

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือการศึกษาในโรงงานเกี่ยวกับลักษณะน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสีย น้ำใช้ ปริมาณการผลิตและการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการทางเคมี

5.1 การศึกษาในโรงงาน

5.1.1 ลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต

น้ำเสียที่เกิดจากการผลิตแบ่งตามการเกิดได้ 2 ประเภทคือน้ำเสียที่เกิดตลอดเวลาและน้ำเสียที่เกิดเป็นครั้งคราว ลักษณะน้ำเสียที่ทำการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ ก.1-ก.6 ของภาคผนวก ก. และนำลักษณะน้ำเสียแต่ละประเภทมาสร้างกราฟเส้นตรงใน Logarithmic Probability Scale ดังแสดงรูปที่ ข.1-ข.10 ของภาคผนวก ข.

5.1.1.1 น้ำเสียที่เกิดตลอดเวลา

น้ำเสียที่เกิดตลอดเวลาได้แก่น้ำร้อนล้าง น้ำเย็นล้าง น้ำหล่อเย็น และน้ำเสียรวมจากทั้ง 3 ชนิด ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และลักษณะของน้ำเสียที่เกิดตลอดเวลาที่ความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับ 50% สรุปลงในตารางที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ลักษณะน้ำเสียประเภทที่เกิดตลอดเวลา

ลักษณะน้ำเสีย	ชนิดของน้ำเสียที่เกิดตลอดเวลา											
	น้ำร้อนล้าง			น้ำเย็นล้าง			น้ำหล่อเย็น			น้ำเสียรวม		
	ต่ำสุด	P _{50%}	สูงสุด	ต่ำสุด	P _{50%}	สูงสุด	ต่ำสุด	P _{50%}	สูงสุด	ต่ำสุด	P _{50%}	สูงสุด
อุณหภูมิ °C.	57.0	57.4	58.5	35.0	35.5	36.0	49.5	52.5	55.0	41.5	44.8	47.0
พีเอช	8.5	9.3	9.5	1.5	1.6	2.0	6.4	6.8	7.0	1.9	2.1	2.4
ของแข็งทั้งหมด(มก./ล.)	1206	1435	1716	2392	2982	3833	36	50	58	2177	2593	3005
ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)	76	126	198	9	24	42	2.5	5	10.5	62	105	152
ของแข็งละลาย(มก./ล.)	1130	1309	1604	2383	2958	3808	32	45	53.5	2102	2488	2908
ความเป็นกรด (มก./ล. เทียบกับ CaCO ₃)	-	-	-	2775	4277	6775	8	11.8	16	875	1697	2325
ความเป็นด่าง (มก./ล. เทียบกับ CaCO ₃)	308	500	673	-	-	-	4.5	8.8	11.5	-	-	-
น้ำมัน(มก./ล.)	214	404	738	-	-	-	-	-	-	102	194	752
เหล็ก(มก./ล.)	-	-	-	791	959	1105	-	-	-	402	561	752
สังกะสี(มก./ล.)	-	-	-	-	-	-	25.44	38.57	49.74	2.08	5.89	13.02

หมายเหตุ P_{50%} หมายถึงลักษณะน้ำเสียที่ความน่าจะเป็นสะสมเท่ากับ 50 % ยกเว้นค่าอุณหภูมิและพีเอชเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต

จากค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำเสียในตารางที่ 5.1 พบว่า

1) น้ำร้อนล้างมีอุณหภูมิ พีเอช ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายและน้ำมันเกินมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 40 °C. พีเอช 5-9 ของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 30 มก./ล. (ในกรณีใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1/8 ถึง 1/150) และน้ำมันไม่เกิน 5 มก./ล.

2) น้ำเย็นล้างมีพีเอชและของแข็งละลายเกินมาตรฐานน้ำทิ้งซึ่งกำหนดพีเอช 5-9 และของแข็งละลายน้ำไม่เกิน 2000 มก./ล.

3) น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิและสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดอุณหภูมิไม่เกิน 40 °C. และสังกะสีไม่เกิน 5 มก./ล.

4) น้ำเสี้ยวรวมมีอุณหภูมิ พีเอช ของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลาย น้ำมันและสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดอุณหภูมิไม่เกิน 40 °ซ. พีเอช 5-9 ของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 30 มก./ล. ของแข็งละลายไม่เกิน 2000 มก./ล. น้ำมันไม่เกิน 5 มก./ล. และสังกะสีไม่เกิน 5 มก./ล.

จากการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียทั้ง 4 จุด พบว่าน้ำเสียแต่ละจุดจำเป็นต้องทำการบำบัดโดยกระบวนการทางเคมีและกายภาพได้แก่การแยกดักน้ำมัน การปรับพีเอช การตกตะกอน และการกรองซึ่งใช้ในกรณีนี้ที่ผ่านการตกตะกอนมีของแข็งแขวนลอย หรือโลหะแขวนลอยเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง

5.1.1.2 น้ำเสียที่เกิดเป็นครั้งคราว

น้ำเสียที่เกิดเป็นครั้งคราวได้แก่สารละลายต่างเข้มข้น สารละลายกรดเข้มข้นและกรดโครมิก ลักษณะน้ำเสียทั้ง 3 จุดมีความถี่ในการทิ้งเป็นน้ำเสียไม่แน่นอน สารละลายต่างและกรดเข้มข้นถ่ายทิ้งประมาณปีละ 2-3 ครั้ง กรดโครมิกประมาณเดือนละครั้ง ทำให้การเก็บน้ำเสียมารวิเคราะห์ทำได้จำกัด น้ำเสียที่เป็นกรดโครมิกทำการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม พ.ศ.2531 น้ำเสียที่เป็นสารละลายต่างและกรดเข้มข้นทำการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2532 ซึ่งเป็นวันที่โรงงานหยุดทำความสะอาด ลักษณะน้ำเสียที่เกิดเป็นครั้งคราวสรุปในตารางที่ 5.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ลักษณะน้ำเสียประเภทที่เกิดเป็นครั้งคราว

ลักษณะน้ำเสีย	ชนิดของน้ำเสียที่เกิดเป็นครั้งคราว					
	ต่างเข้มข้น บ่อที่ 1	ต่างเข้มข้น บ่อที่ 2	กรดเข้มข้น	กรดโครมิก		
				ต่ำสุด	P _{50%}	สูงสุด
อุณหภูมิ (°C)	47.5	43.0	30.5	28.5	29.2	30.0
พีเอช	11.2	10.5	0.0	1.95	2.05	2.10
ของแข็งทั้งหมด(ก./ล.)	37.93	10.26	55.84	14.95	16.82	17.67
ของแข็งแขวนลอย(ก./ล.)	28.04	5.03	0.34	0.01	0.02	0.03
ของแข็งละลาย(ก./ล.)	9.89	5.23	55.50	14.93	16.80	17.65
ความเป็นกรด(ก./ล.เทียบกับCaCO ₃)	-	-	294.28	12.73	13.92	15.15
ความเป็นด่าง(ก./ล.เทียบกับCaCO ₃)	19.78	12.62	-	-	-	-
น้ำมัน(ก./ล.)	10.02	3.15	-	-	-	-
เหล็ก(ก./ล.)	-	-	15.80	-	-	-
โครเมียม(VI)(ก./ล.)	-	-	-	10.10	11.00	12.00
โครเมียมทั้งหมด(ก./ล.)	-	-	-	10.31	11.14	12.05

หมายเหตุ P_{50%} หมายถึงลักษณะน้ำเสียที่ความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 % ยกเว้นอุณหภูมิและพีเอช เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต สำหรับสารละลายต่างและกรดเข้มข้นวิเคราะห์เพียงตัวอย่างเดียว

จากลักษณะน้ำเสียในตารางที่ 5.2 พบว่า

- 1) สารละลายต่างเข้มข้นทั้งสองบ่อมีสภาพเป็นด่างสูงมาก อุณหภูมิยังสูงพอควรแม้ว่าจะหยุดการผลิตเป็นเวลาหนึ่งวันแล้ว และมีของแข็งแขวนลอย น้ำมันและของแข็งละลายในปริมาณสูงเกินมาตรฐานน้ำทิ้งมาก
- 2) สารละลายกรดเข้มข้นมีสภาพเป็นกรดสูงมาก และมีของแข็งละลายในปริมาณสูงเกินมาตรฐานน้ำทิ้งมาก
- 3) กรดโครมิกมีพีเอชต่ำและมีโครเมียม ของแข็งละลายในปริมาณสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งมาก ซึ่งกำหนดปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งไม่เกิน 0.5 มก./ล.

จากการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียทั้ง 3 จุดพบว่าน้ำเสียเหล่านี้มีความเข้มข้นสูงมาก

และมีปริมาณมลทินต่างสูง การบำบัดน้ำเสียที่เป็นกรดโครมิกจำเป็นต้องผ่านกระบวนการรีดิวส์โครเมียมก่อนทำการตกตะกอนทางเคมี ดังนั้นจึงต้องแยกทำการบำบัดต่างหาก ส่วนสารละลายต่างและกรดเข้มข้นอาจนำมารวมกันก่อนเพื่อลดปริมาณสารเคมีในการปรับพีเอชโดยทำการกำจัดน้ำมันออกจากสารละลายต่างเข้มข้นด้วยวิธีการแยกดักน้ำมันก่อนทำการบำบัดรวมกับสารละลายกรดเข้มข้น การบำบัดน้ำเสียเข้มข้นเหล่านี้จะสร้างปัญหาและสิ้นเปลืองสารเคมีมาก รวมทั้งเกิดตะกอนที่ต้องนำไปกำจัดต่อในปริมาณสูงตามด้วย

5.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียกับปริมาณการผลิต

ปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียกับปริมาณการผลิตเหล็กอาบสังกะสีในช่วงวันที่ 17 ถึง 25 สิงหาคม พ.ศ. 2531 แสดงในตารางที่ ก.7 ของภาคผนวก ก. และนำมาสร้างความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

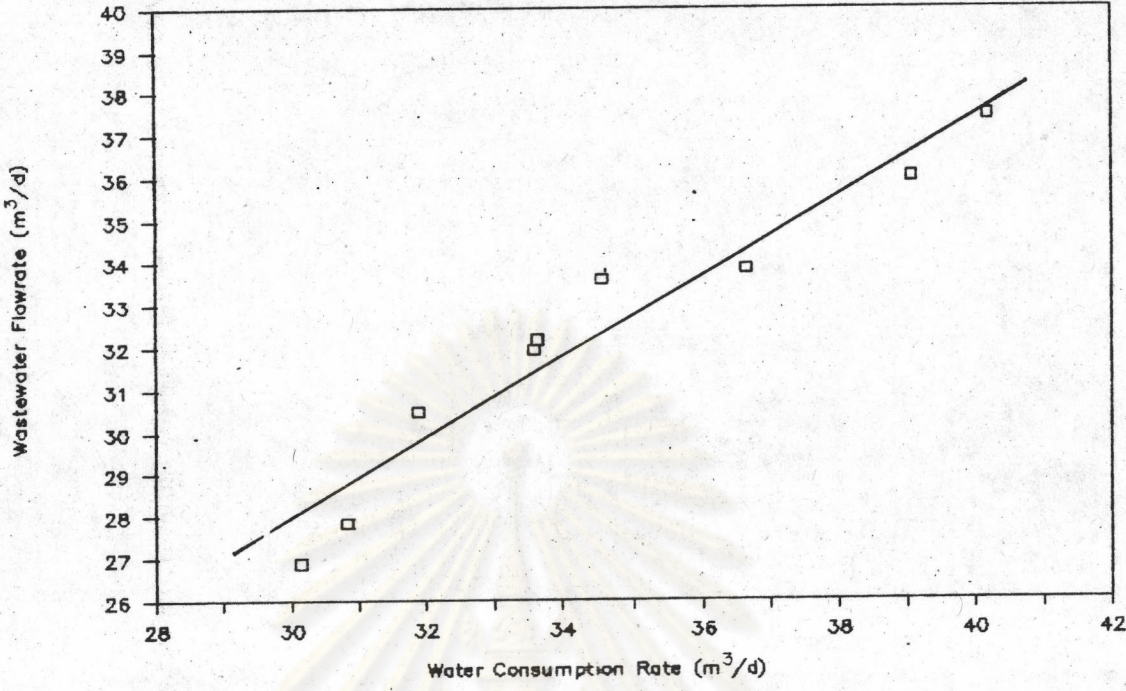
จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงโดยปริมาณน้ำเสียแปรผันตรงกับปริมาณน้ำใช้ ความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณน้ำเสียและน้ำใช้โดยวิธีลีสต์แอสควร์ (Least Square) แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 5.1

$$Y = 0.9167 X + 0.5376 \quad (5.1)$$

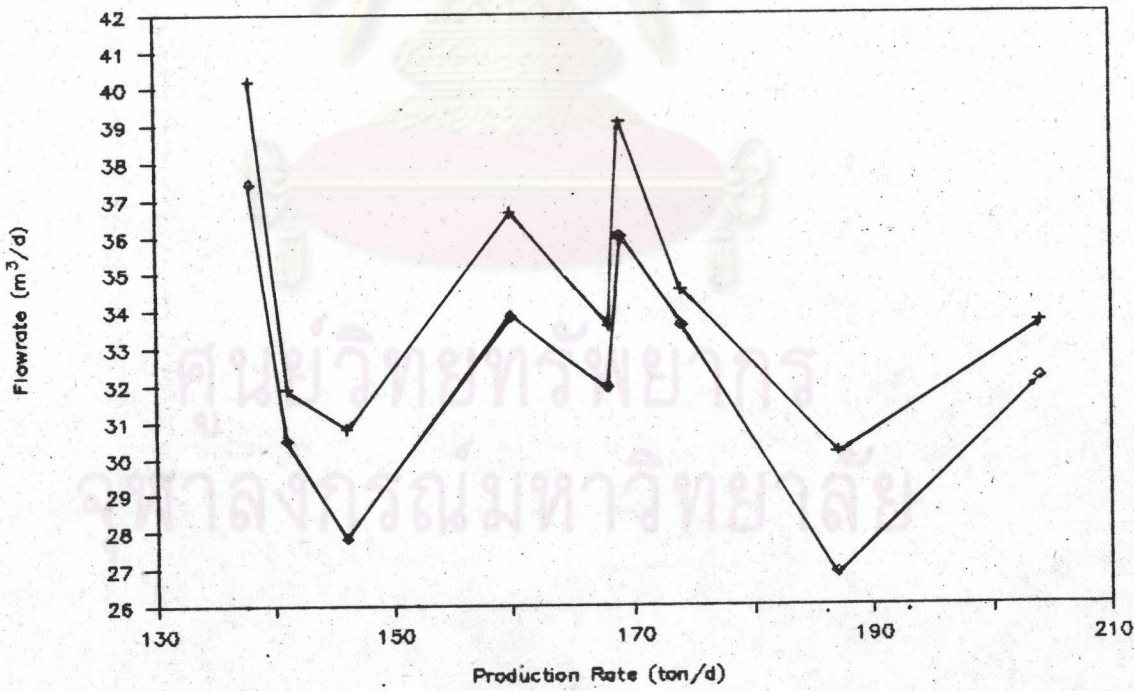
โดย $Y =$ ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)
 $X =$ ปริมาณน้ำใช้ในช่วง 30-41 ลบ.ม./วัน
 $R =$ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ในกรณีนี้ $R = 0.9659$)

รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียกับปริมาณการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีไม่มีความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอนในการควบคุมอัตราการใช้น้ำในกระบวนการผลิตขึ้นอยู่กับดุลพินิจของพนักงานที่ควบคุมการผลิตแต่ละคน รวมทั้งแรงดันน้ำใช้ของโรงงานซึ่งเป็นน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในช่วงที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำใช้ต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 0.209 ลบ.ม./ตัน และค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำเสียต่อปริมาณการผลิตเท่ากับ 0.195 ลบ.ม./ตัน

5.1.3 แนวทางลดปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียในกระบวนการผลิต



รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียจากกระบวนการผลิต



+ ปริมาณน้ำใช้ o ปริมาณน้ำเสีย

รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการผลิตแผ่นเหล็กอบสังกะสีกับปริมาณน้ำใช้และน้ำเสีย

ค่าลงทุนก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและค่าใช้จ่ายในการบำบัดขึ้นอยู่กับลักษณะ ปริมาณและความเข้มข้นของมลทินในน้ำเสียโดยตรง ดังนั้นการลดปริมาณน้ำเสียสามารถประหยัด ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสียได้มากทีเดียว จากการศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับน้ำเสีย และกระบวนการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีในโรงงานที่ทำการศึกษ พบว่ามีข้อบกพร่องหลาย ประการที่ควรแก่การพิจารณาแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิตในทางที่สามารถลดปริมาณน้ำใช้ และน้ำเสีย ข้อเสนอแนะที่จะกล่าวต่อไปนี้อาจจะไม่เหมาะสมที่จะปรับปรุงในโรงงานทันทีแต่ใช้ เป็นข้อพิจารณาเมื่อมีการสร้างโรงงานที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกันแห่งใหม่ในอนาคต แม้ว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตจะทำให้ค่าลงทุนสูงขึ้น แต่สามารถลดค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะมีขนาดเล็กลงและในระยะยาวสามารถประหยัดค่าสารเคมีได้ตลอดไป ดังนั้นจึงควรทำการ พิจารณาเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ก่อนตัดสินใจเลือกกระบวนการผลิต

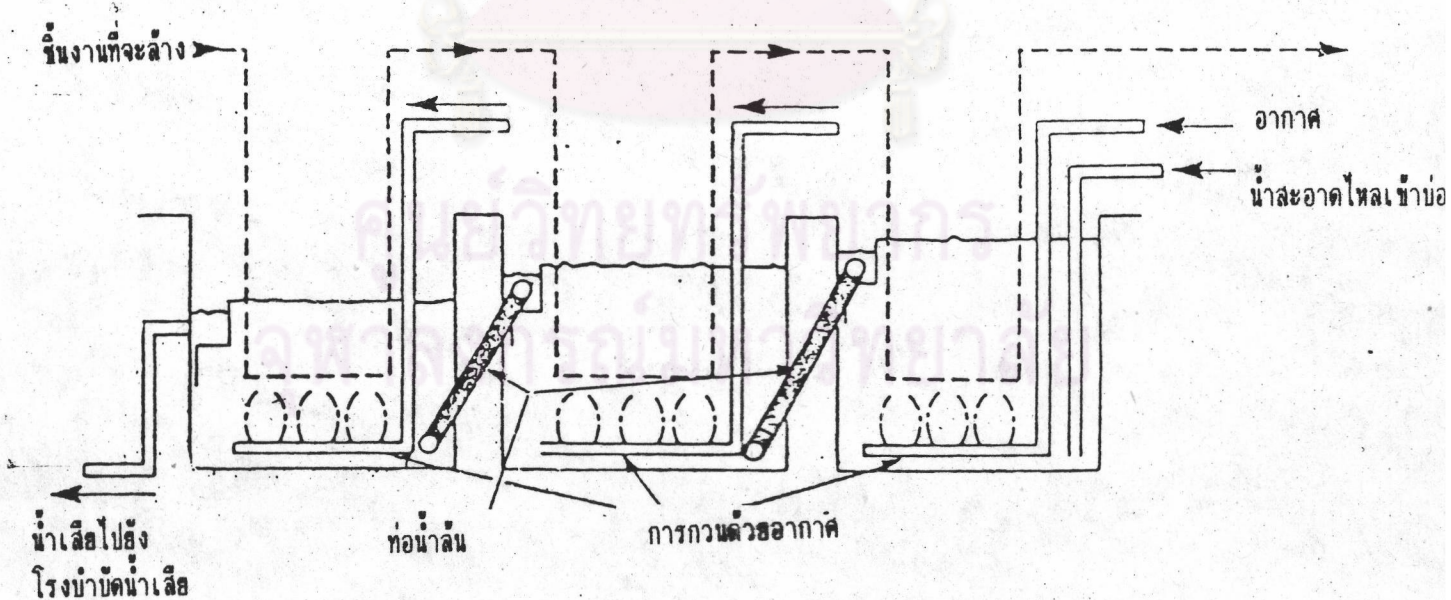
ข้อเสนอแนะในการลดปริมาณน้ำใช้และน้ำเสีย

- 1) การเตรียมแผนงานในการตรวจสอบอุปกรณ์เช่นท่อ วาล์วน้ำ รางระบายน้ำ รวมทั้งสภาพบ่อสารละลายและน้ำล้างต่างๆที่ใช้ในการผลิต เมื่อพบว่ามีกรั่วซึมหรือชำรุดให้ รับผิดชอบการซ่อมแซมแก้ไขให้อยู่ในสภาพดีดั้งเดิม เพื่อลดปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นโดยไม่ จำเป็น
- 2) การดูแลและปรับตั้งอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่รีดน้ำหรือสารละลายเคมีต่างๆที่ติดแผ่น เหล็กให้มีประสิทธิภาพในการรีดน้ำที่อยู่เสมอ เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำล้างในบ่อต่อไปโดยให้ สารละลายเคมีติดแผ่นเหล็กจากบ่อหนึ่งไปอีกบ่อหนึ่ง (Drag out) น้อยที่สุด ในระยะยาว สามารถลดอัตราการใช้น้ำในบ่อน้ำล้างได้มากซึ่งก็คือการลดปริมาณน้ำเสียนั่นเอง
- 3) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่เข้าบ่อน้ำล้างให้มีอัตราสม่ำเสมอ และคงที่ตามต้องการ เนื่องจากเมื่อแรงดันน้ำในเส้นท่อเปลี่ยนแปลง การใช้น้ำวาล์วน้ำธรรมดาทำ ให้อัตราการจ่ายน้ำไม่คงที่ บางครั้งสูงเกินไปทำให้เพิ่มปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียโดยไม่จำเป็น
- 4) การติดตั้งอุปกรณ์วัดการนำไฟฟ้าและวาล์วน้ำอัตโนมัติในบ่อน้ำล้าง เพื่อจะได้ทราบ ถึงสภาพความเข้มข้นของสารละลายในน้ำล้าง เมื่อค่าการนำไฟฟ้าหรือความเข้มข้นของสาร ละลายสูงกว่าที่กำหนด สัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องควบคุม (Sensor) จะถูกส่งไปยังวาล์วน้ำ อัตโนมัติให้เปิดน้ำเข้าบ่อน้ำล้างเพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายลง เมื่อค่าความเข้มข้นของ สารละลายหรือค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดตามที่กำหนดไว้ วาล์วน้ำก็จะทำหน้าที่ปิดน้ำโดยอัตโนมัติ

โดยวิธีการนี้สามารถใช้น้ำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

5) การใช้สารละลายเคมีที่ถ่ายทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย ตัวอย่างเช่นสารละลายต่างเข้มข้นเมื่อแยกน้ำมันและตะกอนออกแล้วสามารถนำมาใช้ปรับพีเอชของน้ำเสียส่วนอื่นที่มีสภาพเป็นกรดได้ หรืออีกตัวอย่างหนึ่งคือการใช้สารละลายกรดเข้มข้นปรับพีเอชในการรีติวส์โครเมียมในกรดโครมิก นอกจากนี้สารละลายกรดเข้มข้นที่ถ่ายทิ้งมีเหล็ก(II)ในปริมาณสูง เหล็ก(II)นี้สามารถรีติวส์โครเมียมได้ ทำให้ลดปริมาณสารรีติวส์ที่ต้องใช้จริงได้ แต่ก่อนที่จะนำสารเคมีเหล่านี้ไปใช้งานต้องทำการศึกษาถึงผลเสียที่อาจจะเกิดขึ้นด้วยเช่น การใช้สารละลายกรดปรับพีเอชในการรีติวส์โครเมียมจะเกิดตะกอนเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากการเกิดตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ร่วมด้วย

6) การปรับปรุงระบบบ่อน้ำล้างจากบ่อเดียวเป็นแบบหลายบ่อต่ออนุกรมกัน โดยทำการตัดแปลงโรงงานเดิมหรือหรือติดตั้งในโรงงานที่จะมีการสร้างใหม่ ให้มีบ่อน้ำล้างเพื่อเป็นหลายบ่อต่อกันดังตัวอย่างในรูปที่ 5.3 เป็นระบบบ่อน้ำล้าง 3 บ่อต่ออนุกรมกัน



รูปที่ 5.3 ระบบบ่อน้ำล้าง 3 บ่อต่ออนุกรมกัน (20)

น้ำสะอาดจะถูกเติมเข้าที่ป้อนสุดท้ายแล้วไหลไปยังบ่อที่สองและบ่อแรกในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทาง การเคลื่อนที่ของแผ่นเหล็กที่ดูที่ความสะอาด รายงานขององค์การป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency) รายงานว่ามีโรงงานชุบโลหะด้วยนิเกิลแห่งหนึ่งในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีความเข้มข้นของสารละลายในน้ำที่ติดตั้งงานมาขังบ่อน้ำล้างเท่ากับ 270000 มก./ล. และต้องการรักษาระดับความเข้มข้นสารละลายในบ่อน้ำล้างไม่เกิน 37 มก./ล. โดยเติมใช้ระบบบ่อน้ำล้างบ่อเดียวต้องใช้ น้ำสะอาดในปริมาณ 7300 ลิตรต่อน้ำที่ติดตั้งงาน 1 ลิตร หลังจากปรับปรุงใช้ระบบบ่อน้ำล้าง 2 บ่อต่ออนุกรมกันและให้น้ำสะอาดไหลในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของชิ้นงานที่ชุบ พบว่าระบบบ่อน้ำล้างแบบนี้ต้องการน้ำสะอาดเพียง 86 ลิตรต่อน้ำที่ติดตั้งงาน 1 ลิตร นั่นคือระบบบ่อน้ำล้างแบบนี้สามารถประหยัดน้ำใช้ได้ถึง 99% (20)

5.2 การทดลองบำบัดน้ำเสียจากบ่อน้ำหล่อเย็น

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

พีเอช 6.8

ความเป็นกรด 75.0 มก./ล. เทียบกับ CaCO_3

ของแข็งแขวนลอย 3.0 มก./ล.

ความเข้มข้นของสังกะสี 50.0 มก./ล. (สังเคราะห์ให้มีความเข้มข้น

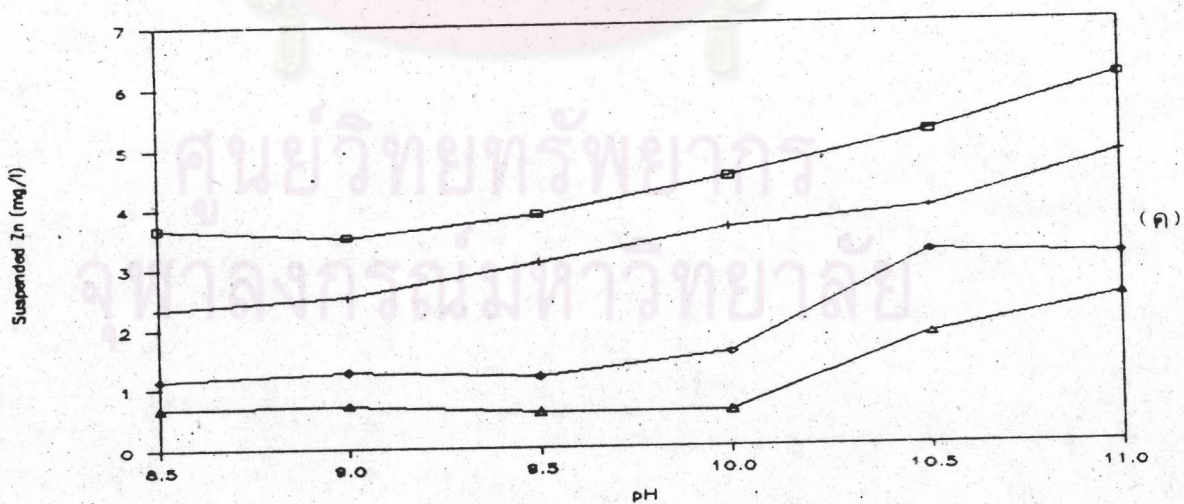
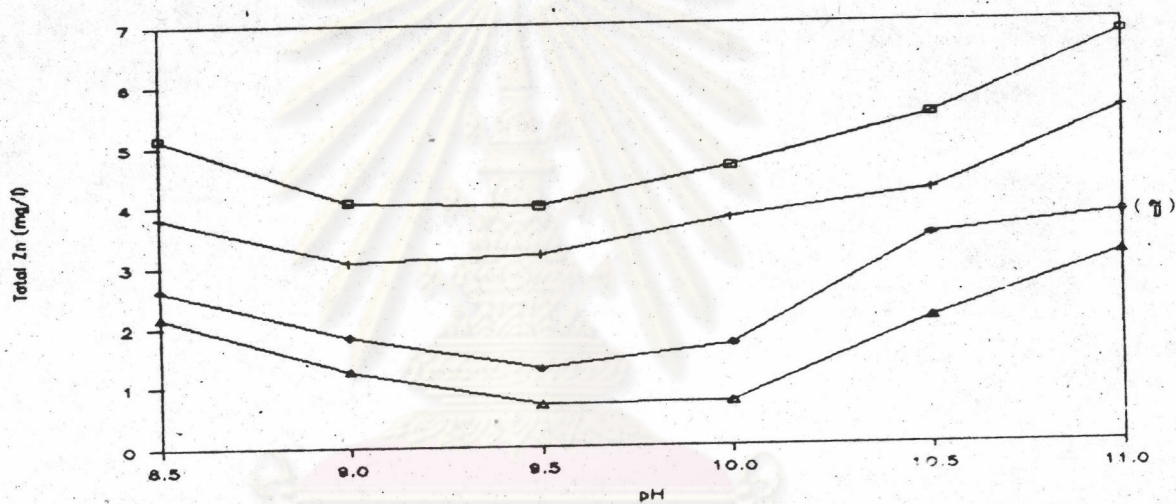
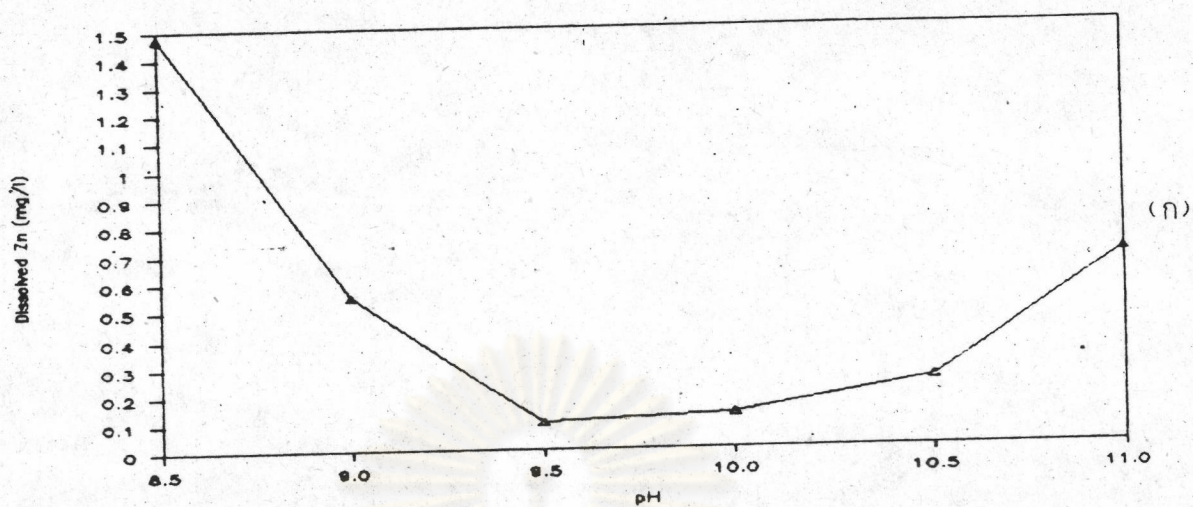
ของสังกะสีเท่ากับความเข้มข้นสูงสุดที่ได้จากข้อมูลการเก็บรวบรวมลักษณะน้ำเสียของโรงงาน)

5.2.1 การกำจัดสังกะสีโดยโซดาไฟและปูนขาว

การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาผลการกำจัดสังกะสีโดยโซดาไฟและปูนขาวที่พีเอช 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0 และ SOR. เท่ากับ 1.5, 1.0, 0.5, 0.1 ม./ชม. ผลการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.8 - ก.9 และรูปที่ 5.4-5.5

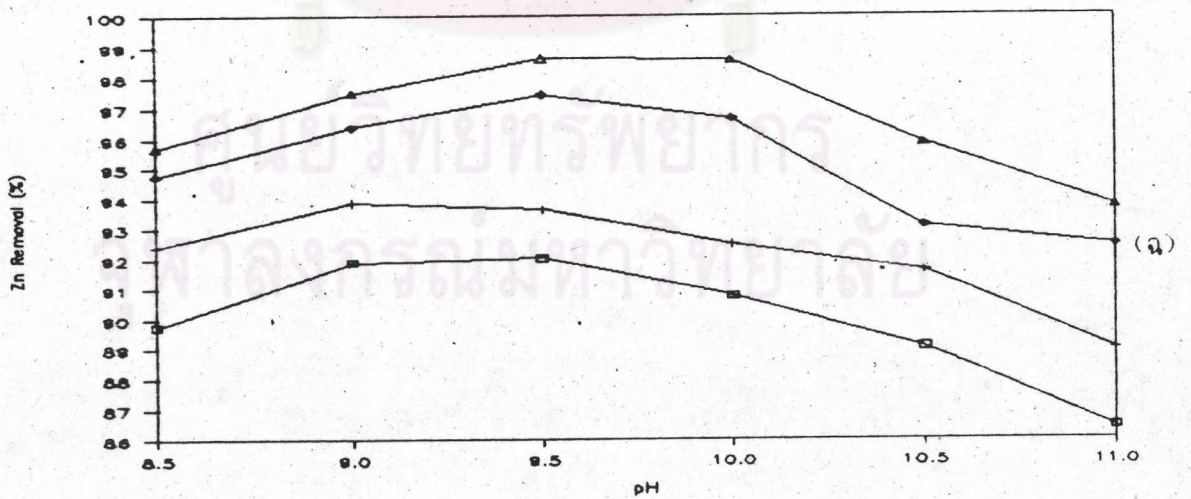
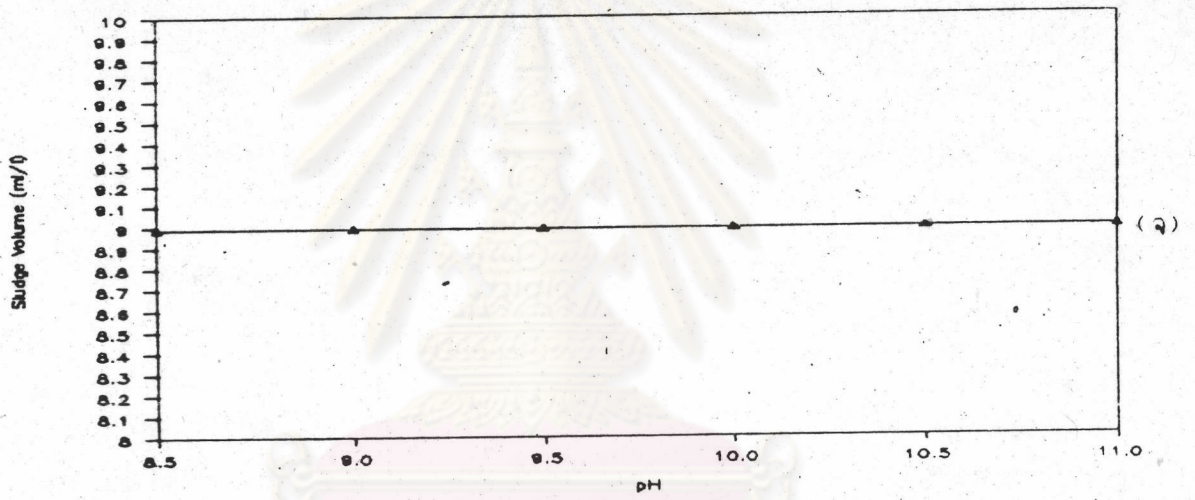
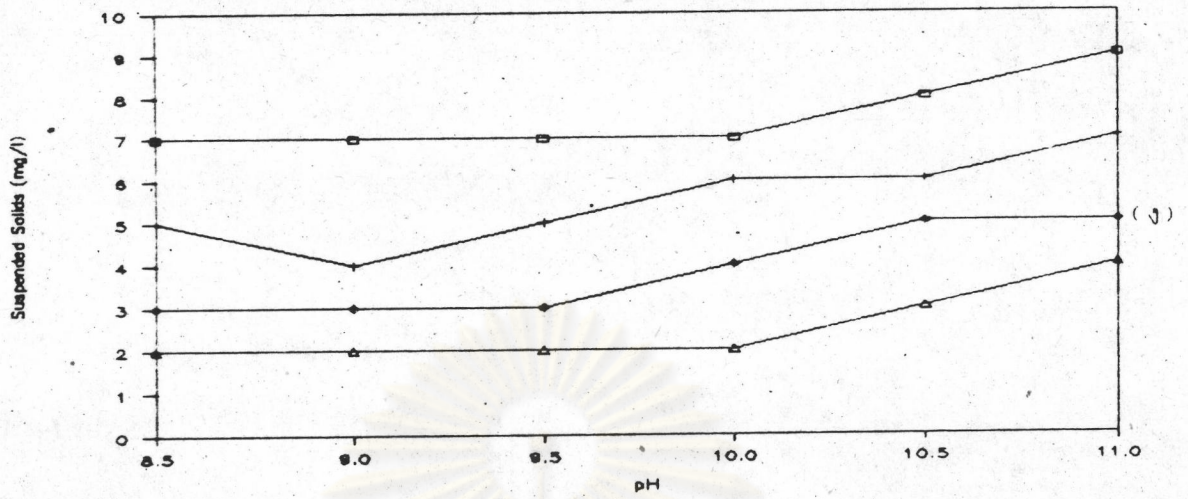
5.2.1.1 ผลของพีเอชและ SOR. กับปริมาณสังกะสีละลาย

จากรูปที่ 5.4 (ก) และ 5.5 (ก) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวให้ผลการกำจัดสังกะสีที่พีเอชต่างๆคล้ายกัน เมื่อเพิ่มพีเอชจาก 8.5 ถึง 9.5 สังกะสีละลายมีค่าลดลงและต่ำสุดที่พีเอช 9.5 ทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวและเมื่อเพิ่มพีเอชขึ้นไปอีกจน



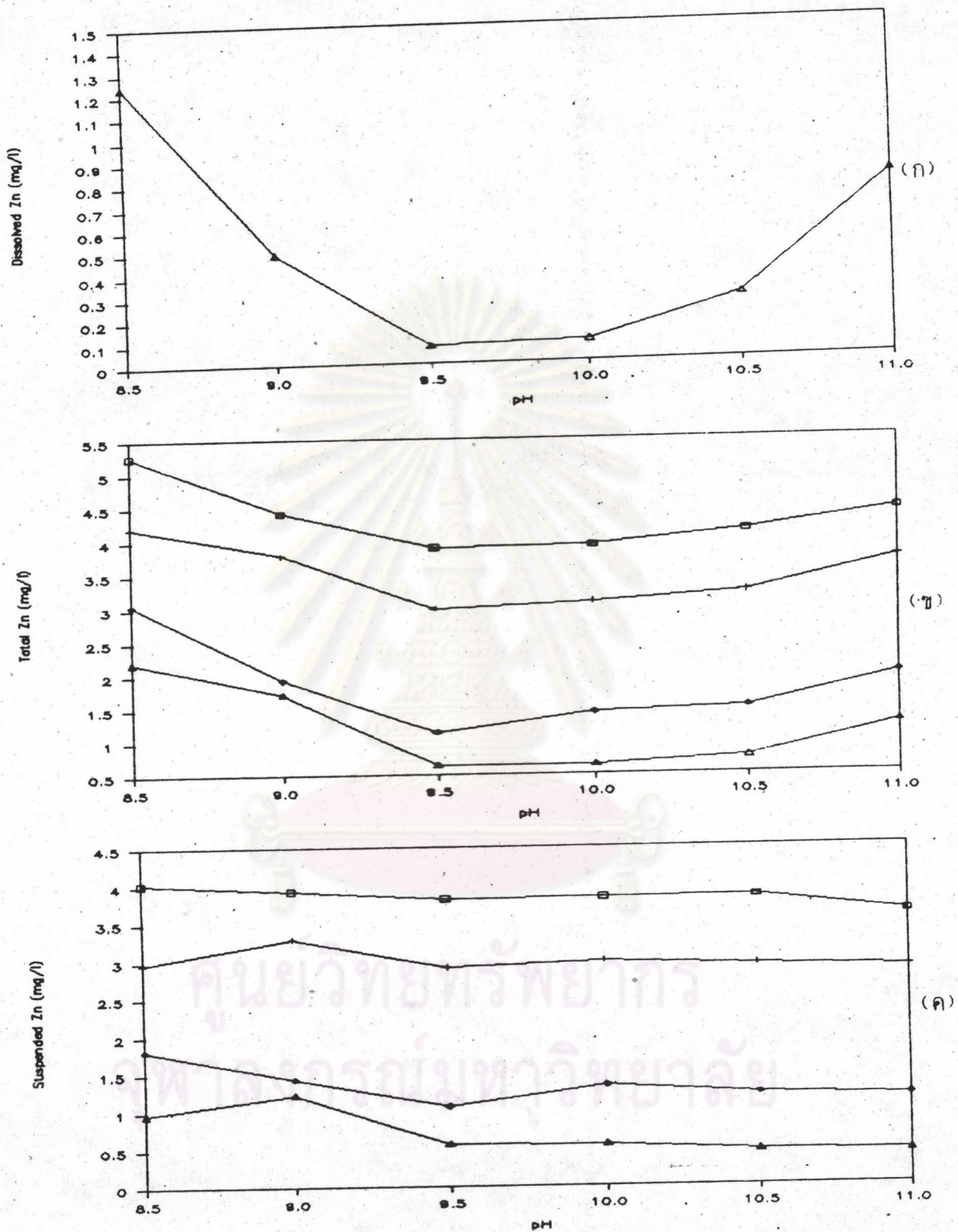
= SOR. = 1.5 ม./ชม. + SOR. = 1.0 ม./ชม. ◊ SOR. = 0.5 ม./ชม. △ SOR. = 0.1 ม./ชม.

รูปที่ 5.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดโดยโซดาไฟ ที่พีเอช 8.5-11.0



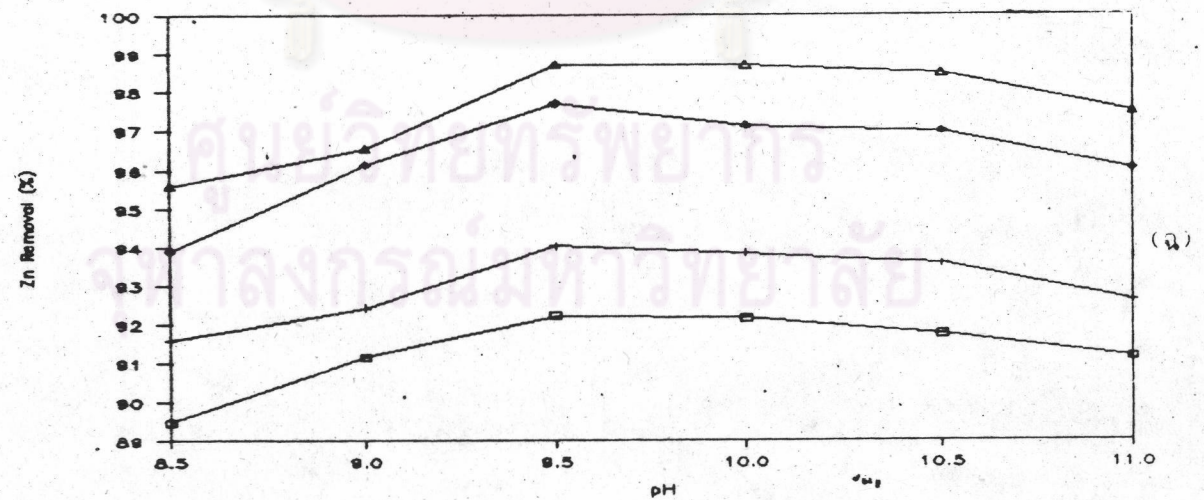
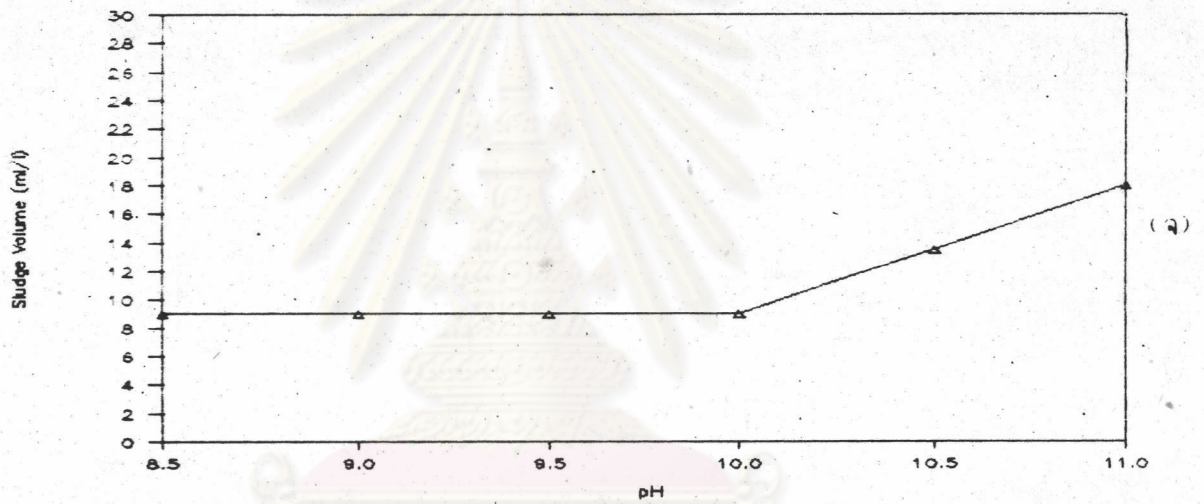
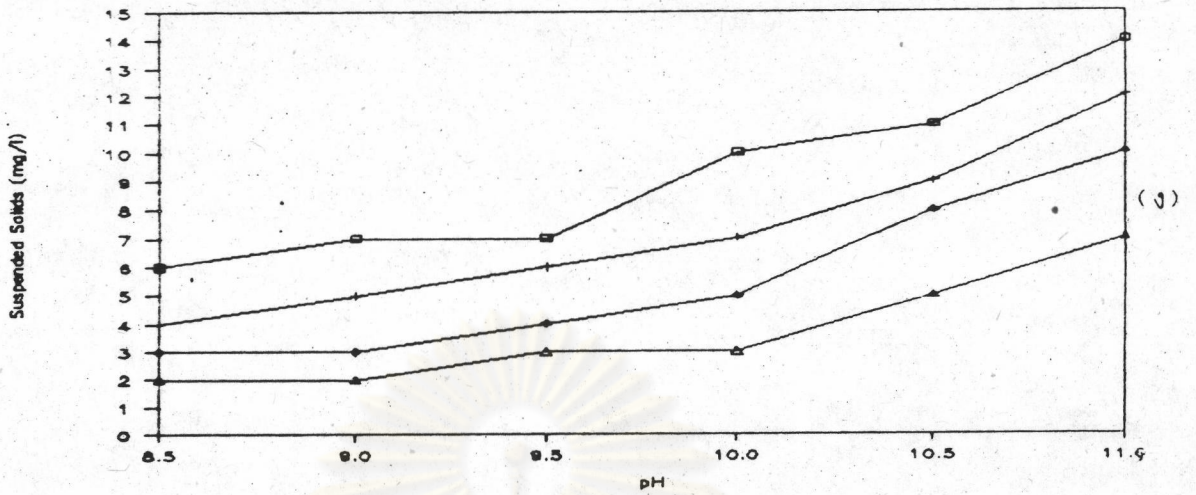
□ SOR. = 1.5 ม./ชม. + SOR. = 1.0 ม./ชม. ◇ SOR. = 0.5 ม./ชม. △ SOR. = 0.1 ม./ชม.

รูปที่ 5.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดโดยโซดาไฟ ที่พีเอช 8.5-11.0 (ต่อ)



□ SOR. = 1.5 ม./ม. + SOR. = 1.0 ม./ม. ◊ SOR. = 0.5 ม./ม. △ SOR. = 0.1 ม./ม.

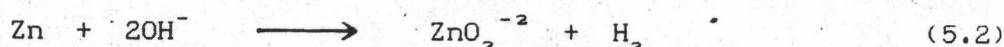
รูปที่ 5.5 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดโดยปูนขาว ที่พีเอช 8.5-11.0



□ SOR. = 1.5 ม./ชม. + SOR. = 1.0 ม./ชม. ◇ SOR. = 0.5 ม./ชม. △ SOR. = 0.1 ม./ชม.

รูปที่ 5.5 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดโดยปูนขาว ที่พีเอช 8.5-11.0 (ต่อ)

ถึง 11.0 สังกะสีละลายกลับมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้เพราะในสารละลายที่เป็นต่างสูง สังกะสีสามารถละลายได้ในรูป Zincate Ion (ZnO_2^{-2}) (21) ดังสมการที่ 5.2



สังกะสีเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติแอมโฟเทอริกเช่นเดียวกับโครเมียม ทองแดง นิกเกิล ดังนั้นพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสังกะสีละลายเท่ากับ 9.5 ทั้งกรณีโซดาไฟ และปูนขาว โดยสามารถลดปริมาณสังกะสีละลายเหลือ 0.10 และ 0.08 มก./ล.

5.2.1.2 ผลของพีเอชและ SOR. กับปริมาณสังกะสีทั้งหมด

จากรูปที่ 5.4 (ข) และ 5.5 (ข) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวที่ SOR. ต่างๆ พีเอชกับปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับปริมาณสังกะสีละลายคือปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าลดลง เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นจาก 8.5 ถึง 9.5 และกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มพีเอชขึ้นไปอีกจนถึง 11.0 ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณสังกะสีละลายที่พีเอชต่างๆซึ่งแสดงคุณสมบัติเป็นแอมโฟเทอริกของโลหะสังกะสี ปริมาณสังกะสีมีค่าต่ำสุดในทุก SOR. ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ยกเว้นกรณีโซดาไฟที่ SOR. เท่ากับ 1.0 ม./ชม. ปริมาณสังกะสีมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 3.06 มก./ล. ที่พีเอชเท่ากับ 9.0 ในกรณีโซดาไฟที่พีเอชเท่ากับ 9.5 และ SOR. เท่ากับ 1.5, 1.0, 0.5, 0.1 ม./ชม. ปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 3.99, 3.17, 1.29, 0.69 มก./ล. และกรณีปูนขาวเท่ากับ 3.89, 2.99, 1.15, 0.65 มก./ล.

5.2.1.3 ผลของพีเอชและ SOR. กับปริมาณสังกะสีแขวนลอย

จากรูปที่ 5.4 (ค) และ 5.5 (ค) พบว่าที่ SOR. ต่างๆเมื่อใช้โซดาไฟปรับพีเอชเพิ่มขึ้นปริมาณสังกะสีแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อใช้ปูนขาวปริมาณสังกะสีแขวนลอยมีค่าลดลงเล็กน้อย ในกรณีโซดาไฟที่พีเอช 9.5 ซึ่งสังกะสีทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุดปริมาณสังกะสีแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 3.89, 3.28, 1.19, 0.60 มก./ล. ที่ SOR. เท่ากับ 1.5, 1.0, 0.5, 0.1 ม./ชม. และในกรณีปูนขาวที่พีเอชเดียวกันสังกะสีแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 3.81, 2.91, 1.07, 0.57 มก./ล. จะเห็นว่าทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวการลดค่า SOR. จาก 1.5 เป็น 1.0 ม./ชม. สามารถกำจัดสังกะสีแขวนลอยได้เพิ่มขึ้นอีกเท่ากับ 0.81 และ 0.90 มก./ล. การลดค่า SOR. จาก 1.0 เป็น 0.5 ม./ชม. สามารถกำจัดสังกะสีแขวนลอยได้เพิ่มขึ้นอีกเท่ากับ 1.89 และ 1.84 มก./ล. และการลดค่า SOR. จาก 0.5 เป็น 0.1

ม./ชม. สามารถกำจัดสังกะสีแขวนลอยได้เพิ่มอีกเพียง 0.59 และ 0.50 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการใช้ SOR. เท่ากับ 0.5 ม./ชม. เหมาะสมที่สุดในการกำจัดสังกะสีแขวนลอยทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว

5.2.1.4 ผลของพีเอชและ SOR. กับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.4 (ง) พบว่าเมื่อเพิ่มพีเอชโดยโซดาไฟ ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าสังกะสีแขวนลอย และจากรูปที่ 5.5 (ง) พบว่าเมื่อเพิ่มพีเอชโดยปูนขาวปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าสังกะสีแขวนลอยมีค่าลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะปูนขาวที่เติมไม่สามารถละลายได้หมดจึงมีบางส่วนแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 และ SOR. เท่ากับ 1.5, 1.0, 0.5, 0.1 ม./ชม. ปริมาณของแข็งแขวนลอยในกรณีโซดาไฟมีค่าเท่ากับ 7, 5, 3, 2 มก./ล. และกรณีปูนขาวมีค่าเท่ากับ 7, 6, 4, 3 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 30 มก./ล. (ในกรณีที่อัตราส่วนผสมของน้ำทิ้งและน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1/8 ถึง 1/150)

5.2.1.5 ผลของพีเอชกับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.4 (จ) พบว่ากรณีโซดาไฟที่พีเอช 8.5-11.0 เกิดตะกอนน้อยมาก ประมาณว่ามีตะกอนเกิดเท่ากันเท่ากับ 8.99 มล./ล. ของน้ำเสีย จากรูปที่ 5.5 (จ) พบว่ากรณีปูนขาวที่พีเอช 8.5-10.0 เกิดตะกอนเท่ากันเท่ากับ 8.99 มล./ล. ของน้ำเสียและที่พีเอชเท่ากับ 10.5 และ 11.0 เกิดตะกอนเท่ากับ 13.49 และ 17.98 มล./ล. ของน้ำเสียตามลำดับ ที่พีเอช 10.5-11.0 การใช้ปูนขาวเกิดตะกอนมากกว่าโซดาไฟเพราะปูนขาวที่ละลายไม่หมดบางส่วนตกตะกอนทำให้เกิดตะกอนเพิ่มขึ้น

5.2.1.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโซดาไฟและปูนขาว

จากรูปที่ 5.4 (ฉ) และ รูปที่ 5.5 (ฉ) พบว่าที่ SOR. เดียวกัน ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีสูงสุดที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ทั้งสองกรณี ที่พีเอช 9.5 และ SOR. เท่ากับ 1.5, 1.0, 0.5, 0.1 ม./ชม. ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีทั้งหมดในกรณีโซดาไฟ เท่ากับ 92.03, 93.65 97.43, 98.61 % และกรณีปูนขาวเท่ากับ 92.22, 94.01, 97.70, 98.71 % เนื่องจากมาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดปริมาณสังกะสีในน้ำทิ้งไม่เกิน 5.0

มก./ล. ดังนั้นการบำบัดน้ำหล่อเย็นนี้สามารถใช้โซดาไฟหรือปูนขาวก็ได้โดยควบคุมพีเอชเท่ากับ 8.5 และ SOR. เท่ากับ 1.0 ม./ชม. หรือควบคุมพีเอชเท่ากับ 9.0 และ SOR. เท่ากับ 1.5 ม./ชม. ก็เพียงพอในการกำจัดสังกะสีในน้ำ เสียให้ได้ตามมาตรฐาน

แต่สำหรับกรณีที่ต้องการกำจัดสังกะสีให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดพบว่า การใช้ปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ให้ประสิทธิภาพสูงกว่าโซดาไฟที่พีเอชเดียวกันในทุกค่า SOR. ทั้งนี้เพราะปูนขาวมีคุณสมบัติเป็นสารโคแอกกูแลนต์ ตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวสามารถจับ คอลลอยด์ของซิงค์ไฮดรอกไซด์ที่แขวนลอยในน้ำขณะที่ตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดสังกะสีทั้งหมดได้ดีกว่าการใช้โซดาไฟและมีราคาถูกลงกว่ามาก ดังนั้นการทดลองบำบัดน้ำหล่อเย็นต่อไป จะใช้ปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ร่วมกับสารโพลีเมอร์เพื่อช่วยในการตกตะกอน

5.2.2 การกำจัดสังกะสีโดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

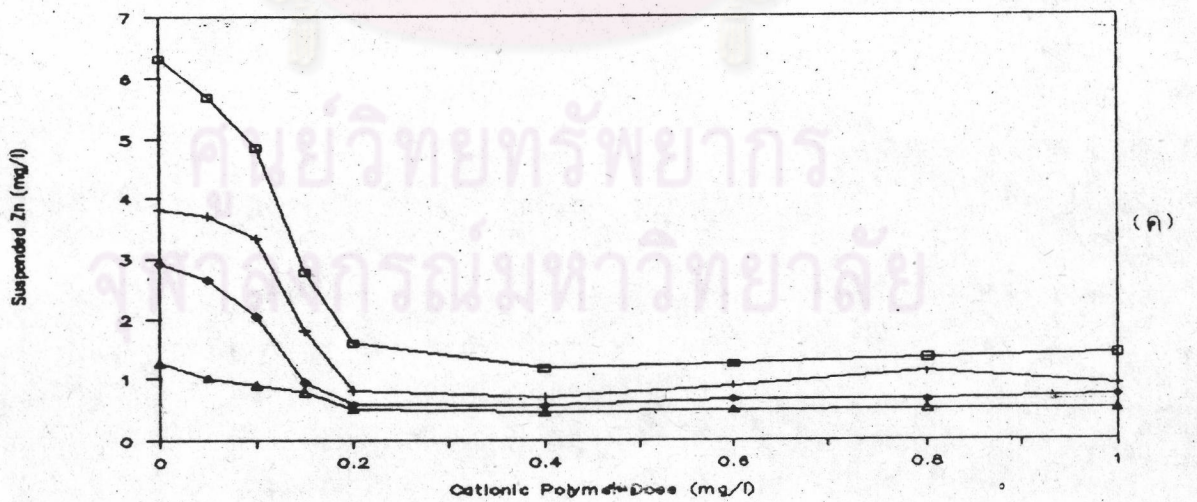
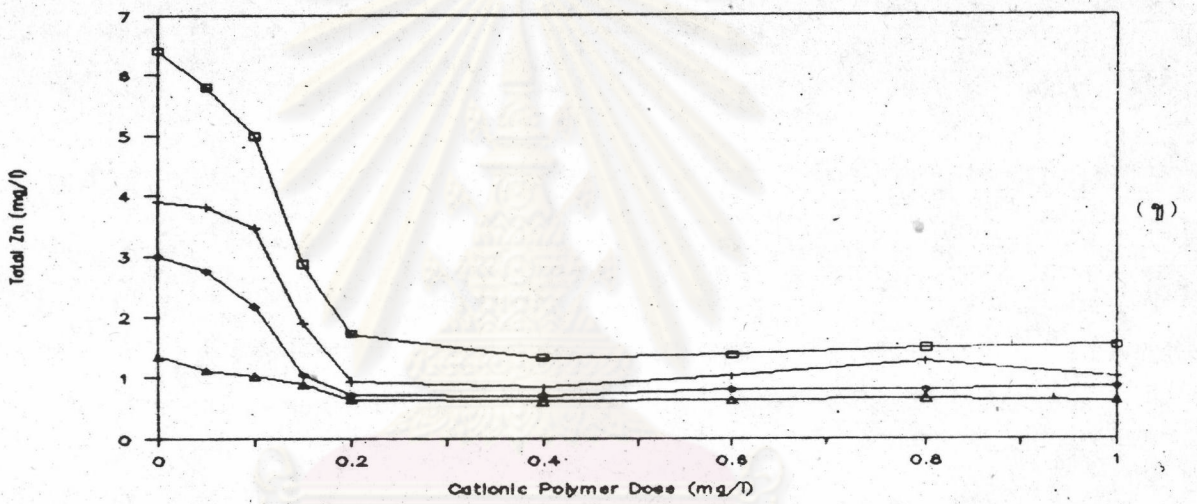
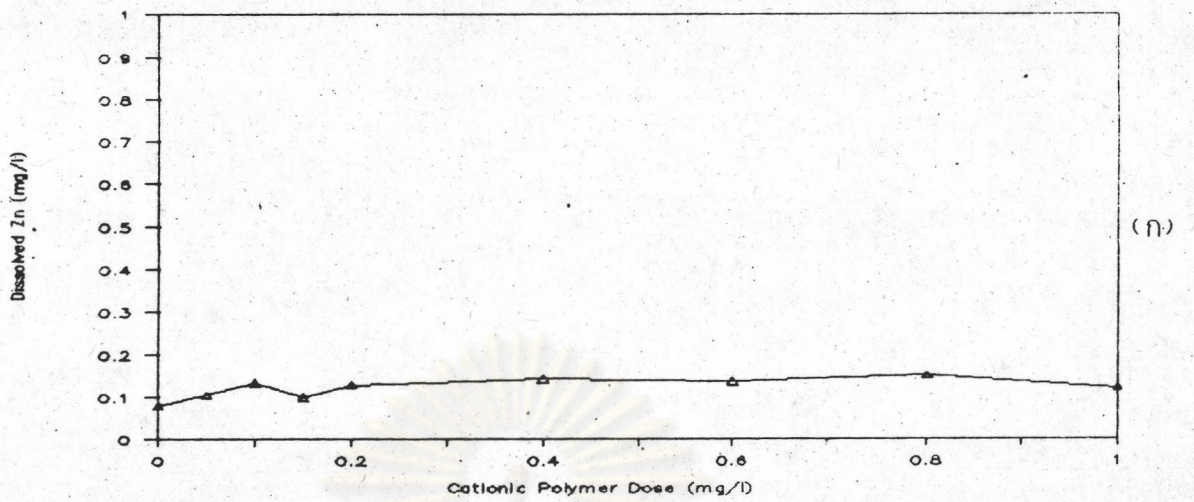
การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาการใช้ปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.05, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 มก./ล. และ SOR. เท่ากับ 2.0, 1.5, 1.0, 0.5 ม./ชม. ผลการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.10-ก.12 ของภาคผนวก ก. และรูปที่ 5.6-5.8

5.2.2.1 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์กับปริมาณสังกะสีละลาย

จากรูปที่ 5.6 (ก), 5.7 (ก) และ 5.8 (ก) พบว่าเมื่อเติมสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิดร่วมกับปูนขาวที่ความเข้มข้น 0.05-1.00 มก./ล. สังกะสีละลายมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว สังกะสีละลายในกรณีนี้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยแสดงว่าสารโพลีเมอร์ไม่สามารถช่วยลดปริมาณสังกะสีละลายได้เลย

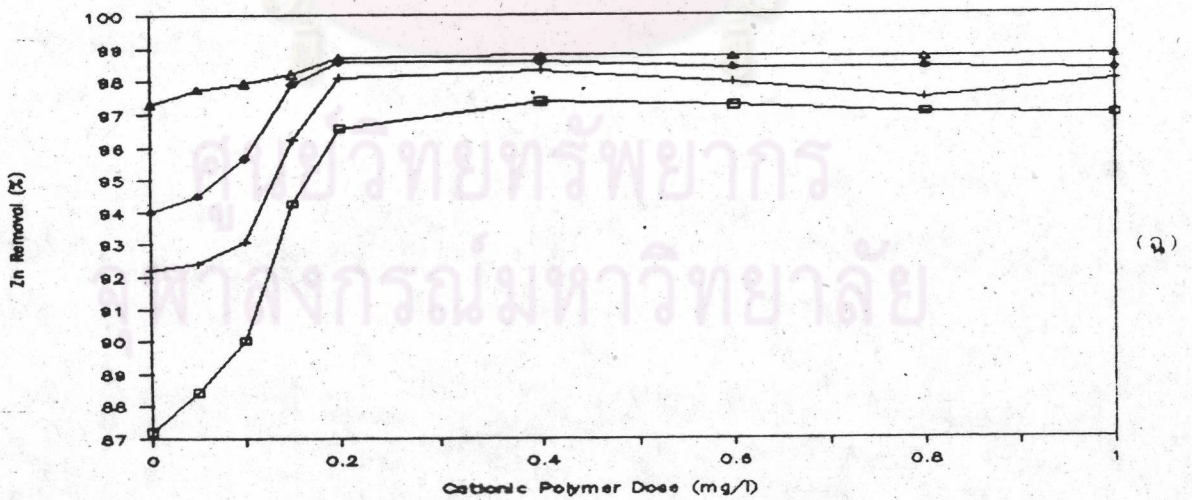
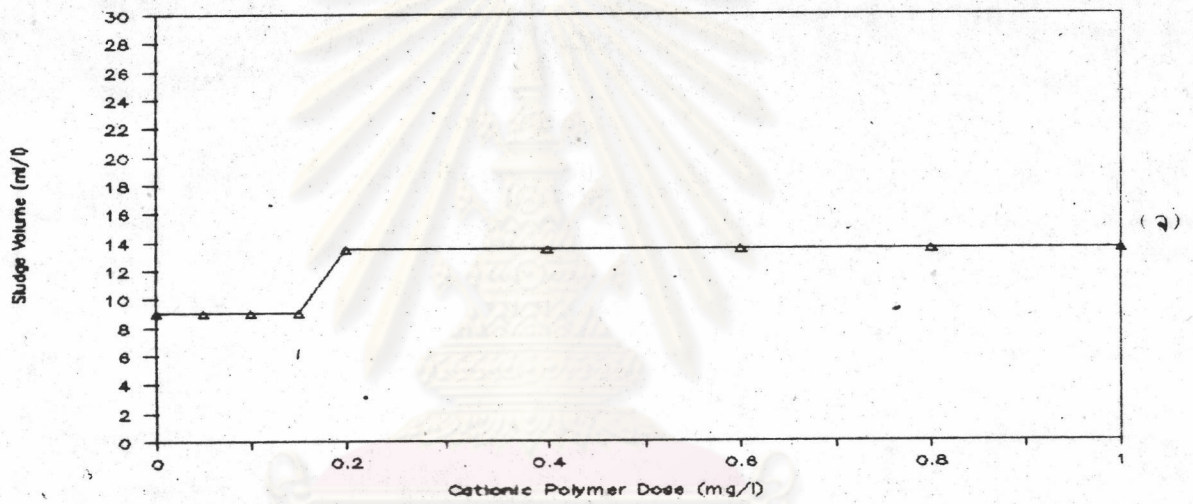
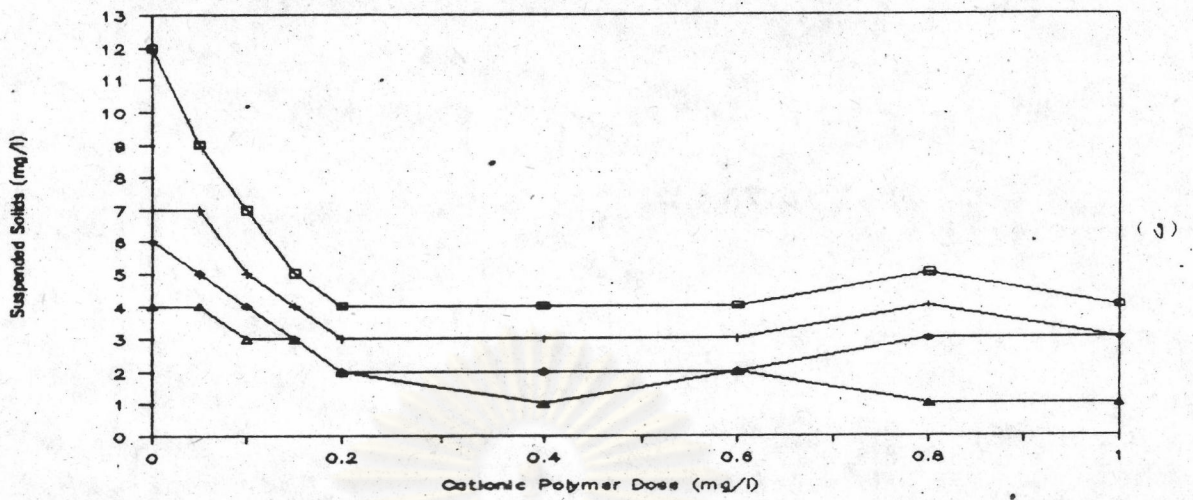
5.2.2.2 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์และ SOR. กับปริมาณสังกะสีทั้งหมด

จากรูปที่ 5.6 (ข), 5.7 (ข) และ 5.8 (ข) พบว่าที่ SOR. ต่างๆ การใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิดสามารถลดปริมาณสังกะสีทั้งหมดได้ดีกว่าการใช้ปูนขาวอย่างเดียวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก



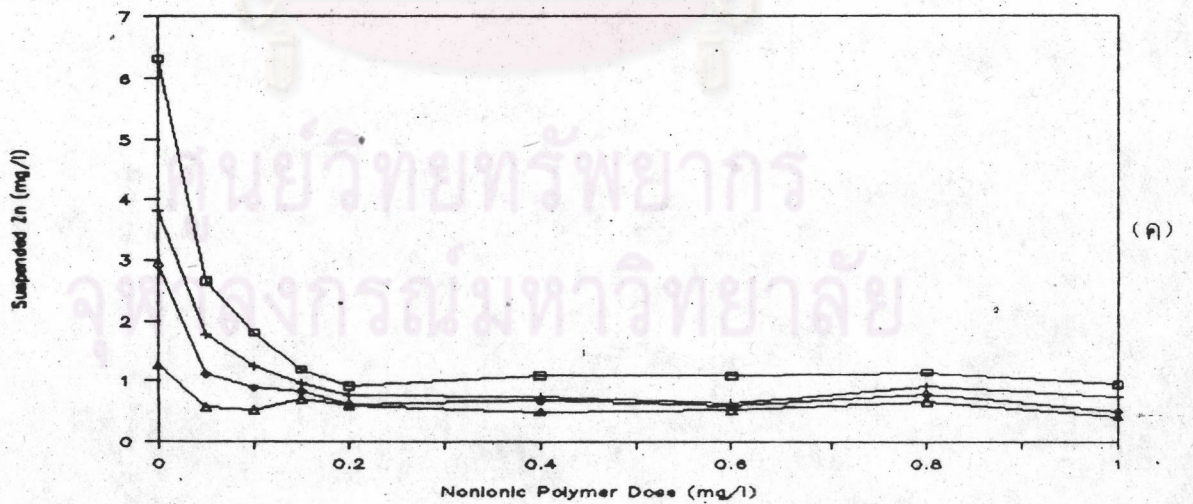
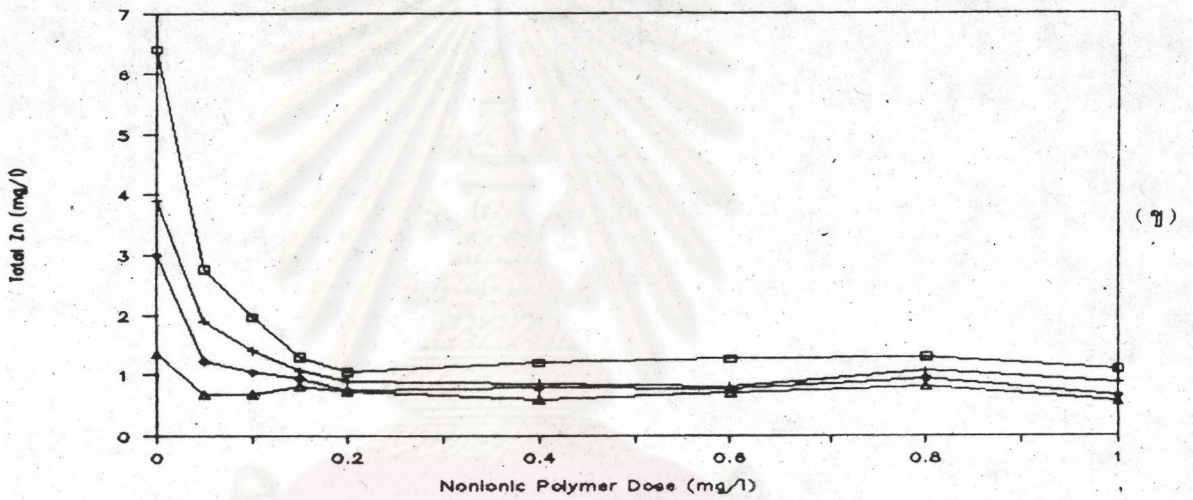
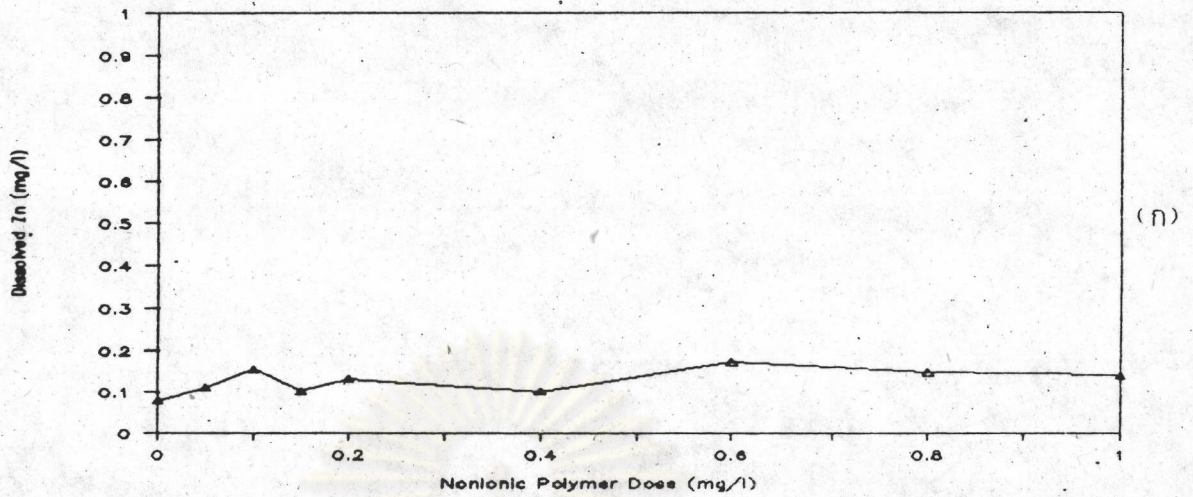
□ SOR. = 2.0 ม./ชม. + SOR. = 1.5 ม./ชม. ◊ SOR. = 1.0 ม./ชม. △ SOR. = 0.5 ม./ชม.

รูปที่ 5.6 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดประจุบวกที่พีเอช 9.5



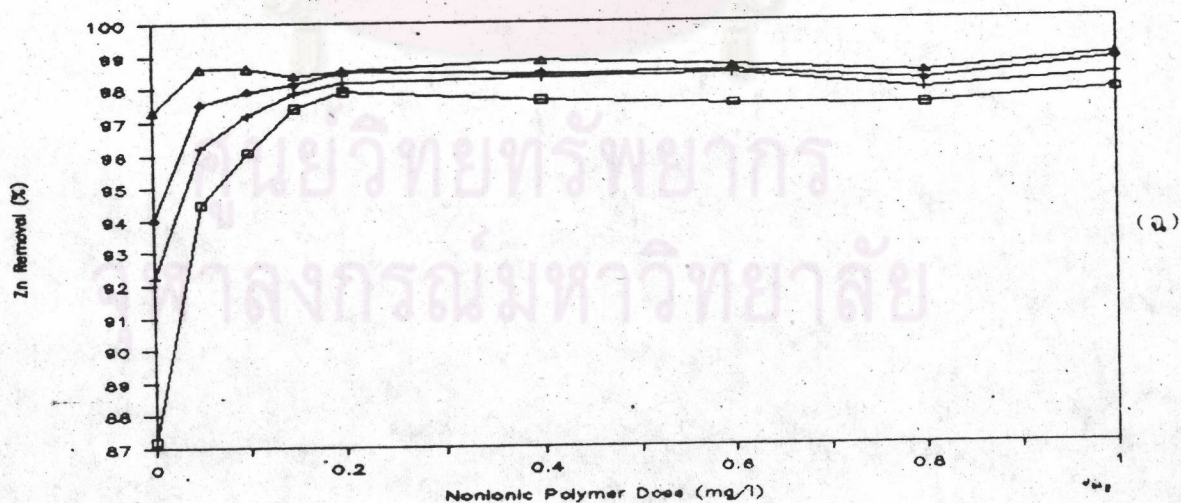
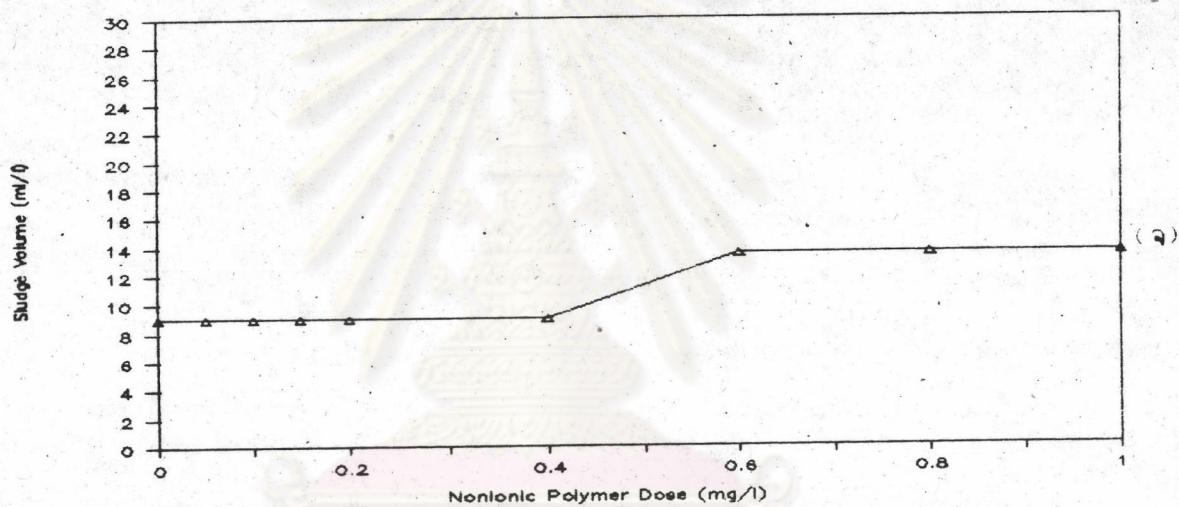
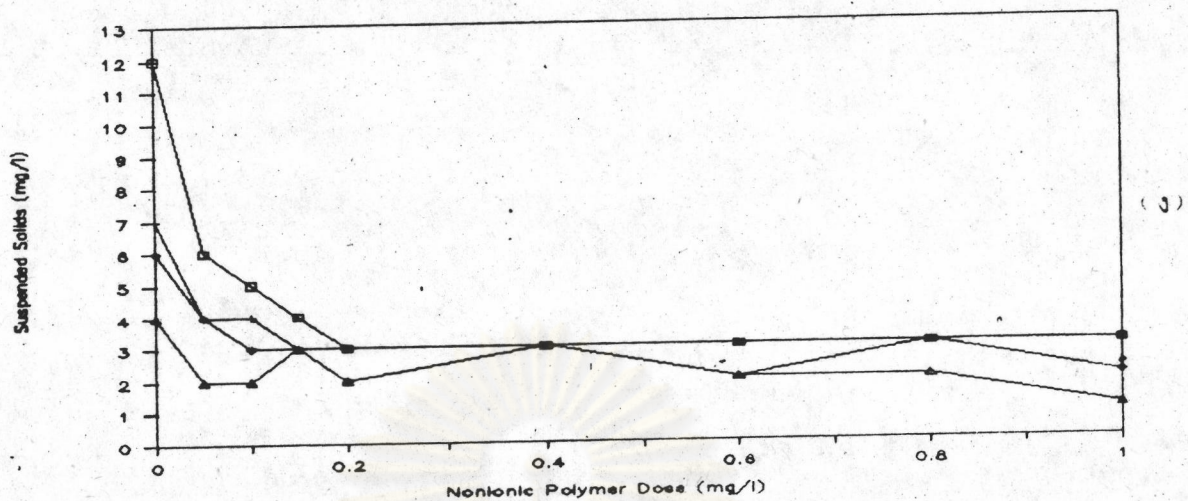
□ SOR. = 2.0 ม./ชม. + SOR. = 1.5 ม./ชม. ◇ SOR. = 1.0 ม./ชม. △ SOR. = 0.5 ม./ชม.

รูปที่ 5.6 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดประจุบวกที่พีเอช 9.5 (ต่อ)



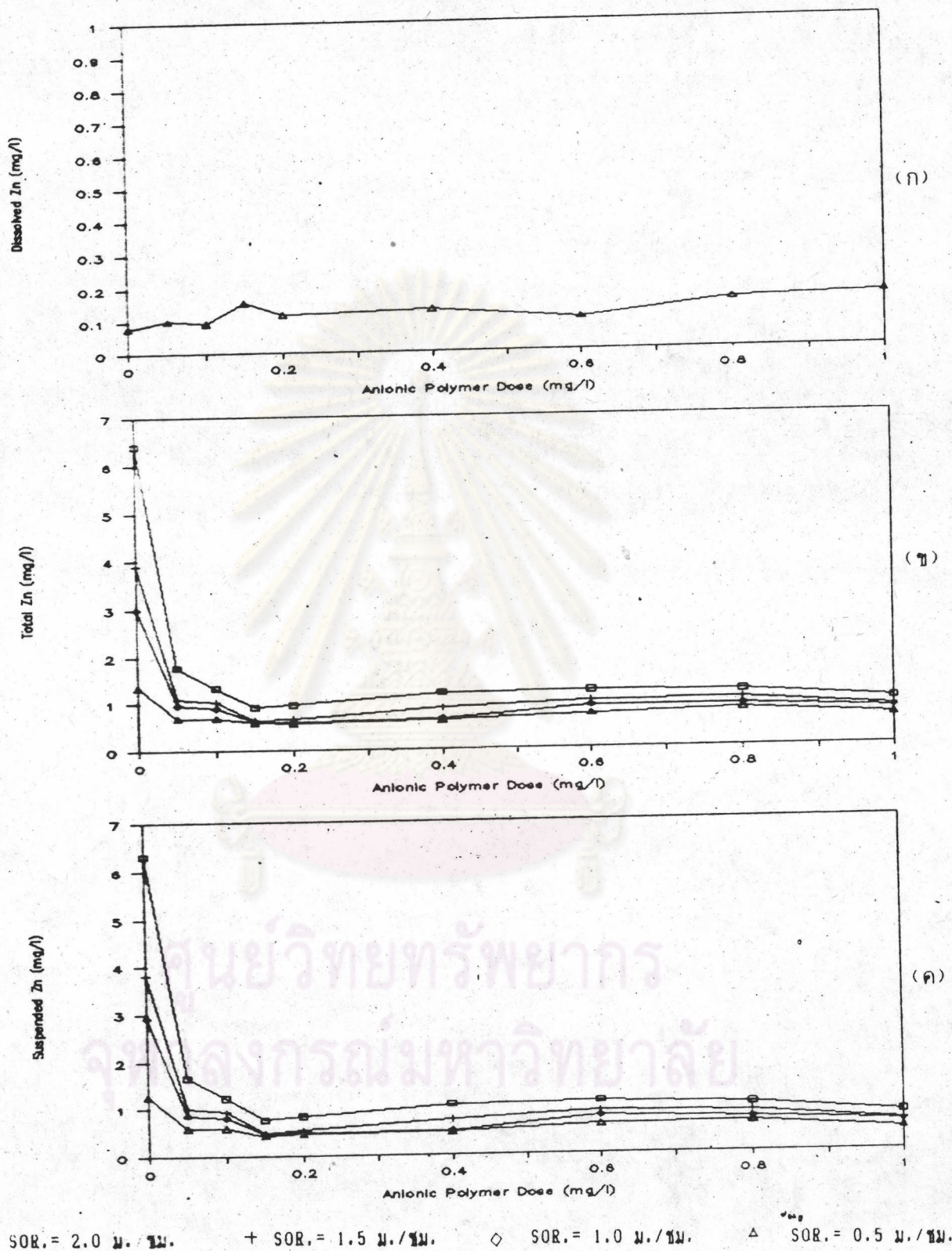
□ SOR. = 2.0 ม./๓ม. + SOR. = 1.5 ม./๓ม. ◇ SOR. = 1.0 ม./๓ม. △ SOR. = 0.5 ม./๓ม.

รูปที่ 5.7 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดไม่มีประจุที่พีเอช 9.5

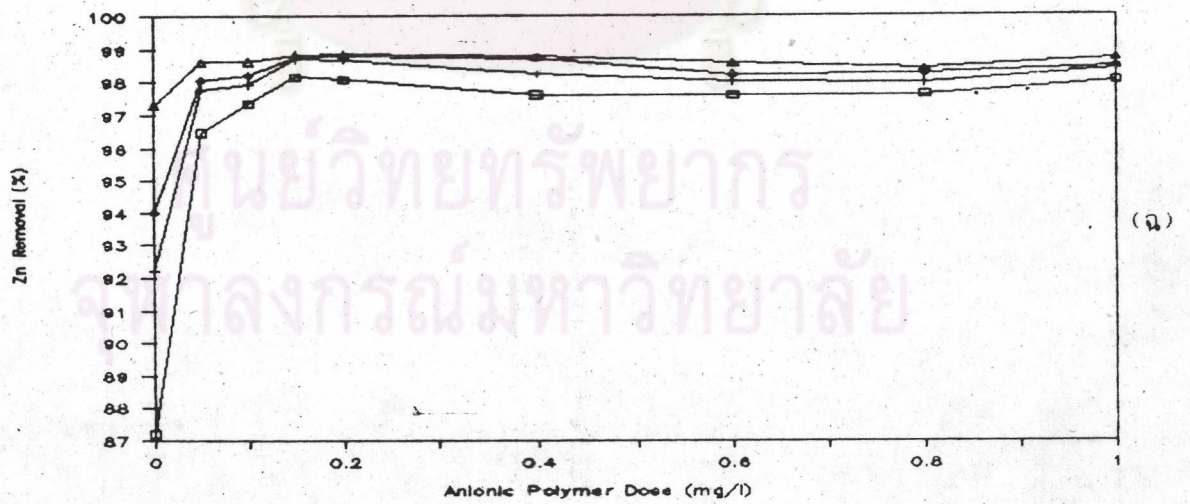
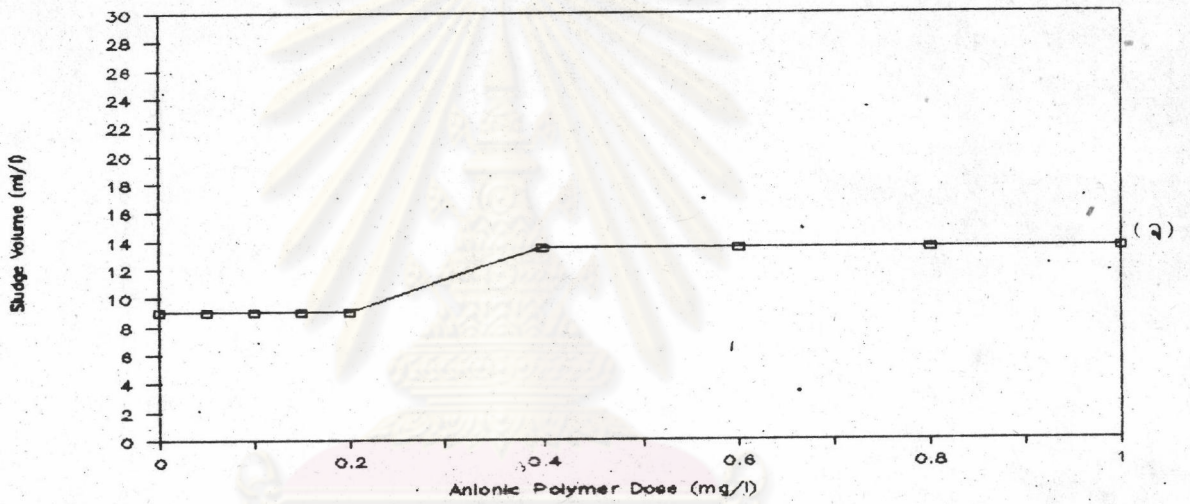
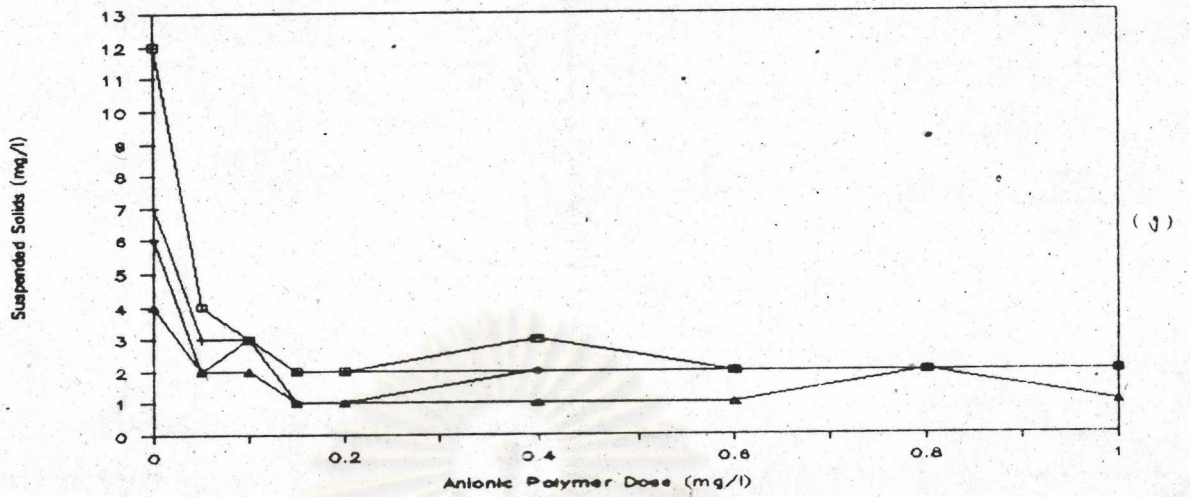


□ SOR = 2.0 ม./ทม. + SOR = 1.5 ม./ทม. ◇ SOR = 1.0 ม./ทม. △ SOR = 0.5 ม./ทม.

รูปที่ 5.7 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปนขารร่วมกับสาร โพลีเมอร์ชนิดไม่มีประจุที่พีเอช 9.5 (ต่อ)



รูปที่ 5.8 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปนขาร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดประจุลบที่พีเอช 9.5



□ SOR. = 2.0 ม./ขม. + SOR. = 1.5 ม./ขม. ◇ SOR. = 1.0 ม./ขม. △ SOR. = 0.5 ม./ขม.

รูปที่ 5.8 ผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ในน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ชนิดประจุลบที่พีเอช 9.5 (ต่อ)

และไม่มีประจุจาก 0.05 เป็น 0.20 มก./ล. และชนิดประจุลบเพิ่มจาก 0.25 เป็น 0.15 มก./ล. ปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นถึง 1.00 มก./ล. ปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าค่อนข้างคงที่ ผลการกำจัดสังกะสีทั้งหมดโดยปูนขาวอย่างเดียวและปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสรุปในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลการกำจัดสังกะสีทั้งหมดโดยปูนขาวอย่างเดียวและปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

ชนิดสารโพลีเมอร์ที่ใช้	ความเข้มข้น ที่เหมาะสม (มก./ล.)	ปริมาณสังกะสีทั้งหมดที่ SOR. เท่ากับ			
		2.0 (ม./ชม.)	1.5 (ม./ชม.)	1.0 (ม./ชม.)	0.5 (ม./ชม.)
ปูนขาวอย่างเดียว	—	6.40	3.89	2.99	1.35
ปูนขาว+โพลีเมอร์ประจุบวก	0.20	1.72	0.94	0.72	0.65
ปูนขาว+โพลีเมอร์ไม่มีประจุ	0.20	1.05	0.90	0.76	0.72
ปูนขาว+โพลีเมอร์ประจุลบ	0.15	0.92	0.64	0.64	0.58

จากตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ที่ SOR. เท่ากับ 2.0 ม./ชม. สามารถกำจัดสังกะสีได้ใกล้เคียงกับเมื่อใช้ปูนขาวอย่างเดียวที่ SOR. เท่ากับ 0.5 ม./ชม. และเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการใช้สารโพลีเมอร์ชนิดประจุลบให้ผลการกำจัดสังกะสีดีที่สุดแม้ว่าใช้ความเข้มข้นต่ำกว่า รองลงมาคือชนิดไม่มีประจุและประจุบวก การที่สารโพลีเมอร์ประจุลบมีประสิทธิภาพสูงเพราะอนุภาคฟลอคปฐม (Primary Floc Particles) ที่เกิดขึ้นจากโลหะไฮดรอกไซด์มีประจุเป็นบวก ทำให้สารโพลีเมอร์ชนิดประจุลบที่มีประจุตรงข้ามสามารถเกิดกลไกทางไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Mechanism) ซึ่งมีผลช่วยเสริมการเกิดกลไกสะพานเชื่อม (Bridging Mechanism) ตามปกติของสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิด (22)

5.2.2.3 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์และ SOR. กับปริมาณสังกะสีแขวนลอย

จากรูปที่ 5.6 (ค), 5.7 (ค) และ 5.8 (ค) พบว่าที่ SOR.

ต่าง ๆ การใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสารโพสไฟเฟอรัสทั้งสามชนิดสามารถลดปริมาณสังกะสีแขวนลอยได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดียวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารโพสไฟเฟอรัสชนิดประจุบวกและไม่มีประจุจาก 0.05 เป็น 0.20 มก./ล. และชนิดประจุลบเพิ่มจาก 0.05 เป็น 0.15 มก./ล. ปริมาณสังกะสีแขวนลอยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นไปอีกจนถึง 1.00 มก./ล.

5.2.2.4 ผลของความเข้มข้นของสารโพสไฟเฟอรัสและ SOR. กับปริมาณของแฉิ่งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.6 (ง), 5.7 (ง) และ 5.8 (ง) พบว่าที่ SOR. ต่าง ๆ การใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสารโพสไฟเฟอรัสทั้งสามชนิดสามารถลดปริมาณแฉิ่งแขวนลอยได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดียวอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารโพสไฟเฟอรัสชนิดประจุบวกและไม่มีประจุจาก 0.05 เป็น 0.20 มก./ล. และชนิดประจุลบจาก 0.05 เป็น 0.15 มก./ล. ของแฉิ่งแขวนลอยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นถึง 1.00 มก./ล. ของแฉิ่งแขวนลอยมีค่าค่อนข้างคงที่ ผลการกำจัดของแฉิ่งแขวนลอยโดยปุ๋ยขาวอย่างเดียวและปุ๋ยขาวร่วมกับสารโพสไฟเฟอรัสที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสรุปในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการกำจัดของแฉิ่งแขวนลอยโดยปุ๋ยขาวอย่างเดียวและปุ๋ยขาวร่วมกับสารโพสไฟเฟอรัส

ชนิดสารโพสไฟเฟอรัสที่ใช้	ความเข้มข้นที่เหมาะสม (มก./ล.)	ปริมาณของแฉิ่งแขวนลอยที่ SOR. เท่ากับ			
		2.0 (ม./ซม.)	1.5 (ม./ซม.)	1.0 (ม./ซม.)	0.5 (ม./ซม.)
ปุ๋ยขาวอย่างเดียว	—	12	7	6	4
ปุ๋ยขาว+โพสไฟเฟอรัสประจุบวก	0.20	4	3	2	1
ปุ๋ยขาว+โพสไฟเฟอรัสไม่มีประจุ	0.20	3	3	2	2
ปุ๋ยขาว+โพสไฟเฟอรัสประจุลบ	0.15	2	2	1	1

เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสารโพสไฟเฟอรัสช่วยการตกตะกอนได้ดีกว่าใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดียวและน้ำที่ผ่านการบำบัดมีของแฉิ่งแขวนลอยต่ำกว่า

5.2.2.5 ผลของความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์กับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.6 (จ), 5.7 (จ) และ 5.8 (จ) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์ชนิดประจุบวกตั้งแต่ 0.20 มก./ล. ชนิดไม่มีประจุตั้งแต่ 0.60 มก./ล. และชนิดประจุลบตั้งแต่ 0.40 มก./ล. ทำให้เกิดตะกอนเพิ่มขึ้นจากกรณีใช้ปูนขาวอย่างเดียวซึ่งเกิดตะกอนเท่ากับ 8.99 มล./ล. เป็น 13.49 มล./ล. ของน้ำเสีย การใช้ความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์ต่ำไม่มีผลเด่นชัดกับปริมาณตะกอน ตะกอนเกิดจากการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์มีลักษณะ เป็นปุยขนาดใหญ่ทำให้เมื่อตกตะกอนแล้วไม่สามารถอัดตัวแน่นเพราะมีน้ำแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของตะกอนทำให้ขึ้นตะกอนสูงกว่าการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

5.2.2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีของปูนขาวอย่างเดียวและปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์

จากรูปที่ 5.6 (ฉ), 5.7 (ฉ) และ 5.8 (ฉ) พบว่าการใช้สารโพสิเมอร์ที่ SOR. เท่ากับ 2.0 ม./ชม. และที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีทั้งหมดเพิ่มจาก 87.21% ในกรณีใช้ปูนขาวอย่างเดียว เป็น 96.57, 97.90 และ 98.17% เมื่อใช้สารโพสิเมอร์ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบตามลำดับ

ในกรณีที่ต้องการกำจัดสังกะสีให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดปริมาณสังกะสีในน้ำทิ้งไม่เกิน 5 มก./ล. การใช้ปูนขาวที่พีเอช 9.5 ร่วมกับสารโพสิเมอร์ประจุบวกที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.15 มก./ล. หรือชนิดไม่มีประจุที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.05 มก./ล. หรือชนิดประจุลบที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.05 มก./ล. สามารถกำจัดสังกะสีในน้ำหล่อเย็นจาก 50.0 มก./ล. เหลือ 2.87, 2.76, 1.76 มก./ล. ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดพบว่าการใช้สารโพสิเมอร์ชนิดประจุลบให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยเพิ่มความเข้มข้นต่ำกว่า รองลงมาเป็นชนิดไม่มีประจุและประจุลบ

5.3 การทดลองบำบัดน้ำเสียรวมจากบ่อนักน้ำเสียท้ายโรงงาน

น้ำเสียที่ใช้ทดลองส่วนนี้เป็นน้ำเสียรวมจากบ่อน้ำร้อนล้าง น้ำเย็นล้างและน้ำหล่อเย็น มีลักษณะดังนี้

พีเอช 2.1

ความเป็นกรด	1518.8	มก./ล. เทียบกับ CaCO_3
ของแข็งแขวนลอย	83.0	มก./ล.
ของแข็งละลาย	2512.0	มก./ล.
ความเข้มข้นของเหล็ก	450.0	มก./ล.
ความเข้มข้นของสังกะสี	13.0	มก./ล. (สังเคราะห์ให้มีความเข้มข้นของสังกะสีเท่ากับความเข้มข้นสูงสุดที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะน้ำเสียของโรงงาน)

5.3.1 การกำจัดสังกะสีโดยโซดาไฟและปูนขาว

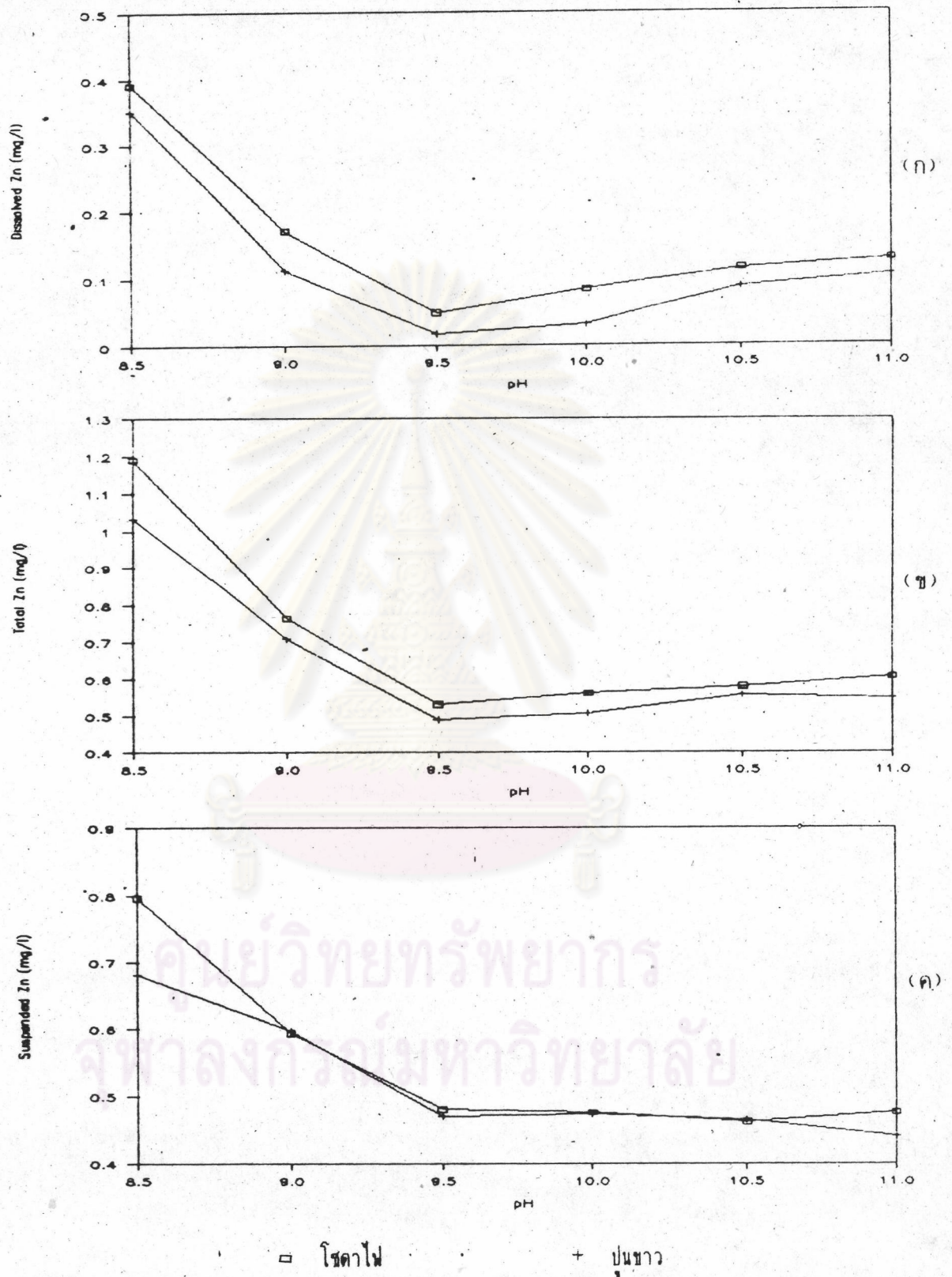
การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาผลการกำจัดสังกะสีโดยโซดาไฟและปูนขาวที่พีเอช 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0 และกำหนด SOR. เท่ากับ 0.5 ม./ชม. การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในน้ำเสยรวมที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.13-ก.14 และรูปที่ 5.9

5.3.1.1 ผลของพีเอชกับปริมาณสังกะสีละลาย

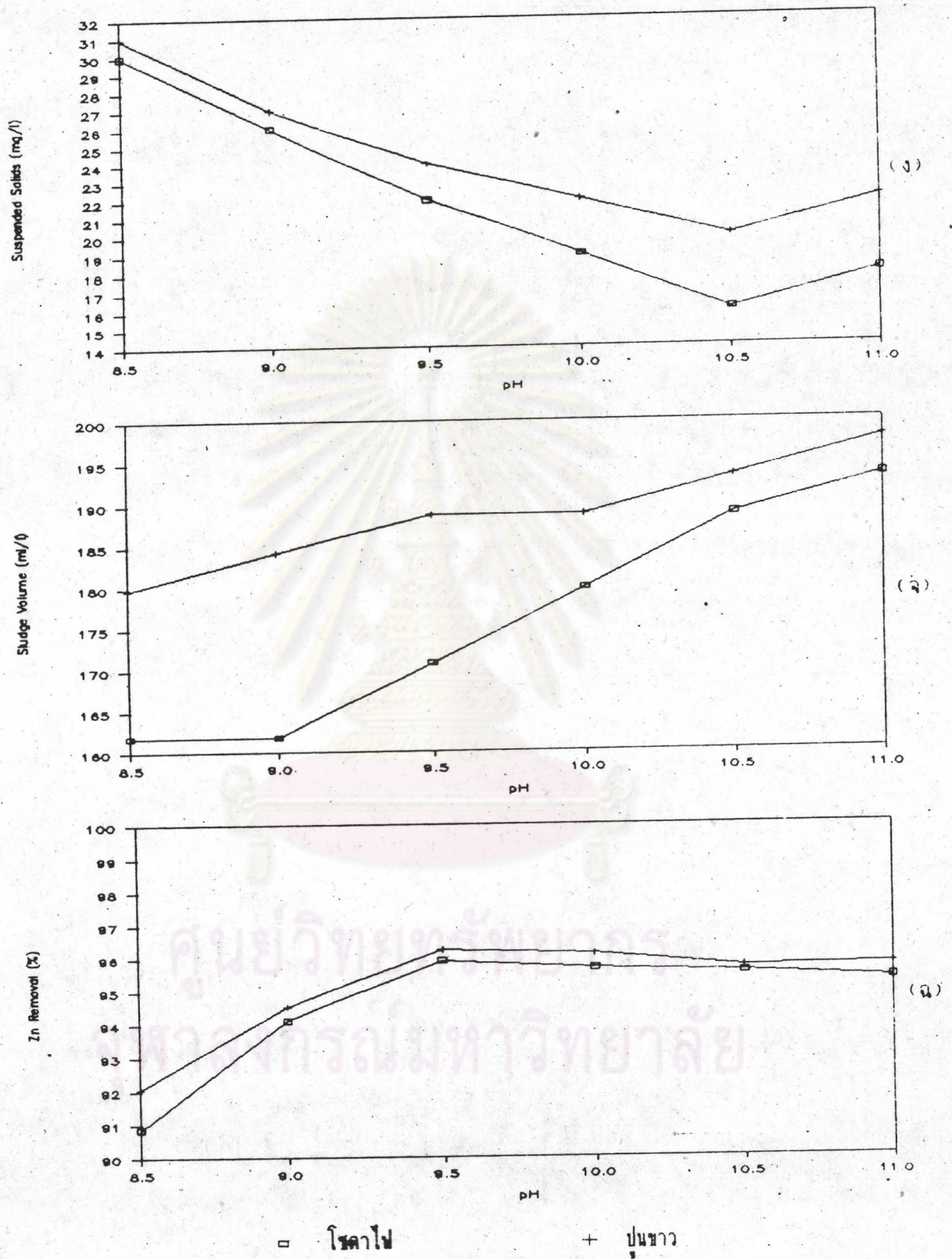
จากรูปที่ 5.9 (ก) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวให้ผลการกำจัดสังกะสีที่พีเอชต่างๆคล้ายกันกล่าวคือเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 8.5 ถึง 9.5 สังกะสีละลายมีค่าลดลงและมีค่าต่ำสุดที่พีเอชเท่ากับ 9.5 เมื่อเพิ่มพีเอชถึง 11.0 สังกะสีละลายกลับมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว ทั้งนี้เพราะสังกะสีเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นแอมโฟเทอริกซึ่งสามารถละลายในรูป Zincate Ion (ZnO_2^{-2}) ในสารละลายที่เป็นด่างสูง(21) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในสมการที่ 5.2 ของหัวข้อที่ 5.2.1.1 ดังนั้นพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสังกะสีละลายเท่ากับ 9.5 ทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว โดยสามารถลดปริมาณสังกะสีละลายจาก 13.0 มก./ล. เหลือ 0.05 และ 0.02 มก./ล. ตามลำดับ

5.3.1.2 ผลของพีเอชกับปริมาณสังกะสีทั้งหมด

จากรูปที่ 5.9 (ข) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวให้ผลการกำจัดสังกะสีทั้งหมดคล้ายกันกล่าวคือเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 8.5 ถึง 9.5 ปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าลดลงและต่ำสุดที่พีเอชเท่ากับ 9.5 เมื่อเพิ่มพีเอชขึ้นไปถึง 11.0 สังกะสีทั้งหมดกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณสังกะสีละลายน้ำที่พีเอชต่างๆ ในกรณีโซดาไฟและปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 สังกะสีทั้งหมดมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.53 และ 0.49 มก./ล. ตามลำดับ



รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในน้ำเสี้ยวรวมที่ผ่านการบำบัด
โดยโซดาไฟกับปูนขาวที่พีเอช 8.5-11.0



รูปที่ 5.9 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในน้ำเสี้ยวรวมที่ผ่านการบำบัด
โดยโซดาไฟกับปูนขาวที่พีเอช 8.5-11.0 (ต่อ)

5.3.1.3 ผลของพีเอชกับปริมาณสังกะสีแขวนลอย

จากรูปที่ 5.9 (ค) พบว่าทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 8.5 ถึง 9.5 สังกะสีแขวนลอยมีค่าลดลงและมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อเพิ่มพีเอชจนถึง 11.0 ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าตะกอนที่เกิดจากสังกะสีสามารถตกตะกอนได้ดีใกล้เคียงกันที่พีเอช 9.5 ถึง 11.0 ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 สังกะสีแขวนลอยในกรณีโซดาไฟและปูนขาวมีค่าเท่ากับ 0.48 และ 0.47 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใช้โซดาไฟและปูนขาวสามารถกำจัดสังกะสีแขวนลอยได้ดีใกล้เคียงกัน

5.3.1.4 ผลของพีเอชกับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.9 (ง) พบว่าทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 8.5 ถึง 10.5 และกลับมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยที่พีเอชเท่ากับ 11.0 ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ซึ่งให้ผลการกำจัดสังกะสีทั้งหมดดีที่สุดของแข็งแขวนลอยในกรณีโซดาไฟและปูนขาวมีค่าเท่ากับ 22 และ 24 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งซึ่งกำหนดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งไม่เกิน 30 มก./ล.

5.3.1.5 ผลของพีเอชกับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.9 (จ) พบว่าตะกอนที่เกิดมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ซึ่งให้ผลการกำจัดสังกะสีทั้งหมดดีที่สุดปริมาณตะกอนที่เกิดจากการใช้โซดาไฟและปูนขาวเท่ากับ 170.81 และ 188.79 มล./ล. ของน้ำเสีย ตะกอนส่วนใหญ่มาจากการปรับพีเอชและการตกตะกอนของของแข็งละลายซึ่งมีปริมาณสูงถึง 2512 มก./ล. นอกจากนี้การใช้ปูนขาวเกิดตะกอนมากกว่าโซดาไฟที่พีเอชเดียวกันเนื่องจากปูนขาวที่เติมบางส่วนไม่สามารถละลายได้หมดและตกตะกอนทำให้เกิดตะกอนเพิ่มขึ้น

5.3.1.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโซดาไฟและปูนขาว

จากรูปที่ 5.9 (ฉ) พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีทั้งหมดของโซดาไฟและปูนขาวมีค่าใกล้เคียงกัน โดยปูนขาวมีประสิทธิภาพสูงกว่าโซดาไฟเล็กน้อยที่พีเอชเดียวกัน ที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีทั้งหมดของโซดาไฟและปูนขาวสูงที่สุดเท่ากับ 95.92 และ 96.25 % โดยสามารถลดปริมาณสังกะสีทั้งหมดจาก 13.0

มก./ล. เหลือ 0.53 และ 0.49 มก./ล. ตามลำดับ

ในกรณีที่ต้องการเพียงแต่กำจัดสังกะสีให้ได้ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งกำหนดปริมาณสังกะสีไว้ไม่เกิน 5 มก./ล. การใช้โซดาไฟและปูนขาวปรับพีเอชน้ำเสียส่วนนี้ เท่ากับ 8.5 สามารถลดปริมาณสังกะสีทั้งหมดเหลือ 1.19 และ 1.03 มก./ล.ตามลำดับ แต่ในกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีสูงสุด การใช้ปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ให้ประสิทธิภาพสูงสุดและสูงกว่าโซดาไฟที่พีเอชเดียวกัน ทั้งนี้เพราะปูนขาวมีคุณสมบัติเป็นสาร โคแอกกูแลนต์ ตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวสามารถจับคอลลอยด์ของซิงค์ไฮดรอกไซด์ที่แขวนลอยในน้ำขณะที่ตกตะกอน ทำให้สามารถกำจัดสังกะสีทั้งหมดได้ดีกว่าการใช้โซดาไฟและมีราคาถูกกว่ามาก ดังนั้นการทดลองบำบัดน้ำเสยรวมจากบ่อกักน้ำเสยท้ายโรงงานตอนต่อไปจะใช้ปูนขาวที่พีเอชเท่ากับ 9.5 ร่วมกับสารโพลีเมอร์เพื่อช่วยในการตกตะกอน

5.3.2 การกำจัดสังกะสีโดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

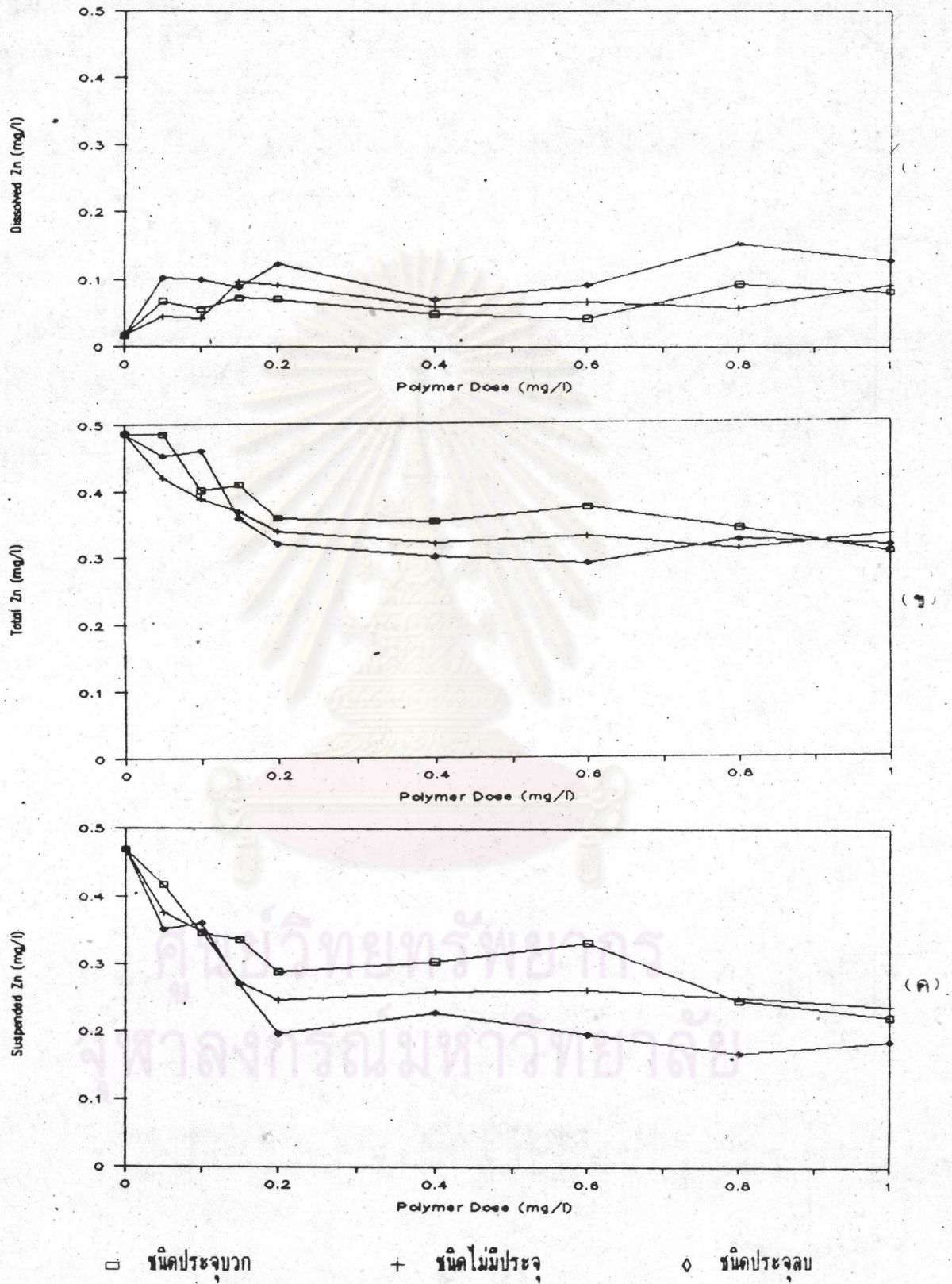
การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาการใช้ปูนขาวที่พีเอช 9.5 ร่วมกับสารโพลีเมอร์ ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.05, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 มก./ล. และ SOR. เท่ากับ 0.5 ม./ชม. การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในน้ำเสยรวมที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.15-ก.17 ของภาคผนวก ก. และรูปที่ 5.10

5.3.2.1 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์กับปริมาณสังกะสีละลาย

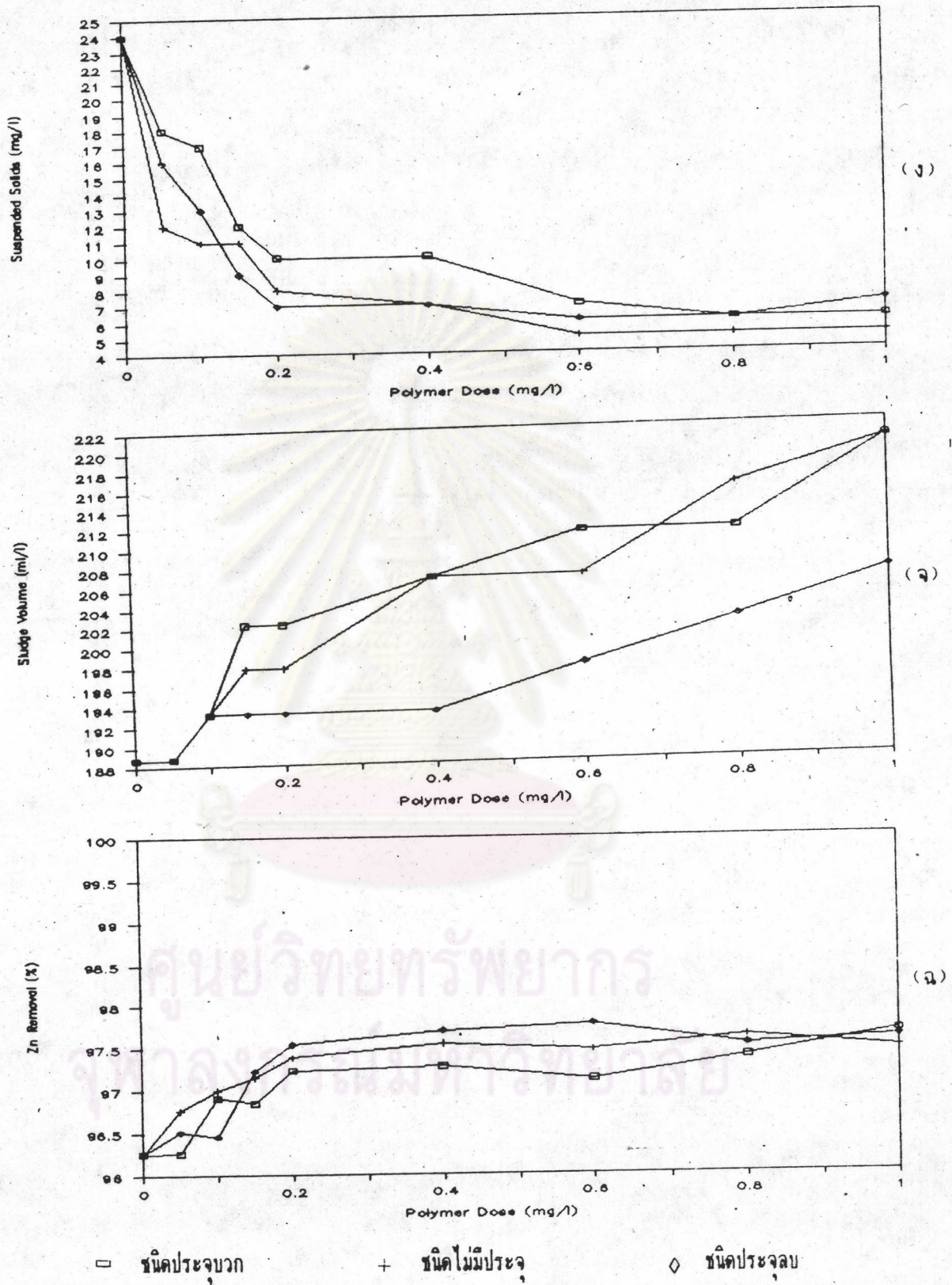
จากรูปที่ 5.10 (ก) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 0.05-1.00 มก./ล. ปริมาณสังกะสีละลายมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ปูนขาว อย่างเดียวเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าสารโพลีเมอร์ไม่สามารถช่วยลดปริมาณสังกะสีละลายได้เลย

5.3.2.2 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์กับปริมาณสังกะสีทั้งหมด

จากรูปที่ 5.10 (ข) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิดสามารถลดปริมาณสังกะสีทั้งหมดได้ดีกว่าการใช้ปูนขาวอย่างเดียว เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์ทั้งสามชนิดจาก 0.05 เป็น 0.20 มก./ล. ปริมาณสังกะสีทั้งหมดลดลงมีนัยสำคัญและเมื่อเพิ่มความเข้มข้นถึง 1.00 มก./ล. ปริมาณสังกะสีทั้งหมดมีค่าค่อนข้างคงที่ การ



รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในน้ำเสียวที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดต่างๆที่พีเอช 9.5



รูปที่ 5.10 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในน้ำเสียวรวมทั้งผ่านการทำบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดต่างๆที่พีเอช 9.5 (ต่อ)

ใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดี่ยวสามารถลดปริมาณสังกะสีทั้งหมดจาก 13.0 มก./ล. เหลือ 0.49 มก./ล. ในขณะที่การใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกที่ความเข้มข้น 0.20 มก./ล. สามารถลดปริมาณสังกะสีเหลือ 0.36 มก./ล. ชนิดไม่มีประจุเหลือ 0.34 มก./ล. และชนิดประจุลบเหลือ 0.32 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใช้สาร โพลีเมอร์ร่วมกับปุ๋ยขาวให้ผลการกำจัดสังกะสีได้ดีพอๆกันและดีกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดี่ยวเพียงเล็กน้อย โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมของสาร โพลีเมอร์ทั้งสามชนิดเท่ากับ 0.20 มก./ล.

5.3.2.3 ผลของความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์กับปริมาณสังกะสีแขวนลอย

จากรูปที่ 5.10 (ค) พบว่าการใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ทั้งสามชนิดสามารถลดปริมาณสังกะสีแขวนลอยดีกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดี่ยว เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์ทั้งสามชนิดจาก 0.05 เป็น 0.20 มก./ล. สังกะสีแขวนลอยมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นไปอีกถึง 1.00 มก./ล. ปริมาณสังกะสีแขวนลอยมีค่าค่อนข้างคงที่

5.3.2.4 ผลของความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์กับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.10 (ง) พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์ชนิดประจุบวกและ ไม่มีประจุจาก 0.05 ถึง 0.20 มก./ล. และชนิดประจุลบจาก 0.05 ถึง 0.20 มก./ล. และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นไปอีกจนถึง 1.00 มก./ล. ของแข็งแขวนลอยมีค่าค่อนข้างคงที่ การใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.20 มก./ล. ซึ่งเหมาะสมในการกำจัดสังกะสีทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 10, 8, 7 มก./ล. สำหรับชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบ โดยสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดี่ยวซึ่งของแข็งแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 24 มก./ล. ดังนั้นการใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ช่วยให้น้ำที่ผ่านการตกตะกอนใสกว่าการใช้ปุ๋ยขาวอย่างเดี่ยวอย่างเห็นได้ชัด

5.3.2.5 ผลของความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์กับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.10 (จ) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร โพลีเมอร์ทั้งสามชนิดปริมาณตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้น การใช้ปุ๋ยขาวร่วมกับสาร โพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.20 มก./ล. ซึ่งเหมาะสมในการกำจัดสังกะสีทั้งหมด ปริมาณตะกอนเมื่อใช้สาร โพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบมีค่าเท่ากับ 202.28, 197.78 และ 193.27 มล./ล. ของ

น้ำเสีย ในขณะที่การใช้น้ำอย่างเดียวก่อนเท่ากับ 133.79 มล./ล. ของน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใช้น้ำสารโพสิเมอร์เกิดตะกอนมากกว่า ทั้งนี้เพราะตะกอนที่เกิดจากปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์มีลักษณะเป็นปุยขนาดใหญ่เมื่อตกตะกอนทำให้มีน้ำแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของตะกอนมากกว่าจึงทำให้ไม่สามารถอัดตัวแน่นเท่ากับตะกอนจากการใช้น้ำอย่างเดียวก่อน

5.3.2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสิ่งของปูนขาวอย่างเดี่ยวและปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์

จากรูปที่ 5.10 (ณ) พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสิ่งของทั้งหมดเมื่อใช้น้ำปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมเท่ากับ 0.20 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 96.85, 97.38 และ 97.54 % สำหรับสารโพสิเมอร์ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำอย่างเดี่ยวซึ่งให้ประสิทธิภาพเท่ากับ 96.25 % การใช้น้ำปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งของทั้งหมดใกล้เคียงกันและดีกว่าการใช้น้ำอย่างเดี่ยวเพียงเล็กน้อย

5.4 การทดลองบำบัดน้ำเสียจากบ่อกรดโครมิก

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

พีเอช	2.1	
ความเป็นกรด	13550	มก./ล. เทียบกับ CaCO_3
ของแข็งแขวนลอย	0	มก./ล.
ของแข็งละลาย	16076	มก./ล.
ความเข้มข้นของโครเมียม(VI)	11500	มก./ล.
ความเข้มข้นของโครเมียม	11650	มก./ล.

5.4.1 การรีดิวซ์โครเมียม(VI) โดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์และเฟอร์รัสซัลเฟต

การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการรีดิวซ์โครเมียม(VI)ของสารเคมีทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 1.00, 1.25, 1.50, 1.75 และ 2.00 เท่าของค่าความต้องการสารเคมีในการรีดิวซ์โครเมียม(VI)ทางทฤษฎี โดยควบคุมพีเอชเท่ากับ 2.0 ตลอดปฏิกิริยาเคมีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการรีดิวซ์โครเมียม(VI)แสดงในตารางที่ ก.18-ก.19 และรูปที่ 5.11



ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการรีดิวส์โครเมียม(VI)

จากค่าความต้องการปริมาณสารเคมีทางทฤษฎีในการรีดิวส์โครเมียมที่แสดงในตารางที่ 3.3 ของบทที่ 3

กรณีใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์

โครเมียม(VI) 1 มก./ล. ต้องการโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์

$$= 2.74 \text{ มก./ล.}$$

ดังนั้นโครเมียม(VI) 11500 มก./ล. ต้องการโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์

$$\text{ที่ความบริสุทธิ์ } 98.0\% = (11500 \times 2.74) / (0.98 \times 1000) \text{ มก./ล.}$$

$$= 32.15 \text{ ก./ล. หรือ } = 16.08 \text{ ก./500 มล.}$$

กรณีใช้เฟอร์รัสซัลเฟต

โครเมียม(VI) 1 มก./ล. ต้องการเฟอร์รัสซัลเฟต

$$= 16.03 \text{ มก./ล.}$$

ดังนั้นโครเมียม(VI) 11500 มก./ล. ต้องการเฟอร์รัสซัลเฟต

$$\text{ที่ความบริสุทธิ์ } 99.5\% = (11500 \times 16.03) / (0.995 \times 1000) \text{ มก./ล.}$$

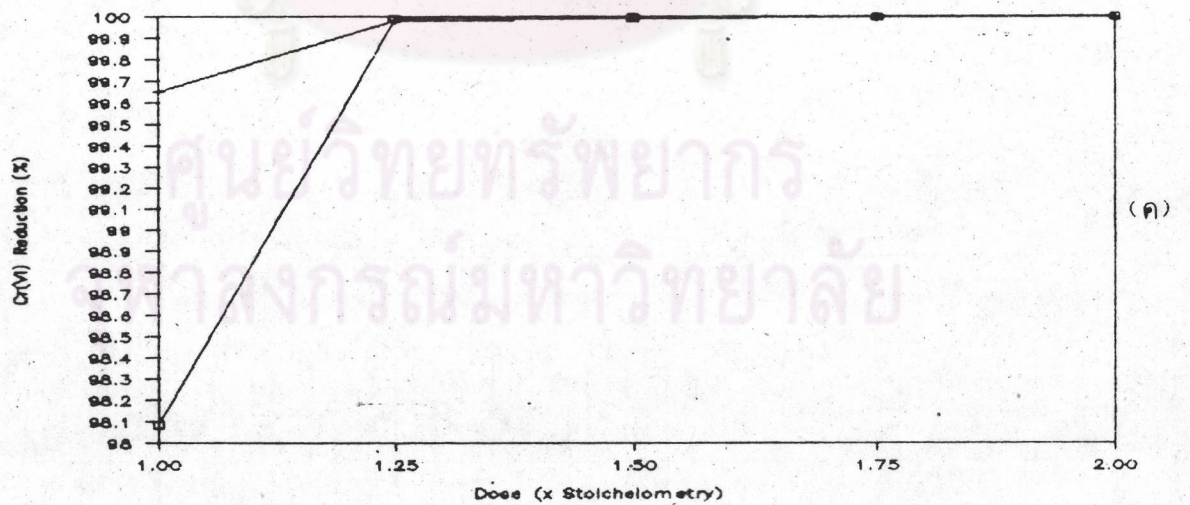
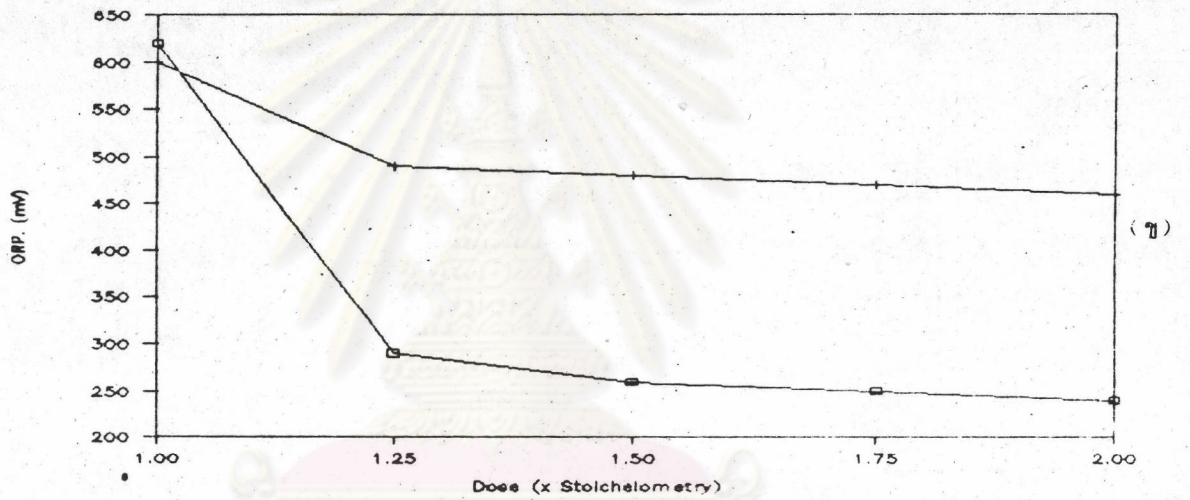
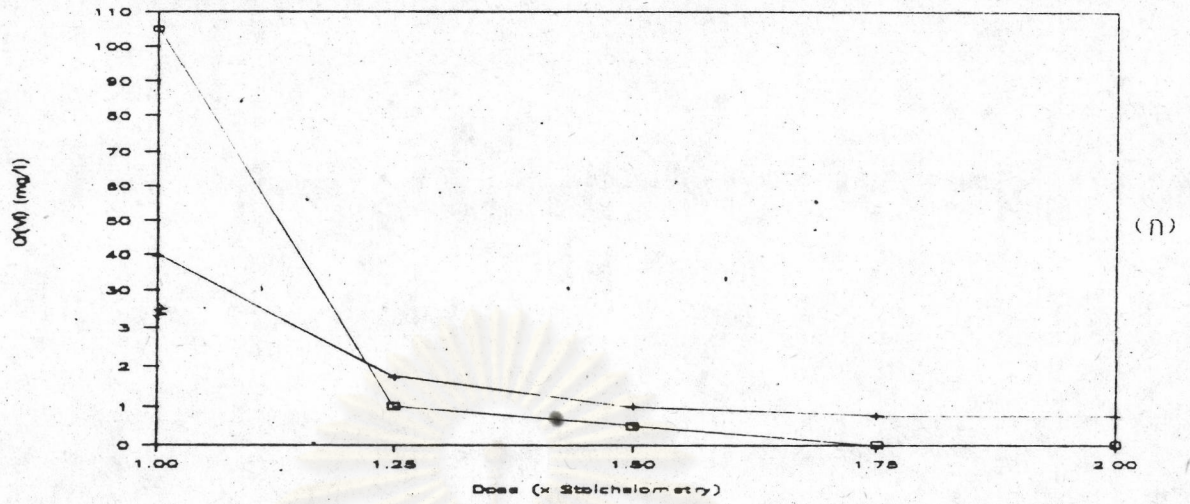
$$= 185.27 \text{ ก./ล. หรือ } = 92.64 \text{ ก./500 มล.}$$

5.4.1.1 ผลของความเข้มข้นของสารรีดิวส์กับปริมาณโครเมียม(VI)

จากรูปที่ 5.11 (ก) พบว่าการใช้สารรีดิวส์ทั้งสองชนิดเท่ากับปริมาณความต้องการสารเคมีทางทฤษฎีไม่สามารถรีดิวส์โครเมียม(VI) ได้หมด มีโครเมียม(VI) เหลืออยู่ในปริมาณสูง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นอีกโครเมียม(VI) มีปริมาณลดลง การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ความเข้มข้น 1.75 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีสามารถรีดิวส์โครเมียม(VI) ได้หมด ในขณะที่การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตที่ 2 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี ยังไม่สามารถรีดิวส์โครเมียม(VI) ได้หมด ยังมีโครเมียม(VI) เหลือเท่ากับ 0.75 มก./ล. จากผลการทดลองแสดงว่าการรีดิวส์โครเมียม(VI) จำเป็นต้องใช้สารเคมีเกินปริมาณที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ทั้งนี้เนื่องจากมีสารอื่นๆ ในน้ำเสียที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารรีดิวส์เช่นออกซิเจนในอากาศสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารรีดิวส์ตลอดเวลาที่ทำการกวนผสมสารรีดิวส์

5.4.1.2 ผลความเข้มข้นของสารรีดิวส์กับค่าไออาร์พี

จากรูปที่ 5.11 (ข) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารรีดิวส์ทั้ง



□ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ + เพอร์รัสซัลเฟต

รูปที่ 5.11 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการรีดิวส์โดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับเพอร์รัสซัลเฟต

สองชนิดค่าไออาร์พีมีค่าลดลง ที่ความเข้มข้น 1.75 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีของ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ไออาร์พีมีค่าเท่ากับ +250 mV. และเฟอร์รัสซัลเฟตมีค่าเท่ากับ +470 mV. ค่าไออาร์พีที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการควบคุมการรีดิวส์โครเมียม(VI) ในน้ำเสียได้ เพราะค่าไออาร์พีเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพสารรีดิวส์และสารออกซิไดส์ในสารละลายว่าถึงจุดสมมูลหรือไม่ ที่จุดสมมูลของปฏิกิริยารีดักชัน โครเมียม(VI) จะถูกรีดิวส์อย่างสมบูรณ์ขณะเดียวกันสารรีดิวส์ก็ถูกออกซิไดส์โดยโครเมียม(VI) หรือสารอื่นๆ ในน้ำด้วยเช่นกัน (23)

5.4.1.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรีดิวส์โครเมียม(VI) โดย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และเฟอร์รัสซัลเฟต

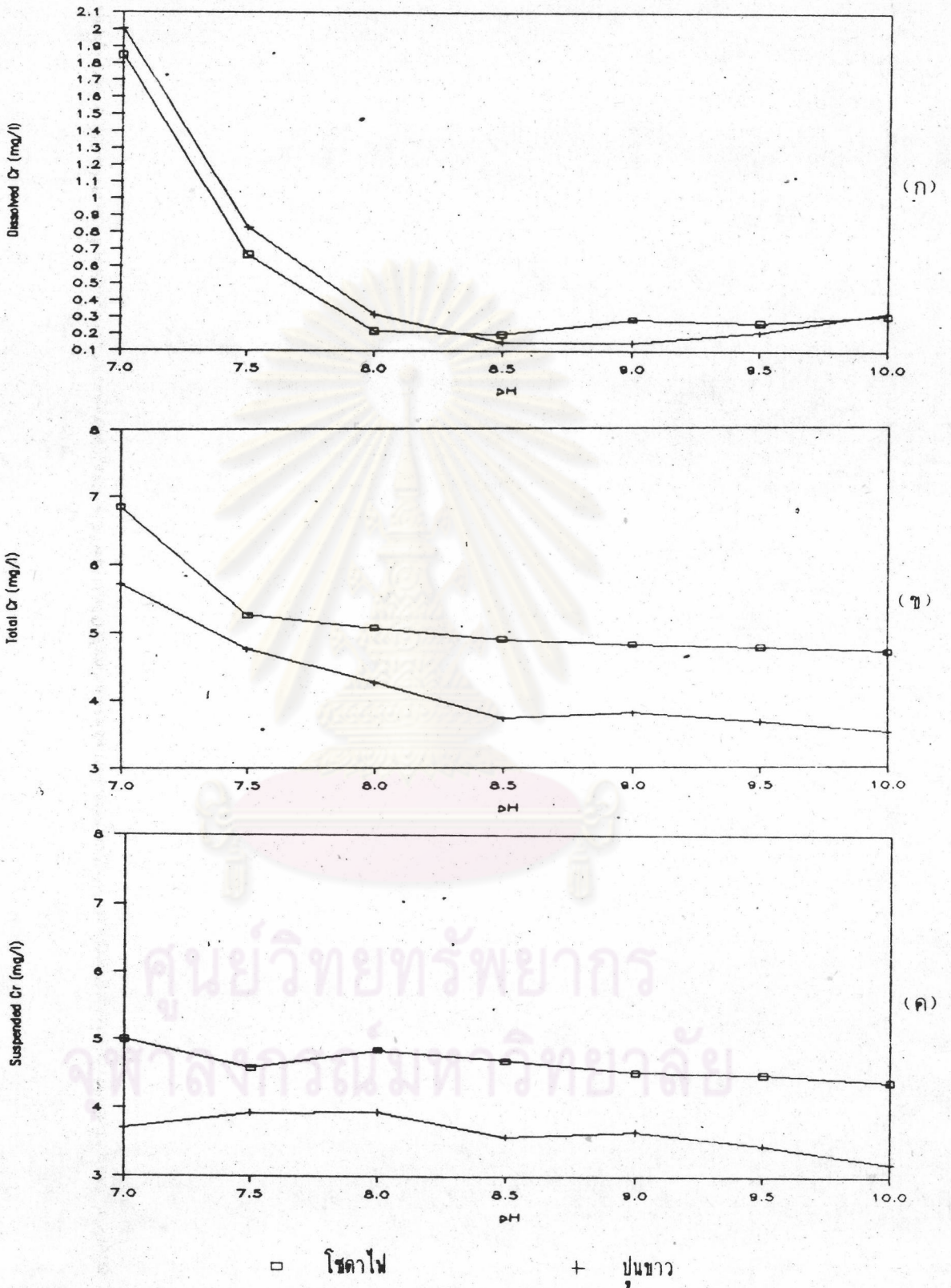
จากรูปที่ 5.11 (ค) พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ให้ประสิทธิภาพในการรีดิวส์สูงกว่าเฟอร์รัสซัลเฟตที่ความเข้มข้นเป็นจำนวนเท่าของค่าทางทฤษฎีเท่ากัน ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.75 เท่าของค่าทางทฤษฎีโซเดียมเมตาซัลไฟต์สามารถรีดิวส์โครเมียม(VI) ได้หมด 100% ในขณะที่การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตในการรีดิวส์โครเมียม(VI) ที่ความเข้มข้น 2 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีไม่สามารถรีดิวส์โครเมียมได้หมด ดังนั้นการทดลองใช้โซดาไฟ และปูนขาวกำจัดโครเมียมโดยการตกตะกอนทางเคมีจะใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสารรีดิวส์โครเมียม(VI) ที่ความเข้มข้น 1.75 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีและความคุมพีเอชตลอดปฏิกิริยาการรีดิวส์เท่ากับ 2.0

5.4.2 การกำจัดโครเมียมโดยโซดาไฟและปูนขาว

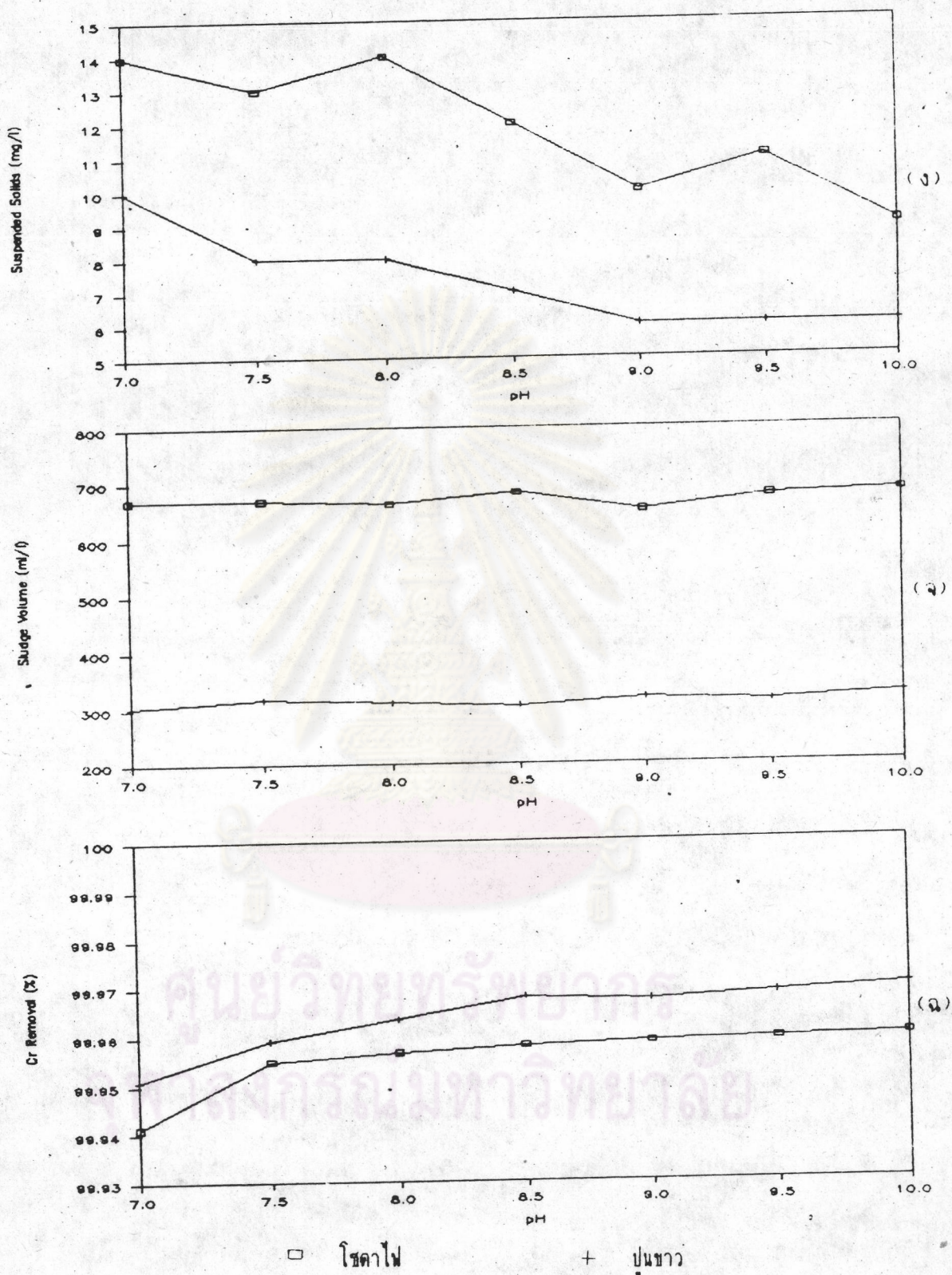
การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้โซดาไฟและปูนขาวในการกำจัดโครเมียมในกรดโครมิกที่ผ่านการรีดิวส์อย่างสมบูรณ์โดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และศึกษาผลของพีเอชที่ 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5 และ 10.0 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.20-ก.21 ของภาคผนวก ก. และรูปที่ 5.12

5.4.2.1 ผลของพีเอชกับปริมาณโครเมียมละลาย

จากรูปที่ 5.12 (ก) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวให้ผลการกำจัดโครเมียมละลายคล้ายคลึงกันกล่าวคือเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 7.0 ถึง 8.5 โครเมียมละลายมีค่าลดลงและมีค่าต่ำสุดที่พีเอชเท่ากับ 8.5 ทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว และเมื่อเพิ่มพีเอชจนถึง 11.0 โครเมียมละลายกลับมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากโครเมียมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติ



รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการบำบัด โดยไรดาไฟกับปูนขาวที่พีเอช 7.0-10.0



รูปที่ 5.12 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการบำบัดโดยโซดาไฟกับปุ๋นขาวที่พีเอช 7.0-10.0 (ต่อ)

แอมโฟเทอริก ในสารละลายที่เป็นด่าง โครเมียม(III)สามารถละลายน้ำในรูป Chromite Ion ($(Cr(OH)_4)^{-3}$) (21) ดังนั้นพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมละลายให้เหลือต่ำที่สุดคือพีเอช 8.5 ทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวโดยมีโครเมียมละลายเหลือเท่ากับ 0.20 และ 0.15 มก./ล. ตามลำดับ

5.4.2.2 ผลของพีเอชกับปริมาณโครเมียมทั้งหมด

จากรูปที่ 5.12 (ข) พบว่าเมื่อเพิ่มพีเอชจาก 7.0 ถึง 8.5 โครเมียมทั้งหมดมีค่าลดลงและมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงพีเอช 8.5 ถึง 10.0 ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณโครเมียมละลายที่พีเอชต่างๆ ที่พีเอชเท่ากับ 8.5 โครเมียมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 4.90 และ 3.73 มก./ล. ในกรณีโซดาไฟและปูนขาว

5.4.2.3 ผลของพีเอชกับปริมาณโครเมียมแขวนลอย

จากรูปที่ 5.12 (ค) พบว่าทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาวที่พีเอชต่างๆ ที่ทำการศึกษา โครเมียมแขวนลอยมีค่าใกล้เคียงกันโดยโครเมียมแขวนลอยในกรณีโซดาไฟมีค่ามากกว่าปูนขาวที่พีเอชเดียวกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าตะกอนโครเมียมที่เกิดจากปูนขาวตกตะกอนได้ดีกว่าโซดาไฟ ที่พีเอชเท่ากับ 8.5 โครเมียมแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 4.70 และ 3.58 มก./ล. ในกรณีโซดาไฟและปูนขาวตามลำดับ

5.4.2.4 ผลของพีเอชกับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.12 (ง) พบว่าของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งแขวนลอยในกรณีโซดาไฟมีค่ามากกว่าปูนขาวอย่างเห็นได้ชัดแสดงว่าการใช้ปูนขาวให้ผลการตกตะกอนของของแข็งแขวนลอยในน้ำได้ดีกว่าโซดาไฟ ที่พีเอชเท่ากับ 8.5 ของแข็งแขวนลอยในกรณีโซดาไฟและปูนขาวมีค่าเท่ากับ 12 และ 7 มก./ล.

5.4.2.5 ผลของพีเอชกับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.12 (จ) พบว่าตะกอนที่เกิดขึ้นในกรณีโซดาไฟมีปริมาณมากกว่าปูนขาวอย่างเห็นได้ชัดเมื่อใช้เวลาในการตกตะกอนนาน 6 ชม. เท่ากัน จากทดลองสังเกตได้ว่าที่พีเอชต่างๆตะกอนที่เกิดจากการใช้โซดาไฟจมตัวช้ามากและมีความสามารถในการ

อัตราของตะกอนไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนที่เกิดจากปูนขาว การใช้โซดาไฟที่พีเอชเท่ากับ 8.5 เกิดตะกอนเท่ากับ 681.18 มล./ล. ของน้ำเสีย ในขณะที่ปูนขาวเกิดตะกอนเท่ากับ 304.10 มล./ล. ของน้ำเสีย แสดงว่าการใช้โซดาไฟเกิดตะกอนมากกว่าปูนขาวถึง 2.24 เท่าของตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวที่พีเอชนี้

5.4.2.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโซดาไฟและปูนขาว

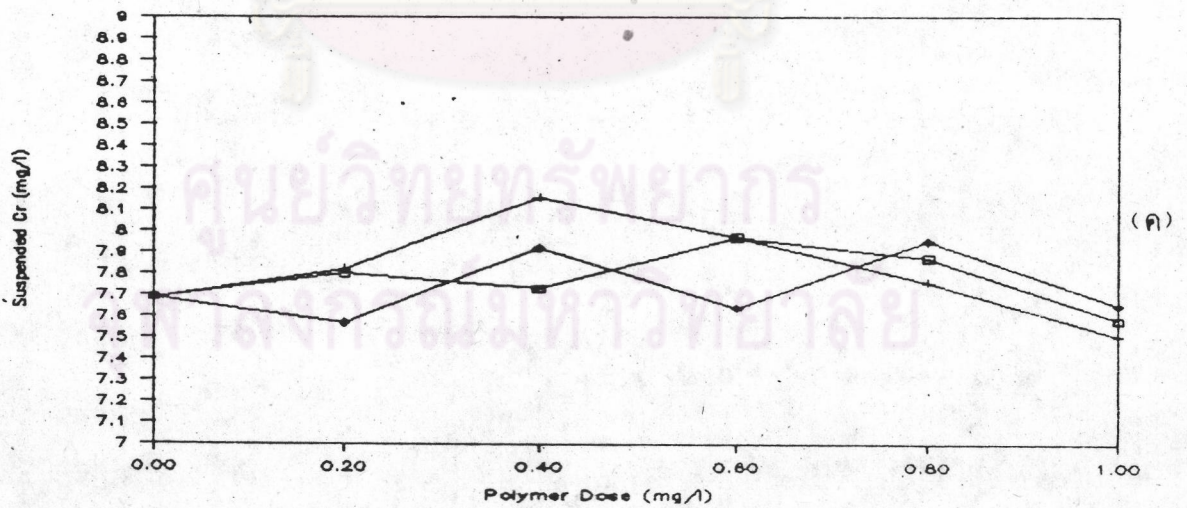
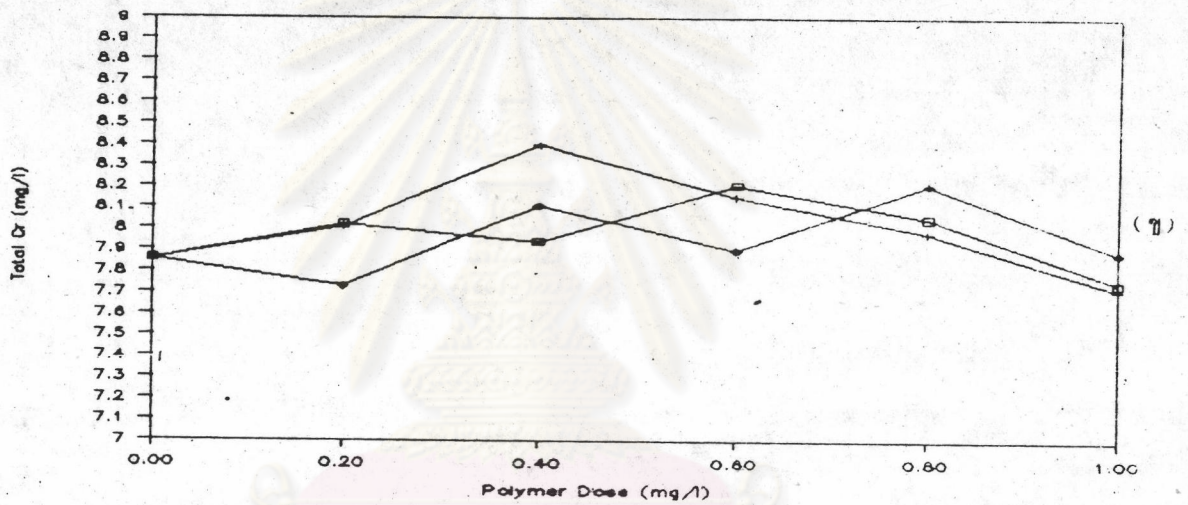
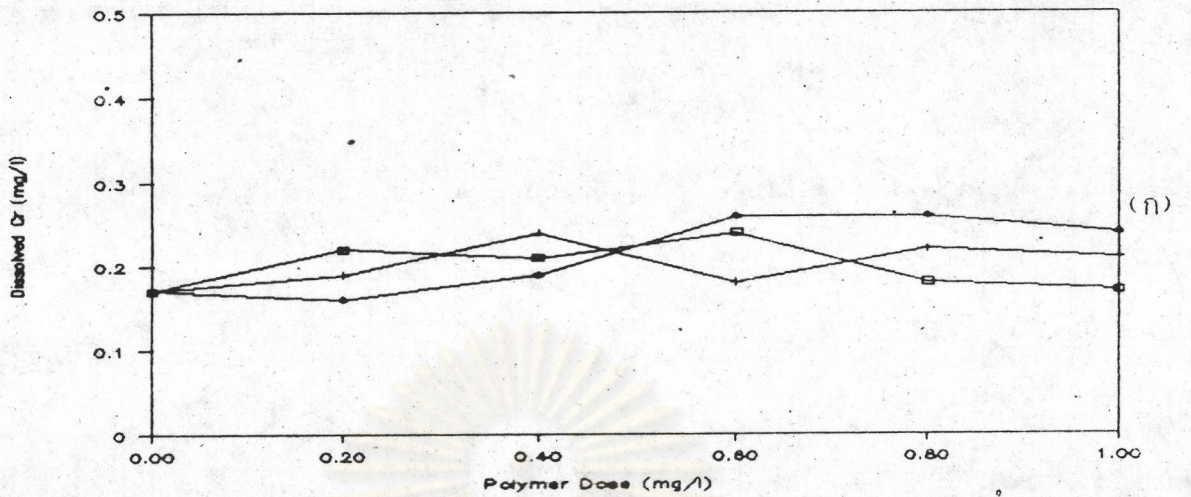
จากรูปที่ 5.12 (ฉ) พบว่าการใช้โซดาไฟและปูนขาวในช่วงพีเอชที่ทำการศึกษาให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมทั้งหมดมากกว่า 99.94 % และการใช้ปูนขาวให้ประสิทธิภาพสูงกว่าโซดาไฟที่พีเอชเดียวกัน ที่พีเอชเท่ากับ 8.5 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมทั้งหมดของโซดาไฟเท่ากับ 99.96 % และปูนขาวเท่ากับ 99.97 % โดยสามารถลดปริมาณโครเมียมทั้งหมดจาก 11650 มก./ล. เหลือเท่ากับ 4.90 และ 3.73 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งไม่เกิน 0.5 มก./ล. จะเห็นว่าทั้งโซดาไฟและปูนขาวไม่สามารถกำจัดโครเมียมในน้ำเสียได้เหลือต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมกระบวนการบำบัดน้ำเสียส่วนนี้ เช่น การใช้สารโพลีเมอร์ช่วยการตกตะกอนหรือการกรองน้ำที่ผ่านการตกตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าการใช้ปูนขาวมีข้อดีกว่าโซดาไฟเกือบทุกด้าน ได้แก่ ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมสูงกว่า ตะกอนที่เกิดขึ้นตกตะกอนและอัตราดีกว่า ปริมาณตะกอนน้อยกว่าและปูนขาวมีราคาถูกกว่า ดังนั้นการทดลองต่อไปจะทำการทดลองกับน้ำที่ผ่านการรีดิวส์อย่างสมบูรณ์โดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์และปรับพีเอชเท่ากับ 8.5 โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

5.4.3 การกำจัดโครเมียมโดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

การทดลองส่วนนี้เป็นการศึกษาผลการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ในการกำจัดโครเมียมที่พีเอชเท่ากับ 8.5 ในกรดโครมิกที่ผ่านการรีดิวส์โครเมียม(VI) อย่างสมบูรณ์แล้ว โดยศึกษาสารโพลีเมอร์ชนิดประจุบวก ไม่มีประจุและประจุลบ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 มก./ล. การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแสดงในตารางที่ ก.22-ก.24 ของภาคผนวก ก. และรูปที่ 5.13

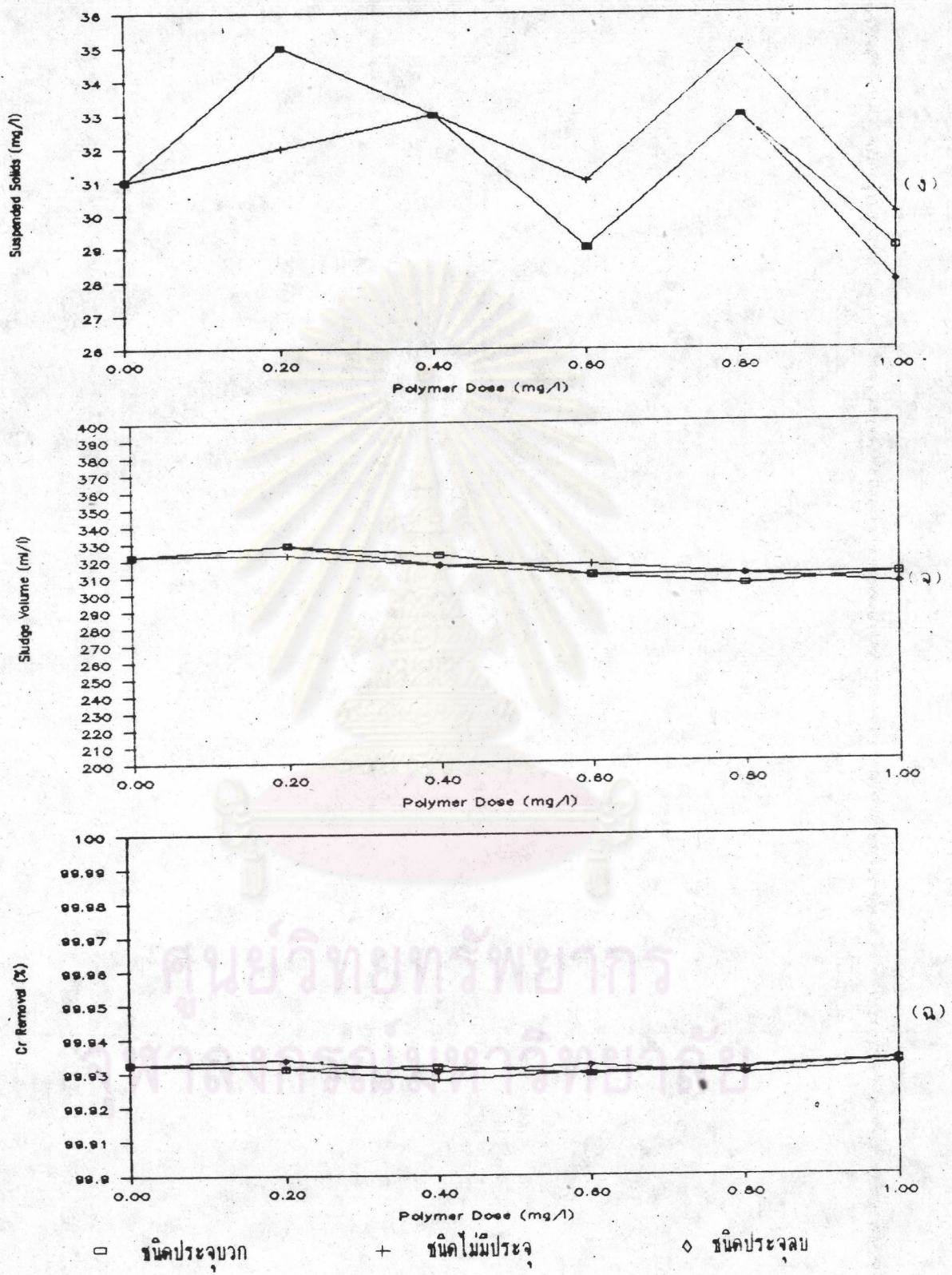
5.4.3.1 ผลของความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์กับปริมาณโครเมียมละลาย

จากรูปที่ 5.13 (ก) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ทั้ง



● = ชนิดประจุบวก + ชนิดไม่มีประจุ ◊ = ชนิดประจุลบ

รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดต่างๆที่พีเอช 8.5



รูปที่ 5.13 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆในกรดโครมิกที่ผ่านการบำบัด โดยปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ชนิดต่างๆที่พีเอช 8.5 (ต่อ)

สามชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆที่ทำการศึกษา โครเมียมละลายมีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่า เมื่อใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย แสดงว่าสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดไม่สามารถช่วยลดปริมาณโครเมียมละลายได้เลย

5.4.3.2 ผลของความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์กับปริมาณโครเมียมทั้งหมด

จากรูปที่ 5.13 (ข) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 ถึง 1.0 มก./ล. ไม่สามารถลดปริมาณโครเมียมทั้งหมดลงได้อีกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปูนขาวอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวในการตกตะกอนโครเมียมมีความหนาแน่นสูงมากทำให้ความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์ในช่วงที่ทำการศึกษามิสามารถช่วยในการกำจัดโครเมียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

5.4.3.3 ผลของความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์กับปริมาณโครเมียมแขวนลอย

จากรูปที่ 5.13 (ค) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 ถึง 1.0 มก./ล. ไม่สามารถลดปริมาณโครเมียมแขวนลอยลงได้อีกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปูนขาวอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวมีความหนาแน่นสูงมากทำให้ความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์ในช่วงที่ทำการศึกษามิสามารถช่วยในการกำจัดโครเมียมแขวนลอยเพิ่มขึ้นจากการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

5.4.3.4 ผลของความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์กับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.13 (ง) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 ถึง 1.0 มก./ล. ไม่สามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยลงได้อีกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปูนขาวอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนที่เกิดจากการใช้ปูนขาวในการตกตะกอนโครเมียมมีความหนาแน่นสูงมากทำให้ความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์ในช่วงที่ทำการศึกษามิสามารถช่วยในการกำจัดของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้นจากการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

5.4.3.5 ผลของความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์กับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.13 (จ) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพสิเมอร์ทั้งสามชนิดสามารถช่วยในการอัดตัวของตะกอน เนื่องจากเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารโพสิเมอร์

ในช่วง ๐.6-1.๐ มก./ล. ปริมาณตะกอนลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปูนขาวอย่างเดียว ลักษณะเช่นนี้แสดงว่าสาร โพลีเมอร์ทำหน้าที่ช่วยปรับสภาพตะกอน (Sludge Conditioning) การใช้สารโพลีเมอร์เป็นสารช่วยปรับสภาพตะกอนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ สารโพลีเมอร์แต่ละชนิดไม่สามารถใช้เป็นสารปรับสภาพตะกอนได้ดีทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย ชนิดของสารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ในตอนแรกและชนิดตะกอน (22)

5.4.3.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของ ปูนขาวอย่างเดียวกับปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์

จากรูปที่ 5.13 (ฉ) พบว่าการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ให้ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในช่วง 99.93-99.94 % ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว โดยสามารถลดปริมาณโครเมียมทั้งหมดจาก 1165๐ มก./ล. เหลืออยู่ในช่วงปริมาณ 7.54-8.4๐ มก./ล. ดังนั้นการใช้ปูนขาวร่วมกับสารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นเท่ากับ ๐.2-1.๐ มก./ล. ไม่สามารถช่วยกำจัดโครเมียมได้เพิ่มจากการใช้ปูนขาวอย่างเดียวเลยและไม่สามารถลดปริมาณโครเมียมได้เหลือต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นการทดลองตอนต่อไปจำเป็นต้องทำการกรองน้ำที่ผ่านการตกตะกอนโดยใช้ปูนขาวอย่างเดียวปรับพีเอชที่ 8.5

5.4.4 การกรองน้ำที่ผ่านการตกตะกอนโดยใช้ปูนขาวปรับพีเอชเท่ากับ 8.5 ด้วยเครื่องกรองทรายจำลอง

ลักษณะน้ำก่อนและหลังทำการกรองแสดงในตารางที่ ก.25 ของภาพผนวก ก. จากตารางที่ ก.25 พบว่าการกรองน้ำที่ผ่านการตกตะกอนโดยใช้ปูนขาวปรับพีเอชที่ 8.5 ด้วยเครื่องกรองทรายจำลองดังแสดงในรูปที่ 4.3 ด้วยอัตราการกรองเท่ากับ ๐.2 ม³/ม²/ชม. สามารถลดปริมาณโครเมียมในน้ำก่อนทำการกรองจาก 8.1๐ มก./ล. เหลือเท่ากับ ๐.41 มก./ล. ในน้ำที่ผ่านการกรอง และลดปริมาณของแข็งแขวนลอยจาก 33 มก./ล. เหลือเท่ากับ 1 มก./ล. ในน้ำที่ผ่านการกรอง

เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งซึ่งกำหนดปริมาณโครเมียมในน้ำทิ้งไว้ไม่เกิน ๐.5 มก./ล. การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ที่ความเข้มข้น 1.75 เท่าของค่าทางทฤษฎีในการรีดิวส์โครเมียม(VI) แล้วใช้ปูนขาวปรับพีเอชเท่ากับ 8.5 ตามด้วยการนำน้ำใสที่ผ่านการตกตะกอนมาทำการกรองด้วยเครื่องกรองทรายก็สามารถบำบัดน้ำเสียส่วนนี้ให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง



5.5 การปรับพีเอชของน้ำที่ผ่านการกำจัดสังกะสี

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียจากบ่อน้ำหล่อเย็นและบ่อน้ำเสียท้ายโรงงาน แม้ว่าจะสามารถกำจัดสังกะสีได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งโดยควบคุมพีเอชของปฏิกิริยาเท่ากับ 9.5 ในน้ำเสียทั้งสองชนิด แต่พีเอชของน้ำที่ผ่านการตกตะกอนหลังจากทำการบำบัดน้ำหล่อเย็นและน้ำเสียรวมมีค่าเท่ากับ 9.35 และ 9.30 ตามลำดับ ซึ่งพีเอชดังกล่าวสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดพีเอชของน้ำทิ้งเท่ากับ 5-9 ดังนั้นจำเป็นต้องทำการปรับพีเอชน้ำที่ผ่านการกำจัดสังกะสีให้อยู่ในช่วงพีเอชดังกล่าว โดยทำการศึกษาปริมาณกรดซัลฟูริกและไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการปรับพีเอชในช่วง 5.5-8.5 ผลการปรับพีเอชของน้ำที่ผ่านการกำจัดสังกะสีของน้ำเสียทั้งสองชนิดแสดงในตารางที่ ก.26-ก.27 ของภาคผนวก ก. และรูปที่ 5.14 และ 5.15

5.5.1 น้ำหล่อเย็นที่ผ่านการกำจัดสังกะสี

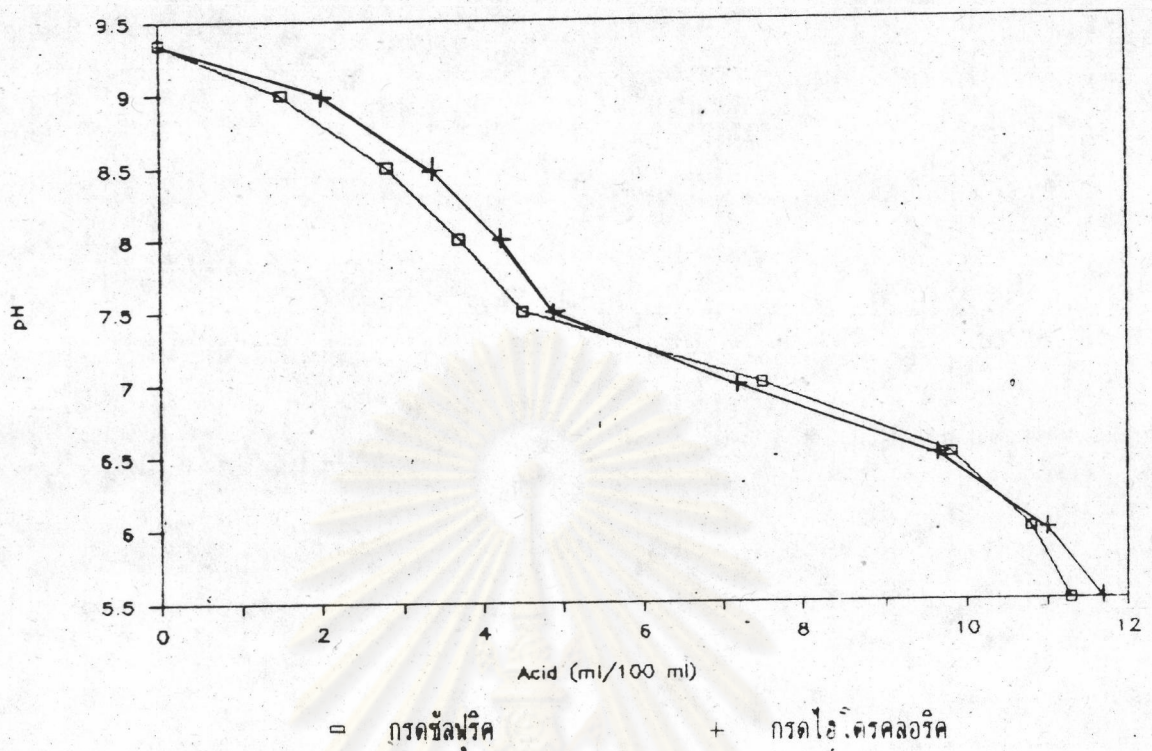
จากรูปที่ 5.14 พบว่าเมื่อต้องการปรับพีเอชของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการกำจัดสังกะสีจากพีเอชเท่ากับ 9.35 เป็น 8.5 ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 N. เท่ากับ 2.8 มล./100 มล. คิดเป็น 0.027 กก./ลบ.ม. และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 N. เท่ากับ 3.3 มล./100 มล. คิดเป็น 0.0242 กก./ลบ.ม. เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกใช้ในปริมาณต่ำกว่า และเป็นกรดที่ใช้ทำความสะอาดผิวแผ่นเหล็กในกระบวนการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริกในการปรับพีเอชของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการกำจัดสังกะสี

5.5.2 น้ำเสียรวมที่ผ่านการกำจัดสังกะสี

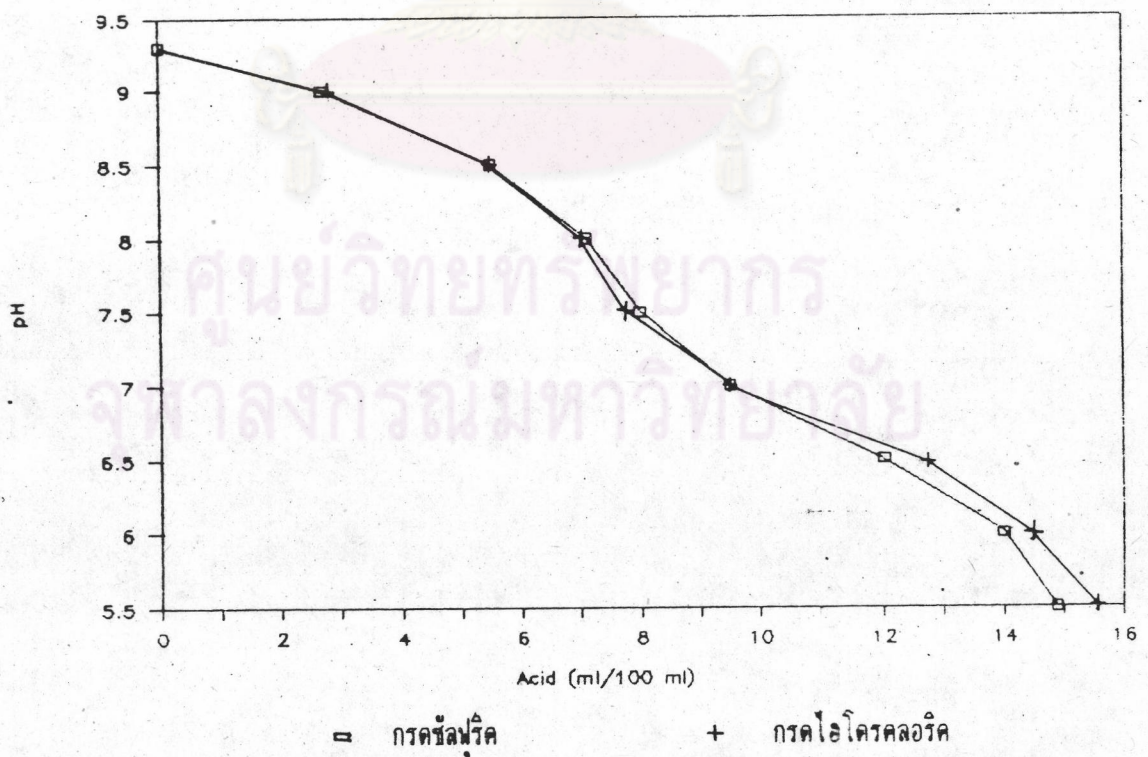
จากรูปที่ 5.15 พบว่าเมื่อต้องการปรับพีเอชของน้ำเสียรวมที่ผ่านการกำจัดสังกะสีจากพีเอชเท่ากับ 9.3 เป็น 8.5 ต้องใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 N. เท่ากับ 5.5 มล./100 มล. คิดเป็น 0.054 กก./ลบ.ม. และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 N. เท่ากับ 5.5 มล./100 มล. คิดเป็น 0.0404 กก./ลบ.ม. เนื่องจากกรดไฮโดรคลอริกใช้ในปริมาณต่ำกว่า และเป็นกรดที่ใช้ทำความสะอาดผิวแผ่นเหล็กในกระบวนการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริกในการปรับพีเอชของน้ำเสียรวมที่ผ่านการกำจัดสังกะสี

5.6 การปรับพีเอชน้ำเสียผสมระหว่างน้ำร้อนล้างและน้ำเย็นล้างโดยโซดาไฟและปูนขาว

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้



รูปที่ 5.14 ผลการปรับพีเอชของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการกำจัดสังกะสีกับปริมาณกรดที่ใช้



รูปที่ 5.15 ผลการปรับพีเอชของน้ำเสียรวมที่ผ่านการกำจัดสังกะสีกับปริมาณกรดที่ใช้

พีเอช	2.1	
ความเป็นกรด	1550	มก./ล. เทียบกับ CaCO_3
ของแข็งแขวนลอย	92	มก./ล.
ของแข็งละลาย	2420	มก./ล.
ความเข้มข้นของเหล็ก	503	มก./ล.

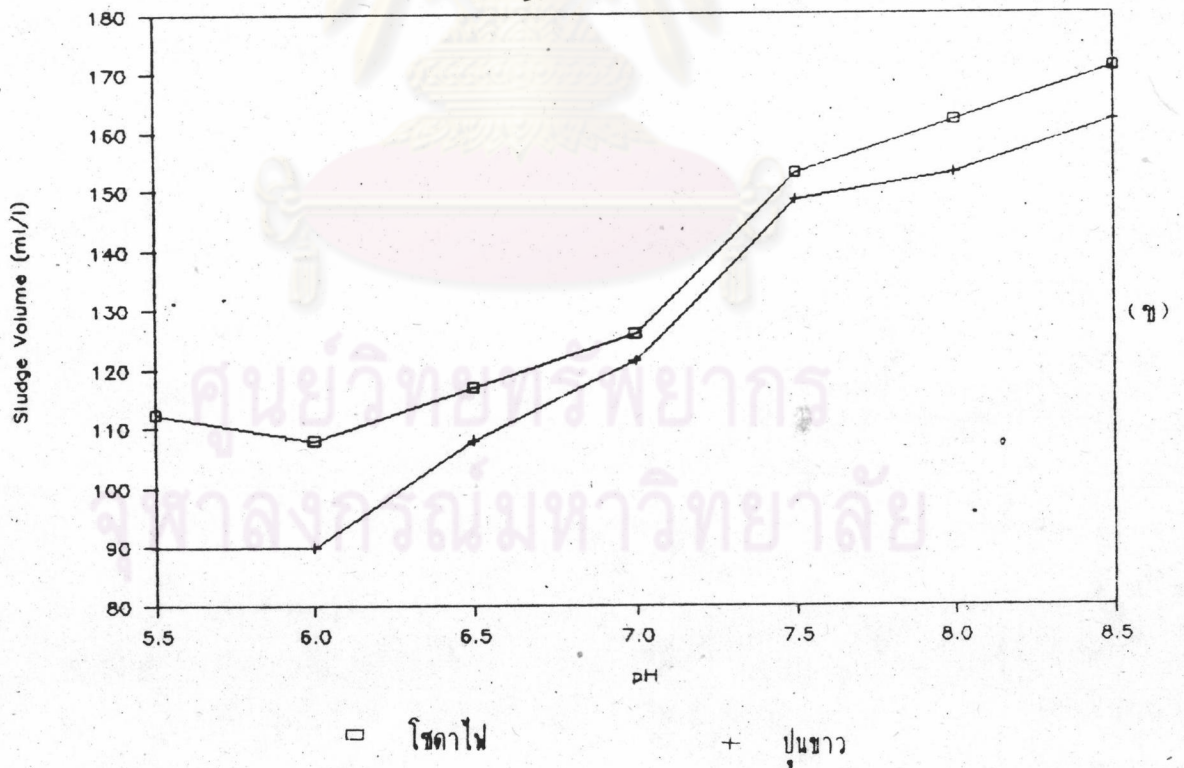
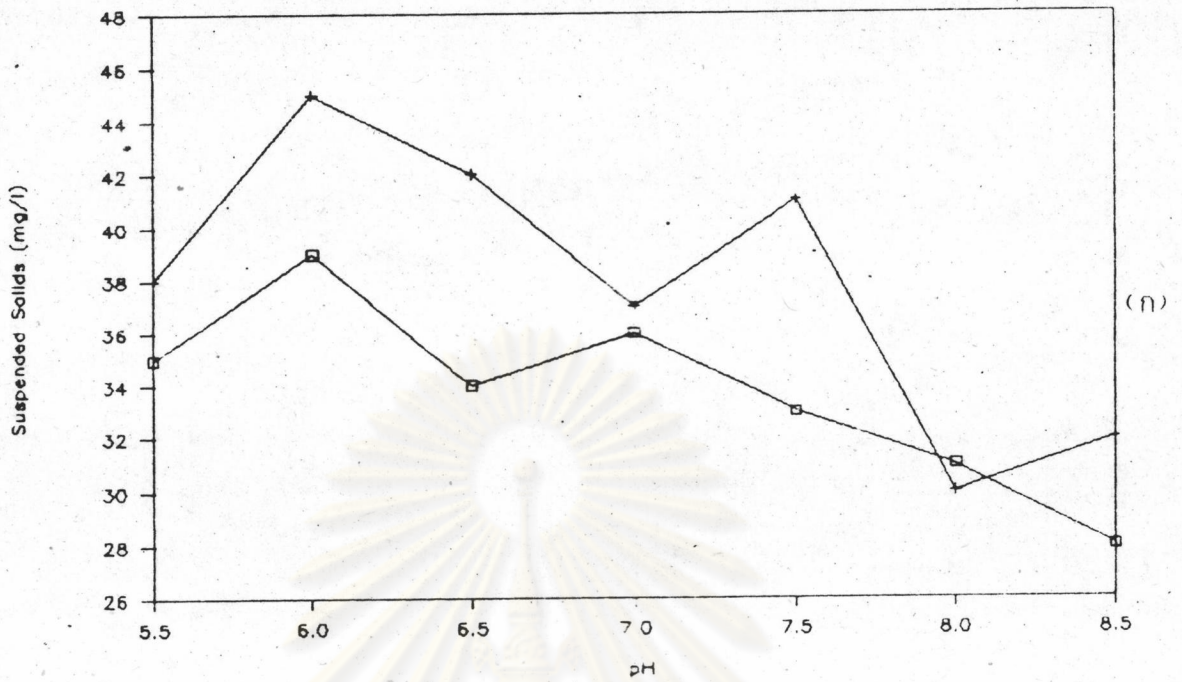
น้ำเสียส่วนนี้ทำการปรับพีเอชที่ 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5 โดยโซดาไฟและปูนขาว กำหนด SOR. เท่ากับ 0.5 ม./ชม. การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ในน้ำเสียผสมระหว่างน้ำร้อนล้างและน้ำเย็นล้างที่ผ่านการปรับพีเอชแสดงในตารางที่ ก.28-ก.29 และรูปที่ 5.16

5.6.1 ผลของพีเอชกับปริมาณของแข็งแขวนลอย

จากรูปที่ 5.16 (ก) พบว่าเมื่อปรับพีเอชจาก 5.5 ถึง 8.5 ปริมาณของแข็งแขวนลอยมีแนวโน้มลดลง เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้น การใช้โซดาไฟให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยต่ำกว่าปูนขาวเกือบทุกค่าพีเอชที่ทำการศึกษา ทั้งนี้เพราะปูนขาวมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำจึงมีปูนขาวบางส่วนเหลือแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้ไปเพิ่มปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ เมื่อเปรียบเทียบมาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดพีเอชในน้ำทิ้งเท่ากับ 5-9 ที่พีเอชปฏิกิริยาเท่ากับ 7.0 ซึ่งให้พีเอชของน้ำที่ผ่านการตกตะกอนเท่ากับ 6.65 ในกรณีโซดาไฟและ 6.70 ในกรณีปูนขาว ของแข็งแขวนลอยที่พีเอชนี้ในกรณีโซดาไฟและปูนขาวมีค่าเท่ากับ 36 และ 37 มก./ล. ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่มาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดไว้เท่ากับ 30 มก./ล. ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาในการตกตะกอนนานกว่าที่ใช้ในการทดลอง หรือทำการกรองน้ำที่ผ่านการตกตะกอนด้วยเครื่องกรองทรายก่อนปล่อยทิ้งสู่ลำน้ำสาธารณะ

5.6.2 ผลของพีเอชกับปริมาณตะกอน

จากรูปที่ 5.16 (ข) พบว่าทั้งกรณีโซดาไฟและปูนขาว เมื่อเพิ่มพีเอชจาก 5.5 ถึง 8.5 ปริมาณตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นเพราะสารละลายต่างๆ ในน้ำเสียสามารถอึดตัวและเกิดเป็นตะกอนของแข็งในน้ำเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น โดยที่ตะกอนจากการใช้โซดาไฟมีปริมาณสูงกว่าปูนขาว เนื่องจากตะกอนที่เกิดจากการใช้โซดาไฟมีลักษณะเบากว่าและอัดตัวไม่ดีเท่าตะกอนจากการใช้ปูนขาว



รูปที่ 5.16 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งแขวนลอยและตะกอนที่เกิดจากการปรับพีเอชน้ำเสียผลระหว่างน้ำร้อนล้างและน้ำเย็นล้างโดยโซดาไฟกับปูนขาว

5.6.3 การเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างโซดาไฟและปูนขาว

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการใช้โซดาไฟและปูนขาวพบว่าการใช้ปูนขาวมีข้อดีคือตะกอนที่เกิดอัดตัวได้ดีกว่าและมีราคาถูกกว่า แต่มีข้อเสียคือระบบบ่อนสารเคมียุ่งยากกว่าโซดาไฟ อีกทั้งของแข็งแขวนลอยในน้ำที่ผ่านการตกตะกอนในกรณีใช้ปูนขาวมีค่าสูงกว่าโซดาไฟเล็กน้อย ดังนั้นการเลือกใช้สารเคมีตัวใดต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำเสียและความเข้มข้นของน้ำเสียที่ต้องทำการบำบัด ในกรณีโรงงานผลิตแผ่นเหล็กอบสังกะสีที่ทำการศึกษานี้ น้ำเสียรวมจากน้ำร้อนล้างและน้ำเย็นล้างมีปริมาณมากประมาณ 25-30 ลบ.ม./วัน และเป็นน้ำเสียส่วนใหญ่ของโรงงานด้วย ดังนั้นการใช้ปูนขาวจะเหมาะสมและประหยัดกว่าการใช้โซดาไฟ

5.7 การศึกษาปริมาณต่างในการปรับพีเอชของน้ำเสียจากบ่อสารละลายกรดเข้มข้น

ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

พีเอช	0	
ความเป็นกรด	294.28	ก./ล. เทียบกับ CaCO_3
ของแข็งแขวนลอย	0.34	ก./ล.
ของแข็งละลาย	55.50	ก./ล.
ความเข้มข้นของเหล็ก	15.80	ก./ล.

จากลักษณะน้ำเสียข้างต้นเมื่อปรับพีเอชด้วยโซดาไฟหรือปูนขาวจะเกิดความร้อนสูงจากปฏิกิริยาเคมีและเกิดตะกอนที่มีความหนาแน่นสูงมาก ตะกอนที่เกิดขึ้นเกือบจะไม่มีอาการจมตัวเลยในเวลา 12 ชม. ดังนั้นเมื่อปรับพีเอชแล้วไม่จำเป็นต้องปล่อยตกตะกอนควรนำตะกอนทั้งหมดไปทำการรีดน้ำ (Dewatering) ออกจากตะกอนเช่นลานตากตะกอน เครื่องเหวี่ยงตะกอนหรือเครื่องกรองสูญญากาศก่อนที่จะนำตะกอนไปถมหรือฝังในบ่อเก็บตะกอนต่อไป ปริมาณโซดาไฟและปูนขาวที่ใช้ในการปรับพีเอชของสารละลายกรดเข้มข้นในช่วงพีเอชเท่ากับ 5.5-8.5 แสดงในตารางที่ ก.30 ของภาคผนวก ก. จากผลการปรับพีเอชในตารางที่ ก.30 พบว่าการปรับพีเอชที่ 7.0 ต้องใช้โซดาไฟเข้มข้น 15 N. เท่ากับ 38.85 มล./100 มล. คิดเป็น 24.28 กก./ลบ.ม. และต้องใช้ปูนขาวเท่ากับ 32.82 ก./100 มล. คิดเป็น 32.82 กก./ลบ.ม. จะเห็นว่าการปรับพีเอชสารละลายกรดเข้มข้นสิ้นเปลืองสารเคมีและค่าใช้จ่ายสูง แต่เนื่องจากการถ่ายน้ำเสียส่วนนี้ทิ้งประมาณ 2-3 ครั้งต่อปี ครั้งละ 3.5-4.0 ลบ.ม. ทำให้การจัดการน้ำเสียส่วนนี้ด้วยวิธีอื่น ๆ เช่นการนำกรดเข้มข้นกลับมาใช้ใหม่หรือการทำให้เป็นไอระเหยซึ่งก่อให้เกิดกาพิษด้วยนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับโรงงานแห่งนี้

5.8 การเปรียบเทียบค่าบำบัดน้ำเสีย

จากการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแผ่นเหล็ก อาบสังกะสีและข้อมูลเกี่ยวกับน้ำเสียดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถนำมาประเมินค่าบำบัดน้ำเสีย ในแบบต่างๆ โดยเปรียบเทียบกรณีที่โรงงานทำการบำบัดเองในแบบน้ำเสียรวมระหว่างน้ำร้อน ล้าง น้ำเย็นล้าง น้ำหล่อเย็น และการแยกบำบัดน้ำหล่อเย็น กรดโครมิก สารละลายกรดและ ต่างเข้มข้นกับกรณีที่ให้ศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรมในการควบคุมของกระทรวงอุตสาหกรรม เป็นผู้รับผิดชอบในการบำบัดน้ำเสียในส่วนที่ทางศูนย์บริการกำจัดกากฯรับบำบัด การประเมิน ค่าบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยค่าก่อสร้าง อุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการทำงานของระบบ ค่าบำบัดที่ ประเมินนี้เป็นเพียงค่าคร่าวๆ และไม่รวมค่าแรงงานคนและค่าที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง รายละเอียดการประเมินค่าบำบัดน้ำเสียแสดงไว้ในภาคผนวก ง. ผลการประเมินของกรณีต่างๆ ที่ เลื่อนนำมาเปรียบเทียบเป็นดังนี้

5.8.1 การเปรียบเทียบค่าบำบัดน้ำเสียจากบ่อน้ำหล่อเย็น น้ำร้อนล้างและน้ำเย็นล้าง

1) การบำบัดน้ำเสียรวม

ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่อเนื่องขนาด 32 ลบ.ม./วัน	=	518,000	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้างระบบ	=	$518,000 / (32 \times 5 \times 365)$	= 8.87 บ./ลบ.ม.
ค่าสารเคมี (ปูนขาวและกรดไฮโดรคลอริก)	=	8.87	บ./ลบ.ม.
ค่าไฟฟ้า	=	3.89	บ./ลบ.ม.
ค่าซ่อมบำรุง	=	0.10×8.87	= 0.88 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดตะกอนโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	$193.27 \times 798 / 1000$	= 154.23 บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	176.74	บ./ลบ.ม.

2) การแยกบำบัดน้ำเสีย

น้ำร้อนล้างผสมกับน้ำเย็นล้าง

ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่อเนื่องขนาด 27 ลบ.ม./วัน	=	431,500	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้างระบบ	=	$431,500 / (27 \times 5 \times 365)$	= 8.76 บ./ลบ.ม.
ค่าสารเคมี (ปูนขาว)	=	5.66	บ./ลบ.ม.

ค่าไฟฟ้า	=	3.65	บ./ลบ.ม.
ค่าซ่อมบำรุง	=	0.10x8.76	= 0.88 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดตะกอนโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	121.39x798/1000	= 96.87 บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	115.82	บ./ลบ.ม.

น้ำหล่อเย็น

ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบเท (Batch) ขนาด 6 ลบ.ม./วัน	=	236,500	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้างระบบ	=	236,500/(6x5x365)	= 21.60 บ./ลบ.ม.
ค่าสารเคมี (ปูนขาวและกรดไฮโดรคลอริก)	=	0.99	บ./ลบ.ม.
ค่าไฟฟ้า	=	2.09	บ./ลบ.ม.
ค่าซ่อมบำรุง	=	0.10x21.60	= 2.16 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดตะกอนโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	8.99x798/1000	= 7.17 บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	34.01	บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัดทั้งหมด	=	115.82+34.01	= 149.83 บ./ลบ.ม.

3) การบำบัดน้ำเสยรวมโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ

ค่าก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสยขนาด 64 ลบ.ม.	=	160,000	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสย	=	160,000/(32x5x365)	= 3.28 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดน้ำเสยโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	117.00	บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	118.37	บ./ลบ.ม.

สรุปค่าบำบัดน้ำเสยส่วนนี้ดังนี้

กรณีบำบัดน้ำเสยรวม	=	176.74	บ./ลบ.ม.
กรณีแยกบำบัดน้ำเสย	=	149.83	บ./ลบ.ม.
กรณีบำบัดน้ำเสยรวมโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	118.37	บ./ลบ.ม.

เมื่อเปรียบเทียบค่าบำบัดน้ำเสยพบว่า การให้ศูนย์บริการกำจัดกากฯ เป็นผู้รับผิดชอบบำบัดน้ำเสยให้แก่โรงงานมีความเหมาะสมและเสยค่าบำบัดต่ำที่สุดในสามกรณี ในกรณีที่โรงงานเป็นผู้บำบัดน้ำเสยเองพบว่า การแยกน้ำหล่อเย็นมาทำการบำบัดต่างหากเสยค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการบำบัดน้ำเสยรวม ทั้งนี้ เพราะการบำบัดน้ำเสยรวมต้องปรับพีเอชของน้ำเสยทั้งหมดเท่ากับ 9.5

แล้วจึงปรับพีเอชน้ำที่ผ่านการกำจัดสังกะสีกลับมาที่ 8.5 ทำให้เกิดตะกอนมากกว่าการแยกบำบัดน้ำเสียและค่าบำบัดน้ำเสียแพงกว่าด้วย

5.8.2 การเปรียบเทียบค่าบำบัดกรดโครมิก

1) การบำบัดกรดโครมิกโดยโรงงานเอง

ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบเท(Batch)ขนาด 6 ลบ.ม.	=	236,500	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้างระบบ	=	$236,500 / (6 \times 5 \times 12)$	= 656.94 บ./ลบ.ม.
ค่าสารเคมี (ปูนขาว, กรดซัลฟูริก, โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์)	=	1,675.49	บ./ลบ.ม.
ค่าไฟฟ้า	=	3.48	บ./ลบ.ม.
ค่าซ่อมบำรุง	=	0.10×656.94	= 65.69 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดตะกอนโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	$304.10 \times 798 / 1000$	= 242.67 บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	2,644.27	บ./ลบ.ม.

2) การบำบัดกรดโครมิกโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ

ค่าก่อสร้างบ่อพักน้ำเสียขนาด 12 ลบ.ม.	=	30,000	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้าง	=	$30,000 / (6 \times 5 \times 12)$	= 83.33 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดน้ำเสียโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	117.00	บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	200.33	บ./ลบ.ม.

สรุปค่าบำบัดกรดโครมิก

กรณีบำบัดโดยโรงงานเอง	=	2,644.27	บ./ลบ.ม.
กรณีบำบัดโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	200.33	บ./ลบ.ม.

เมื่อเปรียบเทียบค่าบำบัดกรดโครมิกพบว่า ค่าบำบัดโดยศูนย์กำจัดกากฯต่ำกว่าการที่โรงงานบำบัดเองมากทั้งนี้เพราะเงื่อนไขการคิดค่าบำบัดของศูนย์บริการกำจัดกากฯในปัจจุบันใช้ปริมาณของน้ำเสียเป็นเกณฑ์ ดังนั้นการบำบัดกรดโครมิกควรให้ศูนย์บริการกำจัดกากฯเป็นผู้บำบัด

5.8.3 ค่าบำบัดสารละลายกรดเข้มข้น

สารละลายกรดเข้มข้นถ่ายทิ้งเป็นน้ำเสียปีละ 3 ครั้งๆละประมาณ	=	4.0	ลบ.ม.
ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบเท (Batch) ขนาด 4 ลบ.ม.	=	221,480	บ.
สมมติอายุการใช้งาน	=	5	ปี
ค่าก่อสร้าง	=	$221,480 / (4 \times 5 \times 3)$	= 3,691.33 บ./ลบ.ม.
ค่าสารเคมี (ปูนขาว)	=	205.13	บ./ลบ.ม.
ค่าไฟฟ้า	=	1.14	บ./ลบ.ม.
ค่าซ่อมบำรุง	=	$0.10 \times 3,691.33$	= 369.13 บ./ลบ.ม.
ค่าบำบัดตะกอนโดยศูนย์บริการกำจัดกากฯ	=	1×798	= 798.00 บ./ลบ.ม.
รวมค่าบำบัด	=	5,064.73	บ./ลบ.ม.

หมายเหตุ กรณีที่ใช้ระบบบำบัดแบบเทร่วมกับน้ำเสียส่วนอื่นของโรงงาน ค่าก่อสร้างระบบต่อหน่วยน้ำเสียจะต่ำกว่าที่คำนวณมากทำให้ค่าบำบัดน้ำเสียต่ำกว่าที่แสดงในการคำนวณ

เนื่องจากศูนย์บริการกำจัดกากฯยังไม่รับบำบัดสารละลายกรดเข้มข้น ดังนั้นทางโรงงานจำเป็นต้องทำการบำบัดน้ำเสียส่วนนี้เองก่อนแล้วจึงให้ศูนย์บริการกำจัดกากรับตะกอนไปบำบัดต่อซึ่งเสียค่าบำบัดทั้งสิ้นประมาณ 5,064.73 บ./ลบ.ม. การบำบัดน้ำเสียส่วนนี้สามารถลดค่าสารเคมีได้บ้างโดยการนำสารละลายต่างเข้มข้นที่ถ่ายทิ้งในคราวเดียวกัน ซึ่งต้องทำการบำบัดอยู่แล้วมาทำการแยกน้ำมันออกก่อน แล้วจึงนำมาผสมรวมกับสารละลายกรดเข้มข้นเพื่อลดปริมาณปูนขาวที่ใช้ในการปรับพีเอชและลดค่าบำบัดน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย