1044	0.1043

ตารางที่ 3.2 แสดงการคำนวณหาค่า SS หลังทำ Jar Test ครั้งที่ 3

บีกเกอร์	น้ำหนักกระดาษกรองก่อนทดลอง (g)				น้ำหนักกระดาษกรองหลังทดลอง (g)			
	1	2	3	Ave.	1	2	3	Ave.
1	0.0882	0.0882	0.0883	0.0882	0.0908	0.0906	0.0906	0.0907
2	0.0834	0.0832	0.0833	0.0833	0.0863	0.0864	0.0862	0.0863
3	0.0899	0.0895	0.0899	0.0898	0.0914	0.0916	0.0910	0.0913
4	0.0885	0.0885	0.0885	0.0885	0.0906	0.0908	0.0911	0.0908
5	0.0883	0.0891	0.0883	0.0886	0.0906	0.0908	0.0911	0.0908
6	0.0895	0.0894	0.0893	0.0894	0.0920	0.0920	0.0920	0.0920
7	0.0898	0.0897	0.0898	0.0898	0.0914	0.0913	0.0912	0.0913
8	0.0880	0.0879	0.0880	0.0880	0.0902	0.0902	0.0899	0.0901
9	0.0918	0.0914	0.0914	0.0915	0.0936	0.0937	0.0937	0.0937
10	0.0883	0.0891	0.0883	0.0886	0.0906	0.0908	0.0910	0.0908
11	0.0907	0.0908	0.0909	0.0908	0.0918	0.0917	0.0917	0.0917
12	0.0907	0.0908	0.0909	0.0908	0.0923	0.0921	0.0925	0.0923

ภาคผนวก ง

Certificate

RATCHAKIT ENTERPRISE CO., LTD.

598/1 Moo 3 Tambon Nongbursala, Distric Muang Nakhonratchasima 300

Tel. 044-212568 Fax. 044-212585

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product Name : Calcium hydroxide
 Customer's Name : บริษัท ราชธิภา สหคหณค อ่าคค
 Sampling date : 20/3/52
 Delivery Date : 20/5/52
 Quantity : 500 Kgs.
 Packing : 20 Kgs./Bag

ITEMS	Full Specification	Typical Analysis Result
Appearance	White powder	White powder
Ca(OH) ₂	90.00 % (min)	95.80
Moisture content	2.00 % (max)	0.47
Residue on	-	-
# 170 mesh	10.00 % (max)	7.66

This certificate has been generated electronically and therefore a hand written signature can't be provided, and is not required for document authentication.



บริษัท เอเชีย ไซเอนซ์ จำกัด
ASIAN SCIENTIFIC CO., LTD.
 4533, 4535 หมู่ 107 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10260
 4533, 4535 SUKHUMVIT 107 RD. BANGNA BANGNA BANGKOK 10260 THAILAND
 TEL. (02)393-0950, (02)393-4790, (02)398-7049-51, (02)398-7063-4, (02)744-4520-2
 FAX (02)398-7332 E-mail: ascsci@asianet.co.th, asc-science@hotmail.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

To Customer : Ratchasima Steel Product Co., Ltd. Date : 25-03-52

We certify that the Membrane grade caustic soda in this shipment conform to Thai Industrial Standard Institute (TISI) 1501:2534 specifications

Lot.No.080768

Caustic Soda 50%

	Specification	Actual analysis
Appearance	Clear	Clear
Specific gravity	1.513 Min. @ 30°C	1.519
NaOH	49.5 % Min.	50.1
Na ₂ CO ₃	1.0 % Max.	0.024
NaCl	0.1 % Max.	0.017
Fe ₂ O ₃	50 ppm Max.	0.548
NaClO ₃	100 ppm Max.	34.27
Hg	1.0 ppm Max.	0.000

As = 0.000 %

Pb = 0.000 %

Loading Information

From storage tank : _____ 133/108
 Sampling date : _____ 24-03-52 _____
 Truck registration : _____

Shelf life = none

Expiry date = none

QC SECTION

บริษัท ราชกิจ เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด
RATCHAKIT ENTERPRISE CO.,LTD.

893 หมู่ 3 ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000 โทร. 044-212568 แฟกซ์. 044-212585
 893 Moo 3, Nongboasala, MuangNakhonratchasima, Nakhonratchasima 30000 Tel. 044-212568 Fax. 044-212585

FLOCTEX 2480

Anionic Polymer

Description

FLOCTEX 2480 is a high molecular weight, medium charge anionic polymer are used to increase the efficiency of setting, clarification, sludge thickening and sludge de-watering

This product is approved for use by the EPA in the clarification treatment of raw water for potable usage.

Application

Primary clarification

To increase the removal of suspended solid and BOD.

Biological clarification

FLOCTEX 2480 may be required to provide either improved settling rates or suspended solids capture.

Sludge thickening

FLOCTEX 2480 is used in sludge thickening. As waste sludge very broadly in make up, extensive testing may be required to choose the optimum product.

Typical Characteristic

Appearance	White powder
Approximate Bulk density	0.8
Recommended operating concentration(g/l)	1-2
Maximum operating concentration (g/l)	5
Approximate Brookfield viscosity (cps) (1 g/l)	100
Dissolution time in DI water 5 g/l 25°C (minutes)	30-60
Storage temperature (°C)	0-35
Shelf life (months)	24

Sludge de-watering

This is often the most demanding polymer application. Due to the high polymer demand and difficulty in removing the maximum amount of water, proper polymer selection is critical. In all cases, floc development and de-watering rate must be evaluated.

Plant feed solution preparation

Viscosity will limit the practical solution strengths of the dry polymers. The following are the maximum recommended strengths.

Solution may be prepared manually by using a low speed mixer with relatively large blades must be used to mix the polymer in the tank. Product degradation will occur if high speed mixers are used. Approximately 30 minutes of mixing is required to properly prepare a feed solution. The mixer should then be turned off.

Available Packaging

25 kg/bag

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางสาววิลาณี จันทะนา
วัน เดือน ปี	12 สิงหาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอ แม่ใจ จังหวัดพะเยา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต วิชาเอกเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย พ.ศ. 2547
สถานที่ทำงาน	บริษัทราชสีมาผลิตเหล็ก จำกัด สายงานสังกะสี ที่อยู่ 269 หมู่ 1 (กม.273) ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ตำแหน่ง	หัวหน้าแผนกห้องปฏิบัติการทดสอบ ฝ่ายเทคนิค