บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทั้ง 5 ขั้นตอน สามารถสรุปวิธีการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพได้ดังนี้

5.1.1 การกำจัดเหล็กโดยใช้วิธีการออกซิเดชัน ร่วมกับการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ สามารถกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการกำจัดเหล็กโดยการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียว

5.1.2 ความสามารถในการออกซิไดซ์ และตกตะกอนเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ ขึ้นกับระดับพีเอช คือ ที่ระดับพีเอชกลางถึงเบส เหล็กเฟอร์รัสจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเหล็กเฟอร์ริคได้ง่าย และสามารถตกตะกอนได้ในรูปเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์

5.1.3 ปริมาณของตัวช่วยตกตะกอนมีผลต่อการตกตะกอนของเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ที่สมบูรณ์ โดยปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กสามารถคำนวณได้ตามสมการเคมี ซึ่งขึ้นกับชนิดของตัวช่วยตกตะกอน ที่จะทำให้ปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

5.1.4 ชนิดของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดที่แตกต่างกัน คือ วิธีการกำจัดเหล็กที่ใช้อากาศร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมาคือ อากาศร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โอโซนร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โอโซนร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โอโซนร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อากาศร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ

5.1.5 ชนิดของตัวช่วยตกตะกอนมีผลต่อค่าความเป็นเบส และความกระด้างแตกต่างกัน คือ โซเดียมคาร์บอเนตมีค่าความเป็นเบสมากที่สุด รองลงมาคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ตามลำดับ สำหรับความกระด้างจะมีผลต่อเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็น

ตัวช่วยตกตะกอน ค่าความเป็นเบสและความกระด้างจะขึ้นกับระดับพีเอช โดยที่เมื่อระดับพีเอชลดลง ค่าความกระด้างจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นเบสจะมีค่าลดลง

5.1.6 วิธีที่ใช้อากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง โดยจะลดปัญหาค่าความเป็นเบสและความกระด้างให้มีปริมาณที่น้อยกว่าวิธีที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นตัวช่วยตกตะกอน

5.1.7 ปริมาณเหล็กทั้งหมดและประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กจะลดลง เมื่อระดับพีเอชลดลง

5.1.8 การจมตัวของตะกอน เมื่อใช้สารส้ม หรือ PAC จะเกิดได้ดี โดยมีปริมาตรของการจมตัวมากที่สุด เมื่อระดับพีเอชอยู่ในช่วงกลางถึงกรดอ่อน และในปริมาณที่ 300 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเทียบกับเหล็ก 5.58 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

5.1.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก โดยใช้วิธีการออกซิเดชัน ร่วมกับการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

5.1.10 ปริมาตรการจมตัวของตะกอน เมื่อใช้สารส้ม หรือ PAC ในปริมาณ 300 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่ระดับพีเอช 7 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.2

5.1.11ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกำจัดเหล็กของวิธีที่ใช้อากาศร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีค่าต่ำที่สุด รองลงมาคือ โอโซนร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อากาศร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โอโซนร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อากาศร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โอโซนร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต และโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนต ตามลำดับ

5.1.12 วิธีการกำจัดเหล็กในวิธีที่ใช้อากาศร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อากาศร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และอากาศร่วมกับแคลเซียมคาร์บอเนตและโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเหล็ก ดังสรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.1 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด ที่ระดับพีเอชต่างๆ

ตัวออกซิไดซ์	ตัวช่วยตกตะกอน	ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กที่ระดับพีเอช (%)					
		5	6	7	8	9	อ้างอิง
$KMnO_4$	Na_2CO_3	99.9974	99.9979	99.9980	99.9980	99.9981	99.9983
	NaOH	99.9979	99.9980	99.9980	99.9981	99.9982	99.9984
	$Ca(OH)_2$	99.9928	99.9933	99.9936	99.9955	99.9978	99.9986
NaOCl	Na_2CO_3	99.9977	99.9978	99.9978	99.9980	99.9980	99.9980
	NaOH	99.9976	99.9978	99.9980	99.9981	99.9982	99.9983
	$Ca(OH)_2$	99.9938	99.9952	99.9955	99.9958	99.9959	99.9964
อากาศ	Na_2CO_3	99.9983	99.9984	99.9986	99.9986	99.9988	99.9988
	NaOH	99.9983	99.9983	99.9984	99.9986	99.9988	99.9989
	$Ca(OH)_2$	99.9924	99.9940	99.9945	99.9948	99.9957	99.9963
	$CaCO_3$-NaOH	99.9962	99.9963	99.9965	99.9967	99.9969	99.9967
โอโซน	Na_2CO_3	99.9957	99.9958	99.9959	99.9959	99.9959	99.9961
	NaOH	99.9962	99.9963	99.9965	99.9965	99.9967	99.9969
	$Ca(OH)_2$	99.9946	99.9953	99.9960	99.9966	99.9967	99.9971

หมายเหตุ : พีเอชอ้างอิง หมายถึง พีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาตรการจมตัวของตะกอนในการกำจัดเหล็กของตัวออกซิไดซ์ และตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด เมื่อใช้สารส้ม หรือ PAC ในปริมาณ 300 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 7

ตัวออกซิไดซ์	ตัวช่วยตกตะกอน	ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัว	ปริมาตรการจมตัวของตะกอน (ลบ. ซม.^{3}) / เวลา (นาที)					
			10	20	30	40	50	60
$KMnO_4$	NaOH	สารส้ม - 300	45.0	54.0	61.5	61.5	61.5	61.5
		PAC - 200	24.0	37.0	46.5	56.0	56.0	56.0
	Na_2CO_3	สารส้ม - 300	33.0	42.0	50.0	56.0	59.0	59.0
		PAC - 200	35.0	58.5	65.5	72.5	78.0	78.0
	$Ca(OH)_2$	สารส้ม - 300	69.5	86.5	97.5	97.5	97.5	97.5
		PAC - 200	83.0	95.0	98.0	98.0	98.0	98.0
NaOCl	NaOH	สารส้ม - 300	43.0	68.0	88.0	88.0	88.0	88.0
		PAC - 200	54.0	72.0	85.0	85.0	85.0	85.0
	Na_2CO_3	สารส้ม - 300	29.0	37.0	44.0	46.0	46.0	46.0
		PAC - 200	35.0	43.0	52.0	52.0	52.0	52.0
	$Ca(OH)_2$	สารส้ม - 300	84.0	96.0	98.0	98.0	98.0	98.0
		PAC - 200	78.0	88.0	91.5	91.5	91.5	91.5
อากาศ	NaOH	สารส้ม - 300	14.0	23.5	33.5	43.0	51.0	51.0
		PAC - 200	22.0	34.0	43.0	52.0	58.0	58.0
	Na_2CO_3	สารส้ม - 300	19.0	29.0	38.5	41.0	43.0	43.0
		PAC - 200	23.0	32.0	37.5	37.5	37.5	37.5
	$Ca(OH)_2$	สารส้ม - 300	85.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
		PAC - 200	55.0	67.0	76.0	83.0	88.5	88.5
	$CaCO_3$ / NaOH	สารส้ม - 300	19.0	26.0	32.0	38.0	38.0	38.0
		PAC - 200	16.0	27.0	37.0	43.0	51.0	51.0
โอโซน	NaOH	สารส้ม - 300	25.0	35.0	45.0	57.0	67.0	72.0
		PAC - 200	25.0	33.5	46.5	54.0	54.0	54.0
	Na_2CO_3	สารส้ม - 300	17.5	25.0	30.5	35.0	38.0	38.0
		PAC - 200	39.0	67.0	71.5	71.5	71.5	71.5
	$Ca(OH)_2$	สารส้ม - 300	73.0	83.0	87.0	87.0	87.0	87.0
		PAC - 200	50.0	68.0	78.0	88.0	88.0	88.0

ตารางที่ 5.3 แสดงดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้ เมื่อใช้สารส้ม หรือ PAC ที่ระดับพีเอช 7 และพีเอชอ้างอิง ในวิธีการกำจัดเหล็กของอากาศร่วมกับตัวช่วยตกตะกอนแต่ละชนิด

สภาวะ	ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัว	ระดับพีเอช		ค่าความเป็นเบส (มก./ล.)	ค่าความกระด้าง (มก./ล.)	ปริมาณเหล็ก (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ (%)
		เริ่มต้น	สุดท้าย				
อากาศ/ NaOH	สารส้ม	7.0	8.4	71.4	0.0	0.120	99.9983
	PAC	7.0	8.2	64.6	0.0	0.113	99.9984
	-	13.0	13.0	2,169.2	0.0	0.085	99.9989
อากาศ $Ca(OH)_2$	สารส้ม	7.0	7.8	24.3	2,553.3	0.375	99.9947
	PAC	7.0	7.6	25.6	2,560.0	0.383	99.9946
	-	13.0	13.0	378.1	1,383.3	0.265	99.9963
อากาศ $CaCO_3$/ NaOH	สารส้ม	7.0	8.2	152.9	313.3	0.193	99.9973
	PAC	7.0	8.2	156.4	320.0	0.195	99.9972
	-	8.0	8.4	367.2	320.0	0.182	99.9974

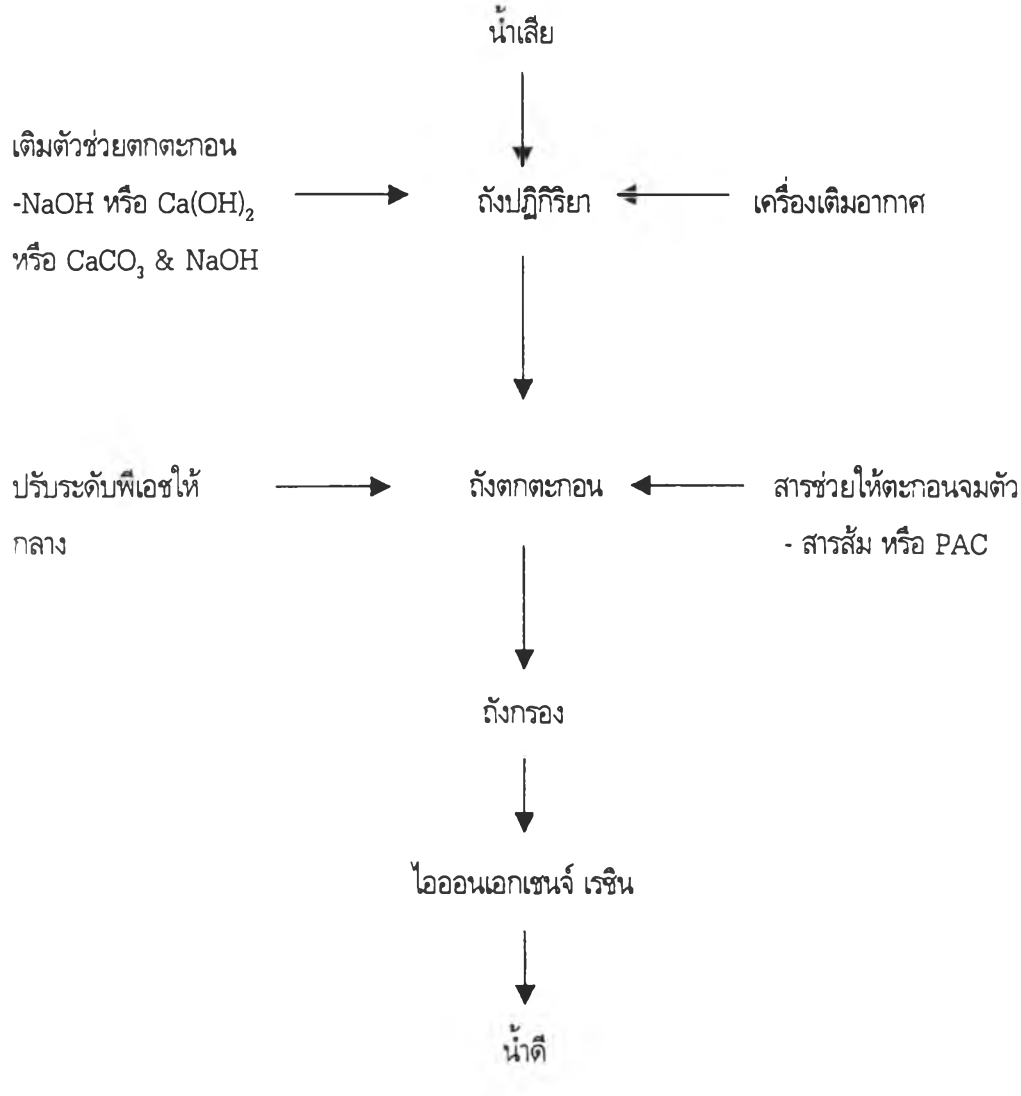
หมายเหตุ : พีเอชอ้างอิง หมายถึง พีเอชที่ได้จากการเติมตัวช่วยตกตะกอนตามทฤษฎี

PAC หมายถึง Polyaluminiumchloride

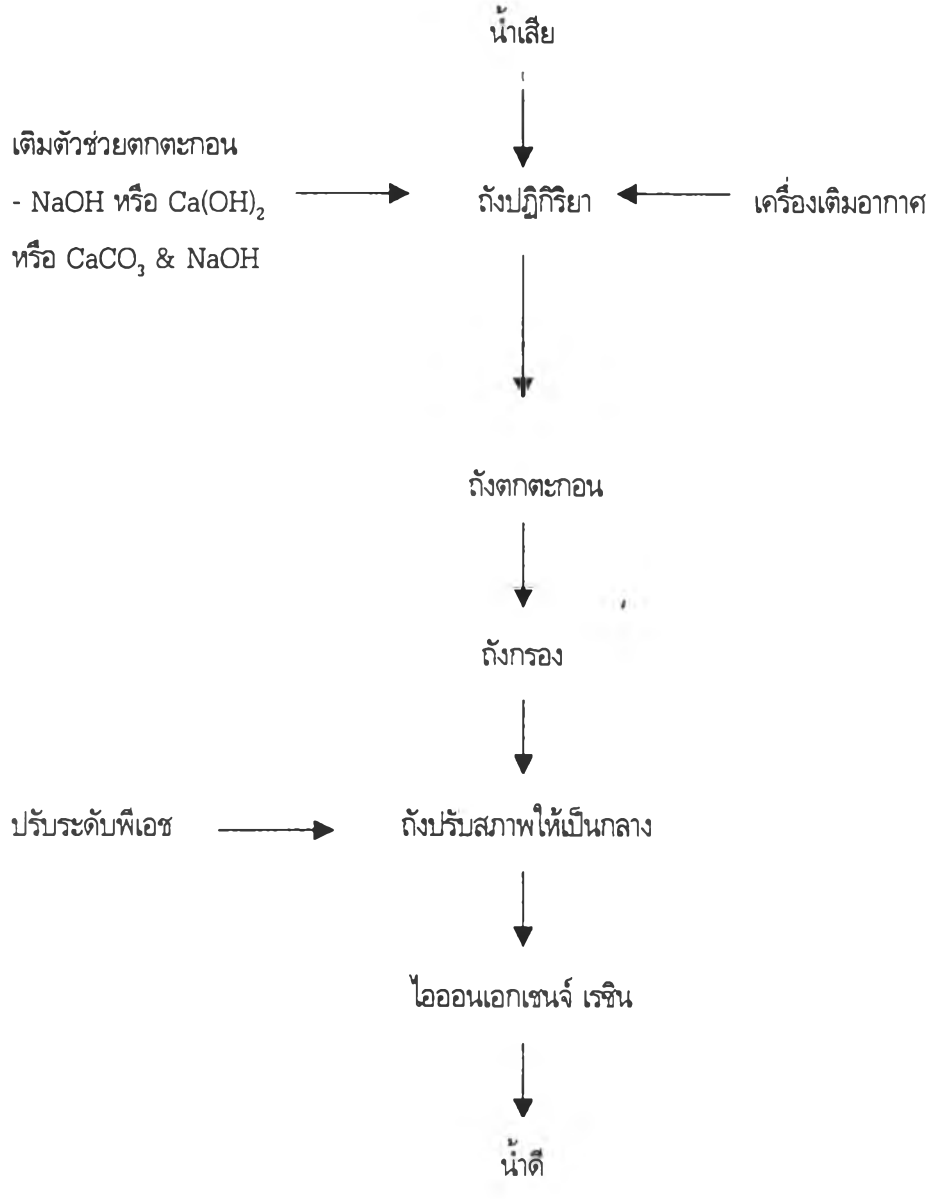
5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการสรุปของการศึกษาในครั้งนี้ มีประเด็นที่น่าสนใจที่จะต้องนำไปปรับปรุงเพื่อที่จะไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ ดังนี้

5.2.1 จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถออกแบบระบบบำบัดในการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสีย โดยใช้วิธีการออกซิเดชันร่วมกับการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2



รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงวิธีการกำจัดเหล็กโดยใช้วิธีการออกซิเดชัน ร่วมกับการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ เมื่อใช้ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัว



รูปที่ 5.2 แผนผังแสดงวิธีการกำจัดเหล็กโดยใช้วิธีการออกซิเดชัน ร่วมกับการตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ เมื่อไม่ใช้ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัว

5.2.2 ในทางปฏิบัติอาจต้องมีการเจือจางน้ำเสีย เพื่อไม่ให้เกิดตะกอนในปริมาณมากเกินไป เพราะจะไม่สามารถออกซิไดซ์ได้ ตัวช่วยตกตะกอนที่ใช้อาจเตรียมในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ ได้แก่ 5 % หรือ 3 % แทนการเจือจางน้ำเสียได้ หรือนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปเจือจางน้ำเสียต่อไปได้ เพื่อเป็นการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

5.2.3 ในการออกซิไดซ์ด้วยการเติมอากาศ อาจเติมคอปเปอร์ซัลเฟตลงไปด้วย เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดการออกซิไดซ์ที่เร็วขึ้น

5.2.4 ในการเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะต้องมีการคนอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำได้ช้ามาก และตกตะกอนได้ง่าย อาจจะทำให้ปริมาณของตัวช่วยตกตะกอนมากเกินไป หรือน้อยเกินไปได้ ดังนั้นควรจะมีถังเตรียมสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยเฉพาะ

5.2.5 ในการใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ควรจะค่อยๆ เติมในปริมาณที่น้อยๆ หลายครั้งจนครบตามปริมาณที่กำหนดไว้ เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดการละลายได้ในกรด จะทำให้เกิดกาซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามาก ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการฟุ้งกระจายได้

5.2.6 เครื่องเติมอากาศที่ใช้ควรมีขนาดเหมาะสมในการกำจัดเหล็ก ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ได้จากการเติมอากาศได้ดังนี้

โดย

เครื่องเติมอากาศมีค่าถ่ายเทออกซิเจนเป็น	Z	kg O_2/kw. hr.
ปริมาณเหล็กเฉลี่ยต่อวันที่ต้องการกำจัดเป็น	Y	kg/วัน
ปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ออกซิไดซ์เป็น	A	kg/วัน
ขนาดเครื่องเติมอากาศที่ต้องใช้เป็น	$\frac{A}{Z \times 24}$	kW

โดยที่ $A = \frac{Y \times 32}{4 \times 55.84}$ kg/วัน

5.2.7 ปริมาณสารส้มและ PAC ที่ต้องใช้ในระบบบำบัดในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถคำนวณหาปริมาณที่ต้องใช้ได้โดยนำผลทดลองที่ได้มาคำนวณเทียบกับปริมาณเหล็กที่ต้องกำจัด จากการทดลองพบว่า Fe^{2+} 0.1000 โมลาร์ ใช้ปริมาณสารส้ม และ PAC ปริมาณ 0.03 และ 0.02 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณสารส้มที่ใช้} = \frac{0.03 \times \text{ความเข้มข้นของเหล็กที่ต้องการกำจัด}}{0.1000 \times 55.84} \text{ กรัม}$$

$$\text{ปริมาณ PAC ที่ใช้} = \frac{0.02 \times \text{ความเข้มข้นของเหล็กที่ต้องการกำจัด}}{0.1000 \times 55.84} \text{ กรัม}$$

5.2.8 สารเคมีที่ใช้ในการช่วยให้ตะกอนจมตัวนั้นมีอยู่หลายชนิด เช่น สารส้ม PAC โซเดียมอลูมิเนต (sodium aluminate) activated silica ดินเหนียว และ polyelectrolyte โดยสารเคมี 3 ชนิดแรก เมื่อเติมลงไปในน้ำเสียจะเกิดตะกอนของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น ส่วน activated silica และ polyelectrolyte จะไปเพิ่มน้ำหนักให้กับตะกอนของโลหะไฮดรอกไซด์ที่ต้องการกำจัดซึ่งมีขนาดเล็ก เกิดเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยจะไปเกาะติดกับตะกอนทำให้เกิดการจมตัวได้เร็วขึ้น สำหรับดินเหนียวเป็นตัวช่วยเพิ่มน้ำหนักของตะกอนให้เกิดการตกตะกอนได้เร็วขึ้น การเลือกใช้ตัวช่วยให้ตะกอนจมตัวเหล่านี้จะต้องคำนึงถึงลักษณะของตะกอนที่ต้องการกำจัด และค่าใช้จ่ายที่ใช้ด้วย

5.2.9 กากตะกอนที่ได้จะมีปริมาณเหล็กอยู่ค่อนข้างมาก ซึ่งจะต้องมีความระมัดระวังในการกำจัดมากขึ้น เพื่อป้องกันไม่ให้เข้าสู่สิ่งแวดล้อม ขั้นตอนในการกำจัดกากตะกอนส่วนใหญ่จะใช้วิธีการฝังกลบ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5.3

รูปที่ 5.3 แผนผังแสดงขั้นตอนในการกำจัดตะกอนโลหะหนัก

ตะกอนที่ได้จากการกำจัด

ตะกอนที่ได้จะอยู่ในรูปเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นตะกอนเบา มีน้ำปนอยู่ด้วยในปริมาณมากประมาณ 70-80 % ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดน้ำออกไปให้ได้มากที่สุดก่อน

การทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นขึ้น

เป็นวิธีการที่กำจัดน้ำออกจากตะกอน ซึ่งพบว่าโดยทั่วไปวิธีการนี้สามารถลดปริมาตรของตะกอนได้ถึง 5 เท่า วิธีการทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นขึ้นสามารถทำได้หลายวิธี

ก. การทำให้ข้นด้วยแรงโน้มถ่วง จะเป็นการเก็บกักตะกอนไว้ในถังเก็บ เพื่อให้ตะกอนเกิดการจมตัวได้มากขึ้น วิธีนี้เหมาะกับตะกอนหนัก เนื่องจากจะใช้เวลาน้อยประมาณ 1 วัน และทำให้ตะกอนเข้มข้นขึ้น 2-3 %

ข. การทำให้ข้นด้วยการลอยตัว มีการเติมสารโพลิเมอร์ลงไป เพื่อให้ไปเกาะติดกับตะกอนให้เกิดการรวมกลุ่มกัน แล้วทำการเติมอากาศ เพื่อให้อากาศไปดันให้ตะกอนลอยขึ้น วิธีนี้เหมาะกับตะกอนเบาที่ลอยตัวได้ง่าย วิธีนี้จะทำให้ตะกอนเข้มข้นขึ้น 3-5 %

ค. การทำให้ข้นขึ้นด้วยแรงหนีศูนย์กลาง เป็นระบบที่ใช้แยกของแข็ง หรือทำให้ตะกอนเข้มข้นขึ้น ซึ่งจะสามารถแยกน้ำออกจากตะกอนได้มากที่สุด 5-8 % โดยไม่ต้องใช้โพลิเมอร์เข้าช่วย

ง. การทำให้ข้นขึ้นด้วยสายพานรีดน้ำ เป็นระบบที่นำตะกอนเข้าสู่ระบบสายพานรีดน้ำ โดยนำตะกอนวางบนสายพานที่เคลื่อนที่ได้ และมีลูกกลิ้งทับอยู่ด้านบนเพื่อให้สามารถรีดน้ำออกมาได้มาก โดยสามารถทำให้ตะกอนข้นขึ้นได้ 3-6 %

จ. การทำให้ข้นขึ้นด้วยการกรองแบบสูญญากาศ เป็นระบบแยกน้ำออกจากตะกอน โดยอาศัยแผ่นผ้า และการดูดน้ำออกด้วยระบบสูญญากาศ ซึ่งมีความสามารถในการกรองได้ 10-40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร.ชั่วโมง

ฉ. การทำให้ข้นขึ้นด้วยการอัดกรอง เป็นระบบที่ใช้แผ่นผ้าทำการบีบอัดตะกอนที่ได้ให้ไหลเข้าไประหว่างแผ่นผ้า ซึ่งติดซ้อนกันหลายๆ ชั้น โดยใช้ความดันอัดเพื่อให้น้ำถูกรีดออกมาจากตะกอน

ช. การทำให้ข้นขึ้นด้วยการตากตะกอน ใช้วิธีการตากตะกอนบนพื้นที่กว้างๆ เพื่อให้น้ำระเหยออกจากตะกอนเอง

การทำให้ตะกอนแห้ง

เป็นวิธีการที่ทำให้ตะกอนที่ยังมีความชื้นอยู่ให้มีความชื้นเหลืออยู่ให้น้อยที่สุด วิธีที่ทำให้ตะกอนแห้งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี

ก. การใช้ความร้อน เป็นระบบที่นำน้ำออกด้วยการระเหยออกสู่อากาศ โดยใช้ความร้อนจากแสงแดด

ข. การอบด้วยกาซร้อน ใช้กาซร้อนให้เข้าไปสัมผัสกับตะกอนในระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อนำความชื้นออกจากตะกอนไปสู่กาซร้อน

ค. การใช้เตาเผา เป็นการเผากากตะกอนที่ผ่านการแยกน้ำออกแล้ว จะช่วยลดความชื้นได้มาก แต่จะใช้พลังงานสูง

การกำจัดอย่างถูกสุขลักษณะ

เป็นการนำกากตะกอนที่ได้ไปทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งจำเป็นต้องได้ตะกอนที่มีคุณภาพที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ไม่สามารถก่อมลพิษได้อีก โดยทำได้หลายวิธี ดังนี้

ก. การฝังกลบ เป็นการนำกากตะกอนที่ได้ไปทิ้งบนพื้นที่ที่มีการระบายน้ำฝน มีระบบป้องกันการไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งทำได้โดยการปูแผ่นบางหนาบริเวณก้นบ่อและด้านข้าง และถมด้วยดินเหนียวหนาประมาณ 0.3-0.5 เมตร หลังจากฝังกากตะกอนแล้ว จะทับด้วยดินเหนียวอีกชั้น ด้วยความหนา 0.3-0.5 เมตร และปูด้วยแผ่นยางอีกชั้น แล้วกลบด้วยดินหนาอีกครั้งหนึ่ง

ข. การทำให้เป็นก้อนด้วยสารเคมี เป็นการนำกากตะกอนไปผสมกับสารเคมี เช่น ซีเมนต์หรือโซเดียมซิลิเกต เพื่อให้จับกันเป็นก้อน ป้องกันไม่ให้กากตะกอนละลายหรือไหลซึมออกมาได้ ระบบนี้เหมาะกับกากตะกอนโลหะหนักซึ่งปลอดภัยเมื่อทำการผสมกันแล้ว สามารถนำไปบรรจุไว้ภายในถังที่ทนต่อการกัดกร่อน แล้วนำไปฝังดินไว้ หรือนำไปถมที่ได้เลยถ้าไม่ใช่สารที่เป็นพิษมากนัก

5.2.10 กากตะกอนที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรมได้ เช่น สารประกอบเฟอร์ไรต์ ที่นำไปใช้ในการกำจัดโลหะหนักชนิดอื่นต่อไปได้ หรือเฟอร์ริคซัลเฟต ที่ใช้เป็นสารช่วยให้ตะกอนรวมตัวชนิดหนึ่ง โดยนิยมนำไปใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำ

ก. สารประกอบเฟอร์ไรต์

Kiyama (1973) เป็นผู้ริเริ่มศึกษาการเกิดสารประกอบเฟอร์ไรต์ โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการเกิดแมกเนไตต์ (magnetite) ซึ่งมีสูตรเป็น Fe_2O_3 โดยการผสมเฟอร์รัสซัลเฟตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้เกิดเป็นเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ จากนั้นนำไปออกซิไดซ์ให้กลายเป็นเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิระหว่าง 55-80 องศาเซลเซียส และศึกษาคุณสมบัติของ

ตะกอนที่ได้โดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคชัน (x-ray diffraction) และอิเล็กตรอนไมโครสคอปิค (electron microscopic) พบว่าตะกอนที่ได้คือ Fe_2O_3 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก และจากการศึกษาของ Hayashi (1975) ได้นำสารประกอบเฟอร์ไรต์นี้ไปใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสีย้อม อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมชุบโลหะ พบว่าสามารถกำจัดโลหะหนักได้ทุกชนิดที่ผสมอยู่ในน้ำเสีย โดยสามารถกำจัดได้มากกว่า 99 %

Kazaki และเพื่อน (1982) ได้ศึกษาการกำจัดแคดเมียมโดยใช้กระบวนการเฟอร์ไรต์และวิธีการอื่นๆ เช่น ไอออนเอกเชนจ์ การตกตะกอนร่วม และการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่ากระบวนการเฟอร์ไรต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าวิธีอื่นๆ โดยสามารถลดปริมาณแคดเมียมได้มากกว่าประมาณ 2 เท่า และยังสามารถแยกตะกอนเฟอร์ไรต์ได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้การแยกด้วยแม่เหล็ก

ข. เฟอร์ริคซัลเฟต

Pigeon และ เพื่อน (1978) ได้ศึกษาวิธีการนำตะกอนเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการกำจัดเหล็กออกจากน้ำเสียอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ พบว่าตะกอนเฟอร์ริคไฮดรอกไซด์สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปของเฟอร์ริคซัลเฟต โดยการทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก (acidification) ดังสมการที่ 5.1 และทำปฏิกิริยากับโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ดังสมการที่ 5.2

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \qquad 5.1$$

$$2Fe(OH)_3 + 3Na_2S \longrightarrow 2FeS + S + 6NaOH \qquad 5.2$$

เฟอร์ริคซัลเฟตที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นสารช่วยให้ตะกอนรวมตัว โดยเฉพาะนำไปใช้ในการกำจัดฟอสฟอรัสดังสมการที่ 5.3

$$3Fe_2(SO_4)_3 + 6P + 4H_2O \longrightarrow 6FePO_4 + 5S + 4H_2SO_4 \qquad 5.3$$

ดังนั้นกากตะกอนที่ได้จากการกำจัดเหล็กสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า เนื่องจากกากตะกอนที่ได้ในการกำจัดเหล็กมีปริมาณมาก น่าจะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกถ้ามีการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำกลับมาใช้ใหม่