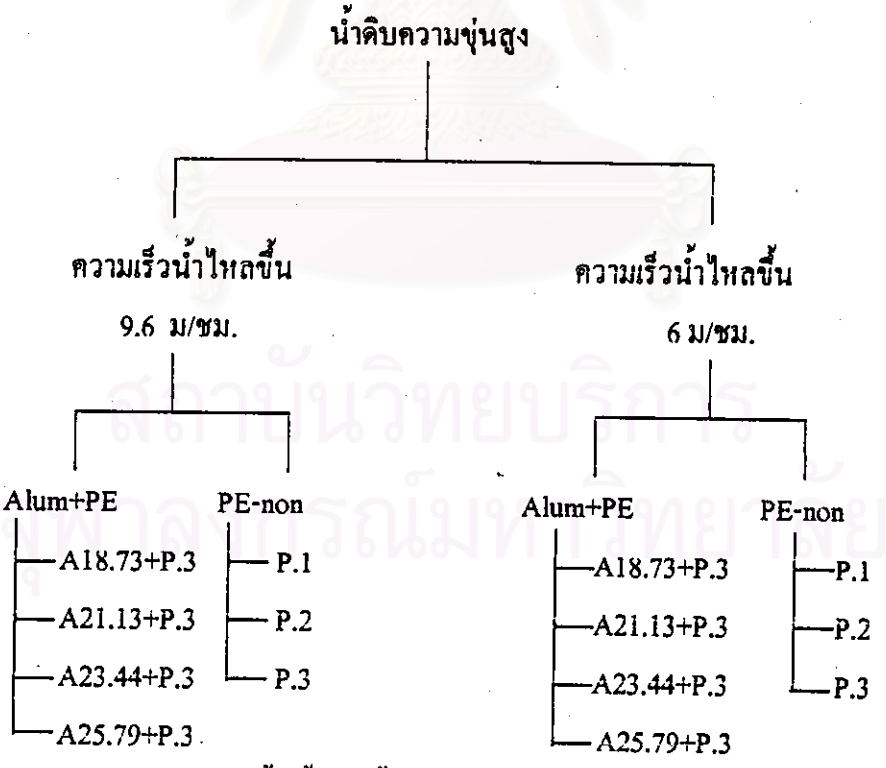
บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 ขอบเขตการศึกษา

เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่เหมาะสมกับสภาพในประเทศ การวิจัยครั้งนี้จึงได้แบ่งการทดลองเป็น 2 กรณี คือ ใช้น้ำดิบที่มีความขุ่นสูง(ความขุ่นประมาณ 100-240 เอ็นทียู) และน้ำดิบที่มีความขุ่นต่ำ(ความขุ่นประมาณ 30-60 เอ็นทียู) โดยมีแผนผังแสดงการทดลองดังรูปที่ 4.1-4.2 และตารางที่ 4.1 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

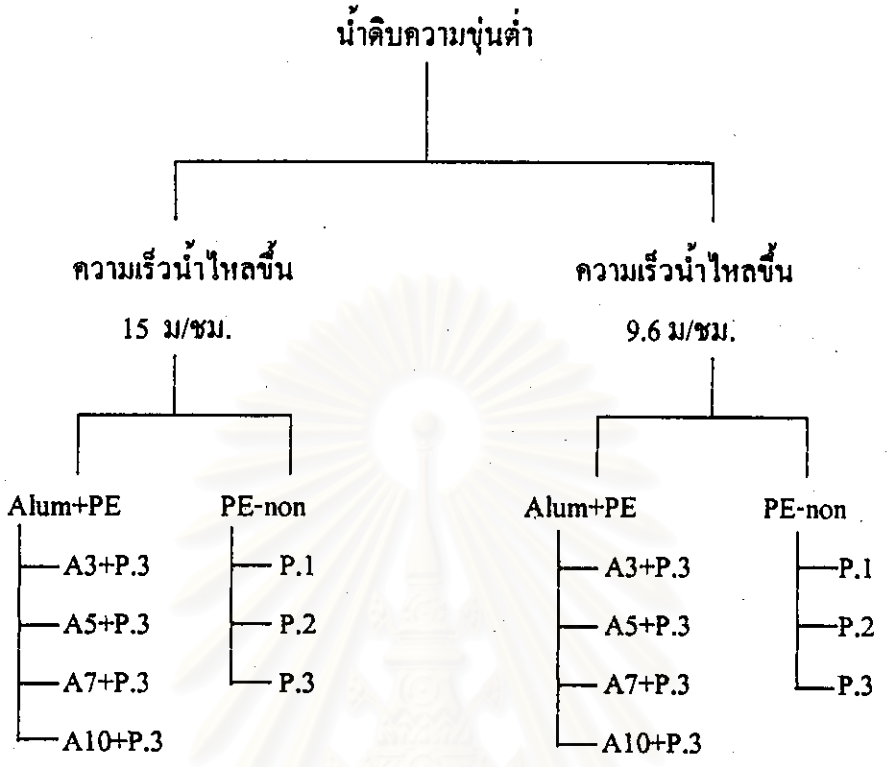


-รวมจำนวนการทดลองในขั้นนี้ 14 ครั้ง

-แปรผันค่าสารส้ม 4 ค่า (ขึ้นกับความขุ่นน้ำดิบในช่วงนั้น)

รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการทดลองกรณีน้ำดิบความขุ่นสูง

I17586634



-รวมจำนวนการทดลองในขั้นนี้ 14 ครั้ง

-แปรผันค่าสารส้ม 4 ค่า ขึ้นกับความขุ่นน้ำดิบในช่วงนั้น

รูปที่ 4.2 แผนผังแสดงการทดลองกรณีน้ำดิบความขุ่นต่ำ

กรณีที่ 1 เลือกใช้น้ำดิบที่มีความขุ่นสูง(ประมาณ 100-240 เอ็นทียู) ความเร็วน้ำไหลขึ้น 9.6 และ 6 ม/ชม. ใช้สารส้มและ/หรือโพลีเมอร์เป็นโคแอกกูแลนต์โดยแปรค่าดังนี้

1.ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์

ใช้น้ำดิบจริงจากคลองส่งน้ำของกปน.ที่มีความขุ่นประมาณ	100-240 (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)	NTU
ความเข้มข้นสารส้ม	18.73, 21.13, 23.44 และ 25.79	มก/ล.
ความเข้มข้นโพลีเมอร์ไม่มีประจุ	0.3	มก/ล.
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	9.6 และ 6	ม/ชม.
จำนวนการทดลอง	8	ครั้ง

2.ใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุเพียงอย่างเดียวเป็นโคแอกกูแลนต์

ใช้น้ำดิบจริงจากคลองส่งน้ำของกปน.ที่มีความขุ่นประมาณ	100-240 (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)	NTU
ความเข้มข้นโพลีเมอร์ไม่มีประจุ	0.1, 0.2 และ 0.3	มก/ล.
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	9.6 และ 6	ม/ชม.
จำนวนการทดลอง	6	ครั้ง

กรณีที่ 2 เลือกใช้น้ำดิบที่มีความขุ่นต่ำ(ประมาณ 30-60 เอ็นทียู) ความเร็วน้ำไหลขึ้น 15 และ 9.6 ม/ชม. ใช้สารส้มและ/หรือโพลีเมอร์เป็นโคแอกกูแลนต์โดยแปรค่าดังนี้

1.ใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์

ใช้น้ำดิบจริงจากคลองส่งน้ำของกปน.ที่มีความขุ่นประมาณ	30-60 (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)	NTU
ความเข้มข้นสารส้ม	3, 5, 7 และ 10	มก/ล.
ความเข้มข้นโพลีเมอร์ไม่มีประจุ	0.3	มก/ล.
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	15 และ 9.6	ม/ชม.
จำนวนการทดลอง	8	ครั้ง

2.ใช้โพลีเมอร์ไม่มีประจุเพียงอย่างเดียวเป็นโคแอกกูแลนต์

ใช้น้ำดิบจริงจากคลองส่งน้ำของกปน.ที่มีความขุ่นประมาณ	30-60 (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล)	NTU
ความเข้มข้นโพลีเมอร์ไม่มีประจุ	0.1, 0.2 และ 0.3	มก/ล.
ความเร็วน้ำไหลขึ้น	15 และ 9.6	ม/ชม.
จำนวนการทดลอง	6	ครั้ง

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ช่วงการทดลอง	ความเร็วน้ำไหลขึ้น 15 ม/ชม.	ความเร็วน้ำไหลขึ้น 9.6 ม/ชม.	ความเร็วน้ำไหลขึ้น 6 ม/ชม.
ช่วงน้ำดิบมีความขุ่นสูง		H-A0-P.1-V9.6	H-A0-P.1-V6
		H-A0-P.2-V9.6	H-A0-P.2-V6
		H-A0-P.3-V9.6	H-A0-P.3-V6
		H-A18.73-P.3-V9.6	H-A18.73-P.3-V6
		H-A21.13-P.3-V9.6	H-A21.13-P.3-V6
		H-A23.44-P.3-V9.6	H-A23.44-P.3-V6
		H-A25.79-P.3-V9.6	H-A25.79-P.3-V6
ช่วงน้ำดิบมีความขุ่นต่ำ	L-A0-P.1-V15	L-A0-P.1-V9.6	
	L-A0-P.2-V15	L-A0-P.2-V9.6	
	L-A0-P.3-V15	L-A0-P.3-V9.6	
	L-A3-P.3-V15	L-A3-P.3-V9.6	
	L-A5-P.3-V15	L-A5-P.3-V9.6	
	L-A7-P.3-V15	L-A7-P.3-V9.6	
	L-A10-P.3-V15	L-A10-P.3-V9.6	

หมายเหตุ : H-A0-P.1-V9.6, L-A0-P.1-V15

H คือ การทดลองช่วงน้ำดิบมีความขุ่นสูง

L คือ การทดลองช่วงน้ำดิบมีความขุ่นต่ำ

A0 คือ ปริมาณสารส้ม 0 มก/ล.

P.1 คือ ปริมาณโพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก/ล.

V9.6 คือ ความเร็วน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ต 9.6 ม/ชม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 แผนการศึกษาและการดำเนินการ

4.2.1 ลำดับขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมอุปกรณ์และติดตั้งเครื่องมือที่โรงผลิตน้ำบางเขน
2. สูบน้ำดิบความขุ่นประมาณ 30-240 เอ็นทียู(ขึ้นกับฤดูกาล)
3. ป้อนโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 4.2 และ 4.3
4. ทำการทดลองศึกษาตามขอบเขตการศึกษาโดย
   - ควบคุมระดับความสูงของเพลเล็ตให้คงที่โดยการระบายเพลเล็ตส่วนเกินทิ้ง
   - วัดค่าความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิต
   - วัดค่าเอสเอสน้ำดิบ น้ำผลิต และเพลเล็ตที่ระดับ 130, 100, 70, 40 และ 0 ซม.
   - วัดค่าพีเอชน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็ว และน้ำผลิต
   - วัดสภาพด่างน้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็ว และน้ำผลิต
   - วัดค่าประจุคอลลอยด์น้ำดิบ น้ำหลังกวนเร็ว และน้ำผลิต
   - วัดขนาดและความเร็วในการจมตัวเพลเล็ตที่ระดับ 130, 100, 70, 40 และ 0 ซม.
   - วัดปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำดิบและน้ำผลิต
5. ทำดุลมวลโดยนำมวลของสารส้มและโพลีเมอร์มาร่วมวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 4.2 สมบัติทั่วไปของสารส้มเหลวที่ใช้ในการทดลอง (การประปานครหลวง)

สมบัติของสารส้ม	
สถานะ	ของเหลว
Al_2O_3	อย่างน้อย 6.5 %
Fe	ไม่เกิน 0.1 มก/กก.
As	ไม่เกิน 5 มก/กก.
Mn	ไม่เกิน 50 มก/กก.
Cd	ไม่เกิน 4 มก/กก.
Pb	ไม่เกิน 20 มก/กก.
Hg	ไม่เกิน 0.4 มก/กก.
Cr	ไม่เกิน 20 มก/กก.
ความถ่วงจำเพาะ	1.265

ตารางที่ 4.3 สมบัติทั่วไปของโพลีเมอร์ที่ใช้ในการทดลอง(บริษัท โกชู เคมีคอล จำกัด)

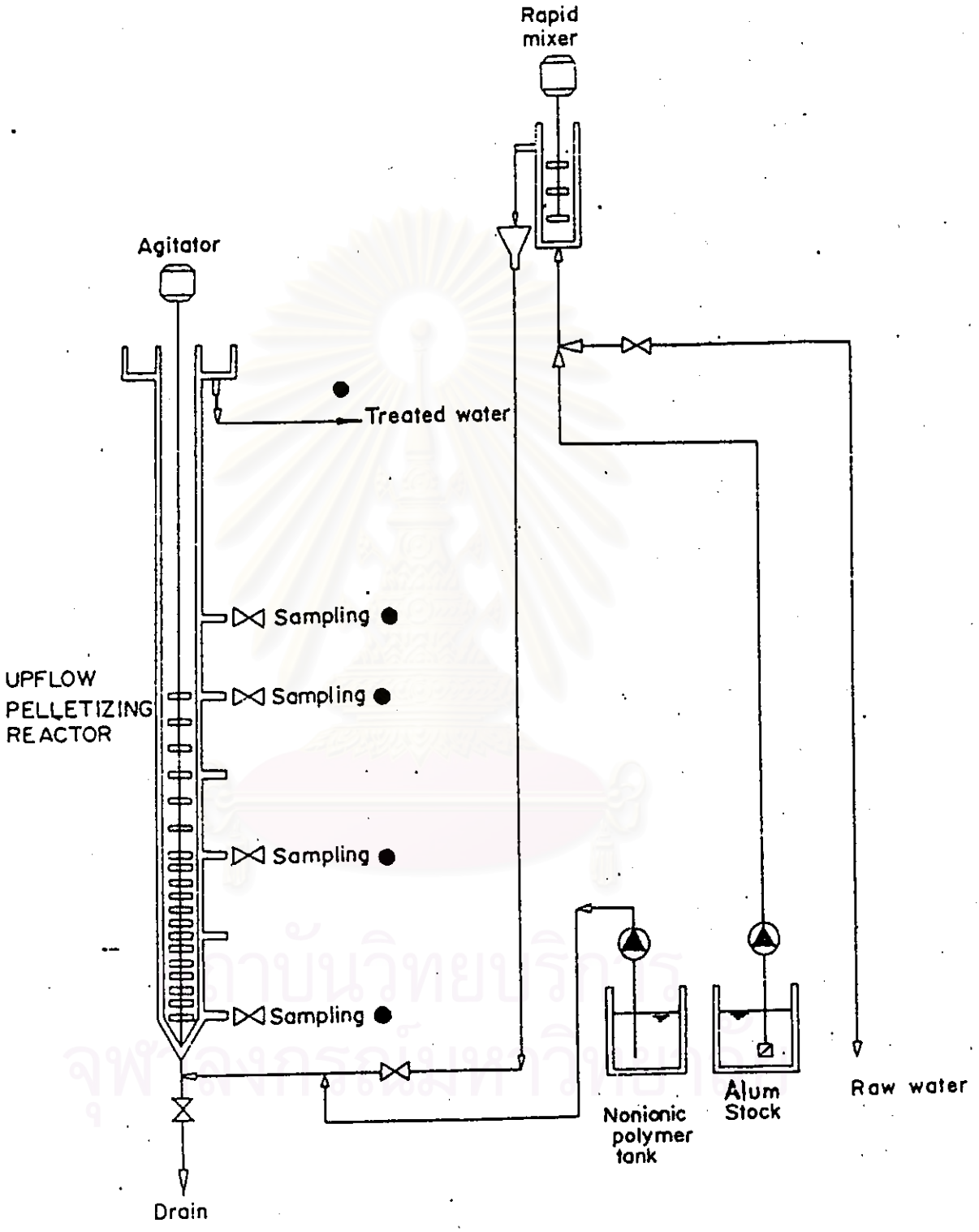
ชื่อทางการค้า Kuriflock PN-133

ประเภท ไม่มีประจุ

สถานะ	เกล็ดสีขาว
มวลโมเลกุล	มากกว่า 12 ล้าน
ความหนืด(cps) 0.1%สารละลาย	20-40
pH(0.1% สารละลาย)	5.5-7.5
ช่วง pH ที่ใช้งาน	5.0-8.0
อายุการใช้งาน	1 ปี
ค่าประจุคอลลอยด์(0.8%สารละลาย)	0 ถึง +5 meq/l x 10^4

4.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ใช้สองชุดดังรูปที่ 4.3 ซึ่งมีอุปกรณ์รวม ดังนี้

1. มอเตอร์กวนเร็วขนาด 0.05 Hp. 1 Phase 100 Volt หมุนได้ 450 รอบต่อนาที 2 ชุด
2. ท่อปฏิกรณ์กวนเร็วทำด้วยอะครีลิกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 50 ซม. 2 ชุด
3. มอเตอร์กวนช้าขนาด 0.03 Hp. 1 Phase 220 Volt หมุนได้ 5 รอบต่อนาที 5 ตัว
4. ท่อปฏิกรณ์กวนช้าทำด้วยอะครีลิกใสรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.25 ซม. สูง 250 ซม. 2 ชุด
5. เครื่องสูบแบบรีดสายเพื่อจ่ายสารส้มของ WATSON MARLOW 2 ตัว
6. เครื่องสูบแบบไดอะแฟรมเพื่อจ่ายสารโพลีเมอร์ของ LMI 2 ตัว
7. อุปกรณ์วิเคราะห์ลักษณะน้ำ
   - เครื่องมือวัดความขุ่นของ Hach รุ่น 2100A
   - เครื่องมือวัดพีเอชของ HORIBA รุ่น F 13
   - กล้องจุลทรรศน์ชี้ห้อ Olympus รุ่น CH-2 กำลังขยาย 10 เท่า
   - อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สภาพด่าง
   - เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นที่ใช้ในการทดลอง

(● จุดเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์)

4.2.3 วิธีการทดลอง

เริ่มโดยการนำน้ำดิบจากโรงผลิตน้ำบางเขนเข้าสู่อุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น(ดังรูปที่ 4.3) โดยมีการเติมการเคมีตามที่กำหนด จากนั้นจึงทำการศึกษาดุลมวลของกระบวนการโดยมีค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

ตัวแปรอิสระในการทดลอง

1.ปริมาณความเข้มข้นของโคแอกกูแลนต์ : แปรผันค่าสารส้ม 4 ค่า และโพลีเมอร์ 3 ค่า

2.ความขุ่นน้ำดิบที่เข้าสู่กระบวนการ : ขึ้นกับฤดูกาล

3.ความเร็วน้ำไหลขึ้นในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น : แปรผัน 2 ค่า

4.เวลาเดินระบบ : 72 ชั่วโมงหรือจนกว่ากระบวนการจะอยู่ในสถานะคงตัว

ตัวแปรคงที่ ได้แก่

1.รูปแบบถังปฏิกรณ์ : 1 แบบ

2.ความเร็วใบพัดกวนช้า : 5 รอบต่อนาที

3.ความเร็วใบพัดกวนเร็ว : 450 รอบต่อนาที

4.ความสูงชั้นเพลเล็ต : 130 ซม.

ตัวแปรตาม ได้แก่

1.ปริมาณความขุ่นตกค้างในน้ำผลิต

2.ขนาดเพลเล็ต

3.ความเข้มข้นของเพลเล็ตในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น

4.ความเร็วในการจมตัวของเพลเล็ต

5.ความเข้มข้นและปริมาณของของแข็งที่ระบายออกจากระบบ

6.ปริมาณอะลูมิเนียมในน้ำผลิต

7.พีเอชและความเป็นด่างในน้ำผลิต

8.ประจุคอลลอยด์ในน้ำผลิต

4.3 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

4.3.1 การเก็บตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างน้ำดิบเพื่อทำการวิเคราะห์โดยมีความถี่ในการเก็บดังแสดงใน ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

2. เก็บตัวอย่างน้ำในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตจากจุดเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูง 130, 100, 70, 40 และ 0 ซม. เพื่อทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

3. เก็บตัวอย่างน้ำผลิตเพื่อทำการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

4.3.2 การวิเคราะห์

1. ความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟฟีโลมิเตอร์

2. ขนาดเพลเล็ตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

3. ความเร็วจมตัวของเพลเล็ตโดยสังเกตด้วยสายตา

4. อะลูมิเนียมใช้วิธีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์(ดูขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ข-1)

5. พีเอชโดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

6. สภาพด่างโดยวิธีไตตริเมตริก

7. เอสเอสใช้วิธีทำให้แห้งที่ 103-105 °ซ

8. ประจุคอลลอยด์โดยวิธีไทเทรตคอลลอยด์(ดูขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ภาคผนวก ข-2)

4.3.3 การหาดุลมวล

การทดลองศึกษาดุลมวลของระบบการสร้างเพลเล็ตฯ ได้ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างน้ำ ณ จุดที่กำหนดโดยทำการวัดปริมาณเอสเอส โดยทำการเปรียบเทียบดุลมวลเพลเล็ตดังต่อไปนี้

1.วัดปริมาณเอสเอสก่อนเข้าสู่ระบบ

2.วัดปริมาณและความเข้มข้นของเอสเอสในอุปกรณ์สร้างเพลเล็ตที่ระดับ 130, 100, 70, 40 และ 0 ซม. , ปริมาณเอสเอสในสลัดจ์ที่ระบายออกจากระบบและตัวอย่างน้ำที่เก็บมาวิเคราะห์

3.วัดปริมาณเอสเอสในน้ำผลิต

4.เดินระบบต่อเนื่องไปจนกระทั่งระบบอยู่ในสถานะคงตัวโดยอ้างอิงจากเอสเอสในระบบคือ เมื่อระบบอยู่ในสถานะคงตัวค่าเอสเอสในน้ำเข้าซึ่งประกอบด้วยเอสเอสในน้ำดิบรวมกับปริมาณสารส้มที่เติมให้กับระบบ จะมีค่าเท่ากับเอสเอสในน้ำออกรวมกับในสลัดจ์ที่ระบายออกและตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

$$A + B = C + D + E$$

เมื่อ A คือ เอสเอสในน้ำเข้า, กรัม/วัน

B คือ สารเคมีที่เติมในระบบ, กรัม/วัน

C คือ เอสเอสในตัวอย่างน้ำและสลัดจ์, กรัม/วัน

D คือ เอสเอสในน้ำผลิต, กรัม/วัน

E คือ สลัดจ์ที่ระบายออก, กรัม/วัน

รูปที่ 4.4 การหาดุลมวลของระบบฯ

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การวิเคราะห์	start up	ชม. 0	ชม. 6	ชม. 12	ชม. 18	ชม. 24	ชม. 32	ชม. 36	ชม. .....
1.ความขุ่น									
-น้ำดิบ	*	*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
-น้ำผลิต		*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
2.พีเอช									
-น้ำดิบ	*	*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
-หลังกวนเร็ว		*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
-น้ำผลิต		*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
3.ขนาดและความเร็วจมตัวเพลเล็ตที่ระดับ 130,100, 70, 40 และ 0 ซม.		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
4.สภาพด่าง									
-น้ำดิบ	*	*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-หลังกวนเร็ว		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-น้ำผลิต		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
5.ประจุคอลลอยด์									
-น้ำดิบ		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-หลังกวนเร็ว		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-น้ำผลิต		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
6.เอสเอส									
-น้ำดิบ	*	*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
-ระดับ 130, 100, 70, 40 และ 0 ซม.		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-น้ำผลิต		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-ปริมาณที่ระบายออก		*	*	*	*	*	*	*	- ทุก 6 ชม.-
7.-Alในน้ำดิบ		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-
-Alในน้ำผลิต		*		*		*		*	- ทุก 12 ชม.-