บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 บทสรุป

6.1.1 น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริง

1) น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริงมีค่าเฉลี่ยของพีเอช ซีโอดี โครเมียมละลาย และโครเมียมทั้งหมดเท่ากับ 2.9 4,028 มก./ล. 3,070 มก./ล. และ 4,133 มก./ล. ตามลำดับ

2) การสร้างตะกอนผลึกโครเมียมด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวในอัตราที่เหมาะสมคือ 2.0 , 2.0 และ 0.5+0.8 เท่าตามลำดับนั้น สามารถกำจัดโครเมียมได้ใกล้เคียงกันคือ 99 % และมีพีเอชหลังการตกตะกอนเท่ากับ 7.5-9.1 ; 7.5-8.3 และ 7.5 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมในน้ำส่วนบนจากการตกตะกอนผลึกด้วยโซเดียมคาร์บอเนตมีค่าต่ำที่สุด คือ 0.4 -3.1 มก./ล. รองลงมาได้แก่น้ำส่วนบนจากการใช้แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีเท่ากับ 4.3-54 มก./ล. และน้ำส่วนบนจากการใช้แมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 4.1-13.5 มก./ล. ความเข้มข้นโครเมียมของสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนต คือ 9,977-15,633 มก./ล. 6,743-10,520 มก./ล. และ 5,041-6,101 มก./ล. ตามลำดับ สลัดจ์ที่ได้มีความชื้นอยู่ในช่วง 84.9-91.1 %

3) น้ำกรองที่ได้จากการเตรียมกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 0 - 25.3 มก./ล. สำหรับน้ำกรองจากการเตรียมกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 24.6-480 มก./ล. (เพราะเกิดการรั่วในกระบวนการกรองได้ง่าย) ความต้านทานจำเพาะเรียงจากน้อยไปมากคือกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมในกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนตเท่ากับ 44.4-53.6 มก./ก. 36.2-39.8 มก./ก. และ 34.4-35.4 มก./ก. ตามลำดับ กากตะกอนที่ได้มีความชื้นอยู่ในช่วง 70-80 %

4) เวลาที่ใช้ในการละลายตะกอนผลึกแต่ละชนิดคือ 60 นาที สำหรับ

การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่อง สลัดจ์แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกและกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่อง สำหรับการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกใช้ 90 นาที

5) อัตราการเติมกรดที่เหมาะสม ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมและลักษณะของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลิกประเภทต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6.1 การละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องช่วยให้ประสิทธิภาพการนำกลับดีขึ้นเฉพาะตะกอนผลิกโซเดียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวเท่านั้น พีเอชที่เหมาะสมในการละลายตะกอนผลิกอยู่ในช่วง 1.8-3.5 สารละลายที่ได้จากการละลายกากตะกอนทั้ง 3 ประเภทมีความเข้มข้นโครเมียมใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 31,824 - 46,216 มก./ล. สลัดจ์ที่ให้สารละลายที่มีความเข้มข้นโครเมียมสูงที่สุดคือสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ โดยมีความเข้มข้นโครเมียมเท่ากับ 13,376 มก./ล. ประสิทธิภาพการนำกลับการนำกลับโครเมียมอยู่ในช่วง 70.7-94.2 % (สำหรับประสิทธิภาพการนำกลับของกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์นั้นเป็นกรณีพิเศษที่มีผลกระทบจากการมีเศษหนังปนมากับตะกอนผลิกจำนวนมาก จึงไม่นำมาอ้างถึงในที่นี้)

6) ในสภาพการละลายที่มีการเติมกรดซัลฟุริกในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว การเพิ่มอุณหภูมิไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการนำกลับดีขึ้น

6.1.2 น้ำเสียที่มีสารช่วยตริง

1) น้ำเสียที่มีสารช่วยตริงมีค่าเฉลี่ยพีเอช ซีโอดี โครเมียมละลาย และโครเมียมทั้งหมดเท่ากับ 3.6 5,499 มก./ล. 1,541 มก./ล. และ 2,166 มก./ล. ตามลำดับ

2) การสร้างตะกอนผลิกโครเมียมด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว ในอัตราที่เหมาะสมคือ 4.0 , 3.0 และ 1.0+1.0 เท่า ตามลำดับนั้นสามารถกำจัดโครเมียมได้ถึง 87-99 % และมีพีเอชหลังการตกตะกอนอยู่ในช่วง 8.0-8.7 ความเข้มข้นโครเมียมในน้ำส่วนบนมีค่าสูงกว่าในน้ำส่วนบนที่ได้จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริง โดยน้ำส่วนบนจากการตกตะกอนผลิกด้วยโซเดียมคาร์บอเนตมีความเข้มข้นโครเมียมต่ำที่สุดคือ 10-15 มก./ล. รองลงมาได้แก่แมกนีเซียมออกไซด์เท่ากับ 17-84 มก./ล. และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวเท่ากับ 41.3 -229 มก./ล. ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมของสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนตเท่ากับ 9,977 - 15,633 มก./ล.

ตารางที่ 6.1 สรุปผลการทดสอบการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียฟอกโครม

ตัวอย่างน้ำเสีย		การสร้างตะกอนเหนี่ยว		การละลายตะกอนเหนี่ยว			สารละลายที่ได้			ประสิทธิภาพการนำกลับ	ค่าใช้จ่าย	
สารช่วยครึ่ง	โครเมียมละลาย (มก./ล.)	สารเคมีที่ใช้	ปริมาณที่เหมาะสม (X)	ชนิดของตะกอน–เหนี่ยว	ลักษณะการตกตะกอน	ปริมาณที่เหมาะสม (X)	ความเข้มข้นโครเมียม (มก./ล.)	พีเอช	ปริมาณ (ล./ลบ.ม.)	(%)	เทียบกับ ลบ.ม. น้ำเสีย (บาท/ลบ.ม.)	เทียบกับ กก. Cr_2O_3 ที่นำกลับได้ (บาท/กก.)
ไม่มี	3,053	MgO	2.0	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	1.5	13,376	2.9	213	92.9	190	67
					ตกแรก	1.5	13,303	2.9	222	93.0	190	67
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	1.4	46,216	3.5	66	100*	186	52
					ตกแรก	1.4	41,983	3.4	82	100*	186	51
	2,637	Na_2CO_3	2.0	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	1.6	4,158	2.6	507	84.8	203	78
					ตกแรก	1.8	4,302	2.5	507	83.0	212	83
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	1.0	36,108	2.3	65	94.2	177	61
					ตกแรก	1.1	31,824	1.9	72	90.9	181	65
	2,637	MgO + $Ca(OH)_2$	0.5 + 0.8	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	1.0	9,136	2.5	247	81.9	98	39
					ตกแรก	1.0	7,252	2.5	247	70.7	98	45
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	0.9	37,128	1.8	68	95.9	93	32
					ตกแรก	0.9	32,436	2.7	64	87.5	93	35
มี	1,526	MgO	4.0	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	3.6	9,200	2.8	131	92.6	204	143
					ตกแรก	3.6	9,200	3.4	140	89.8	204	147
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	3.0	23,586	2.3	59	90.4	191	137
					ตกแรก	3.8	17,732	0.5	67	81.7	208	165
	1,327	Na_2CO_3	3.0	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	2.0	4,077	1.7	315	96.2	144	97
					ตกแรก	2.0	3,859	1.8	322	93.5	144	100
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	1.6	25,260	1.1	46	85.5	135	103
					ตกแรก	1.6	23,271	1.2	46	83.5	135	105
	1,164	MgO + $Ca(OH)_2$	1.0 + 1.0	สลัดจ์	ค่อยเนื่อง	1.5	5,205	4.0	201	96.0	79	53
					ตกแรก	1.5	4,875	4.0	201	95.3	79	54
				ตากตะกอน	ค่อยเนื่อง	1.4	22,830	3.8	50	91.9	76	54
					ตกแรก	1.4	20,794	3.7	50	87.3	76	57

หมายเหตุ : X คือ ค่าความต้องการทางทฤษฎี
* ค่าปรับแก้

6,743-10,520 มก./ล. และ 5,041-6,101 มก./ล.ตามลำดับ สลัดจ์ที่ได้มีความชื้นอยู่ในช่วง 84.9-91.1 %

3) น้ำกรองที่ได้จากการเตรียมกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว มีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 0.1-67.4 มก./ล. สำหรับน้ำกรองจากการเตรียมกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 20.5-86 มก./ล. ความต้านทานจำเพาะเรียงจากน้อยไปมาก คือ กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนต ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมในกากตะกอนทั้ง 3 ประเภทมีค่าใกล้เคียงกันคือ 25.1 - 36.6 มก./ก. กากตะกอนที่ได้มีความชื้นอยู่ในช่วง 64.4-74.3 %

4) เวลาที่ใช้ในการละลายตะกอนผลิกแต่ละชนิดเป็นเช่นเดียวกับตะกอนผลิกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริง

5) อัตราการเติมกรดที่เหมาะสม ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมและลักษณะของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลิกประเภทต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6.1 การละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องช่วยให้ประสิทธิภาพการนำกลับดีขึ้นเฉพาะกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์เท่านั้น พีเอชที่เหมาะสมในการละลายตะกอนผลิกอยู่ในช่วง 0.5 - 4.0 สารละลายที่ได้จากการละลายกากตะกอนทั้ง 3 ประเภทมีความเข้มข้นโครเมียมใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 17,732 - 25,260 มก./ล. สารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์ทั้ง 3 ประเภทมีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 4,077-9,200 มก./ล. ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมอยู่ในช่วง 81.7-96.0 %

6.1.3 สารเคมีที่เหมาะสมในการนำกลับโครเมียม

1) สารสร้างตะกอนผลิกที่เหมาะสมในการสร้างตะกอนผลิกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริง คือ แมกนีเซียมออกไซด์ปริมาณ 2.0 เท่า เวลาที่ใช้ในการตกตะกอนคือ 1 ชั่วโมง ตะกอนผลิกสามารถนำมาละลายได้เลยโดยการเติมกรดซัลฟุริกในอัตรา 1.5 เท่า โดยมีการกวนต่อเนื่อง(หรือกวนเฉพาะตอนแรกก็ได้เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า)เป็นเวลา 60 นาที สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชประมาณ 13,339 มก./ล.และ 2.9 ตามลำดับ ค่าพีเอชนี้สามารถนำไปใช้ในการดำเนินระบบนำร่องได้ ในการนำไปเวียนใช้ต้องเติมสารฟอกโครมสดเพื่อให้มีปริมาณโครเมียมเพียงพอกับการฟอกหนังในระบบ ในอัตราส่วนสารฟอกโครมที่นำกลับได้ต่อสารฟอกโครมสดเท่ากับ 1:2-5 ขึ้นอยู่กับชนิดของหนังดิบและกรรมวิธีในการฟอกโครมของแต่ละโรงงาน

สารฟอกโครมในรูปโครเมียมที่นำกลับมาได้ราคาประมาณ 56 บาท/กก. (คิดเฉพาะค่าสารเคมี) ซึ่งถูกกว่าสารฟอกโครมสดประมาณ 90 บาท/กก.(คิดเป็น 61 % ของราคาสารฟอกโครมสด) ในการนำสารฟอกโครมที่นำกลับได้มาใช้ในการฟอกหนัง ในอัตราส่วน 1:2-5 นั้นประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้ประมาณ 20 % กระบวนการนำกลับนี้มีการระบายน้ำทิ้งเพียงน้ำส่วนบนจากขั้นตอนการตกตะกอนผลิกเท่านั้น ซึ่งมีโครเมียมระบายออกไปประมาณ 0.1 % ของโครเมียมในน้ำเสีย โครเมียมบางส่วนในสลัดจ์ที่ละลายไม่หมดมีเพียง 7 % ของโครเมียมในน้ำเสียเท่านั้น ดังนั้นน้ำเสียที่ออกจากโรงงานฟอกหนังก็มีโครเมียมอยู่น้อย เป็นผลให้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมีความเป็นพิษจากโครเมียมน้อยลง เมื่อพิจารณาภาพรวมแล้วการนำกลับโครเมียมนอกจากประหยัดค่าใช้จ่ายในการฟอกหนังแล้วยังช่วยลดการปนเปื้อนโครเมียมต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2) ในการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตริงนั้นเสียค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากโครเมียมในน้ำเสียมีน้อยจึงนำกลับมาได้น้อย ในขณะที่สารเคมีที่ใช้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับที่ใช้กับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตริง โดยเฉพาะการใช้แมกนีเซียมออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตในการตกตะกอนผลิกต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมสูงถึง 96 -141 บาทต่อกก.โครเมียมที่นำกลับได้ จึงมีโอกาสที่ไม่คุ้มทุน สำหรับการนำกลับโครเมียมโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวเสียค่าใช้จ่ายเพียง 46-49 บาทต่อกก. โครเมียมที่นำกลับได้ และมีโอกาสคุ้มทุน แต่ในการนำสารละลายที่ได้มาเวียนใช้มีความเสี่ยงต่อการชำรุดของเครื่องสูบน้ำได้ หรืออาจต้องมีถังพักสารละลายที่นำกลับมาได้เพื่อตกตะกอนแคลเซียมซัลเฟตออกไปก่อนนำมาใช้ มิฉะนั้นอาจมีผลต่อคุณภาพหนังฟอกได้ อย่างไรก็ตามถ้ามีการติดตั้งระบบนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตริงก็สามารถลดการปนเปื้อนโครเมียมต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติม คือ วิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารฟอกโครมที่ได้จากการนำกลับโครเมียม