บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 บทสรุป

ผลการศึกษาโดยเลือกโรงงานชุบโลหะขนาดกลางและเล็ก 2 แห่ง เป็นกรณีตัวอย่าง เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมี รวมทั้งการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะ สรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1.1 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะขนาดกลางและเล็กที่ทำการศึกษาสรุปได้ดังตารางที่ 6.1 และ 6.2 ดังนี้

ตารางที่ 6.1 สรุปลักษณะของน้ำเสียโรงงานที่ 1 (โรงงานชุบสังกะสี สำหรับชิ้นงานเหล็กทุกชนิด มีปริมาณการผลิต 4.5 ตันต่อวัน ระยะเวลาการทำงาน 8-10 ชั่วโมงต่อวัน)

แหล่งที่มา / พารามิเตอร์	น้ำเสียกรด*	น้ำเสียด่าง*	น้ำเสียเป็นพิษ*	น้ำเสียรวม*
ปริมาณน้ำเสีย $ม^3$/วัน	8.914	5.943	22.813	37.67
ปริมาณน้ำเสีย $ม^3$/ตัน ชิ้นงาน	1.981	1.320	5.069	8.371
พีเอช	1.33	11.82	7.68	2.05
ความเป็นกรด มก./ล. $CaCO_3$	7773	0	208	2458
ความเป็นด่าง มก./ล. $CaCO_3$	0	2317	543	0
ปริมาณของแข็งแขวนลอย มก./ล.	72	914	406	402
ปริมาณของแข็งละลาย มก./ล.	3507	4802	3408	5973
น้ำมันและไขมัน มก./ล.	x	1304	x	x
โลหะหนักทั้งหมด มก./ล.				
สังกะสี	x	x	360	453
โครเมียม	x	x	31.8	37
นิเกิล	x	x	< 0.4	< 0.4
ตะกั่ว	x	x	< 1.0	< 1.0
ไซยาไนด์ มก./ล. HCN	x	x	348	155

* ข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง x = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ 6.2 สรุปลักษณะของน้ำเสียโรงงานที่ 2 (โรงงานชุบโครเมียม นิเกิล สำหรับชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ ปริมาณการผลิตเฉลี่ย 0.7 ตันต่อวัน ระยะเวลาการทำงาน 8.5-15 ชั่วโมงต่อวัน)

แหล่งที่มา / พารามิเตอร์	น้ำเสียด่าง**	น้ำเสียเป็นพิษ*	น้ำเสียรวม**
ปริมาณน้ำเสีย $ม^3$/วัน	2.220	17.015	19.201
ปริมาณน้ำเสีย $ม^3$/ตัน ชิ้นงาน	4.130	26.560	30.708
พีเอช	8.02	5.60	6.64
ความเป็นกรด มก./ล. $CaCO_3$	12	225	74
ความเป็นด่าง มก./ล. $CaCO_3$	360	116	178
ปริมาณของแข็งแขวนลอย มก./ล.	75	53	88
ปริมาณของแข็งละลาย มก./ล.	660	901	643
น้ำมันและไขมัน มก./ล.	30.7	x	x
โลหะหนักทั้งหมด มก./ล.			
สังกะสี	x	3.9	6.5
โครเมียม	x	113.1	45.0
นิเกิล	x	22.2	9.6
ตะกั่ว	x	< 1.0	3.0
ไซยาไนด์ มก./ล. HCN	x	13	4.5

* ข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่าง 5 ครั้ง x = ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

** ข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้ง

6.1.2 จากกรณีตัวอย่างโรงงานที่ 1 พบว่า การบำบัดน้ำเสียที่เป็นด่างโดยน้ำเสียที่เป็นกรด สามารถลดปริมาณน้ำเสียที่จะต้องบำบัดให้เหลือเพียงร้อยละ 60.3 ของน้ำเสียรวมทั้งหมด

6.1.3 ผลการทดลองบำบัดน้ำเสียโรงงานชุบโลหะ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3

6.1.4 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย เมื่อใช้สารเคมีต่างกัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.4 โดยอยู่ในรูปตัวแปรระยะทางจากโรงงานไปยังศูนย์กำจัดกากฯ การใช้เฟอร์ริสซัลเฟต จะเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าเมื่อเทียบกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ และการใช้ปูนขาว ก็เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเกือบทุกกรณี เมื่อเทียบกับการใช้โซดาไฟ เนื่องจากน้ำหนัก(ปริมาตร)ตะกอนเปียกที่น้อยกว่า และการใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรท์จะถูกกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ประมาณ 50 %

ตารางที่ 6.3 สรุปผลการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยวิธีเคมีในการกำจัดโลหะหนัก

ชนิดสารพิษ	ประเภทน้ำเสีย	สารเคมีที่ใช้	ช่วงพีเอชที่ใช้งานได้	ค่าพีเอชที่แนะนำ	หมายเหตุ*
Cr	สังเคราะห์	$Na_2S_2O_5$,NaOH	9-11	9.0	กรอง
Cr	สังเคราะห์	$Na_2S_2O_5$,$Ca(OH)_2$	8.5-11	8.5	กรอง
Cr	สังเคราะห์	$FeSO_4$,NaOH	8-11	8.0	กรอง
Cr	สังเคราะห์	$FeSO_4$,$Ca(OH)_2$	8-11	8.0	กรอง
Cr,Pb	สังเคราะห์	$Na_2S_2O_5$,$Ca(OH)_2$	8.0-10.5	8.0	กรอง
Cu	สังเคราะห์	NaOH	7.5-11	7.5	กรอง
Cu	สังเคราะห์	$Ca(OH)_2$	7.5-11	7.5	กรอง
Ni	สังเคราะห์	NaOH	10-11	10.0	กรอง
Ni	สังเคราะห์	$Ca(OH)_2$	10.5-11	10.5	กรอง
Zn	สังเคราะห์	NaOH	9-11	9.0	ไม่ต้องกรอง
Zn	สังเคราะห์	$Ca(OH)_2$	9.5-11	9.5	ไม่ต้องกรอง
Cu,Ni,Zn	สังเคราะห์	NaOH	9.0-11	9.0	กรอง
Cu,Ni,Zn	สังเคราะห์	$Ca(OH)_2$	9.5-11	9.5	กรอง
CN	สังเคราะห์	NaOCl	11	11.0	1.25 เท่า
CN	สังเคราะห์	$Ca(OCl)_2$	11	11.0	1.25 เท่า
Cu,CN	สังเคราะห์	NaOCl,H_2SO_4	ไม่มี	ไม่มี	
Zn,CN	สังเคราะห์	NaOCl,H_2SO_4	8-10.5	10.5	กรอง
Cu,Ni,Zn,CN	สังเคราะห์	NaOCl,H_2SO_4	ไม่มี	ไม่มี	
Zn,CN	น้ำเสียจริง	NaOH,NaOCl,H_2SO_4	9.5-10.5	9.0	ไม่ต้องกรอง
Ni,CN	น้ำเสียจริง	NaOH,NaOCl,H_2SO_4	ไม่มี	ไม่มี	
Ni	น้ำเสียจริง	NaOH	11	11.0	กรอง

* กรองเพื่อให้น้ำทิ้งผ่านมาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 6.4 สรุปค่าสารเคมีและบำบัดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานชุบโลหะ

Cr mg/l	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)			
	$Na_2S_2O_5$, NaOH	$Na_2S_2O_5$, $Ca(OH)_2$	$FeSO_4$, NaOH	$FeSO_4$, $Ca(OH)_2$
200	135.1+0.17km*	165.0+0.28km	465.9+0.40km	367.0+0.37km
500	248.4+0.32km*	310.5+0.50km	1020.4+0.73km	755.6+0.58km

รายการ		ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
		NaOH	$Ca(OH)_2$
Cu, มก/ล	200	52.0+0.09km	47.0+0.10km*
	500	95.6+0.15km	55.1+0.11km*
	1000	113.7+0.16km	73.0+0.14km*
Ni, มก/ล	200	63.0+0.12km	48.2+0.10km*
	500	127.3+0.23km	92.0+0.19km*
	1000	229.2+0.40km	170.3+0.35km*
Zn, มก/ล	200	52.5+0.10km	42.4+0.09km*
	500	185.5+0.37km	152.8+0.33km*
	1000	272.2+0.53km	232.4+0.50km*
Cu-Ni-Zn	200	141.4+0.25km	128.3+0.27km*
.มก/ล	500	333.9+0.60km	248.6+0.51km*
	1000	491.8+0.78km	275.2+0.53km*

* แสดงค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่ความเข้มข้นนั้นๆ (คิดจากค่าที่แนะนำให้ใช้)

km = ระยะทางไป-กลับจากโรงงานไปศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ

กรณีส่งน้ำเสียไปบำบัดที่แสมดำเสียค่าบริการ, บาทต่อลูกบาศก์เมตร = 57+km

ตารางที่ 6.4 สรุปค่าสารเคมีและบำบัดตะกอนในการบำบัดน้ำเสียโรงงานชุบโลหะ (ต่อ)

CN mg/l	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)	
	NaOCl 1.25 เท่า	$Ca(OCl)_2$ 1.25 เท่า
200	107	56 *
500	268	137 *
1000	536	276 *

* แสดงค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่ความเข้มข้นนั้นๆ

6.1.5 จากกรณีตัวอย่างโรงงานที่ 1 เมื่อคำนวณและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโดยพิจารณาจากทางเลือกต่าง ๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.5 สรุปค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียในแต่ละวิธีสำหรับโรงงานที่ 1

แนวทางเลือก การบำบัดน้ำเสีย	ค่าใช้จ่าย (บาท/$ม^3$)	หมายเหตุ
1. ใช้บริการศูนย์ ฯ	104	
2. บำบัดน้ำเสียเอง		เฉพาะค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอน
ชุบสังกะสีแบบมีไซยาไนด์	545	กรณีใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์*
"	371	กรณีใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรท์**
ชุบสังกะสีแบบไม่มีไซยาไนด์	197	ต้นทุนชิ้นงานแพงขึ้นประมาณ 40 % เมื่อใช้น้ำยาชุบแบบไม่มีไซยาไนด์

* คำนวณจากข้อมูลการทดลองจริง

** คำนวณโดยใช้ราคาแคลเซียมไฮโปคลอไรท์แทนโซเดียมไฮโปคลอไรท์

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ทดลองใช้โพลิเมอร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการในการลดปริมาตรตะกอน
2. ทำการทดลองที่ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักอื่นๆ เพิ่มขึ้น ในช่วงความเข้มข้นต่ำ
3. สร้างและทดลองบำบัดน้ำเสียจริงในโรงงานจริง เพื่อให้การทำนายค่าใช้จ่ายใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด
4. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและไซยาไนด์อื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เช่น การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้ซัลไฟด์ การใช้เรซิน เป็นต้น