

ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียจากการฟอกโครม

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะ 15 อย่างในน้ำเสียจากการฟอกโครมของน้ำเสียจากโรงงานไฟฟ้าน้ำ ( ตัวแทนน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ) และโรงงานบรารักษ์ ( ตัวแทนน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ) จากการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเมษายน 2535 ถึงกุมภาพันธ์ 2536 ภาพที่ 5.1 แสดงลักษณะของน้ำเสียจากการฟอกโครมทั้ง 2 ประเภทพบว่าลักษณะของน้ำเสียทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ได้แก่ พีเอช คีลรีรีดอกซ์ การนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็ง สภาพกรด คลอไรด์ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และโครเมียม

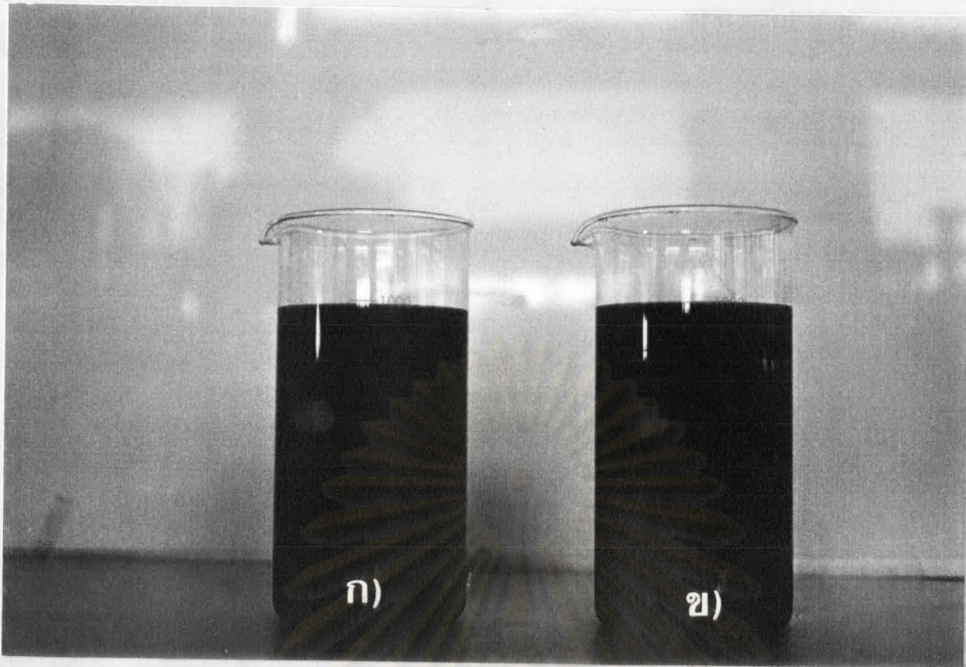
น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงมีพีเอชอยู่ในช่วง 2.7-3.3 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสมในการฟอกหนัง เนื่องจากโปรตีนของหนังส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่มีหมู่คาร์บอกซิลิกและโครเมียม III ยังคงอยู่ในรูปสารละลายที่สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้ โครเมียมละลายที่ทำปฏิกิริยาไม่หมดและเหลือปะปนออกมากับน้ำเสียนี้อาจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,070 มก./ล. โครเมียมทั้งหมดเฉลี่ยคือ 4,133 มก./ล. ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่ายและปริมาณของแข็งละลายคือ 86,851 ; 12,771 และ 84,355 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณของแข็งระเหยง่ายและปริมาณของแข็งละลายคิดเป็น 14.7 % และ 97 % ของปริมาณของแข็งทั้งหมดตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของสภาพกรดทั้งหมด คลอไรด์ และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ได้แก่ 8,641 ; 24,896 และ 447 มก./ล. ตามลำดับ

น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงมีพีเอชอยู่ในช่วง 3.2-4.0 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงสำหรับการฟอกโครม แต่เนื่องจากการเติมสารช่วยตรึงโครเมียมไปช่วยเพิ่มตำแหน่งหมู่คาร์บอกซิลิกจึงทำให้โครเมียมจับกับหนังได้มากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยานี้เกิดได้ที่พีเอชประมาณ 4.3- 4.5 นอกจากนี้พีเอชประมาณ 3.8-4.0 ยังมีผลให้พันธะระหว่างโครเมียมกับโปรตีนของหนังแข็งแรงขึ้นอีกด้วย โครเมียมละลายในน้ำเสียประเภทนี้มีค่าต่ำกว่าประเภทแรกมากคือมีค่าเฉลี่ยเพียง 1,541 มก./ล. โครเมียมทั้งหมดเฉลี่ยคือ 2,166 มก./ล. สำหรับปริมาณคลอไรด์ในน้ำเสียนี้อาจมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากรณีแรก คือสูงถึง 45,281 มก./ล. เนื่องจากได้มีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไปในพื้นที่แรกของการฟอกโครมแบบมีสารช่วยตรึงถึง 50,000

ตารางที่ 5.1. ผลการสำรวจความพึงพอใจการดำเนินงานโครงการชลประทานในพื้นที่ชลประทาน 2536 ปีงบประมาณ 2536

ประเภทและวันที่เก็บข้อมูล	วันที่เก็บข้อมูล	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ค่าความแปรปรวน	ค่าสัมประสิทธิ์	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
													ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย						
1	27/04/36	2.7	+320	62.7	37	83090	12545	82005	1085	3183	9471	24627	233	269	4498	2742	3000			
2	28/10/36	3.3	+290	62.0	42	78690	15040	78298	392	1370	6750	21218	581	719	4588	1748	2800			
3	18/11/36	3.1	+370	69.6	4	93775	12780	80995	1820	1602	10674	28439	424	225	3982	3820	4780			
4	10/12/36	2.6	+393	68.1	25	90710	13045	87647	3063	1867	9900	28323	405	195	3748	3663	5100			
5	23/12/36	3.1	+386	63.1	46	90740	14250	89175	1565	2670	10553	25718	617	604	3540	3053	4900			
6	11/01/36	3.1	+390	63.3	15	82220	8450	81802	418	1932	7993	24396	522	597	3165	2938	4600			
7	20/01/36	2.8	+312	57.6	78	88110	12250	86755	1365	1244	5637	21672	411	588	4062	2637	3140			
8	01/02/36	2.8	+297	62.5	100	87920	13300	86660	1390	1526	6799	24997	538	214	4940	2629	3749			
9	20/02/36	2.8	+329	63.9	13	86400	13280	86982	438	2545	9788	25477	427	614	3706	4400	5130			
ค่าเฉลี่ย																				
10	04/11/36	3.3	+280	97.1	60	126840	14130	124761	879	414	4698	43377	595	780	2217	1115	2633			
11	10/11/36	4.0	+248	108.3	20	152195	34765	149275	2920	236	4018	47364	220	1012	5560	2270	2567			
12	02/12/36	4.0	+228	92.0	100	146330	39980	147271	1059	300	4740	49963	528	743	5746	1894	2175			
13	15/12/36	3.3	+282	86.0	76	115890	9440	115084	786	300	4650	42542	475	314	4919	1526	2000			
14	22/12/36	3.4	+250	91.6	80	153840	41080	146800	5040	340	4157	46907	461	770	6611	1363	2360			
15	29/12/36	3.2	+266	78.8	40	107430	9990	105695	1735	657	4497	39578	613	661	5349	1632	2000			
16	11/02/36	3.3	+205	91.2	90	127260	21780	125137	2123	168	3449	47589	512	1258	6862	1327	1750			
17	13/02/36	4.0	+220	86.9	92	123000	17640	117500	5500	0	2567	45907	606	945	6534	1164	1850			
ค่าเฉลี่ย																				
3.6																				

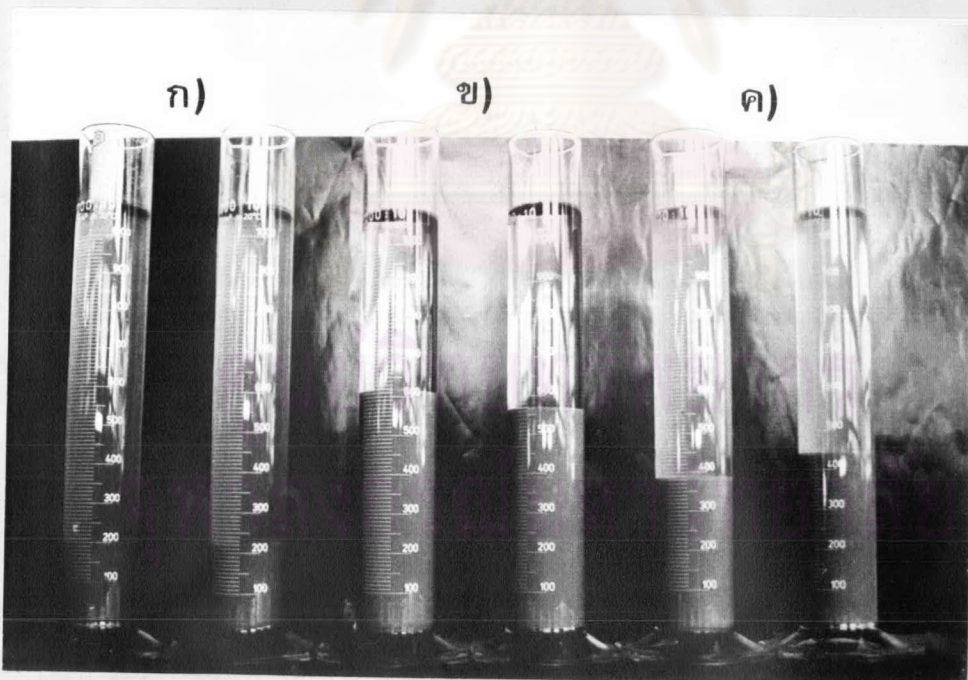
หมายเหตุ: ผลการสำรวจความพึงพอใจการดำเนินงานโครงการชลประทานในพื้นที่ชลประทาน 2536 ปีงบประมาณ 2536



ภาพที่ 5.1 ลักษณะน้ำเสียจากการฟอกโครม

ก.) น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง

ข.) น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง



ภาพที่ 5.2 การตกตะกอนของตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง

ก.) ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

ข.) ตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนต

ค.) ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

-60,000 มก./ล. แสดงว่าเกลือคลอไรด์ที่เติมลงไปแทบจะไม่ได้ถูกทำปฏิกิริยาใด ๆ เลย สารมลพิษหรือคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นส่วนนี้เป็นข้อที่พึงพิจารณาต่อไปด้วย เพราะมีบทบาทในการทำลายสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน ค่าเฉลี่ยของศักย์รีดอกซ์ คือ +247 มิลลิโวลต์ ซึ่งน้อยกว่ากรณีแรกและมีความสอดคล้องกับค่าโครเมียมที่น้อยลง ค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณของแข็งระเหยง่าย และปริมาณของแข็งละลาย คือ 131,672 ; 23,602 และ 129,165 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากรณีแรก เพราะมีการเติมสารเคมีในการฟอกโครมมากกว่า เช่น คลอไรด์ เป็นต้น ปริมาณของแข็งระเหยง่ายและปริมาณของแข็งละลายคิดเป็น 17.9 % และ 98.1 % ของปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้าคือ +91.5 มิลลิซีเมนส์/ซม. ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งละลายที่มากขึ้น ค่าเฉลี่ยของสภาพกรดทั้งหมดและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ได้แก่ 4,100 และ 810 มก./ล.

ปริมาณของแข็งในน้ำเสียจากการฟอกโครมทั้ง 2 ประเภท ส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลายซึ่งหมายถึงปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟอกโครม ส่วนที่เหลือเป็นของแข็งแขวนลอยซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเศษหนึ่ง และพบว่ามือน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งละลาย ปริมาณของแข็งที่ตกตะกอนได้แสดงถึงปริมาณเศษหนึ่งในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี ซึ่งพบว่ามีค่าแปรผันอยู่ในช่วง 4-100 มล./ล. สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง และสำหรับน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงมีค่าอยู่ในช่วง 20-100 มล./ล. ปริมาณสารอินทรีย์สามารถพิจารณาได้จากค่าซีโอดีพบว่าซีโอดีในน้ำเสียทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกันคือ 4,028 มก./ล. สำหรับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง และ 5,499 มก./ล. สำหรับน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ค่าโครเมียมทั้งหมดของน้ำเสียทั้งสองประเภทมีค่ามากกว่าโครเมียมละลายมาก เนื่องจากเศษหนึ่งเล็ก ๆ ในน้ำเสียจากการฟอกโครมมีโครเมียมที่ผิวของหนึ่ง และบางส่วนสามารถลอดผ่านกระชอนได้ เศษหนึ่งเหล่านี้ถูกย่อยสลายหมดด้วยกระบวนการวิเคราะห์โครเมียมทั้งหมด เป็นผลให้ค่าโครเมียมทั้งหมดมีค่าสูงกว่าโครเมียมละลายมาก

เมื่อเปรียบเทียบค่าศักย์รีดอกซ์กับค่าโครเมียมละลายของน้ำเสียทั้งสองประเภทแล้ว พบว่าค่าศักย์รีดอกซ์มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกันกับค่าโครเมียมละลายอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ ในน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงมีโครเมียมละลายเฉลี่ยสูงถึง 3,070 มก./ล. ค่าศักย์รีดอกซ์เฉลี่ยก็จะสูงด้วยคือ +342 มิลลิโวลต์ ในขณะที่ในน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงมีโครเมียมละลายค่าประมาณ 1,541 มก./ล. ค่าศักย์รีดอกซ์ก็จะต่ำด้วยคือ +247 มิลลิโวลต์ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างการนำไฟฟ้า กับปริมาณของแข็งละลายในน้ำเสียทั้งสองประเภทนั้น พบว่าการแปรผันตามกัน

## 5.2 การทดสอบการสร้างตะกอนผลึกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอน

การทดสอบการสร้างตะกอนผลึกโครเมียมในน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนนั้น ทำขึ้นทั้งหมด 17 การทดสอบ โดยแบ่งออกเป็นการใช้แมกนีเซียมออกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก 6 การทดสอบ การใช้โซเดียมคาร์บอเนต 8 การทดสอบ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว 3 การทดสอบ ปริมาณสารสร้างตะกอนผลึกที่ใช้คิดเป็นจำนวนเท่าของความต้องการทางทฤษฎี คือ 2, 2 และ 0.5 : 0.8 เท่า สำหรับสารสร้างตะกอนผลึกที่กล่าวมาแล้วข้างต้นตามลำดับ (ดูตารางที่ 4.1) ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำส่วนบน น้ำกรอง สลัดจ์ และกากตะกอน จากการทดสอบการสร้างตะกอนผลึก แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

พบว่า การเติมสารสร้างตะกอนผลึกทั้ง 3 ชนิดในน้ำเสียทำให้พีเอชหลังทำปฏิกิริยาสูงขึ้นจากเดิมซึ่งอยู่ในช่วง 2.8-3.3 เพิ่มขึ้นเป็น 7.5-9.1 และพีเอชหลังทำปฏิกิริยาจากการเติมสารสร้างตะกอนผลึกแต่ละชนิดแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ ในน้ำเสียที่มีพีเอชเริ่มต้น 3.1 เมื่อใช้แมกนีเซียมออกไซด์พีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 9.0 ถ้าใช้โซเดียมคาร์บอเนตพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 8.0 และหากใช้แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวพีเอชเพิ่มขึ้นเป็น 7.5 การเพิ่มขึ้นของพีเอชและไฮดรอกไซด์ไอออนเป็นการรบกวนสมดุลการละลายของโครเมียม III เป็นผลให้โครเมียม III เปลี่ยนไปอยู่ในรูปตะกอนผลึกโครเมียม III ไฮดรอกไซด์ที่สามารถตกตะกอนได้ ปริมาตรตะกอนผลึกที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารสร้างตะกอนผลึกดังแสดงในภาพที่ 5.2 โดยแมกนีเซียมออกไซด์สร้างตะกอนผลึกได้แน่นที่สุดคือมีปริมาณอยู่ในช่วง 142-232 มล./ล. รองลงมาคือแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีปริมาณอยู่ในช่วง 269-473 มล./ล. และโซเดียมคาร์บอเนตสร้างตะกอนผลึกได้มากที่สุดหรือหลวมคือ 490-573 มล./ล.

น้ำส่วนบนหลังการสร้างตะกอนมีความใสมาก (ดูภาพที่ 5.2) จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นโครเมียมในน้ำส่วนบนพบว่า การสร้างตะกอนผลึกด้วยโซเดียมคาร์บอเนตได้น้ำส่วนบนที่มีความเข้มข้นโครเมียมที่น้อยที่สุดคืออยู่ในช่วง 0.2-3.1 มก./ล. รองลงมาคือแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และแมกนีเซียมออกไซด์อย่างเดียว (ดูตารางที่ 5.2) เมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมแล้วสารสร้างตะกอนผลึกทั้ง 3 ชนิดสามารถกำจัดโครเมียมได้ใกล้เคียงกันคือประมาณ 99 % โครเมียมเกือบทั้งหมดไปอยู่ในตะกอนผลึก และความเข้มข้นโครเมียมแปรผกผันกับปริมาณของตะกอนผลึก สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์มีความเข้มข้นโครเมียมสูงที่สุดคืออยู่ในช่วง 9,977-15,633 มก./ล. รองลงมาคือ สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำผ่านระบบบำบัดน้ำทิ้ง และภาคกลอนจากการทดสอบการสร้างตะกอนหนัก โดยเปรียบเทียบกันเป็นรายปีกับการใช้สารเคมีต่าง ๆ

หมายเลข การ ทดสอบ การสร้าง ตะกอน หนัก	ตัวอย่างน้ำดิบ		การสร้างตะกอนหนัก				การกรอง			การตกตะกอน		ค่าสาร ตกตะกอน /ลิตร						
	ปริมาณ น้ำดิบ (กก.)	ปริมาณ ตะกอน (กก.)	สารเคมี ที่ใช้	อัตราการ เติมสารเคมี (กก./น้ำดิบ)	เวลา ที่ใช้ ตก ตะกอน (ชั่วโมง)	ปริมาตร น้ำที่ ตก ตะกอน (ลิตร)	ปริมาณ น้ำที่ ตก ตะกอน (กก.)	ปริมาณ น้ำที่ ตก ตะกอน (กก.)	ปริมาณ น้ำที่ ตก ตะกอน (กก.)	ปริมาณ น้ำที่ ตก ตะกอน (กก.)	ปริมาณ น้ำที่ ตก ตะกอน (กก.)							
1	2	2800	1748	3.3	MgO	3.90	8.8	1	142.5	9.7	1.02	14094	1.7	70.2	-	-	47.5	0.1608
2	2	2800	1748	3.3	"	3.90	7.5	1	215	8.7	1.07	9977	25.3	73.8	11.81	-	45.2	0.1842
3	5	4900	3053	3.1	"	6.61	9.0	1	231	13.5	1.07	15208	-	-	-	-	-	-
4	5	4900	3053	3.1	"	6.61	9.1	1	232	-	-	-	0	68.3	28.02	1.04	53.6	0.3551
5	8	3749	2629	2.8	"	5.75	9.0	1	190	18.3	1.08	15633	3	72.4	-	1.22	44.4	0.3428
6	8	3749	2629	2.8	"	5.75	8.0	1	189	4.1	1.06	12885	8.1	70.2	-	1.13	45.6	0.3154
7	6	4600	2936	3.1	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	16.95	8.0	16	573	3.1	1.17	5751	-	-	-	-	-	-
8	6	4600	2936	3.1	"	16.95	8.0	-	1092	-	-	-	480°	79.3	18.02	-	39.8	0.0326
9	7	3140	2637	2.8	"	15.31	8.0	15	545	0.2	1.02	5041	-	-	-	-	-	-
10	7	3140	2637	2.8	"	15.31	8.0	-	1067	-	-	-	136°	79.2	-	-	36.8	0.0674
11	8	3749	2629	2.8	"	15.27	7.5	15	490	1.3	0.98	6083	-	-	-	-	-	-
12	8	3749	2629	2.8	"	15.27	7.5	15	490	0.4	1.08	6101	-	-	-	-	-	-
13	8	3749	2629	2.8	"	15.27	7.5	-	1034	-	-	-	24.6	78.2	-	-	36.3	0.1278
14	9	5130	4400	2.8	"	24.71	8.3	-	1100	-	-	-	38.7	80	-	-	36.2	0.1115
15	6	4600	2936	3.1	MgO+Ca(OH) <sub>2</sub>	1.60+4.69	7.5	3	473	54	1.19	6743	1.9	77.7	19.43	-	34.6	0.1952
16	7	3140	2637	2.8	"	1.44+4.24	7.5	3	269	1.7	1.02	10059	0.1	74.1	12.62	-	35.4	0.2990
17	8	3749	2629	2.8	"	1.44+4.22	7.5	3	280	4.3	1.06	10520	1.1	71.3	-	1.10	34.4	0.3049

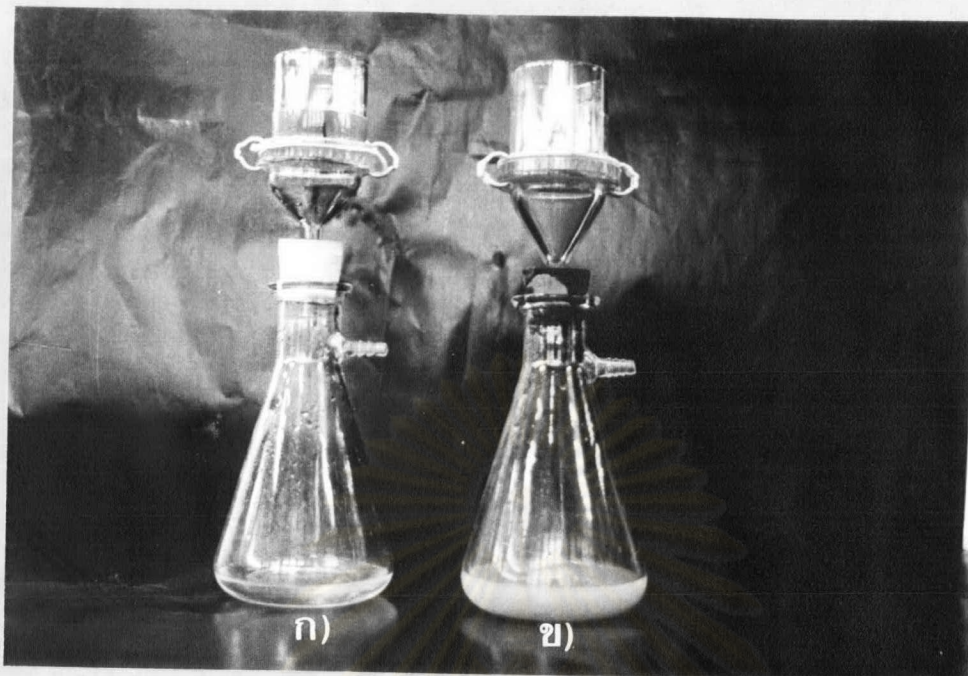
หมายเหตุ: \* มีค่าสูงเนื่องจากอนุภาคตะกอนหนักโซเดียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับตะกอนน้ำทิ้ง

เปอร์เซ็นต์ความชื้นและความหนาแน่นของสัลดจ์แต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 84.9-91.1 % และ 0.98-1.19 กก./ล.ตามลำดับ

การนำสัลดจ์แมกนีเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมากรองผ่านผ้ากรองด้วยเครื่องคูล์ดิสทิลเลอร์ ได้น้ำกรองที่มีความใสมากกว่าน้ำส่วนบน (ดูภาพที่ 5.3) โดยมีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 0-25.3 มก./ล. การเตรียมกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งได้ใช้ของเหลวผสม (liquor) ก่อนการตกตะกอนมากรองผ่านกระดาษกรองนั้น ได้น้ำกรองที่มีความเข้มข้นโครเมียมที่สูงมาก คือ อยู่ในช่วง 24.6-480 มก./ล. เนื่องจากอนุภาคของตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนตมีขนาดเล็กมากจนบางส่วนลอดผ่านช่องเปิดของกระดาษกรองออกมาได้ และน้ำกรองมีสีฟ้าของตะกอนผลึกโครเมียมอย่างเห็นได้ชัด (ดูภาพที่ 5.3) ข้อสังเกตในระหว่างการทดสอบการเตรียมกากตะกอน คือ ถ้ามีการกรองอย่างช้า ๆ อนุภาคของตะกอนผลึกไปเคลือบผิวหน้าของกระดาษกรอง ทำให้ช่องเปิดของกระดาษกรองมีขนาดเล็กลง และเล็กกว่าขนาดของอนุภาคตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนต เป็นผลให้ตะกอนผลึกโครเมียมหลุดลอดออกมาน้อย ในกรณีนี้ใช้เวลาในการกรองนานซึ่งอาจนานถึง 15 นาที/ของเหลวผสม 100 มล. และน้ำกรองมีความเข้มข้นโครเมียมน้อยคือประมาณ 24.6-38.7 มก./ล.

ลักษณะของกากตะกอนแต่ละประเภทแสดงไว้ในภาพที่ 5.4 การรีดน้ำออกจากสัลดจ์ ทำให้กากตะกอนแต่ละประเภทมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและความเข้มข้นโครเมียมใกล้เคียงกัน กากตะกอนมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่าสัลดจ์ คือ มีอยู่ประมาณ 70 - 80 % กากตะกอนที่มีความเข้มข้นโครเมียมมากที่สุดคือกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ สำหรับกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีค่าใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 5.2) ความต้านทานจำเพาะแสดงถึงความยากง่ายในการรีดน้ำออกจากสัลดจ์ โดยสัลดจ์ที่มีความต้านทานจำเพาะสูงมีแนวโน้มว่ารีดน้ำออกยาก ตะกอนผลึกที่มีความต้านทานจำเพาะเรียงจากน้อยไปมาก คือ จากแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนต ตามลำดับ

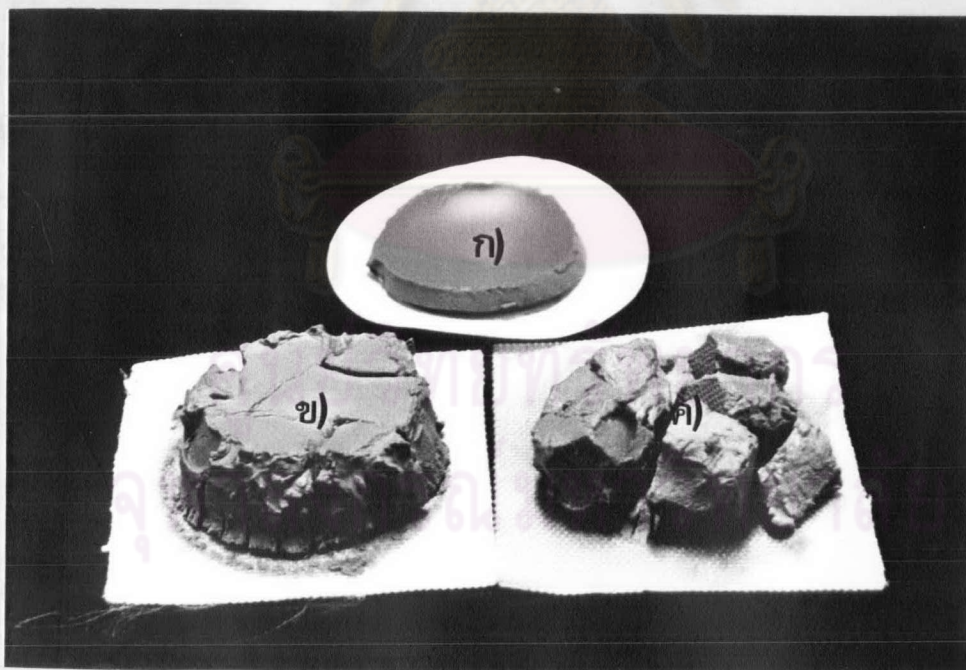
อัตราส่วนกากตะกอน/สัลดจ์แสดงถึงความชื้นของตะกอนผลึกในสัลดจ์ การนำของเหลวผสมจากการใช้โซเดียมคาร์บอเนตมากรองได้กากตะกอนที่มีความชื้นน้อยที่สุด การเตรียมกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวได้กากตะกอนที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 5.2) รูปที่ 5.1 แสดงแบบแผนการกรองตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง พบว่าอัตราการกรองในช่วงแรก ๆ เร็วมากและในที่สุดก็ช้าลงเรื่อย ๆ จนค่อนข้างคงที่ กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตใช้



ภาพที่ 5.3 น้ำกรองจากการเตรียมกากตะกอน

ก.) กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์

ข.) กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนต



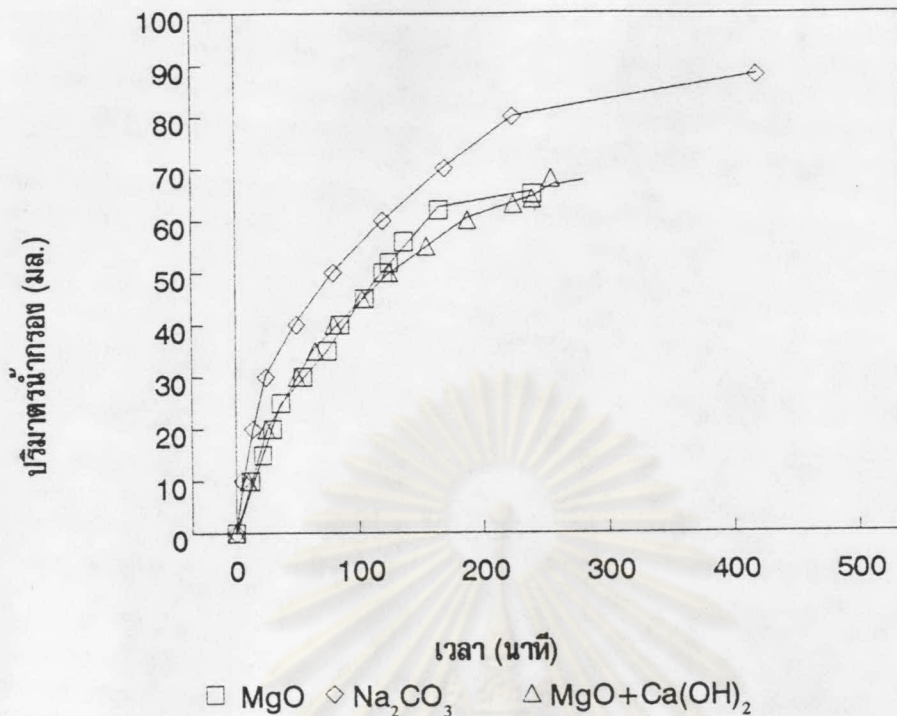
ภาพที่ 5.4 ลักษณะกากตะกอนประเภทต่าง ๆ

ก.) กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์

ข.) กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนต

ค.) กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว





หมายเหตุ : MgO และ MgO+Ca(OH)<sub>2</sub> กรองด้วยน้ำกรอง  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กรองด้วยกระดาษกรอง

### รูปที่ 5.1 แบบแผนการกรองตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง

เวลาในการรีดน้ำออกมากที่สุดคือประมาณ 7 นาที/ของเหลวผสม 100 มล. สำหรับกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวใช้เวลาใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 4 นาที/สลัดจ์ 100 มล.

### 5.3 การทดสอบการสร้างตะกอนผลึกจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง

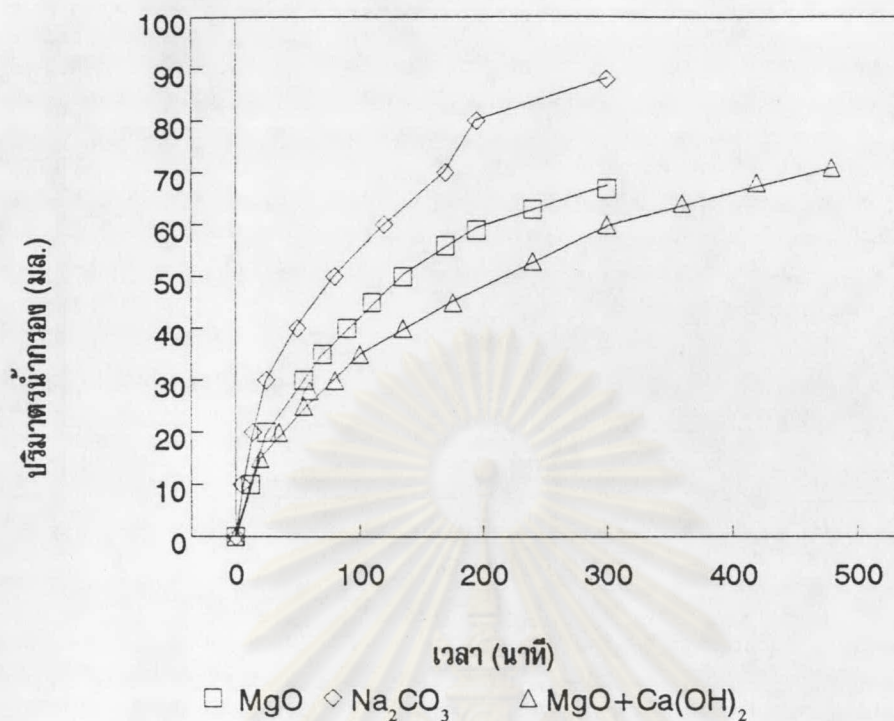
การทดสอบการสร้างตะกอนผลึกโครเมียมในน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงนั้นทำขึ้นทั้งหมด 10 การทดสอบ โดยแบ่งออกเป็นการใช้แมกนีเซียมออกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก 3 การทดสอบ การใช้โซเดียมคาร์บอเนต 5 การทดสอบ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว 2 การทดสอบ ปริมาณสารสร้างตะกอนผลึกที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับโครเมียมในน้ำเสียได้แก่ 4 , 3 และ 1:1 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีของสารแต่ละชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตามลำดับ (ดูตารางที่ 4.1) ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำส่วนบนน้ำกรอง สลัดจ์ และกากตะกอนจากการทดสอบการสร้างตะกอนผลึกแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบการสร้างตะกอนผลึกโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงมีความคล้าย

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำผิวบน น้ำทรง ซีลค์ และกากตะกอนจากการทดลองการตกตะกอนชนิด โรเรียนจากน้ำซีลค์ที่มีการขุ่นด้วยสารเคมีต่าง ๆ

หมายเลข การ ทดสอบ การตั้ง ตะกอน ชนิด	ตัวอย่างน้ำซีลค์		การตั้งตะกอนชนิด				โรเรียน		ซีลค์			โรเรียน				อัตราส่วน ตะกอน /ซีลค์	
	โรเรียน ทั้งหมด (มก./ล.)	โรเรียน ฟอสเฟต (มก./ล.)	สารเคมี ที่ใช้	อัตราค่า เคมีสารเคมี (ล./ล.น้ำซีลค์)	เวลา ที่ใช้ ตก ตะกอน (ชั่วโมง)	ปริมาณ ตะกอน ชนิด (มก./ล.)	โรเรียน ทั้งหมด ในน้ำ ผิวบน	โรเรียน ทั้งหมด ในน้ำ ทรง	% สาร ฟอสเฟต	ความ หนาแน่น	โรเรียน ทั้งหมด	โรเรียน ทั้งหมด ในน้ำ ทรง	% สาร ฟอสเฟต	ความ หนาแน่น	ความ หนาแน่น ทั้งหมด		อัตราส่วน ความหนาแน่น ทั้งหมด
18	2175	1894	MgO	8.71	8.3	1.5	173	17	80.8	1.12	13856	0.4	66.7	4.03	1.18	20.6	0.4738
19	2175	1894	"	8.71	8.5	1	170	38.5	81.5	1.12	12121	1.5	69.3	2.84	1.13	25.1	0.4523
20	2000	1526	"	7.03	8.7	1	146	84	82.1	1.08	11404	0.1	64.4	10.76	1.03	29.4	0.3387
21	2350	1383	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	12.18	8.0	15	470	10	88.2	1.11	4484	-	-	-	-	-	-
22	2350	1383	"	12.18	8.0	-	1043	-	-	-	-	20.5	69.1	75.4	-	36.6	0.0335
23	2000	1652	"	14.44	8.2	-	1069	-	-	-	-	86	74.3	32.25	-	30.8	0.0332
24	1750	1327	"	11.71	8.6	15	335	15	87.4	1.07	4087	-	-	-	-	-	-
25	1750	1327	"	11.71	8.6	-	1066	-	-	-	-	45	71.4	-	1.08	35	0.0430
26	1750	1327	MgO+Ca(OH) <sub>2</sub>	1.48+2.71	8.4	3	226	229	85.5	1.08	5764	67.4	72.2	19.92	-	31.8	0.2440
27	1850	1164	"	1.30+2.39	8.3	3	219	41.3	85.7	1.06	4968	0.87	71.6	-	-	28.5	0.2520

คลึงกับการทดสอบจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง พีเอชหลังทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 8.0 -8.7 การใช้แมกนีเซียมออกไซด์ได้ตะกอนผลึกที่แน่นที่สุดโดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 146 -173 มล./ล. โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าน้อยกว่าปริมาณตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง เนื่องจากปริมาณสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมออกไซด์ได้มีน้อยกว่า (เช่น โครเมียมละลายในน้ำเสียเป็นต้น) การใช้โซเดียมคาร์บอเนตได้ตะกอนผลึกมากที่สุดคือ 335-470 มล./ล. ความเข้มข้นโครเมียมในน้ำส่วนบนมีค่าสูงกว่าในน้ำส่วนบนที่ได้จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง น้ำส่วนบนจากการใช้โซเดียมคาร์บอเนตยังคงมีความเข้มข้นโครเมียมที่น้อยที่สุดคือ 10-15 มก./ล. รองลงมาคือน้ำส่วนบนจากการใช้แมกนีเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว ตามลำดับ(ดูตารางที่ 5.3) เมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมแล้ว สารสร้างตะกอนผลึกทั้ง 3 ชนิดสามารถกำจัดโครเมียมได้อยู่ในช่วง 87-99 % สลัดจ์ที่ได้จากสารสร้างตะกอนผลึกแต่ละชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นแตกต่างกันเล็กน้อย (ดูตารางที่ 5.3) ความหนาแน่นของสลัดจ์ทั้ง 3 ประเภทมีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.06-1.12 กก./ล. สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์มีความเข้มข้นโครเมียมสูงที่สุดคือ 11,404-13,856 มก./ล. สลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตและสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีความเข้มข้นโครเมียมใกล้เคียงกันคือ 4,087-4,484 มก./ล. และ 4,968-5,764 มก./ล. ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำกรองเป็นเช่นเดียวกับน้ำกรองจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง กล่าวคือ น้ำกรองจากสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีความเข้มข้นโครเมียมต่ำมาก คือ 0.1-1.5 มก./ล. และ 0.87-67.4 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับน้ำกรองจากกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมีความเข้มข้นโครเมียมสูง ด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและความหนาแน่นของกากตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 64.4-74.3 % และ 0.67-1.18 มก./ก. ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมของกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว คือ 25.1-29.4 , 30.8-36.6 และ 28.5-31.8 มก./ก. ตามลำดับ ค่าความต้านทานจำเพาะเรียงจากน้อยไปหามาก คือตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว และโซเดียมคาร์บอเนต อัตราส่วนกากตะกอน/สลัดจ์ ของการเตรียมกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมีค่าน้อยที่สุด การเตรียมกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ได้กากตะกอนที่มีความชื้นมากที่สุด (ดูตารางที่ 5.3) รูปที่ 5.2 แสดงแบบแผนการกรองของตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตใช้เวลาในการกรองมากที่สุดประมาณ 8 นาที/ของเหลวผสม 100 มล. กากตะกอนแมกนี



หมายเหตุ : MgO และ MgO+Ca(OH)<sub>2</sub> กรองด้วยน้ำกรอง  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> กรองด้วยกระดาษกรอง

รูปที่ 5.2 แบบแผนการกรองตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง

เชื่อมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวใช้เวลาใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 5 นาที/สลัดจ์ 100 มล.

5.4 การสร้างแบบแผนการละลายตะกอนผลึกที่อุณหภูมิต้อง

การสร้างแบบแผนการละลายตะกอนผลึกมีการทดสอบทั้งหมด 24 การทดสอบ โดยแบ่งเป็นการทดสอบการละลายตะกอนผลึกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง 12 การทดสอบ (รูปที่ 5.3-5.14) และจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง 12 การทดสอบ (รูปที่ 5.15-5.26) ตะกอนผลึกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ ตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนต และตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว ตะกอนผลึกแต่ละประเภทมีการทดสอบในสภาพการละลายต่าง ๆ 4 แบบ คือ สลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่อง สลัดจ์แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก กากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่อง และกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการละลายตะกอนผลึกคิดเป็นจำนวนเท่าของค่าความ

ต้องการทางทฤษฎี (หรือ X) โดย 1 X มีค่าเท่ากับ 2.83 ก.กรด/โครเมียม 1 ก. หรือ 1.52 มล./โครเมียม 1 ก. การละลายตะกอนผลึกโครเมียมขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา โดยความเข้มข้นโครเมียมที่ละลายได้เพิ่มขึ้นตามเวลา ดังแสดงในแบบแผนการละลายของตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ ผลการทดสอบอย่างละเอียดของการทดสอบแบบแผนการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ จ.1-จ.24 ในภาคผนวก จ ภาพที่ 5.5 และ 5.6 แสดงลักษณะสารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์และกากตะกอนประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงตามลำดับ

#### 5.4.1 การทดสอบโดยใช้น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง

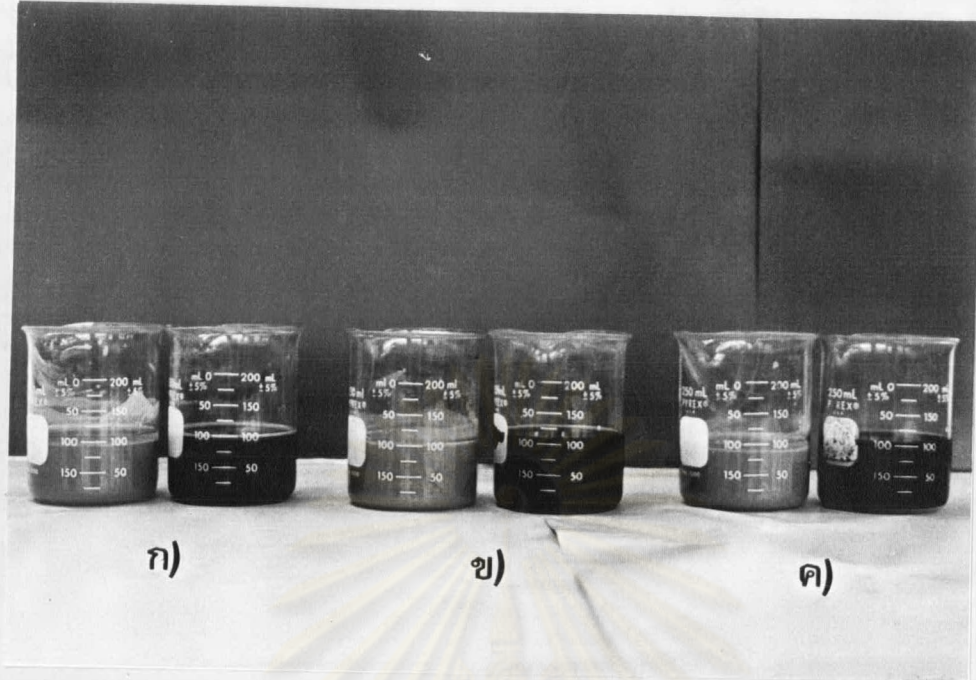
##### 5.4.1.1 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

###### ก) สลัดจ์

แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ การทดสอบมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริก 3 ค่าคือ 1.0 , 1.5 และ 2.0 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบแบบมีการกวนต่อเนื่องมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 14,094 มก./ล. และ 8.8 ตามลำดับ เมื่อเติมกรดซัลฟูริกลงในสลัดจ์ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 5-10 นาทีแรก และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 50-60 นาที สารละลายที่ได้มีพีเอชหลังทำปฏิกิริยาลดลงและความเข้มข้นโครเมียมเพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ กล่าวคือ เมื่อเติมกรดซัลฟูริกลงในสลัดจ์ในอัตรา 1.0 , 1.5 และ 2.0 เท่า ได้สารละลายโครเมียม III ซัลเฟตที่มีพีเอชหลังทำปฏิกิริยาเท่ากับ 4.2 , 3.2 และ 1.8 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้คือ 9,101 ; 15,277 และ 14,139 มก./ล.ตามลำดับ สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ที่นำมาทดสอบแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 9,977 มก./ล. และ 7.5 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 60-70 นาที สารละลายที่ได้มีพีเอชหลังทำปฏิกิริยาและความเข้มข้นโครเมียมสัมพันธ์กับปริมาณกรดซัลฟูริกที่เติมเช่นกัน สำหรับอัตราการเติมกรดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสารละลายที่ได้มีพีเอชเท่ากับ 4.7 , 3.0 และ 1.5 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายเท่ากับ 3,900 ; 7,476 และ 7,151 มก./ล. ตามลำดับ

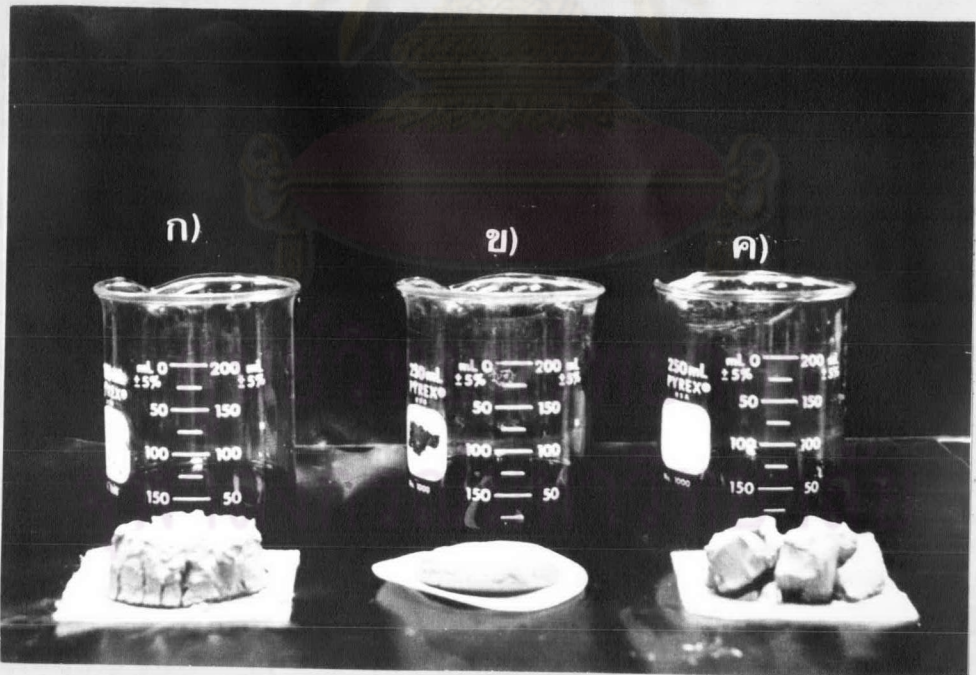
###### ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์มี



ภาพที่ 5.5 ลักษณะสารละลายที่ได้จากการละลายสลิตซ์ประเภทต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง

- ก.) สลิตซ์แมกนีเซียมออกไซด์
- ข.) สลิตซ์โซเดียมคาร์บอเนต
- ค.) สลิตซ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

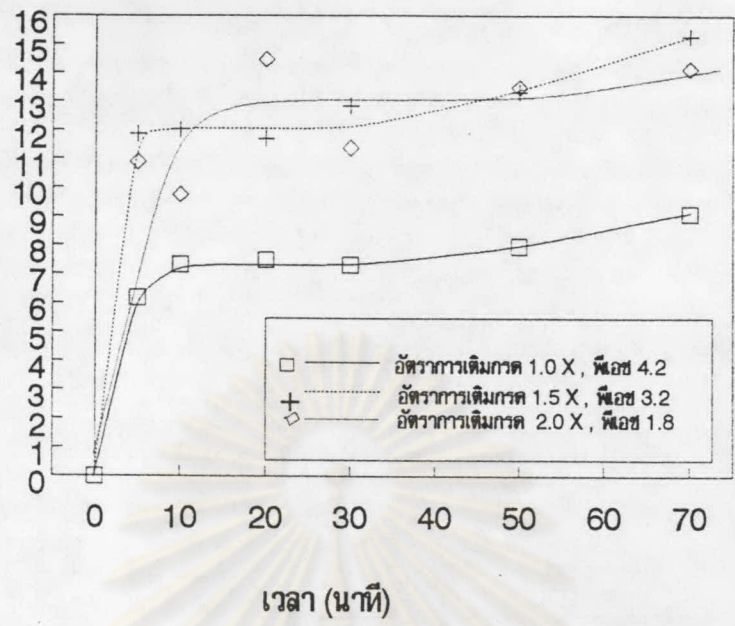


ภาพที่ 5.6 ลักษณะสารละลายที่ได้จากการละลายจากตะกอนประเภทต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง

- ก.) กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์
- ข.) กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนต
- ค.) กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

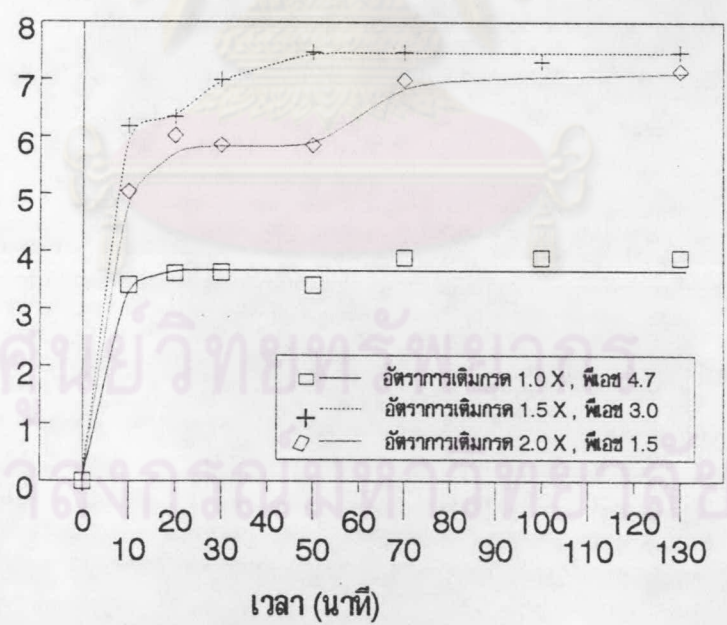


ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.3 แบบแผนการละลายสั้ดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยทรง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง

ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.4 แบบแผนการละลายสั้ดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยทรง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

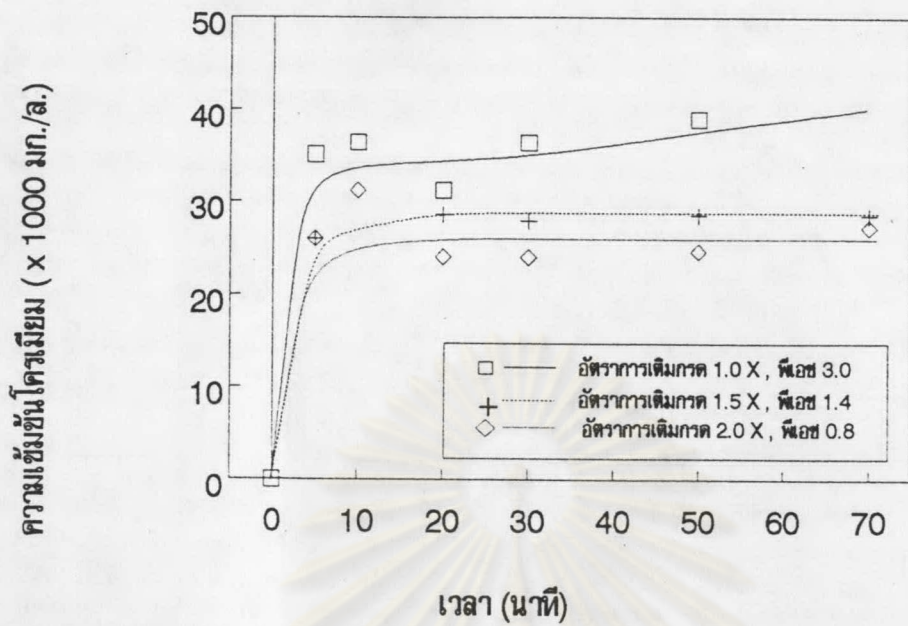
การแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1 + 4 จำนวน 3 ค่า คือ 1.0 , 1.5 และ 2.0 เท่า แบบแผนการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องแสดงไว้ในรูปที่ 5.5 ภาคตะกอนหนักนี้ เชื่อมออกไซด์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 45.2 มก./ก. และ 8.0 ตามลำดับ เมื่อเติมกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ลงในภาคตะกอน สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 50-60 นาที สารละลายที่ได้มีพีเอชหลังทำปฏิกิริยาและความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายลดลงสัมพันธ์กับปริมาณกรดที่ใช้ กล่าวคือ เมื่อเติมกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ลงในภาคตะกอนในอัตรา 1.0 , 1.5 และ 2.0 เท่า ได้สารละลายที่มีพีเอชหลังทำปฏิกิริยาเท่ากับ 3.0 , 1.4 และ 0.8 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้คือ 39,005 ; 28,604 และ 27,303 มก./ล. ตามลำดับ สำหรับแบบแผนการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.6 ภาคตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 47.5 มก./ล. และ 9.1 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในตอนแรกและเริ่มคงที่หลังจากเติมกรดไปประมาณ 60-70 นาที พีเอชหลังทำปฏิกิริยาลดลงตามปริมาณกรดที่เติม คือ 3.3 , 1.9 และ 1.1 สำหรับอัตราการเติมกรดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายคือ 32,504 ; 32,504 และ 27,953 มก./ล. ตามลำดับ

#### 5.4.1.2 ตะกอนฟลักซ์เดียมคาร์บอเนต

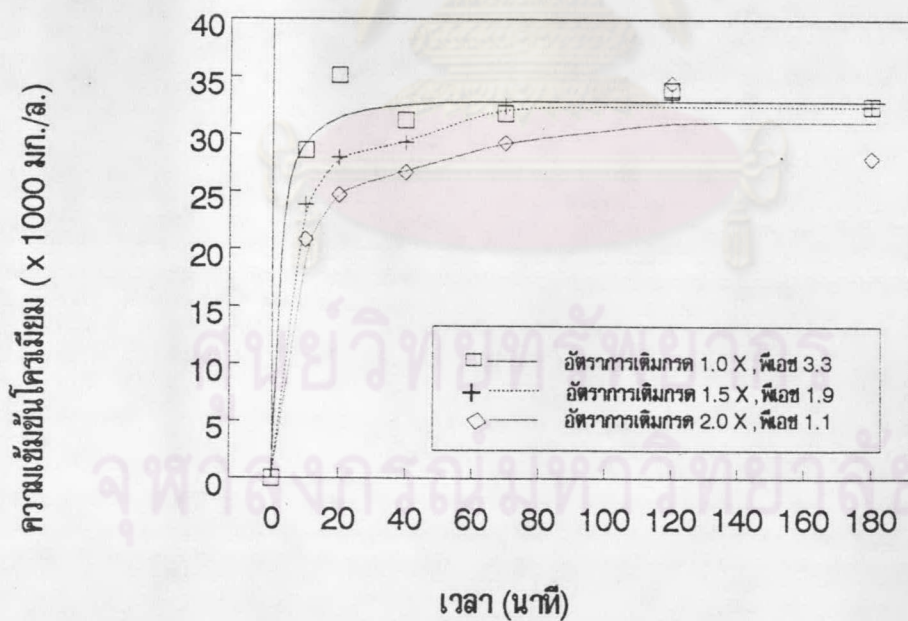
##### ก) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริก 3 ค่า คือ 1.5 , 2.0 และ 3.0 เท่า แบบแผนการละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ สลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้ในการทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 5,751 มก./ล. และ 7.5 ตามลำดับ สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมเพิ่มขึ้นตามเวลาและคงที่ภายในเวลา 10-20 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราต่าง ๆ ทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีค่าใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 4,876 - 6,826 มก./ล. พีเอชหลังทำปฏิกิริยาลดลงตามปริมาณกรดที่เติม กล่าวคือ สำหรับสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นและมีการกวนต่อเนื่องมีพีเอช 3.0 , 1.7 และ 9.0 ตามลำดับ และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 3.2 , 2.1 และ 1.0 ตามลำดับ

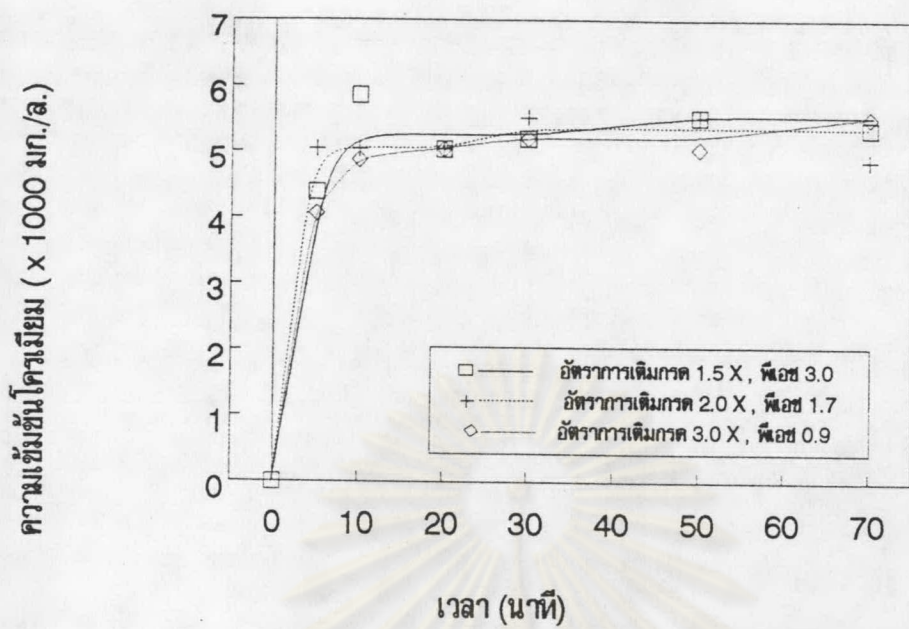




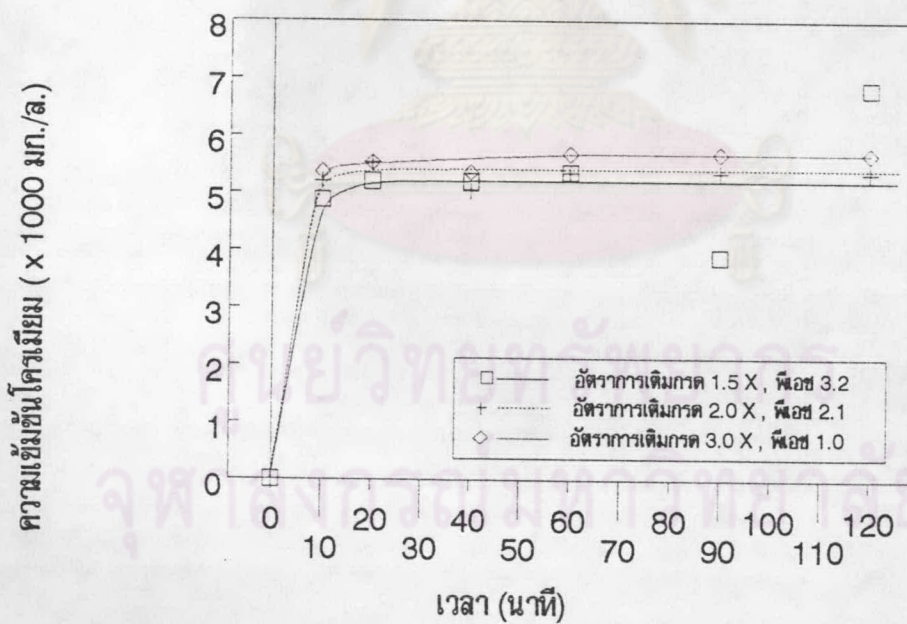
รูปที่ 5.5 แบบแผนการละลายกาต้กอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.6 แบบแผนการละลายกาต้กอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก



รูปที่ 5.7 แบบแผนการละลายสัลดจ์โซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.8 แบบแผนการละลายสัลดจ์โซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

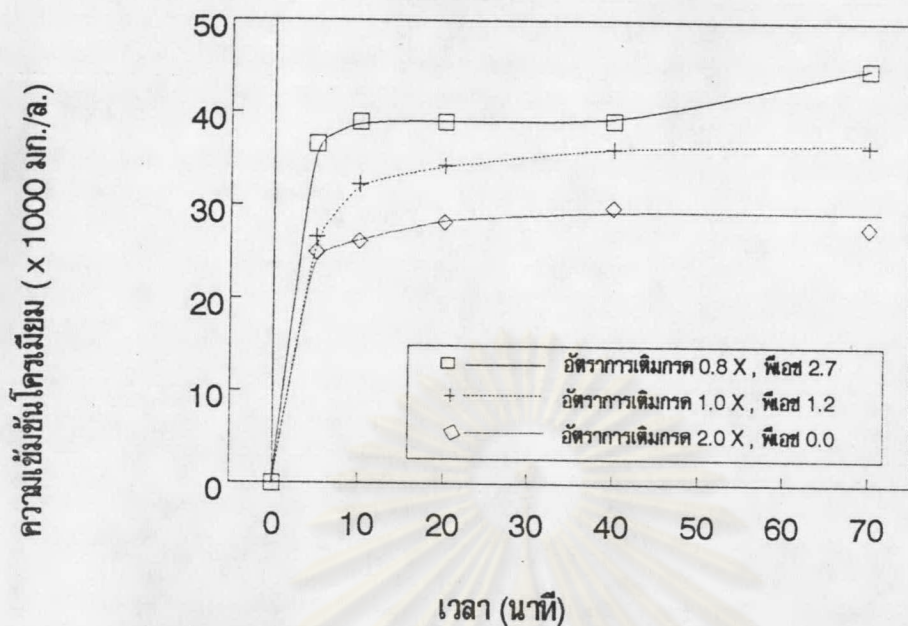
ข) กากตะกอน

กากตะกอนที่นำมาทดสอบการละลายมีความเข้มข้นโครเมียมและฟิเอชเท่ากับ 39.8 มก./ก. และ 8.0 ตามลำดับ แบบแผนการละลายกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตแบบมีการกวนต่อเนื่องแสดงไว้ในรูปที่ 5.9 การทดสอบการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 0.8 , 1.0 และ 2.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่หลังจากเติมกรดไปประมาณ 50-70 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้และฟิเอชหลังทำปฏิกิริยาลดลงสัมพันธ์กับอัตราการเติมกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ฟิเอชหลังทำปฏิกิริยาเมื่อเติมกรดซัลฟูริกในอัตราข้างต้นคือ 2.7, 1.2 และ 0 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายคือ 44,896 ; 36,567 และ 27,791 มก./ล. ตามลำดับ การทดสอบการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก มีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 0.8 , 1.0 และ 1.5 เท่า รูปที่ 5.10 แสดงแบบแผนการละลายกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก สารละลายที่ได้จากการเติมกรด 1.0 และ 1.5 เท่ามีความเข้มข้นโครเมียมคงที่เมื่อเวลาประมาณ 80-100 นาที สำหรับสารละลายที่ได้จากการเติมกรด 0.8 เท่า นั้นความเข้มข้นโครเมียมที่เวลา 180 นาทีเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ความเข้มข้นโครเมียมและฟิเอชสุดท้ายลดลงสัมพันธ์กับอัตราการเติมกรด ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรด 0.8 , 1.0 และ 1.5 เท่า คือ 41,646 ; 40,020 และ 33,520 มก./ล. ตามลำดับ ฟิเอชหลังทำปฏิกิริยา คือ 2.8 , 1.5 และ 0 ตามลำดับ

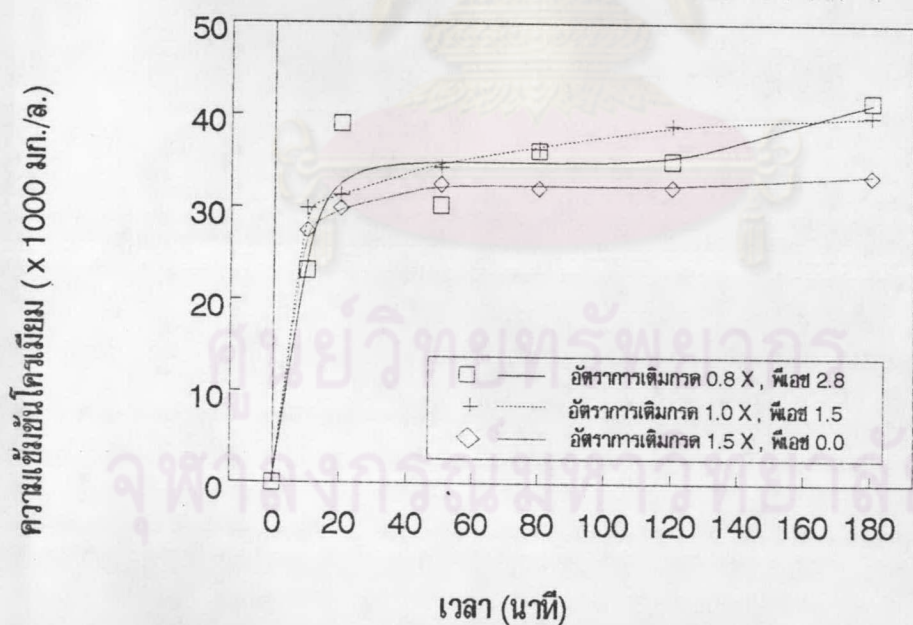
5.4.1.3 ตะกอนพลิกแมงกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

ก) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์แมงกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 0.7, 1.0 และ 2.0 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและฟิเอชเท่ากับ 6,743 มก./ล. และ 7.4 การละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องได้สารละลายที่มีความเข้มข้นโครเมียมคงที่หลังเติมกรดนาน 50 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ 5,404 ; 6,420 และ 6,420 มก./ล. ฟิเอชของสารละลายสุดท้าย คือ 3.1 , 2.3 และ 0.2 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมงกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมี



รูปที่ 5.9 แบบแผนการละลายกาทะก่อนโซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วย  
ตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.10 แบบแผนการละลายกาทะก่อนโซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วย  
ตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

การกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.11 และ 5.12 เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาในการละลายสลัดจ์แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นโครเมียมคงที่ คือ 60 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายอยู่ในช่วง 6,338-6,866 มก./ล. พีเอชสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ 3.4 , 2.4 และ 1.0 ตามลำดับ

#### ข) กากตะกอน

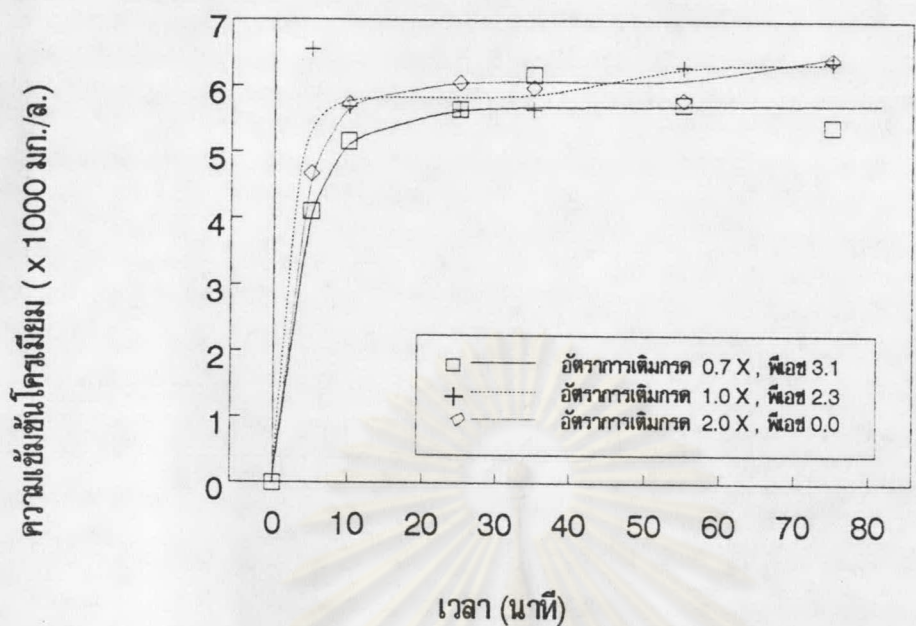
การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวแบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 0.5 , 0.7 และ 1.0 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบการละลายทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก มีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอช เท่ากับ 34.6 มก./ก. และ 7.3 แบบแผนการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องแสดงไว้ในรูปที่ 5.13 ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปนับจากเริ่มเติมกรดประมาณ 60 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้หลังจากเติมกรดในอัตราที่กล่าวมาข้างต้นคือ 28,285 ; 34,357 และ 31,960 มก./ล. พีเอชหลังทำปฏิกิริยา คือ 3.7 , 2.5 และ 1.0 แบบแผนการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.14 การทดสอบมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 0.7 , 1.0 และ 1.2 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปนับจากเริ่มเติมกรดประมาณ 90 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายและพีเอชสุดท้ายมีค่าลดลงสัมพันธ์กับปริมาณกรดซัลฟูริก 1+4 สารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นมีความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายเท่ากับ 35,955 ; 31,800 และ 31,001 มก./ล. ตามลำดับ พีเอชสุดท้ายคือ 3.2 , 1.6 และ 0.5 ตามลำดับ

#### 5.4.2 การทดสอบโคสใช้น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง

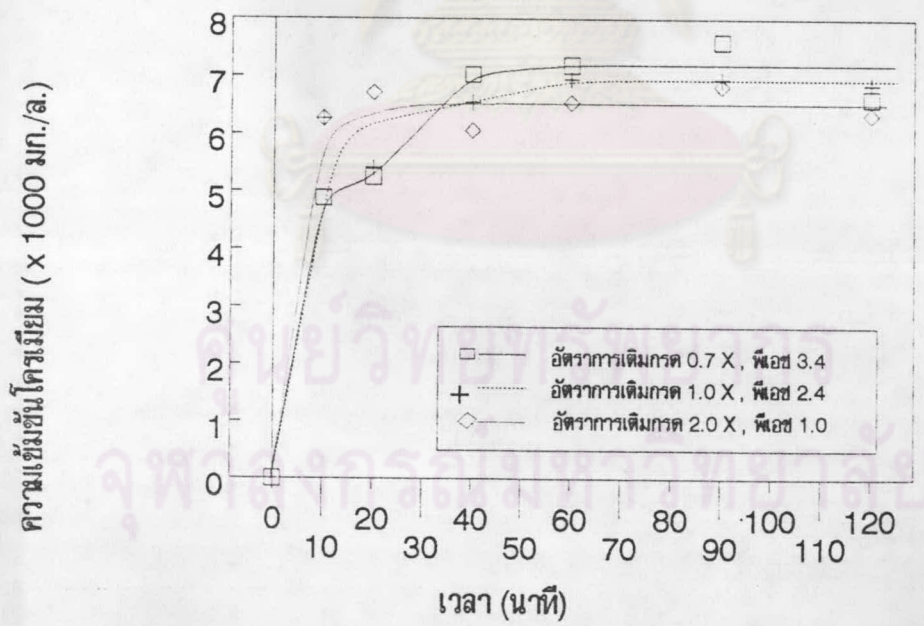
##### 5.4.2.1 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

##### ก) สลัดจ์

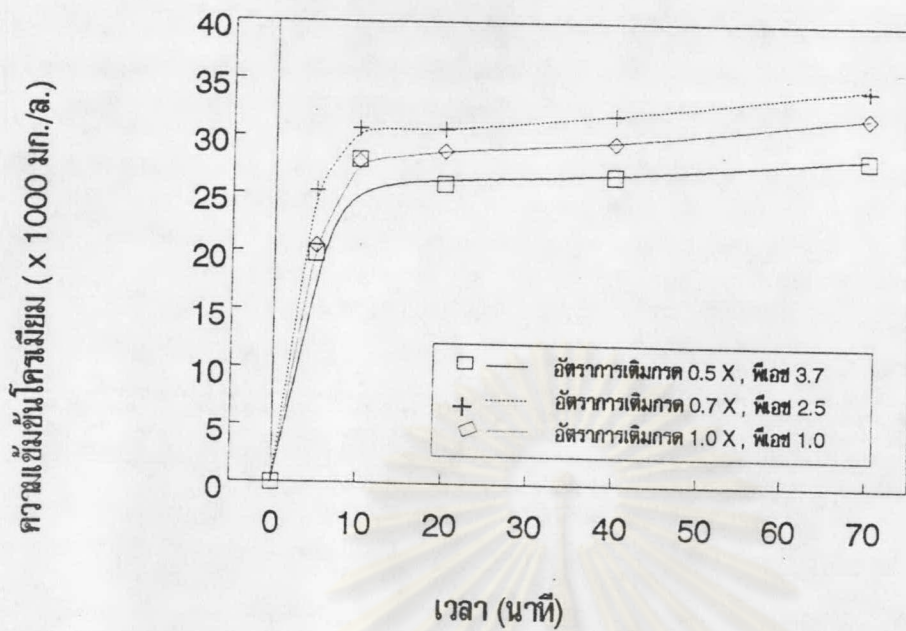
แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์แบบมีการกวนต่อเนื่องแสดงไว้ในรูปที่ 5.15 สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอช เท่ากับ 13,856 มก./ล. และ 8.3 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการทดสอบคือ 3.2, 3.6 และ 4.2 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน



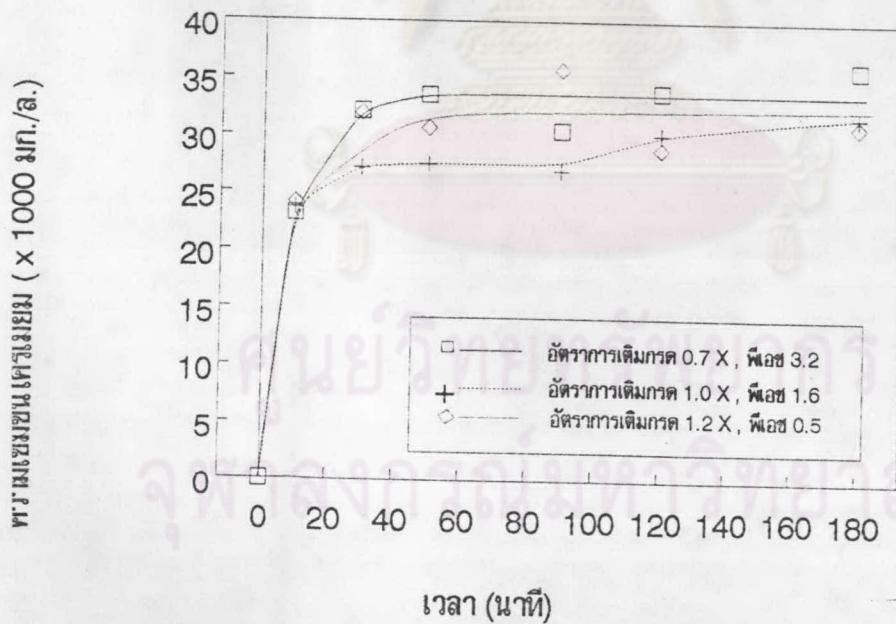
รูปที่ 5.11 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.12 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก



รูปที่ 5.13 แบบแผนการละลายภาคตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสีย  
ที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.14 แบบแผนการละลายภาคตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสีย  
ที่ไม่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

5 นาทีแรกหลังจากเติมกรดและเริ่มคงที่เมื่อเวลาประมาณ 60 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราต่าง ๆ ข้างต้นคือ 9,955 ; 9,748 และ 8,711 มก./ล. พีเอชสุดท้ายคือ 3.4 , 2.2 และ 0.9 แบบแผนการละลายสลัดจ์แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.16 สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 12,121 มก./ล. และ 8.6 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการทดสอบ คือ 3.0 , 3.5 และ 4.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นและพีเอชสุดท้ายลดลงสัมพันธ์กับอัตราการเติมกรด ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นเรียงตามลำดับคือ 5,437 ; 8,991 และ 9,200 มก./ล. พีเอชสุดท้ายของสารละลายที่ได้คือ 5.4 , 2.7 และ 1.4

#### ข) กากตะกอน

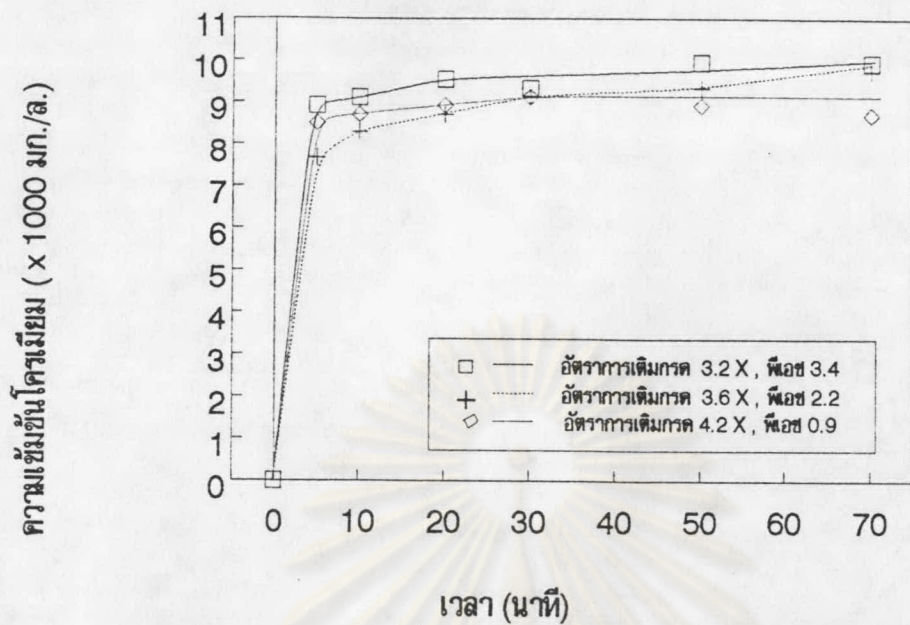
การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์แบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 3.2 , 3.6 และ 4.0 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 25.1 มก./ล. และ 8.5 รูปที่ 5.17 แสดงแบบแผนการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องหลังจากเติมกรดลงในกากตะกอนประมาณ 50-60 นาที ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในปริมาณต่าง ๆ กันที่กล่าวมาข้างต้นมีค่าอยู่ในช่วง 13,801-14,014 มก./ล. พีเอชสุดท้ายของสารละลายที่ได้ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณกรดที่เติมคือ 2.0 , 1.0 และ 0.8 การละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 2.5 , 3.0 และ 3.5 เท่า แบบแผนการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.18 กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 28.6 มก./ล. และ 8.2 ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามเวลา เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 90 นาทีความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เปลี่ยนแปลงน้อย ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราต่าง ๆ ข้างต้น คือ 14,933 ; 16,177 และ 13,688 มก./ล. ตามลำดับ และพีเอชสุดท้าย คือ 4.6 , 3.4 และ 2.7 ตามลำดับ

#### 5.4.2.2 ตะกอนฟลักโซเดียมคาร์บอเนต

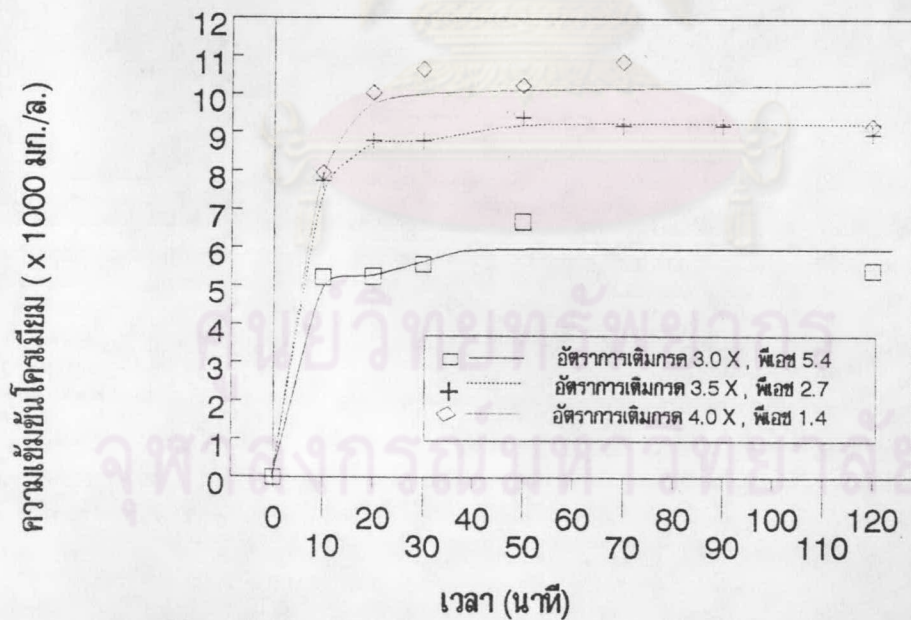
##### ก) สลัดจ์

การละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่อง



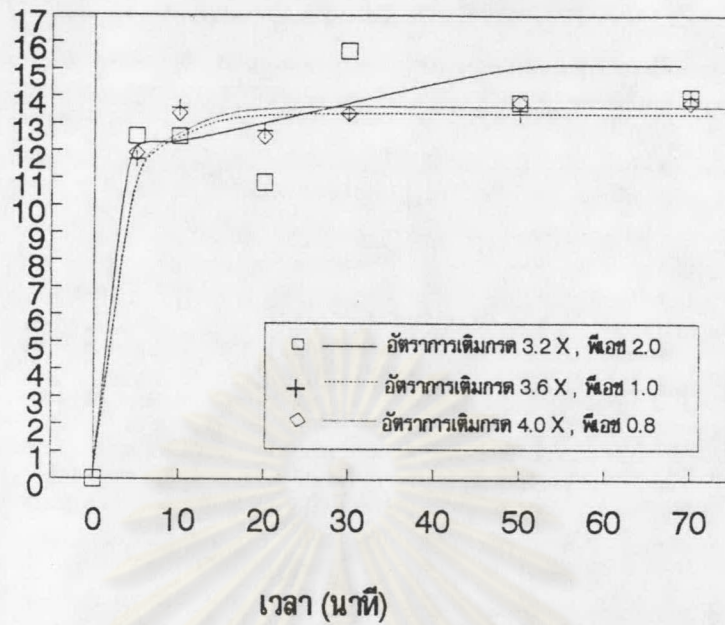


รูปที่ 5.15 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



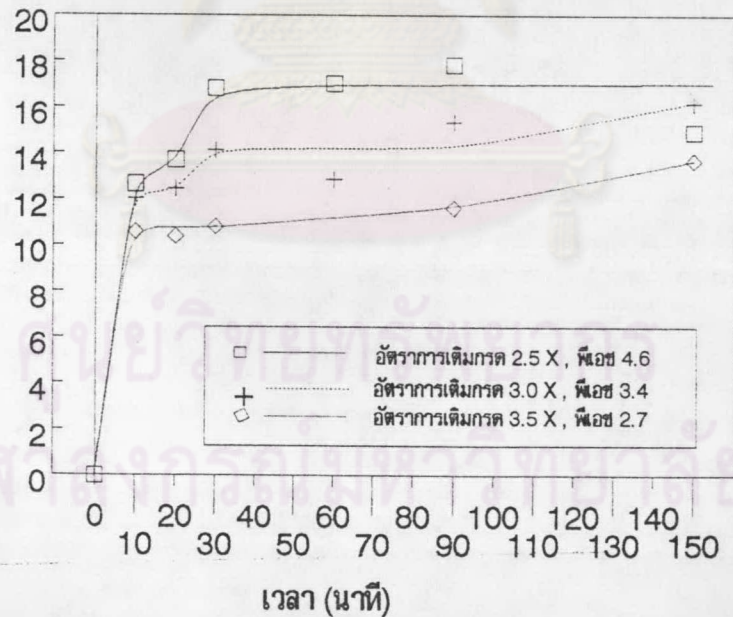
รูปที่ 5.16 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.17 แบบแผนการละลายกาทะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียน้ำมีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง

ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.18 แบบแผนการละลายกาทะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียน้ำมีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

เนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกจำนวน 3 ค่า คือ 2.0 , 3.0 และ 4.0 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 4,484 มก./ล. และ 8.3 แบบแผนการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่อง และแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.19 และ 5.20 ตามลำดับ ความเข้มข้นโครเมียมเริ่มคงที่หลังจากเติมกรดไปประมาณ 30 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นและมีการกวนต่อเนื่อง คือ 1,612 ; 3,626 และ 3,223 มก./ล. พีเอชสุดท้ายเท่ากับ 4.0 , 1.3 และ 0.7 ตามลำดับ สำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกสารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายคือ 2,135 ; 3,304 และ 3,304 มก./ล. และพีเอชสุดท้าย คือ 4.1 , 1.3 และ 0.9 ตามลำดับ

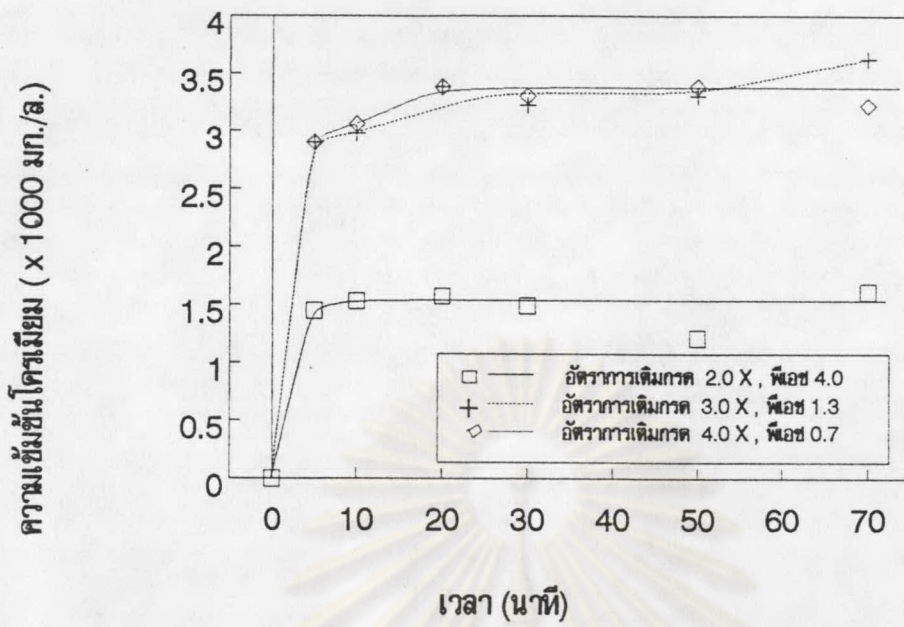
#### ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริก 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 1.5 , 2.0 และ 3.0 เท่า แบบแผนการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.21 และ 5.22 ตามลำดับ กากตะกอนที่นำมาทดสอบการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 36.6 มก./ก. และ 7.8 สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมคงที่หลังจากเติมกรดไปนาน 20-30 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นอยู่ในช่วง 26,591 - 29,613 มก./ล. และพีเอชสุดท้าย คือ 2.4 , 4.0 และ 0 ตามลำดับ กากตะกอนที่นำมาทดสอบการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 30.8 มก./ก. และ 8.2 ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคงที่หลังจากเติมกรดไปนาน 90 นาที สารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นมีความเข้มข้นโครเมียมสุดท้าย เท่ากับ 22,532 ; 23,650 และ 19,502 มก./ล. และพีเอชสุดท้าย คือ 2.6 , 1.3 และ 0.3 ตามลำดับ

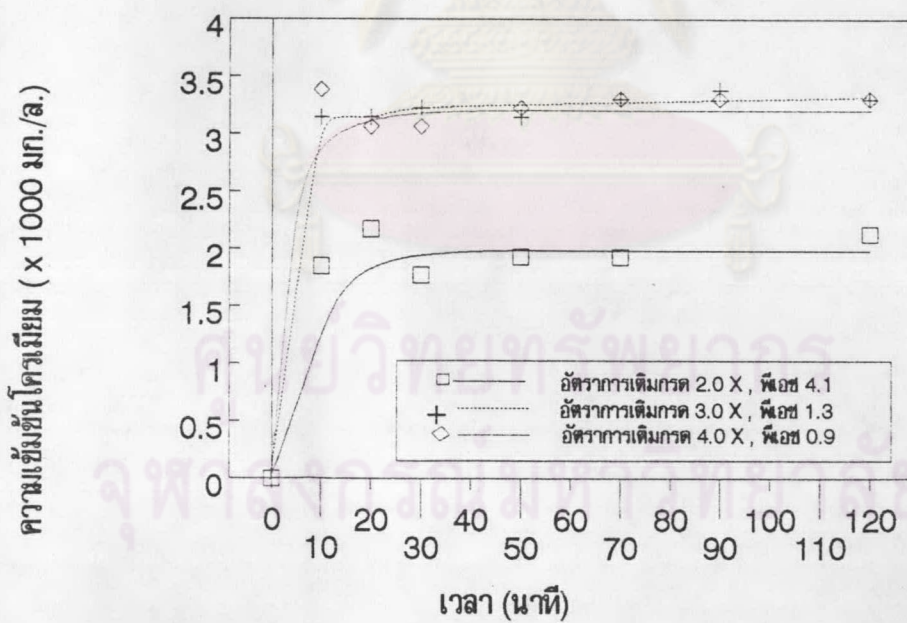
#### 5.4.2.3 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

##### ก) สลัดจ์

แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกแสดงไว้ในรูปที่ 5.23 และ

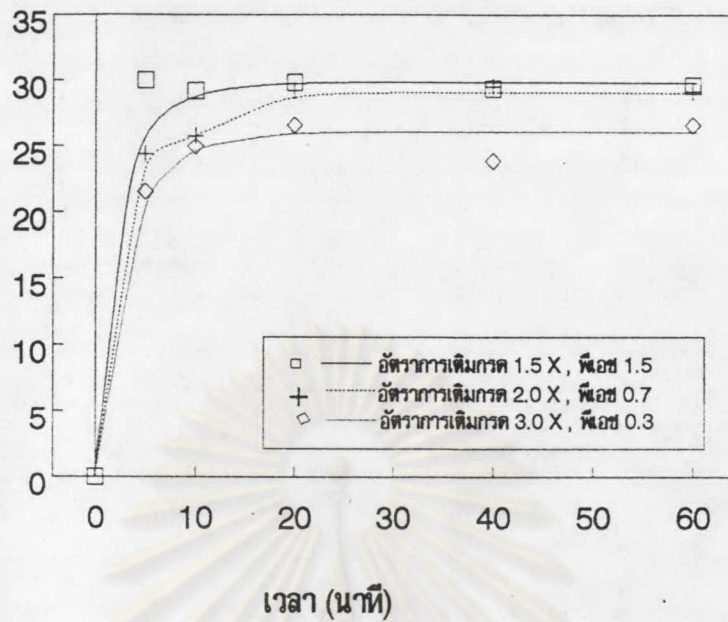


รูปที่ 5.19 แบบแผนการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



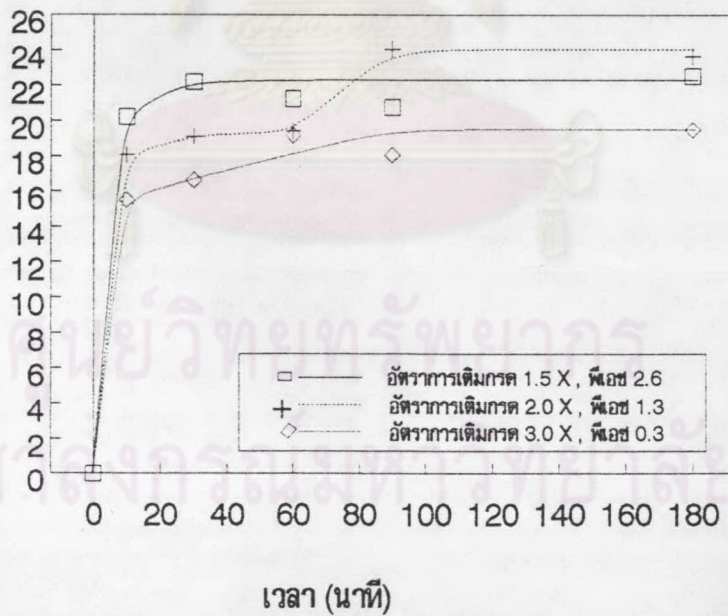
รูปที่ 5.20 แบบแผนการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.21 แบบแผนการละลายกาสะกอนโซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง

ความเข้มข้นโครเมียม (x 1000 มก./ล.)



รูปที่ 5.22 แบบแผนการละลายกาสะกอนโซเดียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

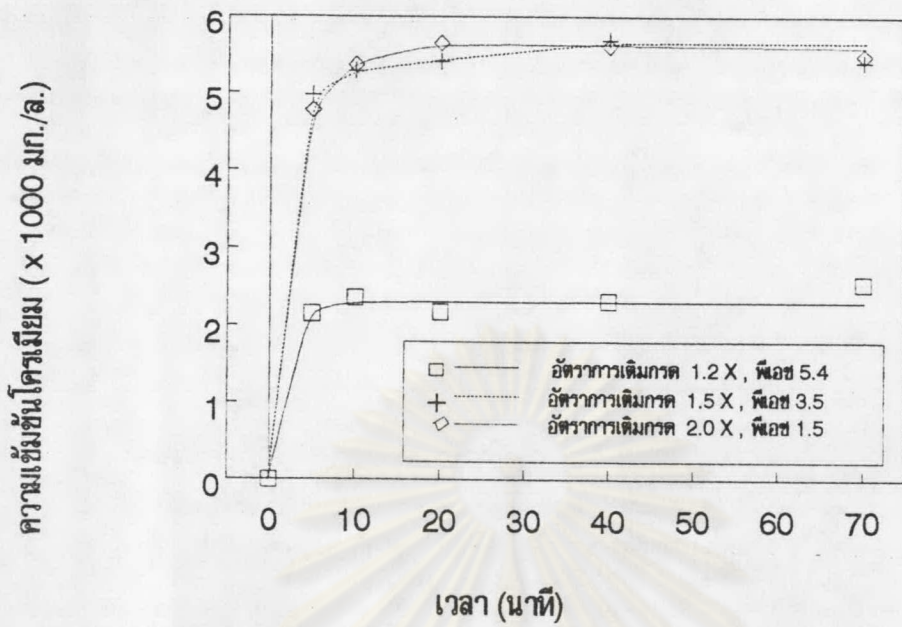
5.24 สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 5,764 มก./ล. และ 8.5 การทดสอบการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริก 3 ค่า คือ 1.2 , 1.5 และ 2.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคั่งที่หลังจากเติมกรดไปนาน 20-30 นาที สารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นมีความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายเท่ากับ 2,546 ; 5,410 และ 5,490 มก./ล. และพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 5.4 , 3.5 และ 1.5 ตามลำดับ การทดสอบการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดจำนวน 3 ค่า คือ 1.2 , 2.0 และ 2.5 เท่า สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมคั่งที่หลังจากเติมกรดไปนาน 40 นาที ความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายของสารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้น คือ 2,148 ; 5,967 และ 5,828 มก./ล. และพีเอชสุดท้าย คือ 5.6 , 2.0 และ 1.0 ตามลำดับ

#### ข) กากตะกอน

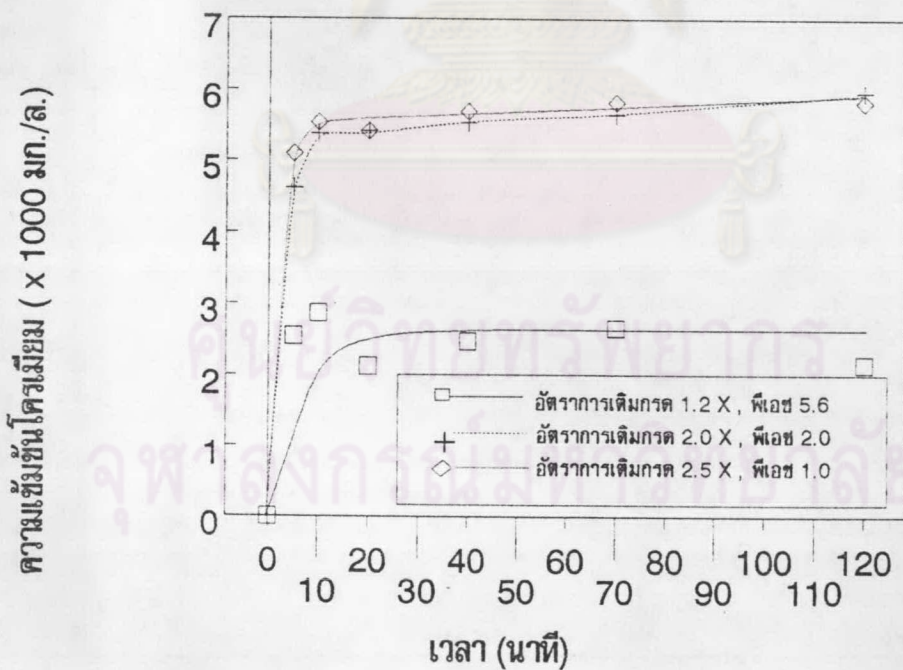
แบบแผนการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวแบบมีการกวนต่อเนื่องและการกวนเฉพาะตอนแรกไว้ในรูปที่ 5.25 และ 5.26 กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 31.8 มก./ก. และ 8.5 การทดสอบการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 3 ค่า คือ 1.0 , 1.5 และ 2.0 เท่า สารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นมีความเข้มข้นโครเมียมดังนี้ คือ 17,221 ; 22,277 และ 21,385 มก./ล. พีเอชสุดท้ายคือ 5.2 , 2.7 และ 1.0 ตามลำดับ การทดสอบการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีการแปรผันปริมาณกรดจำนวน 3 ค่า คือ 1.2 , 1.5 และ 2.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เริ่มคั่งที่หลังเติมกรดนาน 90 นาที สารละลายที่ได้จากการเติมกรดในอัตราข้างต้นมีความเข้มข้นโครเมียมสุดท้ายเท่ากับ 21,004 ; 24,027 และ 22,913 มก./ล. และพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 5.3 , 2.8 และ 0.9 ตามลำดับ

#### 5.5 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมที่อุณหภูมิห้อง

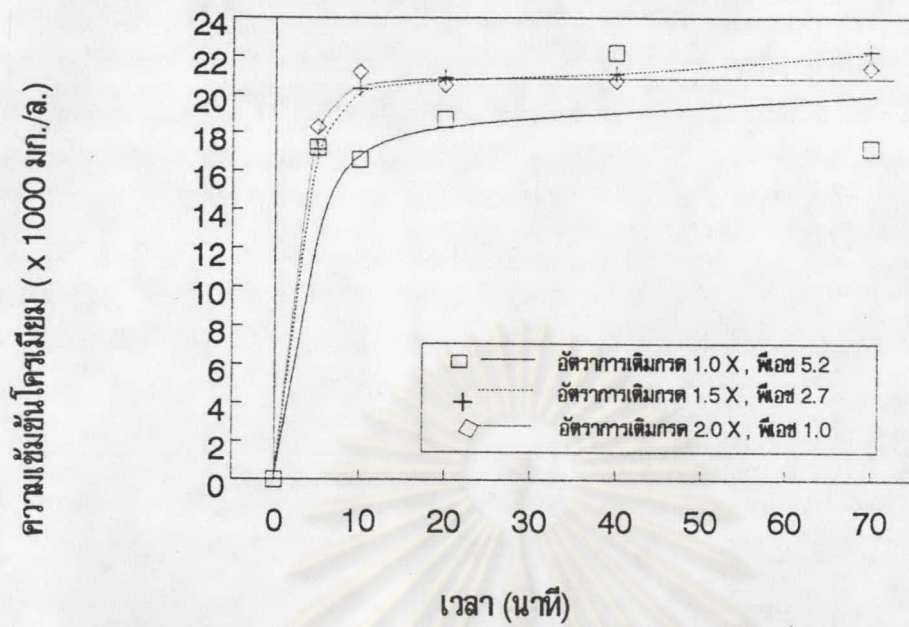
การทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมนั้นมีการทำขึ้นทั้งหมด 24 การทดสอบ โดยแบ่งเป็นการทดสอบการละลายตะกอนผลึกจากน้ำเสี้ยวที่ไม่มีสารช่วยตรึง 12 การทดสอบ และจากน้ำเสี้ยวที่มีสารช่วยตรึง 12 การทดสอบ โดยมีรายละเอียดเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 5.4 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยานำมาจากผลการทดสอบในหัวข้อที่ 5.4 โดยเลือกใช้ ดังนี้ การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะ



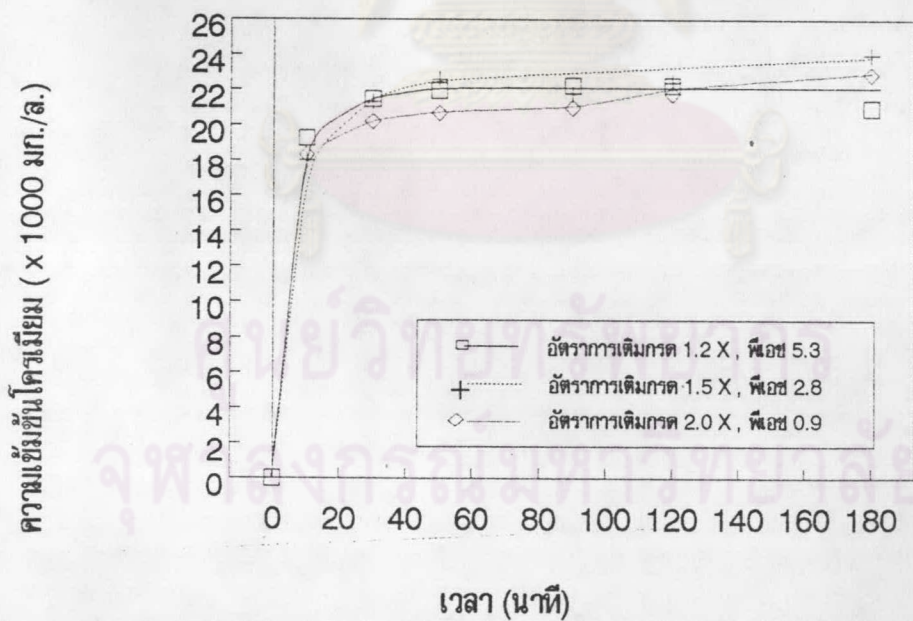
รูปที่ 5.23 แบบแผนการละลายสั้ดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสาร ซ่ายตริง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.24 แบบแผนการละลายสั้ดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสาร ซ่ายตริง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก



รูปที่ 5.25 แบบแผนการละลายภาคตะกอนแมงกานีสเชื่อมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสารช่วยทรง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.26 แบบแผนการละลายภาคตะกอนแมงกานีสเชื่อมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสารช่วยทรง ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก





ตอนแรก และการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องใช้ 60 นาที สำหรับการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกใช้ 90 นาที ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้คิดเป็นจำนวนเท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี โดย 1 เท่า (หรือ X) มีค่าเท่ากับ 2.83 ก.กรด/ก.โครเมียม

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมได้มีการคำนวณเปรียบเทียบจากโครเมียมทั้งหมด และโครเมียมละลายในน้ำเสีย และโครเมียมทั้งหมดในกากตะกอน ผลการทดสอบอย่างละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ จ.25-จ.30 ในภาคผนวก จ รูปที่ 5.27-5.34 แสดงผลการทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมจากการละลายตะกอนผลึกต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง สำหรับรูปที่ 5.35-5.42 เป็นผลการทดสอบจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง ผลการวิเคราะห์โครเมียมที่นำกลับได้และโครเมียมละลายในน้ำเสียมีระดับความถูกต้องใกล้เคียงกัน เนื่องจากใช้วิธีวิเคราะห์แบบเดียวกัน คือ วิธีไทเทรต (มีรายละเอียดในภาคผนวก ก) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมที่คำนวณเปรียบเทียบจากโครเมียมละลายในน้ำเสีย เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกปริมาณกรดที่เหมาะสม และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียม

พบว่าสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกมีพีเอชลดลงสัมพันธ์กับปริมาณกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรูปที่ 5.29-5.34 และ 5.37-5.42) เมื่ออัตราการเติมกรดน้อยกว่าอัตราการเติมกรดที่เหมาะสม (ซึ่งสารละลายที่ได้มีพีเอชอยู่ในช่วง 2.0-5.0 ขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอนผลึก) ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับอัตราการเติมกรดซัลฟูริกที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการเติมกรดในอัตราที่มากกว่าอัตราที่เหมาะสมแล้วสารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์มีความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และสำหรับสารละลายที่ได้จากการละลายกากตะกอนมีความเข้มข้นโครเมียมลดลง ในการละลายกากตะกอนใช้กรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 โดยมีอัตราการเติมอยู่ในช่วง 0.12-1.0 ลิตร/กก. กากตะกอน (กากตะกอนที่ใช้มีปริมาตรอยู่ในช่วง 0.82-0.97 ลิตร/กก. กากตะกอน) การเพิ่มปริมาตรกรดซัลฟูริกที่มีน้ำอยู่ถึง 4 ส่วนนั้นสามารถเจือจางสารละลายที่ได้ให้มีความเข้มข้นลดลงได้ การละลายสลัดจ์ใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นซึ่งปริมาตรที่ใช้ก็น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรของสลัดจ์ ดังนั้นเมื่อเติมกรดในอัตราที่มากกว่าอัตราที่เหมาะสมความเข้มข้นของสารละลายที่ได้จึงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามสารละลายที่ได้จากการละลายกากตะกอนมีความเข้มข้นโครเมียมสูงกว่าสารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์มาก

### 5.5.1 การทดสอบโดยใช้น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง

ผลการทดสอบการละลายสลัดจ์และกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5.27-5.28 ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายสำหรับกรดซัลฟูริกเพื่อใช้เปรียบเทียบการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ คิดเทียบกับกก.โครเมียมในน้ำเสียแสดงในรูปที่ 5.27-5.28 ค.) ค่าใช้จ่ายจริงต้องปรับด้วยค่าโครเมียมในน้ำเสียของแต่ละการทดสอบ พบว่าสลัดจ์ที่ต้องการกรดซัลฟูริกมากที่สุด คือ สลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตต้องการประมาณ 1.6 เท่า รองลงมาคือสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ต้องการประมาณ 1.5 เท่า และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวต้องการประมาณ 1.0 เท่า ราคากรดซัลฟูริกเรียงตามลำดับได้แก่ 20.1 , 18.9 และ 12.6 บาท/กก.

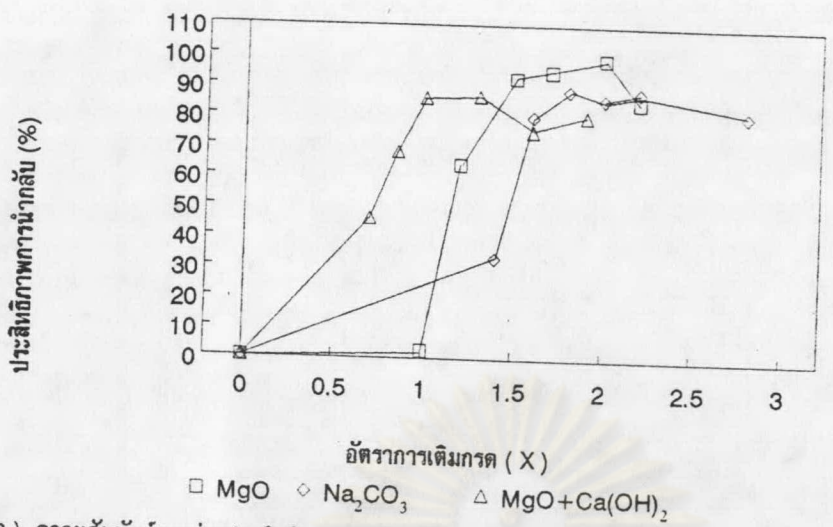
ประสิทธิภาพการนำกลับของการละลายสลัดจ์เรียงจากมากไปหาน้อย คือ สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ (ประมาณ 92.9 %) โซเดียมคาร์บอเนต(ประมาณ 84.0 %) และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว (ประมาณ 76.3 %) สำหรับการละลายกากตะกอนทั้ง 3 ประเภทมีประสิทธิภาพการนำกลับอยู่ในช่วง 87.5-117.7 % โดยกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ต้องการปริมาณกรดซัลฟูริกมากที่สุดคือ 1.4 เท่า รองลงมา คือกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตประมาณ 1.0 เท่า และกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวคือ 0.9 เท่า

ค่าใช้จ่ายในการละลายตะกอนผลึกต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 12.7 -22.6 บาท/กก.โครเมียม การเติมกรดที่มากเกินไปมีผลต่อพีเอชของสารละลายที่ได้ โดยอาจทำให้พีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ เมื่อนำไปฟอกโครมต้องมีการปรับพีเอชให้เพิ่มขึ้นเป็น 3.8-4.0 ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงควรเติมกรดในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณที่เหมาะสม โดยพิจารณาที่พีเอชของสารละลายที่ได้เป็นหลัก อัตราการเติมกรดและพีเอชที่เหมาะสมในการละลายตะกอนผลึกต่าง ๆ มีรายละเอียดอยู่ในหัวข้อย่อยต่อไป

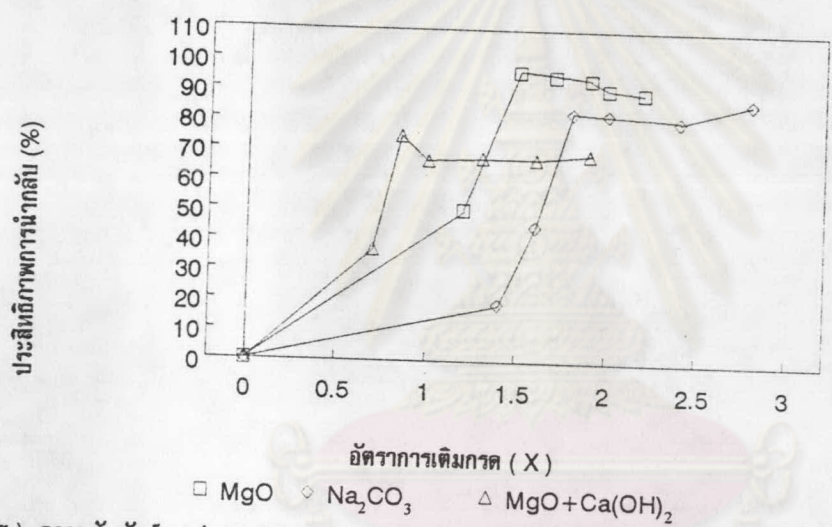
#### 5.5.1.1 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

##### ก) สลัดจ์

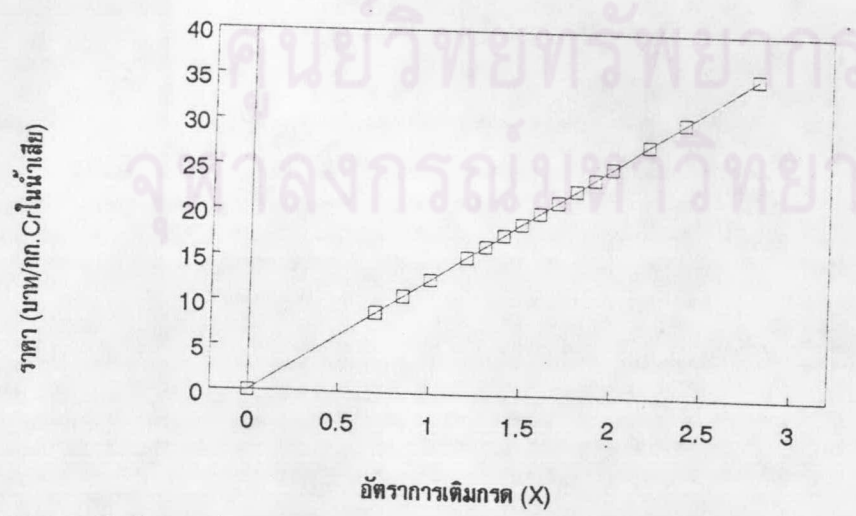
การทดสอบการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์มีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกทั้งหมด 6 ค่า คือ 1.0 , 1.2 , 1.5 , 1.7 , 2.0 และ 2.2 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 15,208 มก./ล. และ 9.0



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการเติมกรดในการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนต่อเนื่อง

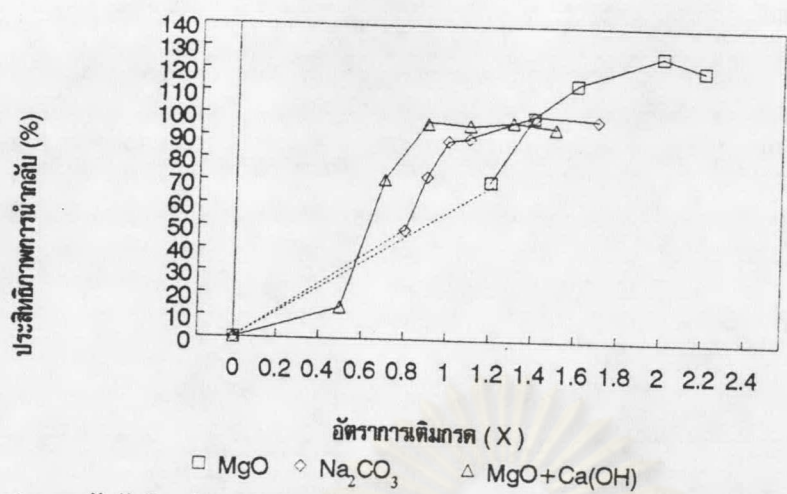


ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการเติมกรดในการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

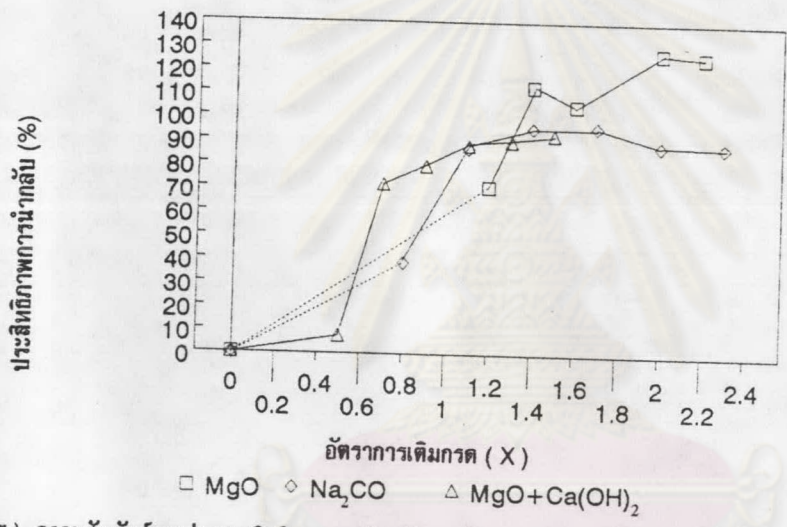


ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างราคากับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

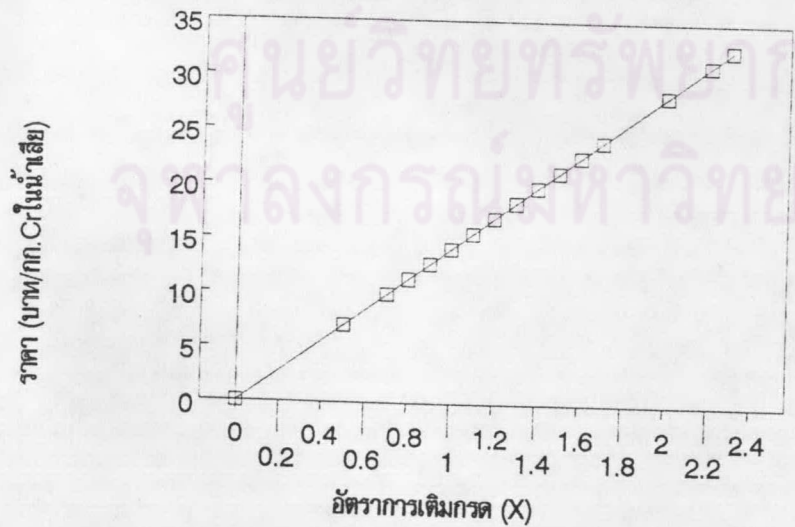
รูปที่ 5.27 เปรียบเทียบผลการทดสอบการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการเติมกรดในการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แบบมีการวนต่อเนื่อง



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการเติมกรดในการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แบบมีการวนเฉพาะตอนแรก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างราคากับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.28 เปรียบเทียบผลการทดสอบการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยฟloc

ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการผลิตที่เหมาะสมคือ 1.5 เท่าและสารละลายที่ได้มีพีเอชเท่ากับ 2.9 การเติมกรดมากกว่า 1.5 เท่าได้สารละลายที่มีพีเอชต่ำกว่า 2.9 (และอาจต่ำกว่าศูนย์ได้ถ้าใช้กรดมากกว่า 2.2 เท่า) แต่ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้และประสิทธิภาพการนำกลับเปลี่ยนแปลงน้อยและไม่สัมพันธ์กับปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.29) ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 12,248-13,699 มก./ล.

ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

ประสิทธิภาพการนำกลับใช้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการนำกลับที่ได้จากอัตราการผลิตในช่วง 1.5-2.2 เท่า การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีประสิทธิภาพการนำกลับที่ใกล้เคียงกันคือ 92.9 % และ 93.0 % ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่จำเป็นต้องใช้การกวนอย่างต่อเนื่องสำหรับกรณีนี้

ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์มีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ทั้งหมด 5 ค่า คือ 1.2 , 1.4 , 1.6 , 2.0 และ 2.2 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 53.6 มก./ก. และ 9.1

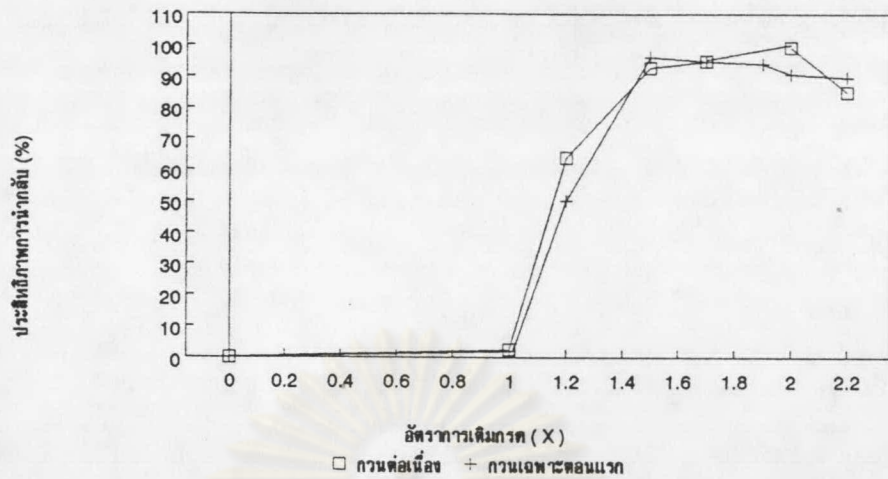
ข.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

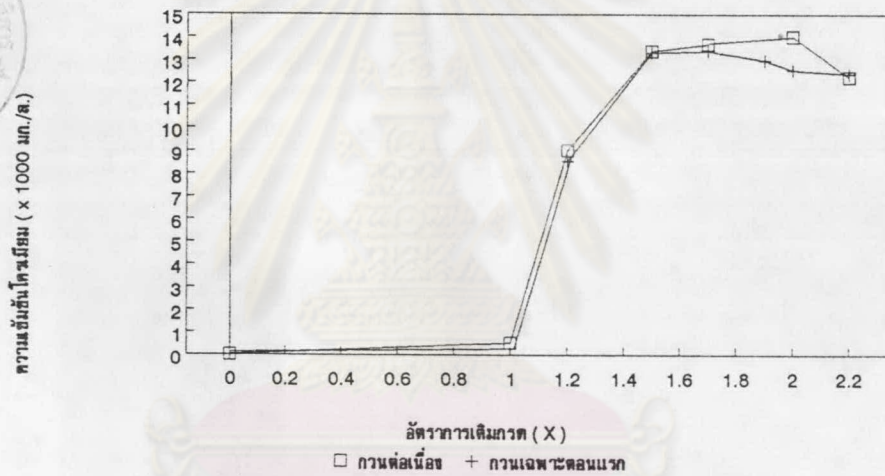
อัตราการผลิตที่เหมาะสมคือ 1.4 เท่าและสารละลายที่ได้มีพีเอชเท่ากับ 3.5 การเติมกรดมากกว่า 1.4 เท่าได้สารละลายที่มีพีเอชและความเข้มข้นโครเมียมต่ำลงตามปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.30) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 5.5 และพีเอชของสารละลายที่ได้อาจต่ำกว่าศูนย์ได้ถ้าเติมกรดมากกว่า 2.2 เท่า สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 34,830-46,216 มก./ล.

ข.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

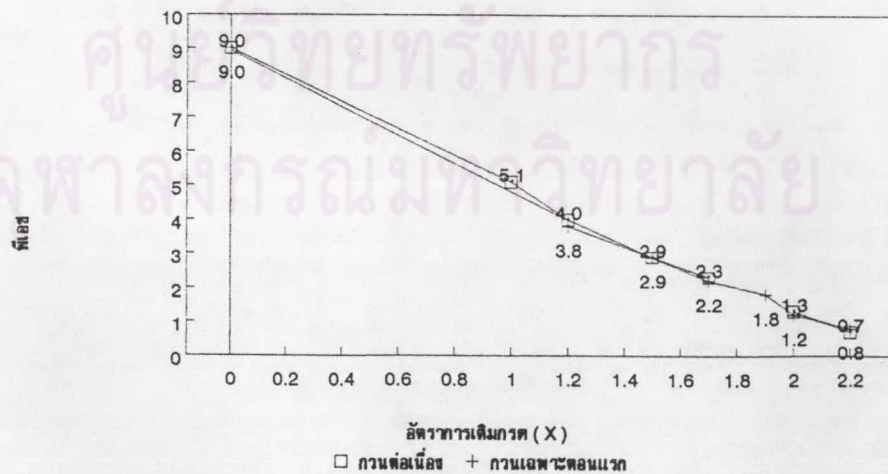
เมื่อเติมกรดในอัตราที่มากกว่า 1.4 เท่า



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

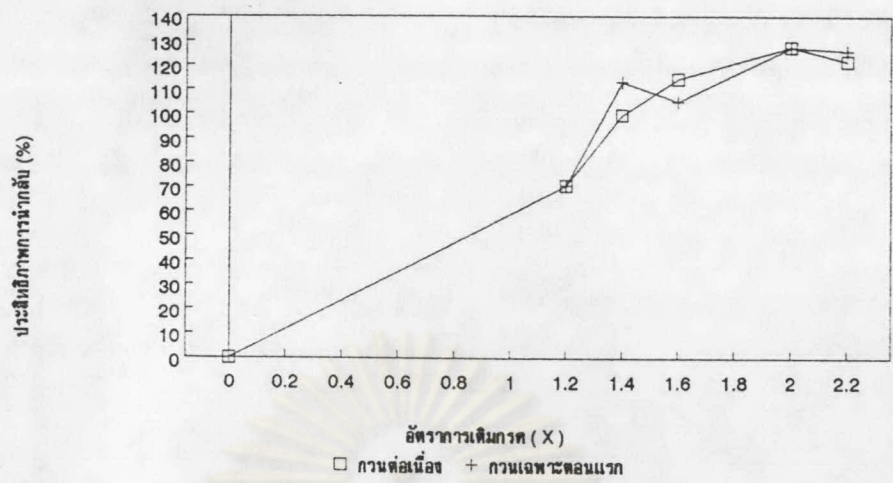


ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

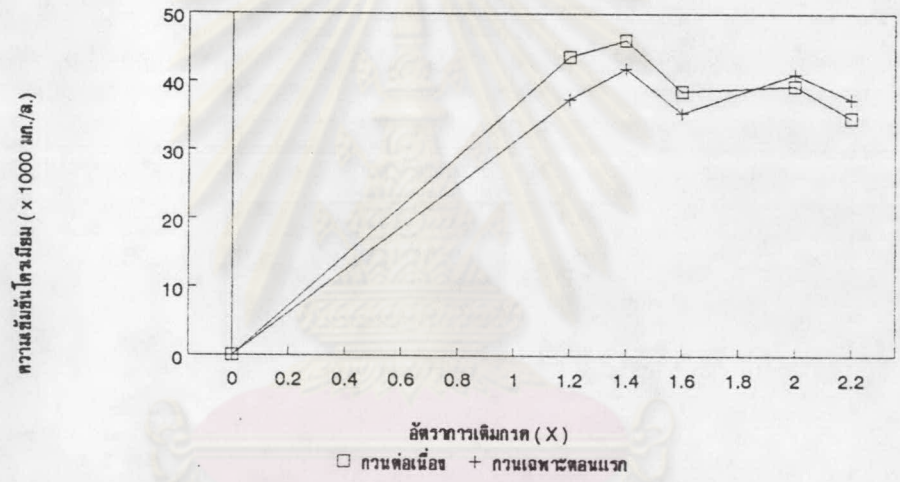


ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

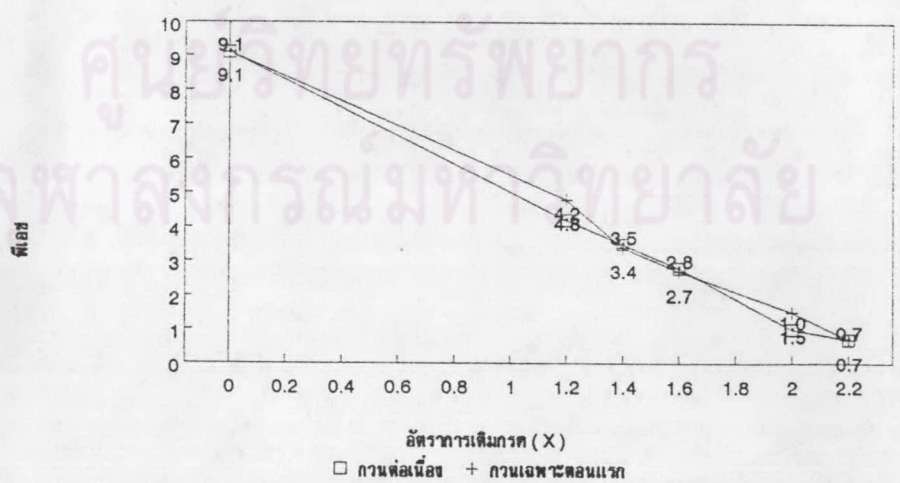
รูปที่ 5.29 การละลายสังกะสีและโครเมียมออกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารส่วตัวที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง และมีการกวนเฉพาะตอนแรก



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมน้ำ



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมน้ำ



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างฟิโอกับอัตราการเติมน้ำ

รูปที่ 5.30 การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยฟloc ที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก

ประสิทธิภาพการนำกลับมีค่ามากกว่า 100 % ซึ่งเป็นค่าที่คิดเทียบกับโครเมียมละลายในน้ำเสีย เนื่องจากภาคตะกอนที่นำมาใช้อาจมีเศษหนึ่งซึ่งตกตะกอนลงมาอยู่ในตะกอนพลิกได้ เศษหนึ่งเหล่านั้นอาจมีโครเมียมคุดติดอยู่ สืบเกิดได้จากค่าโครเมียมทั้งหมดในน้ำเสียมีค่ามากกว่าค่าโครเมียมละลาย ในการละลายภาคตะกอนมีการเติมกรดซัลฟูริกซึ่งอาจไปย่อย เศษหนึ่ง ทำให้ได้โครเมียมเพิ่มออกมามากขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพที่คิดเทียบกับโครเมียมละลายในน้ำเสียมีค่าสูงกว่า 100 % ได้ ประสิทธิภาพการนำกลับใช้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการนำกลับที่ได้จากอัตราการเติมกรดในช่วง 1.4-2.4 เท่า การละลายภาคตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีประสิทธิภาพการนำกลับที่ใกล้เคียงกันคือ 115.7 % และ 117.7 % ตามลำดับ ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนื่องจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

#### 5.5.1.2 ตะกอนพลิกโซเดียมคาร์บอเนต

##### ก) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกทั้งหมด 6 ค่า คือ 1.4 , 1.6 , 1.8 , 2.0 , 2.4 และ 2.8 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 5041 มก./ล. และ 8.0

##### ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

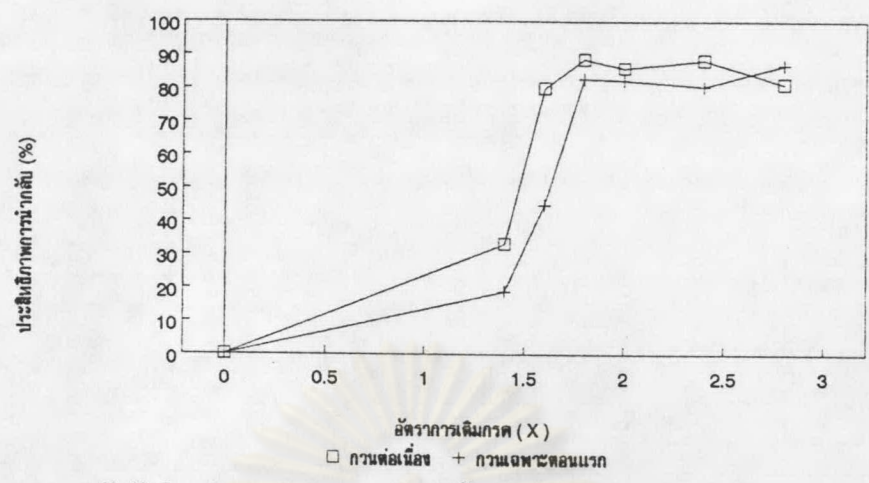
##### โครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมในการละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 1.6 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้เท่ากับ 2.6 และสำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 1.8 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้เท่ากับ 2.5 การเติมกรดมากกว่าอัตราการเติมกรดที่เหมาะสมนี้ได้สารละลายที่มีพีเอชต่ำลงตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นโครเมียมและประสิทธิภาพการนำกลับเปลี่ยนแปลงน้อยและไม่สัมพันธ์กับปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.31) สารละลายที่ได้จะมีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ถ้าเติมกรดมากกว่า 2.8 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 4,138 -4,609 มก./ล.

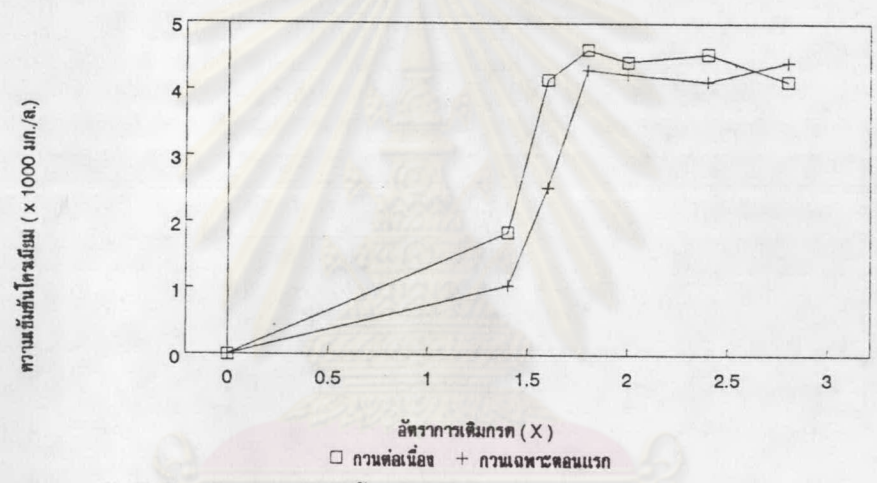
##### ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่อง (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.6-2.8 เท่า) เท่ากับ 84.8 % และ

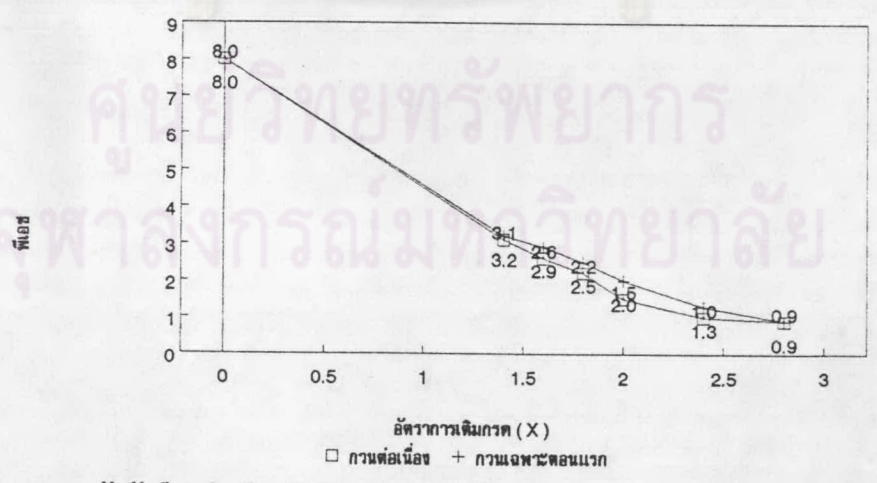




ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.31 การละลายของโครเมียมคาร์บอเนตจากน้ำเสียที่ไม่สามารถขจัดด้วยวิธีบำบัดแบบเมิกการกวนต่อเนื่อง และมีกการกวนเฉพาะตอนแรก

สำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.8-2.8 เท่า) เท่ากับ 83.0 % การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการนำกลับมากกว่าการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกอย่างเห็นได้ชัด เมื่ออัตราการเติมกรดน้อยกว่า 1.8 เท่า (ดูรูปที่ 5.31) อาจเนื่องมาจากโซเดียมคาร์บอเนตบางส่วนที่ทำปฏิกิริยาไม่หมดละลายอยู่ในสลัดจ์ซึ่งเป็นตัวรบกวนการละลายได้ (ด้วยความเป็นด่างของโซเดียมคาร์บอเนต) หรืออาจมีตะกอนผลึกโครเมียมIIIคาร์บอเนตเกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างตะกอนผลึกได้ เนื่องจากมีการเพิ่มพีเอชเป็น 8.0-9.0 ซึ่งเป็นช่วงที่คาร์บอเนตไอออนอยู่ได้และอาจเกิดการสร้างพันธะเป็นโครเมียมIIIคาร์บอเนตได้ ตะกอนผลึกโครเมียมIIIคาร์บอเนตค่อนข้างละลายยาก หรืออาจเป็นเพราะเมื่อเวลาผ่านไป (สลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตต้องทิ้งไว้ให้ตกตะกอนนานถึง 15 ชม.) โครเมียมIIIไฮดรอกไซด์เปลี่ยนไปเป็นโครเมียมIIIออกไซด์ ( $Cr_2O_3$ ) ซึ่งมีความคงตัวและละลายออกมายาก ดังนั้นการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องจึงมีประสิทธิภาพการนำกลับดีกว่าการกวนเฉพาะตอนแรก

## ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตแบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกทั้งหมด 6 ค่า คือ 0.8 , 0.9 , 1.0 , 1.1 , 1.4 และ 1.7 เท่า สำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 0.8 , 1.1 , 1.4 , 1.7 , 2.0 และ 2.3 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 36.8 มก./ก. และ 8.1

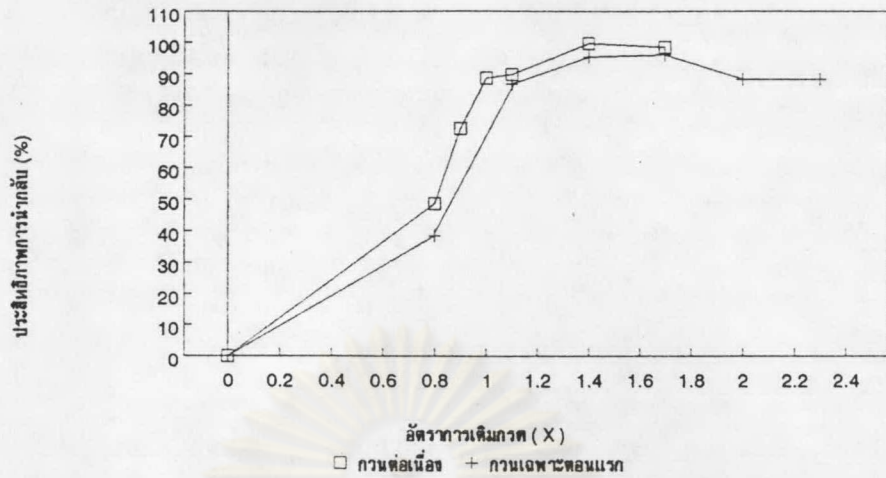
### ข.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

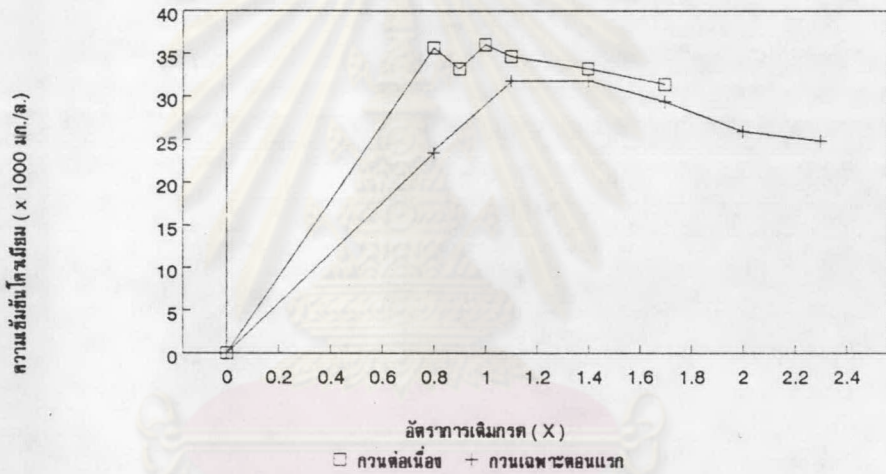
อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมในการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 1.0 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้เท่ากับ 2.3 และสำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 1.1 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้เท่ากับ 1.9 การเติมกรดมากกว่าอัตราการเติมกรดที่เหมาะสมนี้ได้สารละลายที่มีพีเอชและความเข้มข้นโครเมียมต่ำลงตามปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.32) พีเอชของสารละลายที่ได้ต่ำกว่าศูนย์ได้ถ้าเติมกรดมากกว่า 1.7 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายได้อยู่ในช่วง 24,888-36,108 มก./ล.

### ข.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

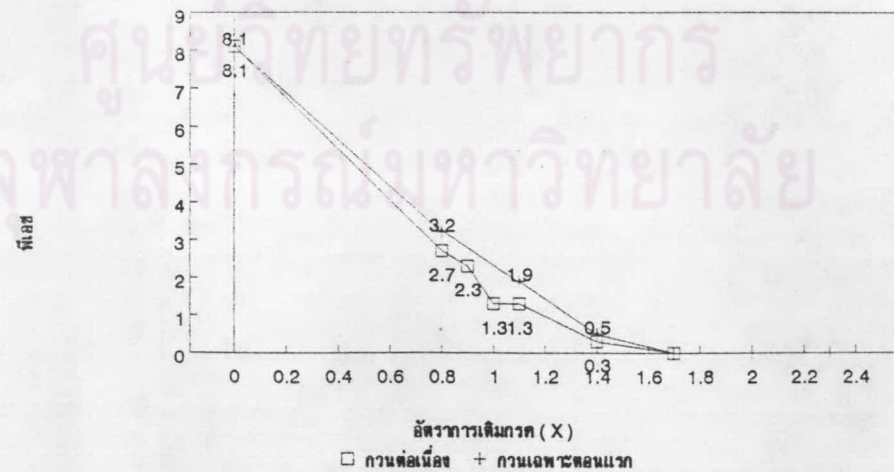
ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายแบบมีการ



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.32 การละลายธาตุตะกอนโครเมียมคาร์บอนเตตระออกไซด์ที่ไม่มีสารช่วยฟอสที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวน คัสเน็ลและมีการกวนเฉพาะตอนแรก

กวนต่อเนื่อง (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.0-1.7 เท่า) เท่ากับ 94.2 % และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.1-2.3 เท่า) เท่ากับ 90.9 % เมื่ออัตราการเติมกรดน้อยกว่า 1.0 เท่าการละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการนำกลับมากกว่าการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก (ดูรูปที่ 5.32) โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับการละลายสลัดจ์ ดังนั้นในกรณีนี้ควรใช้การกวนอย่างต่อเนื่องในการละลายกากตะกอน

### 5.5.1.3 ตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

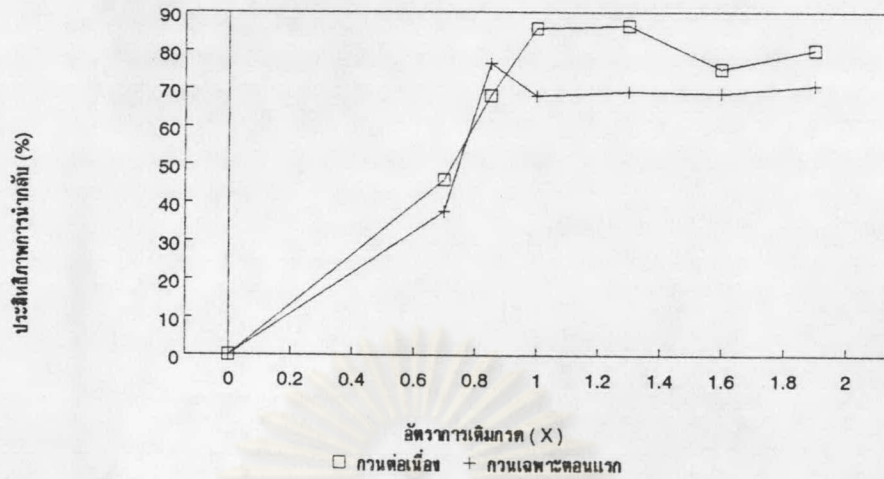
#### ก) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีการแปรผันกรดซัลฟูริกทั้งหมด 6 ค่า คือ 0.7 , 0.85 , 1.0 , 1.3 , 1.6 และ 1.9 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 10,059 มก./ล. และ 7.5 รูปที่ 5.33 แสดงผลการทดสอบการละลายสลัดจ์ทั้งแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

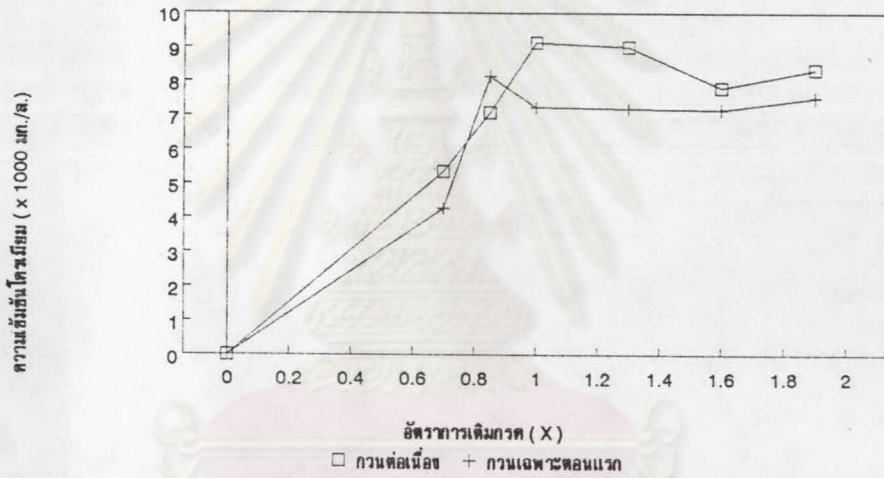
ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับสภาพการละลายทั้ง 2 แบบ คือ 1.0 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้เท่ากับ 2.5 สารละลายที่ได้จะมีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ถ้าเติมกรดมากกว่า 1.9 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องอยู่ในช่วง 7,825 - 9,136 มก./ล. และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกอยู่ในช่วง 7,170-7,538 มก./ล.

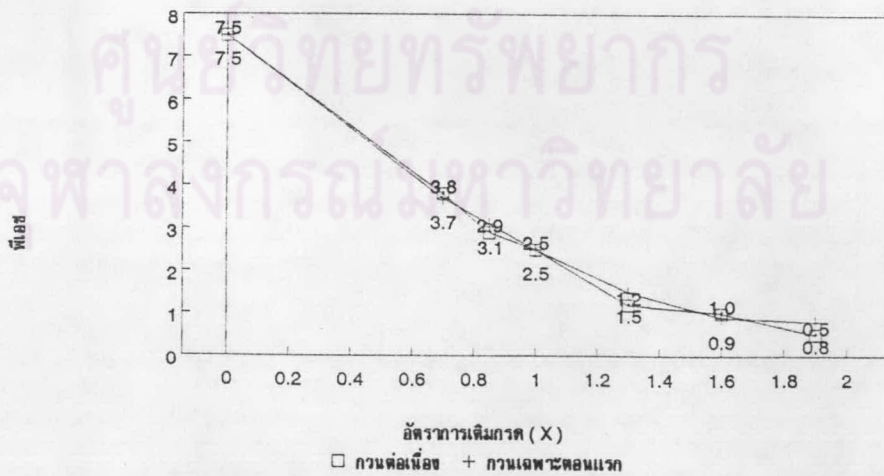
ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน  
ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายสลัดจ์ทั้งสองแบบคิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.0-1.9 เท่า การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการนำกลับเท่ากับ 81.9 % และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกเท่ากับ 70.7 % ประสิทธิภาพการนำกลับของการละลายสลัดจ์ประเภทนี้ค่อนข้างต่ำและการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีประสิทธิภาพการนำกลับน้อยกว่าแบบมีการกวนต่อเนื่องอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจากในสลัดจ์มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกินพอละลายอยู่ เมื่อมีการเติมกรดซัลฟูริกจะไปละลายสลัดจ์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับซัลเฟตไฮดรอกไซด์เกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตที่ตกตะกอนได้ ซึ่งอาจเป็นการรบกวนสมดุลการละลายของ



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราหาเติมกรดซัลฟูริก



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราหาเติมกรดซัลฟูริก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราหาเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.33 การละลายสัลดิงแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยผิวที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่องและการกวนเฉพาะตอนแรก



โครเมียมIII (สมการที่ 3.9) ทำให้โครเมียมIIIในรูปสารละลายลดลงประสิทธิภาพการนำกลับจึงต่ำ การกวนต่อเนื่องไปช่วยให้สมดุลย์ค่าเงินไปข้างหน้าได้มากขึ้น โครเมียมส่วนที่ไม่ละลายนี้มีปริมาณมากกว่าการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นในการละลายสัลดจ์ประเภทนี้ควรทำการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่อง

#### ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีการแปรผันกรดซัลฟูริกเจือจาง 1 + 4 ทั้งหมด 6 ค่า คือ 0.5 , 0.7 , 0.9 , 1.1 , 1.3 และ 1.5 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและฟิเอชเท่ากับ 35.4 มก./ก. และ 7.5

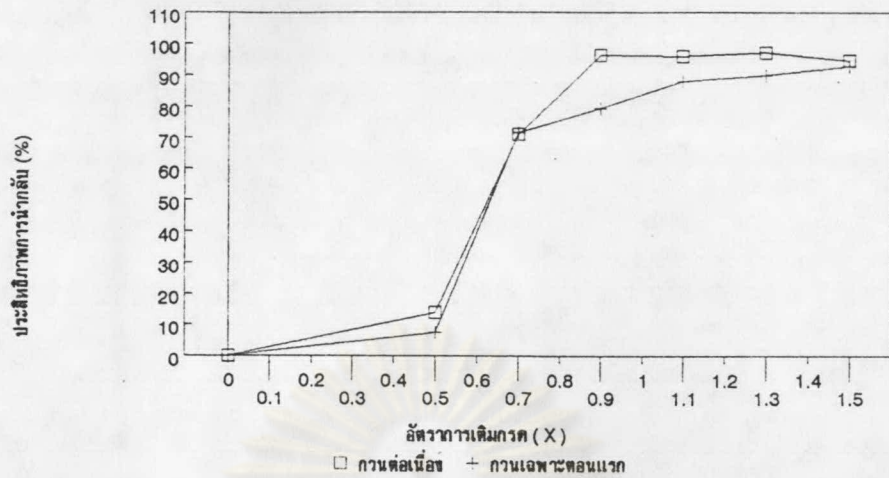
##### ข.1) ปริมาณกรด-ฟิเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

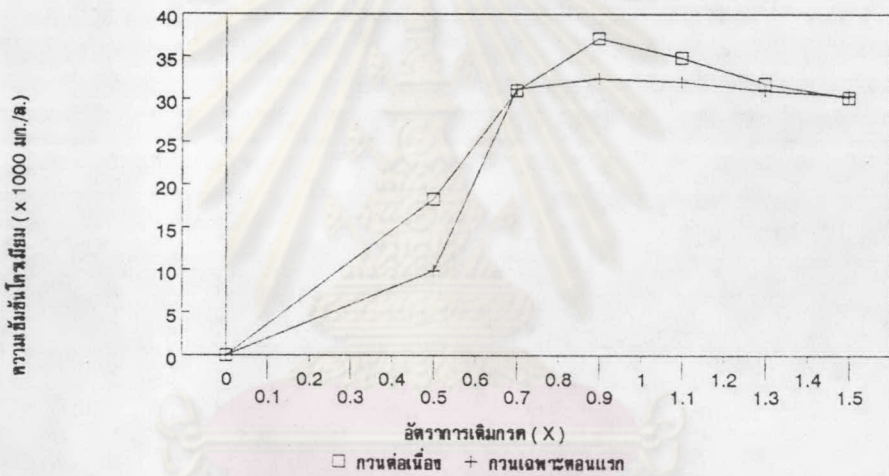
อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลายทั้ง 2 แบบ คือ 0.9 เท่า ฟิเอชของสารละลายที่ได้จากการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 1.8 และสำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 2.7 การเติมกรดมากกว่า 1.5 เท่าทำให้ฟิเอชของสารละลายที่ได้ต่ำกว่าศูนย์ ฟิเอชของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวค่อนข้างเปลี่ยนแปลงมากแม้มีการเพิ่มปริมาณกรดเพียงเล็กน้อย(ดูรูปที่ 5.34) ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 30,396-37,128 มก./ล.

##### ข.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

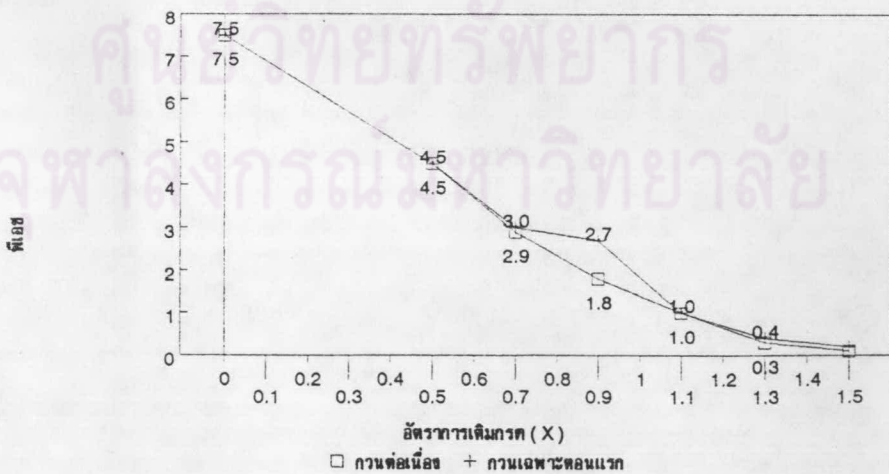
ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายกากตะกอนคิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 0.9-1.5 เท่า การละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องมีประสิทธิภาพการนำกลับเท่ากับ 95.9 % และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกเท่ากับ 87.5 % ประสิทธิภาพการนำกลับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีค่าต่ำกว่าแบบมีการกวนต่อเนื่องและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น(ดูรูปที่ 5.34) แต่ถือว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับในช่วงการเติมกรดที่น้อยกว่า 0.9 เท่า (อัตราที่เหมาะสม) เหตุผลที่ประสิทธิภาพการนำกลับต่ำนั้นเป็นเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นควรใช้การกวนอย่างต่อเนื่องสำหรับกรณีนี้



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.34 การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยผิวที่อุณหภูมิห้อง แบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก

### 5.5.2 การทดสอบโดยใช้น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง

ผลการทดสอบการละลายสลัดจ์และกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5.35 และ 5.36 ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายสำหรับกรดซัลฟูริกในการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ คิดเทียบกับกก.โครเมียมในน้ำเสีย(ดังแสดงในรูปที่ 5.35-5.36 ค.) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ต้องการปริมาณกรดซัลฟูริกมากที่สุดคือ 3.0 - 3.8 เท่า รองลงมาคือตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนตประมาณ 1.6 - 2.0 เท่า และตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวประมาณ 1.4 - 1.5 เท่า ราคากรดซัลฟูริกเรียงตามลำดับได้แก่ 37.7-47.8 , 20.1-25.2 และ 17.6-18.9 บาท/กก.โครเมียม

ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายตะกอนผลึกทั้ง 3 ประเภทนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 87.7 % - 96.2 % ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์มีความโดดเด่นมากในแง่ของปริมาณกรดที่ใช้ เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายแล้วต้องจ่ายมากกว่าตะกอนผลึกประเภทอื่น ๆ ถึง 17.3-27.4 บาท/กก.โครเมียม อย่างไรก็ตามในการเลือกไปใช้งานยังต้องพิจารณาด้านอื่น ๆ ประกอบอีก รายละเอียดของอัตราการเติมกรดที่เหมาะสมและพีเอชของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ อยู่ในหัวข้อย่อต่อไปนี้

#### 5.5.2.1 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

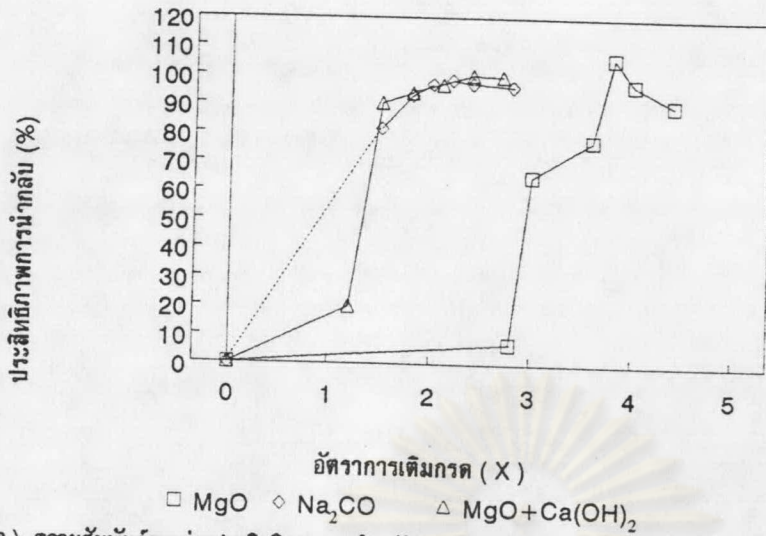
##### ก.) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์แบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกจำนวน 6 ค่า คือ 2.8 , 3.0 , 3.6 , 3.8 , 4.0 และ 4.4 เท่า และสำหรับการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 3.0 , 3.6 , 3.8 , 4.0 , 4.4 และ 4.6 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 11,404 มก./ล. และ 8.9

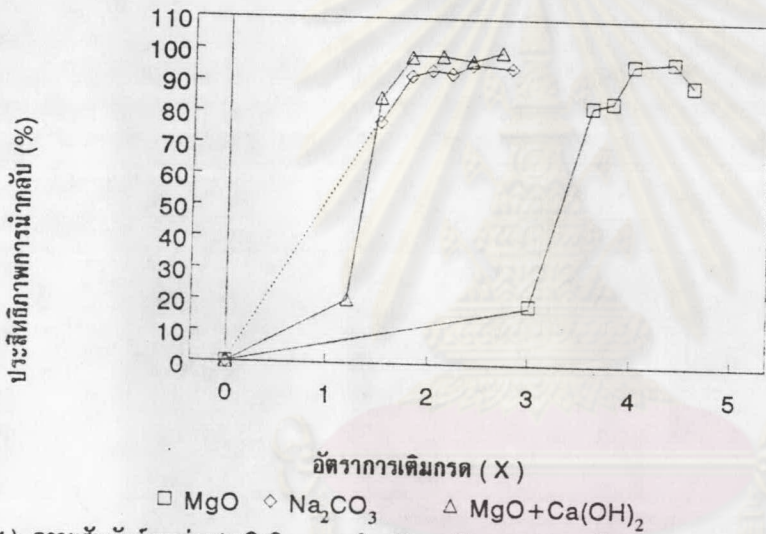
ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลายทั้ง 2 แบบคือ 3.6 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้จากการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 3.4 และแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 2.8 สารละลายที่ได้มีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ถ้ามีการเติมกรดมากกว่า 4.6 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 9,200-12,044 มก./ล.

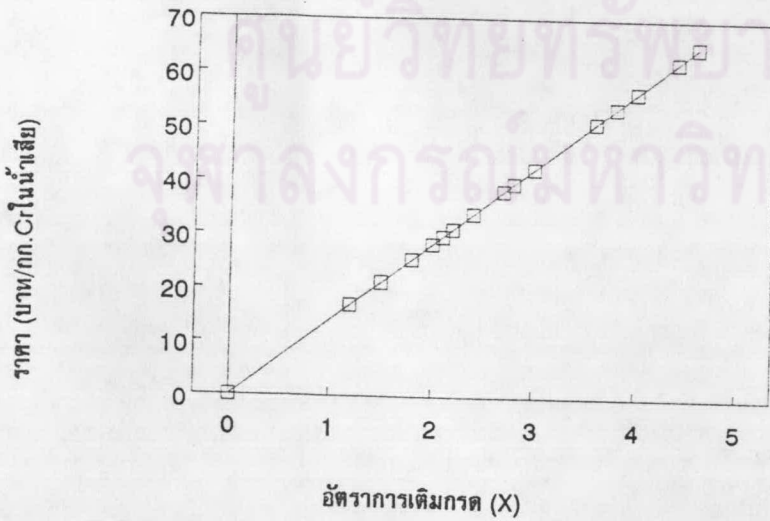




ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการใช้ปูนขาวในการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนต่อเนื่อง

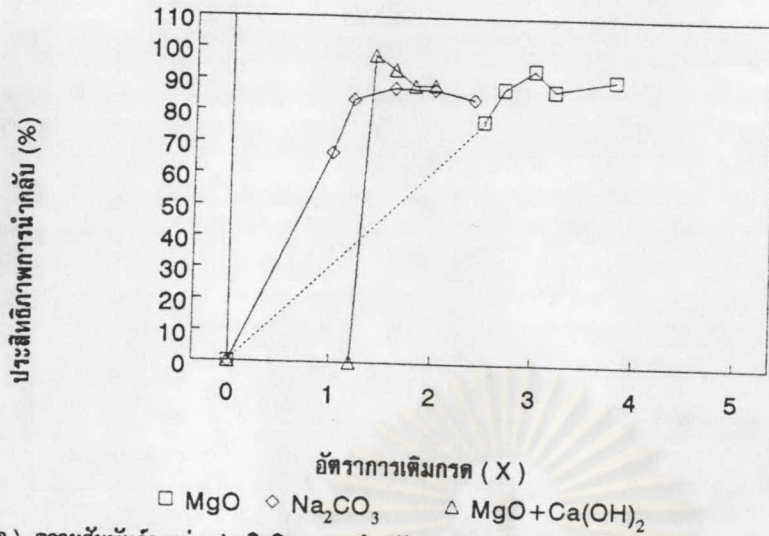


ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการใช้ปูนขาวในการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก

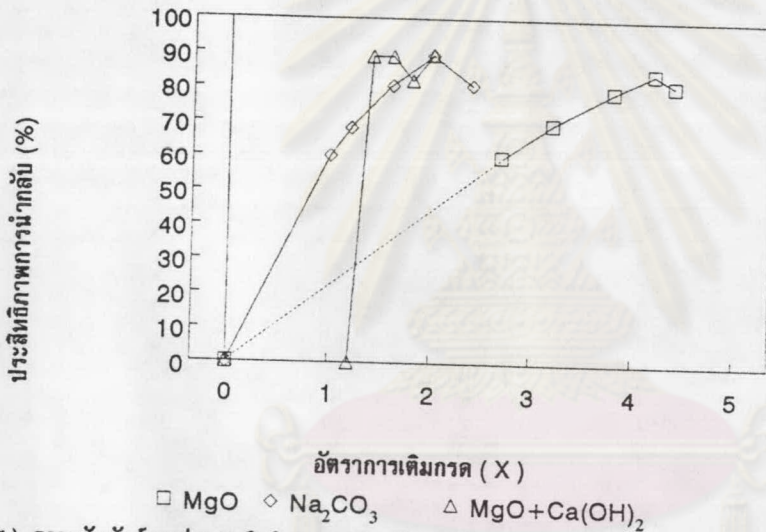


ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างราคากับอัตราการใช้ปูนขาว

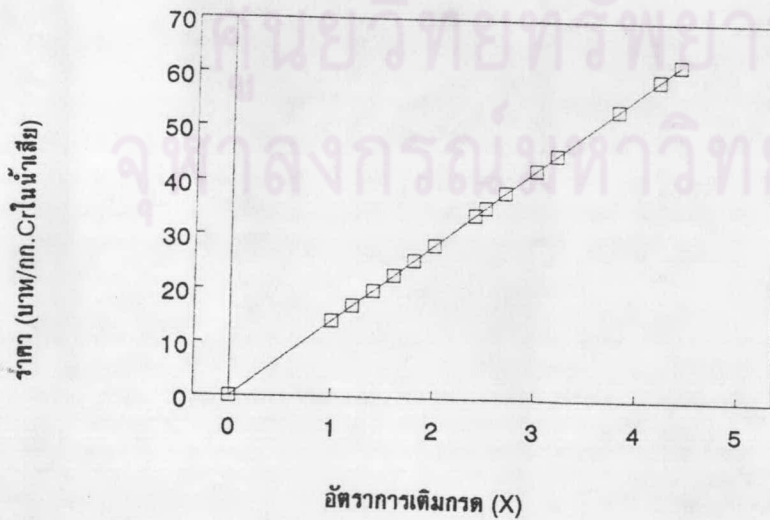
รูปที่ 5.35 เปรียบเทียบผลการทดสอบการละลายสลัดจ์ประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่มีสารสังกะสี



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการใช้ปูนในการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนต่อเนื่อง



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับและอัตราการใช้ปูนในการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ แบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างราคากับอัตราการใช้ปูนขัลฟูริก

รูปที่ 5.36 เปรียบเทียบผลการทดสอบการละลายกากตะกอนประเภทต่าง ๆ จากน้ำเสียที่มีสารซัลไฟ



## ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

### ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายสลัดจ์แบบ

มีการกวนต่อเนื่อง (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 3.6-4.4 เท่า) เท่ากับ 92.6 % และสำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 3.6-4.6 เท่า) เท่ากับ 89.8 % ในช่วงการเติมกรดที่น้อยกว่าอัตราที่เหมาะสม (3.6 เท่า) นั้นประสิทธิภาพการนำกลับของการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องมากกว่าแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกอย่างมาก (ดูรูปที่ 5.37) อาจเนื่องมาจากตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์นี้ได้มาจากการเติมสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ถึง 4 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี ทำให้ตะกอนฟล็อกมีแมกนีเซียมและไฮดรอกไซด์ไอออนที่เกินพอจำนวนมาก (เนื่องจากปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์จำนวนมากถึง 4 เท่านี้ต้องเติมลงไปเพื่อปรับพีเอชให้มาก 7 ซึ่งโครเมียม III ไฮดรอกไซด์สามารถตกตะกอนได้ แต่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจริงเพียงบางส่วน) แมกนีเซียมและไฮดรอกไซด์ไอออนเหล่านี้เป็นตัวรบกวนสมดุลการละลายของโครเมียมในสมการที่ 3.9 เป็นผลให้ต้องใช้กรดมากขึ้นถึง 3.6 เท่า และต้องอาศัยการกวนแบบต่อเนื่องช่วยในการละลายสลัดจ์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพการนำกลับที่มากขึ้น แต่ในช่วงการเติมกรดที่มากกว่า 3.6 เท่าความเข้มข้นโครเมียมและประสิทธิภาพการนำกลับจากการละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกนั้น มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนื่องจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

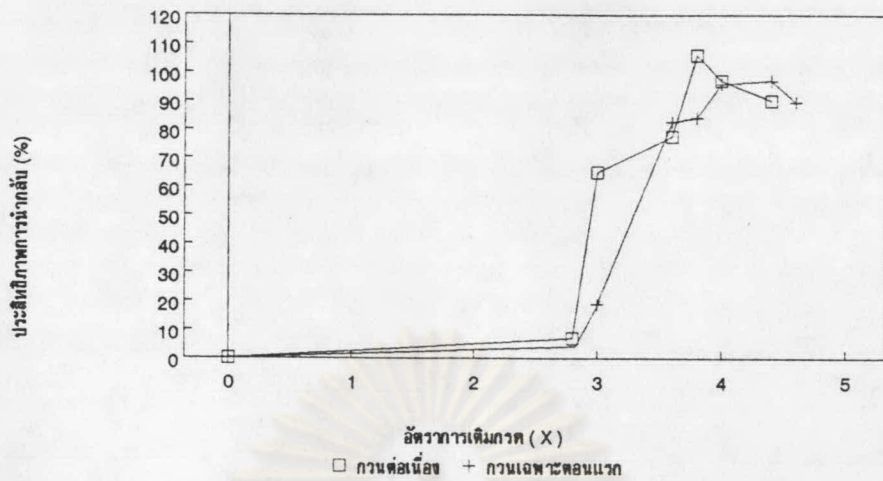
### ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์แบบมีการกวนต่อเนื่องมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ทั้งหมด 5 ค่า คือ 2.5, 2.7, 3.0, 3.2 และ 3.8 เท่า และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 2.7, 3.2, 3.8, 4.2 และ 4.4 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 29.4 มก./ก. และ 8.7

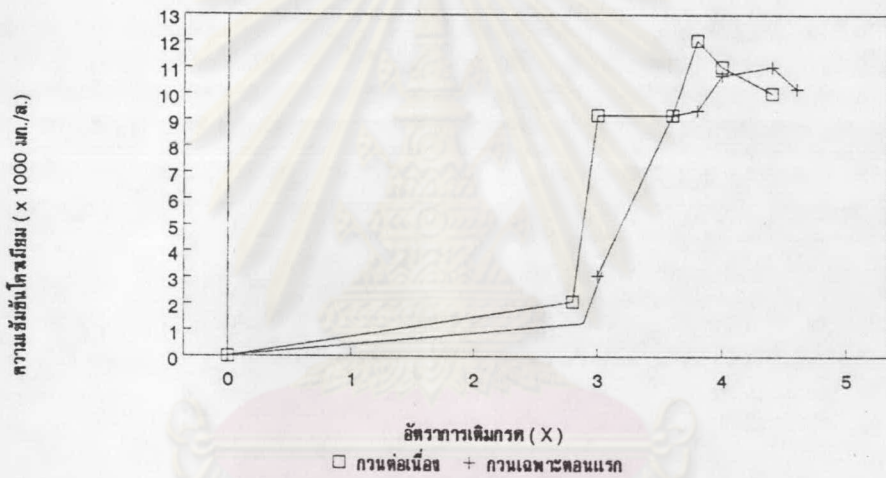
#### ข.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

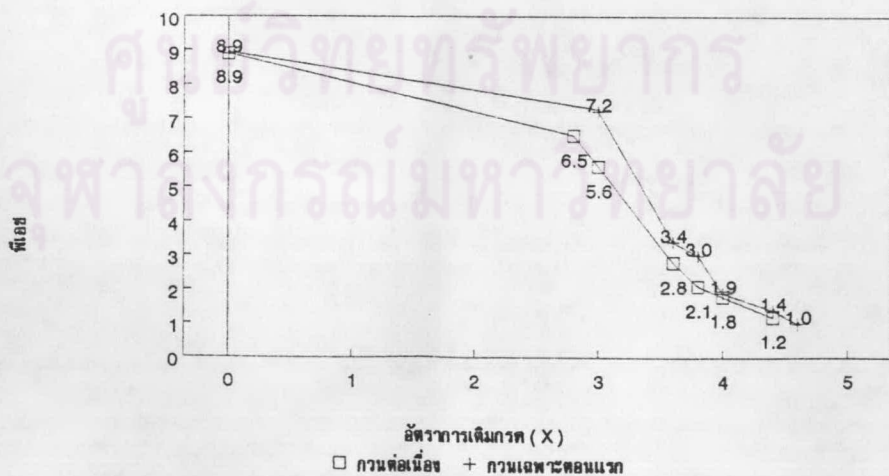
อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 3.0 เท่า และสำหรับการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกคือ 3.8 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้คือ 2.3 และ 0.5 ตามลำดับ สารละลายที่ได้มีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ถ้ามีการเติมกรดมากกว่า 4.4 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสาร



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการใช้ปุ๋ย



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการใช้ปุ๋ย



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการใช้ปุ๋ย

รูปที่ 5.37 การละลายสังกะสีในดินที่เชื่อมออกไซด์จากน้ำเสียที่มีสารฆ่าพืชที่อุดมหมู่ฟอสเฟตแบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก

ละลายที่ได้จากการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องคือ 19,572 - 23,586 มก./ล. และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก คือ 15,393-17,732 มก./ล.

### ข.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

ประสิทธิภาพการนำกลับเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.38) โดยประสิทธิภาพการนำกลับของการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องมีค่ามากกว่าการละลายแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกอย่างเห็นได้ชัด โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับการละลายสลัดจ์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ประสิทธิภาพการนำกลับในการละลายภาคก่อนแบบมีการกวนต่อเนื่อง (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงเติมกรด 3.0 - 3.8 เท่า) เท่ากับ 90.4 % และสำหรับแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรก (คิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงเติมกรด 3.8 -4.4 เท่า) เท่ากับ 81.7 % ดังนั้นควรใช้การกวนอย่างต่อเนื่องสำหรับกรณีนี้

### 5.5.2.2 ตะกอนฟล็อกโซเดียมคาร์บอเนต

#### ก) สลัดจ์

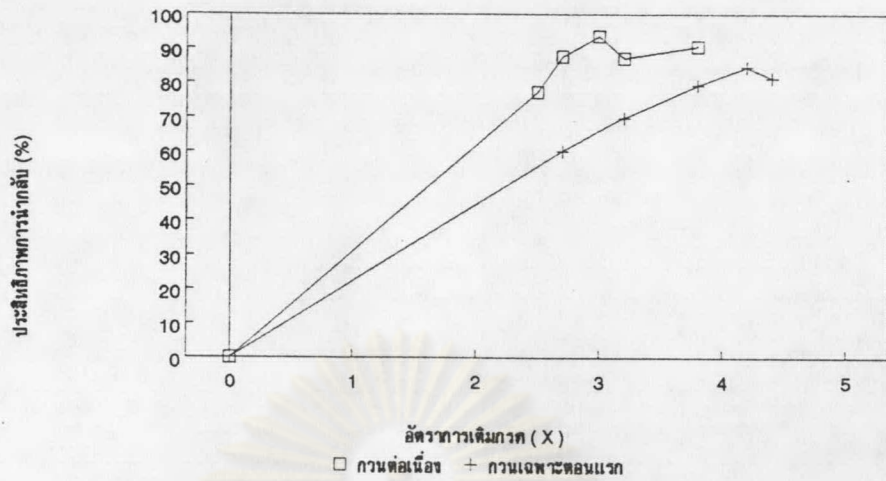
การทดสอบการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกทั้งหมด 6 ค่า คือ 1.5 , 1.8 , 2.0 , 2.2 , 2.4 และ 2.8 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 4,087 มก./ล. และ 8.6

#### ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้

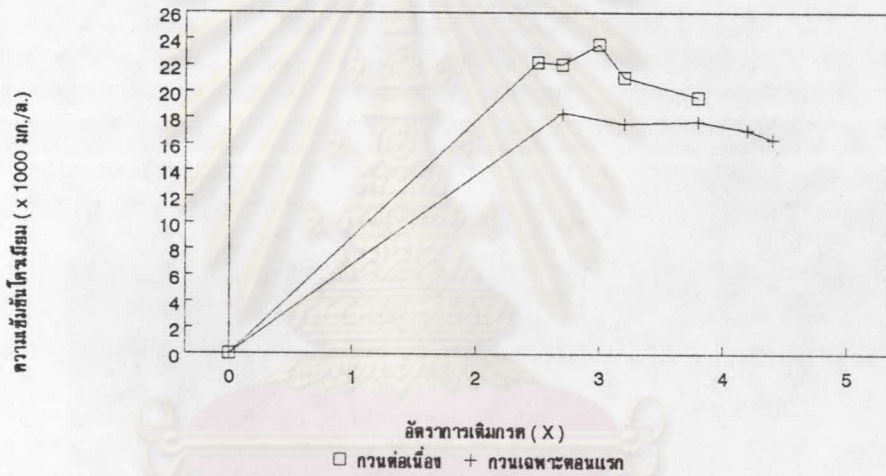
อัตรากรดเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลายทั้ง 2 แบบ คือ 2.0 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้คือ 1.8 การเติมกรดมากกว่า 2.8 อาจทำให้สารละลายที่ได้มีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่องอยู่ในช่วง 4,077-4,177 มก./ล. และสำหรับการกวนเฉพาะตอนแรกอยู่ในช่วง 3,839-3,938 มก./ล.

#### ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

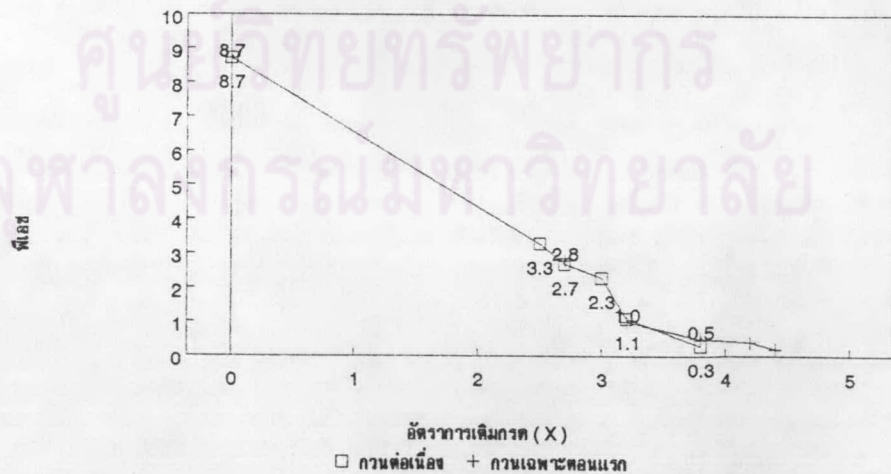
ประสิทธิภาพการนำกลับคิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 2.0-2.8 เท่า การละลายสลัดจ์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีประสิทธิภาพการนำกลับที่ใกล้เคียงกันคือ 96.2 % และ 93.5 % ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพการนำกลับแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีค่าใกล้เคียงกัน (ดูรูปที่ 5.39) และมีค่าสูงนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณโซเดียมคาร์



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

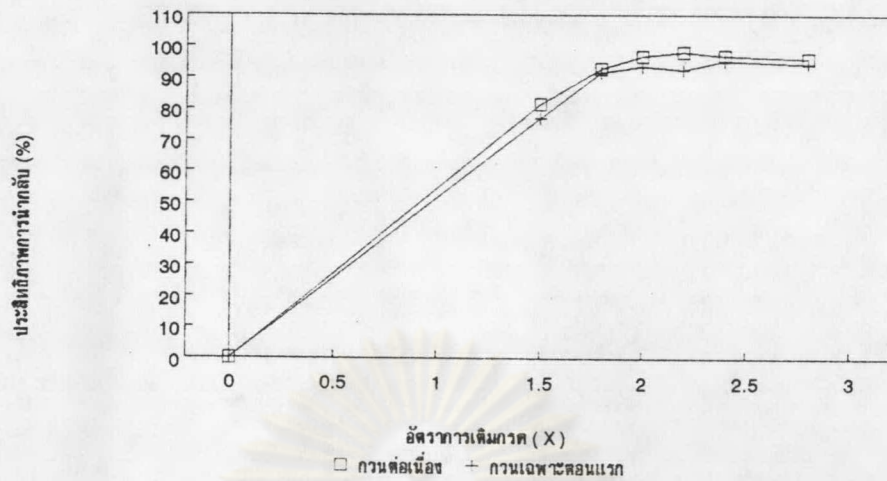


ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

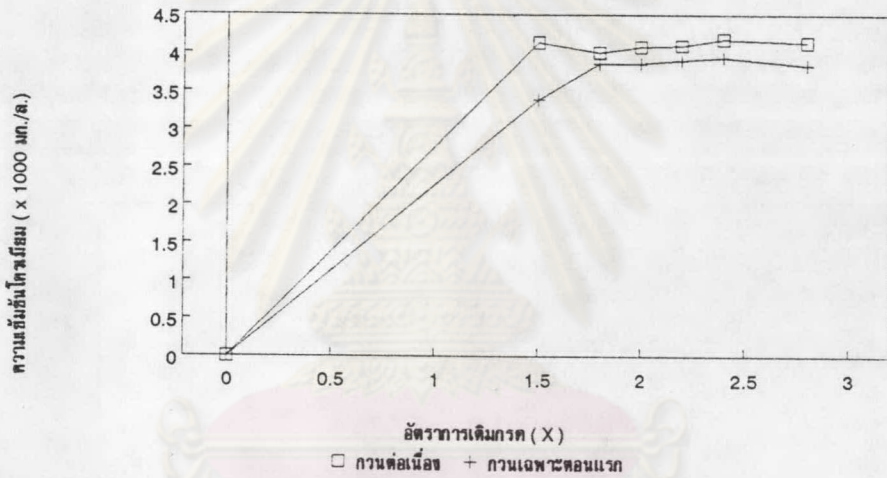


ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

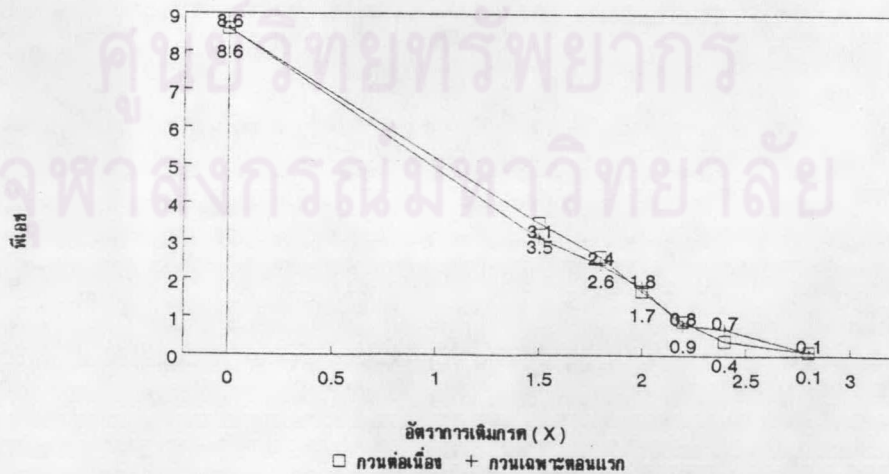
รูปที่ 5.38 การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการใช้ปุ๋ย



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการใช้ปุ๋ย



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสกับอัตราการใช้ปุ๋ย

รูปที่ 5.39 การละลายของโครเมียมคาร์บอนเนตจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงที่อุณหภูมิห้องแบบมีการกวนต่อเนื่อง และมีการกวนเฉพาะตอนแรก

บอเนตที่ใช้สร้างตะกอนผลึกนั้นมีค่าน้อย (น้อยกว่าที่ใช้กับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอน) (ดูตารางที่ 5.5) ทำให้มีโซเดียมคาร์บอเนตที่เกินพอเพียงเล็กน้อยจนไม่มีผลต่อสมดุลการละลายของโครเมียม III ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนืองจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

## ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริก 1+4 ทั้งหมด 5 ค่า คือ 1.0 , 1.2 , 1.6 , 2.0 และ 2.4 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 35.0 มก./ก. และ 8.5

ข.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการกวนทั้ง 2 แบบ คือ 1.6 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้คือ 1.2 พีเอชของสารละลายที่ได้ลดลงตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น การเติมกรดมากกว่า 2.4 ทำให้สารละลายที่ได้มีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 20,288 - 25,260 มก./ล.

## ข.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

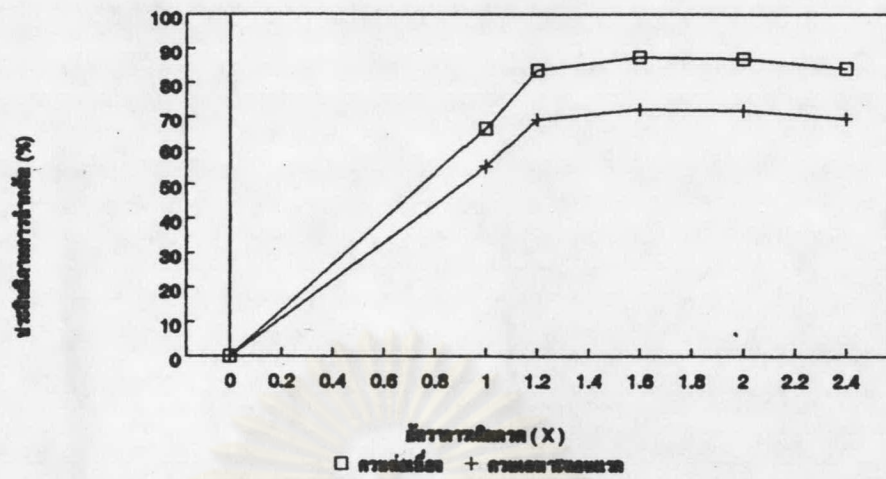
ประสิทธิภาพการนำกลับเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการเติมกรดอยู่ในช่วง 1.0-1.6 เท่า แต่เมื่ออัตราการเติมกรดมากกว่า 1.6 เท่าประสิทธิภาพการนำกลับเริ่มคงที่ (ดูรูปที่ 5.40) ประสิทธิภาพการนำกลับคิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.6-2.4 เท่า การละลายกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีประสิทธิภาพการนำกลับใกล้เคียงกัน (ดูรูปที่ 5.40) คือ 85.5 % และ 83.5 % ตามลำดับ โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับการละลายสลัดจ์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนืองจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

### 5.5.2.3 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

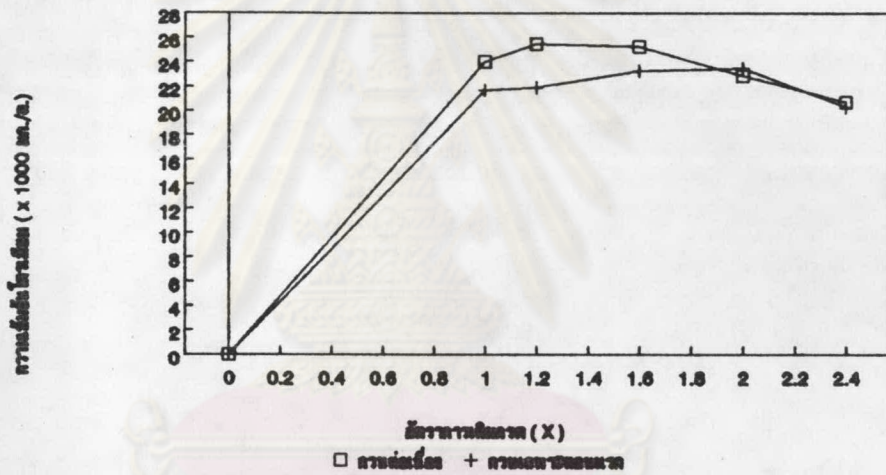
#### ก) สลัดจ์

การทดสอบการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกจำนวน 6 ค่า คือ 1.2 , 1.5 , 1.8 , 2.1 , 2.4 และ 2.7 เท่า สลัดจ์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 4,968

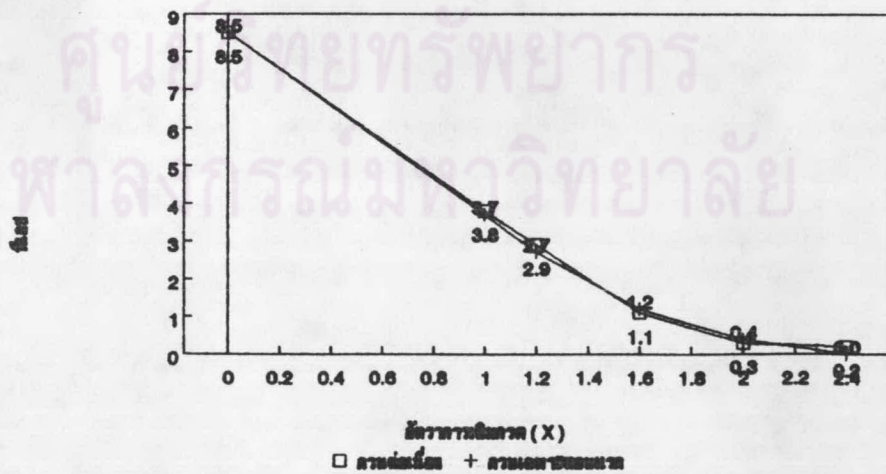




ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลำเลียงน้ำกับอัตราการเพิ่มมวลเนื้อพืช



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นน้ำกับอัตราการเพิ่มมวลเนื้อพืช



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์น้ำกับอัตราการเพิ่มมวลเนื้อพืช

รูปที่ 5.40 การระคายคายของเนื้อเยื่อพืชที่ขาดน้ำเมื่อมีการช่วยเหลือที่ลดกฎของแวนเนอริงการทาง  
ต่อเนื้อเยื่อและมีการทางเฉพาะของน้ำ

มก./ล. และ 8.3

ก.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

โครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลาย

ทั้ง 2 แบบ คือ 1.5 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้คือ 4.0 การเติมกรดมากกว่า 1.5 เท่าได้สารละลายที่มีความเข้มข้นโครเมียมเปลี่ยนแปลงน้อยตามปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.41) และการเติมกรดมากกว่า 2.7 เท่าทำให้สารละลายที่ได้จะมีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 4,875-5,742 มก./ล.

ก.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมคิดจากค่าเฉลี่ย

ในช่วงการเติมกรด 1.5 - 2.7 เท่า ประสิทธิภาพการนำกลับของสไลด์แบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 96.0 % และ 95.3 % ประสิทธิภาพการนำกลับแบบมีการกวนต่อเนื่องและแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงนั้น มีเหตุผลทำนองเดียวกันกับตะกอนฟลักโซเดียมคาร์บอเนต กล่าวคือ การสร้างตะกอนฟลักมีการใช้ปูนขาวน้อย (น้อยกว่าที่ใช้กับน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง ดูตารางที่ 5.5) ทำให้มีปูนขาวที่เกินพอเพียงเล็กน้อยจนไม่มีผลต่อสมดุลการละลายของโครเมียม III ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนื่องจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

ข) กากตะกอน

การทดสอบการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์

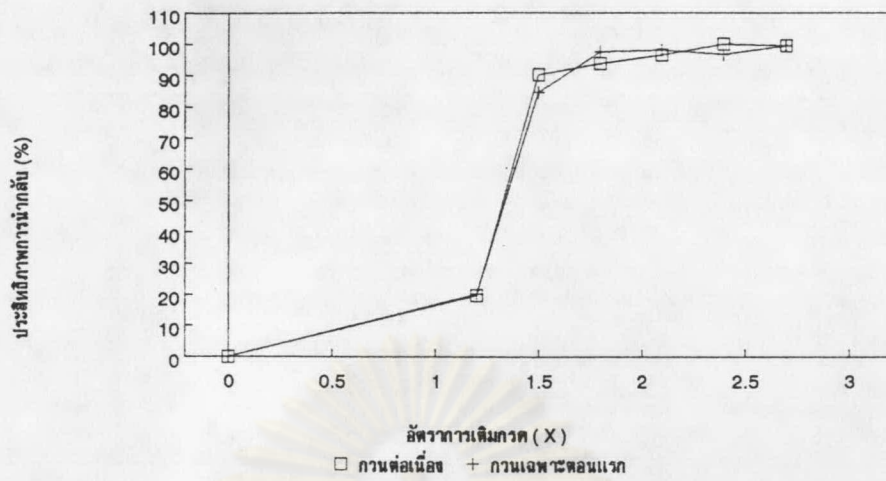
ร่วมกับปูนขาวมีการแปรผันปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 จำนวน 5 ค่า คือ 1.2 , 1.4 , 1.6 , 1.8 และ 2.0 เท่า กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 28.5 มก./ก. และ 8.5

ข.1) ปริมาณกรด-พีเอชที่เหมาะสม และความเข้มข้น

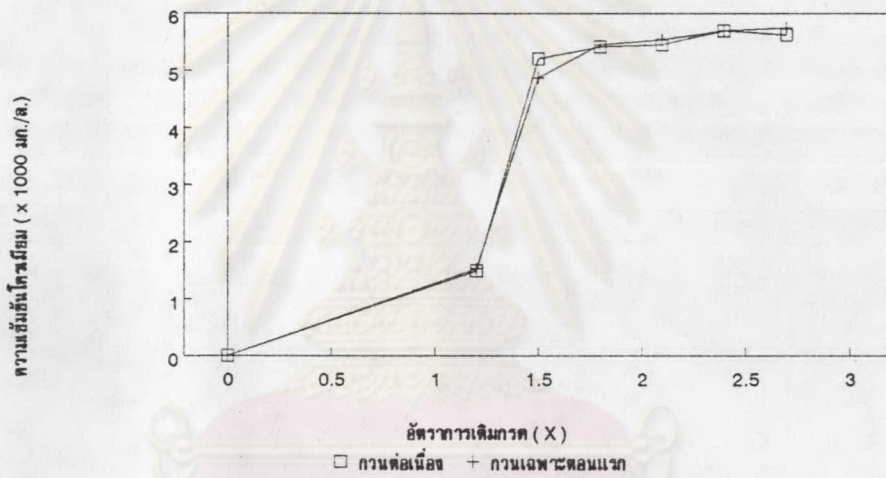
โครเมียมของสารละลายที่ได้

อัตราการเติมกรดที่เหมาะสมสำหรับการละลาย

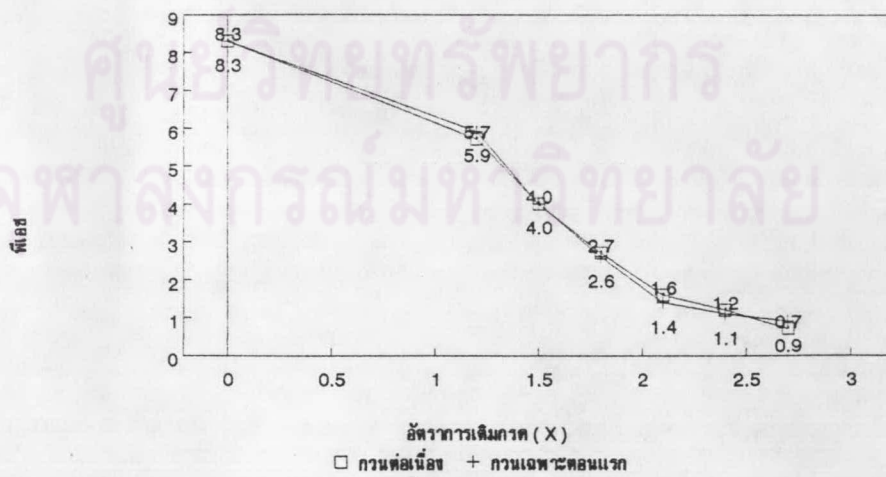
ทั้ง 2 แบบ คือ 1.4 เท่า พีเอชของสารละลายที่ได้คือ 3.8 การเติมกรดมากกว่า 2.0 เท่าได้สารละลายที่มีพีเอชต่ำกว่าศูนย์ได้ ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 19,194-22,830 มก./ล.



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก



ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับอัตราการเติมกรดซัลฟูริก

รูปที่ 5.41 การละลายสังกะสีและโครเมียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงที่อุณหภูมิห้องแบบมี การกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก



## ท.2) ประสิทธิภาพการนำกลับ และอิทธิพลการกวน

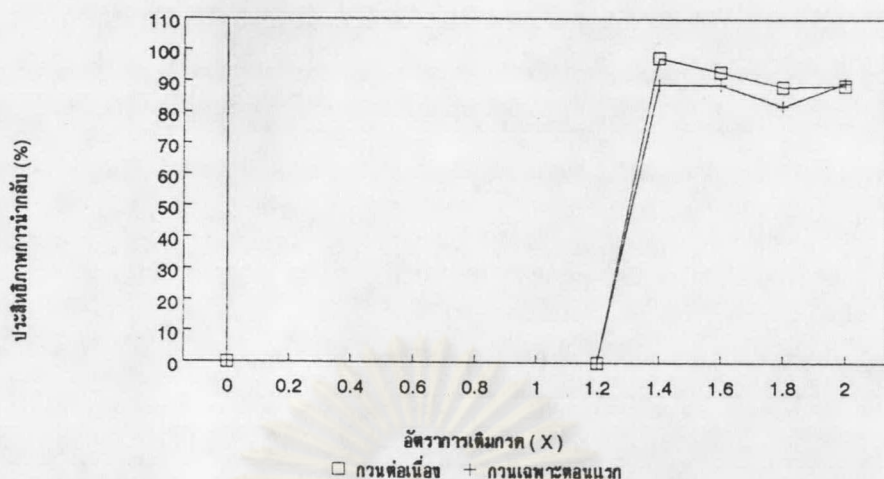
### ประสิทธิภาพการนำกลับเปลี่ยนแปลงน้อยตาม

ปริมาณกรดที่เติม (ดูรูปที่ 5.42) เมื่อมีการเติมกรดน้อยกว่า 1.4 เท่า ประสิทธิภาพการนำกลับของกากตะกอนแบบมีการกวนต่อเนื่องมีค่ามากกว่าแบบมีการกวนเฉพาะตอนแรกเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพการนำกลับคิดจากค่าเฉลี่ยในช่วงการเติมกรด 1.4-2.0 เท่า คือ 91.9 % และ 87.3 % เหตุผลที่มีประสิทธิภาพการนำกลับสูงนั้นเป็นเช่นเดียวกับการละลายสลัดจ์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการกวนอย่างต่อเนื่องจึงไม่จำเป็นสำหรับกรณีนี้

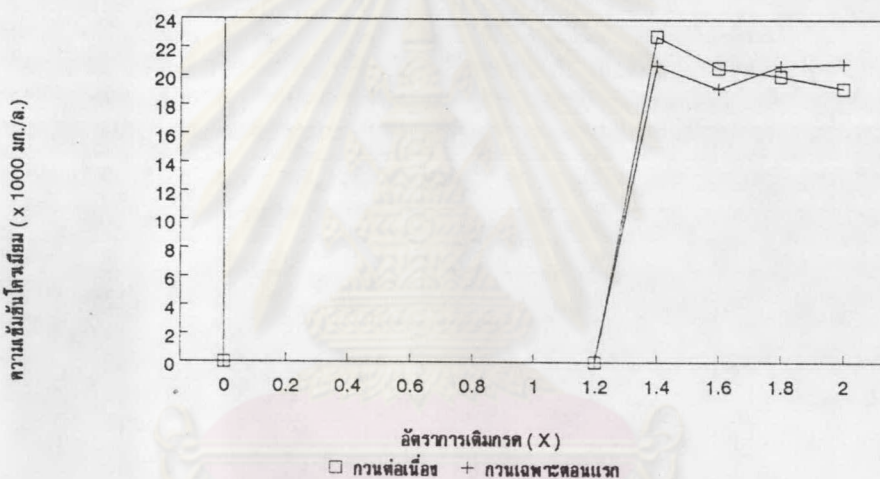
### 5.6 การสร้างแบบแผนการละลายตะกอนผลึกแบบเพิ่มอุณหภูมิ

การสร้างแบบแผนการละลายตะกอนมีการทดสอบทั้งหมด 6 การทดสอบ โดยนำตะกอนผลึกทั้ง 3 ประเภทจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตกตะกอนมาละลายแบบมีการกวนต่อเนื่อง โดยเติมกรดซัลฟูริกในปริมาณที่เหมาะสมและทำการละลายที่อุณหภูมิห้อง 40 °C, 60 °C และ 80 °C ตามลำดับ โดยแบ่งออกเป็นสลัดจ์และกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ 2 การทดสอบ โซเดียมคาร์บอเนต 2 การทดสอบ และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว 2 การทดสอบ ผลการทดสอบอย่างละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ จ.31 - จ.36 ในภาคผนวก จ. ปริมาณกรดที่เลือกใช้ในการละลายสลัดจ์และกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ คือ 1.5 และ 1.4 เท่า สำหรับสลัดจ์และกากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตคือ 1.8 เท่า และ 1.0 เท่า และสำหรับสลัดจ์และกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวคือ 1.0 เท่า และ 0.9 เท่า การเพิ่มอุณหภูมิทำให้สารละลายที่ได้มีปริมาตรลดลงเนื่องจากน้ำบางส่วนได้ระเหยออกไป ข้อมูลความเข้มข้นโครเมียมที่เวลาต่าง ๆ จากการละลายในแต่ละอุณหภูมิ ถูกปรับด้วยตัวประกอบ ซึ่งได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาตรสารละลายที่ได้ที่อุณหภูมิใด ๆ กับปริมาตรสารละลายที่ได้ที่อุณหภูมิห้อง

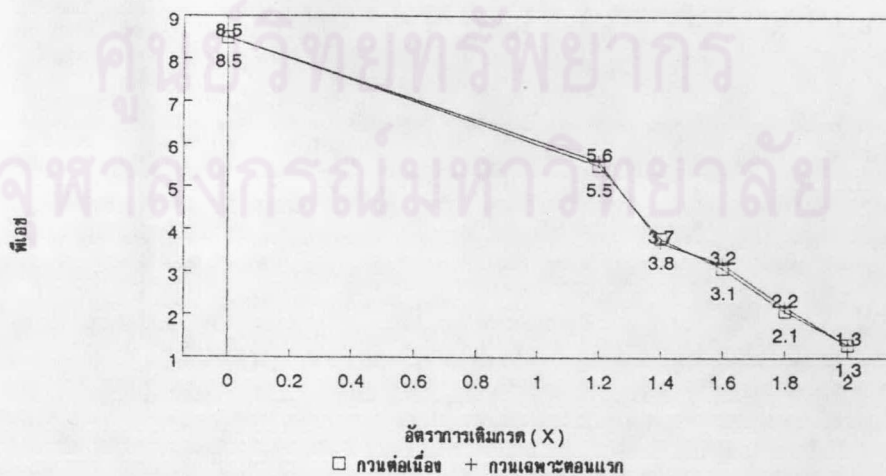
พบว่าในการละลายตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์โดยเติมกรดในปริมาณที่เหมาะสมแล้วค่อนข้างละลายง่าย สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที เท่านั้น การเพิ่มอุณหภูมิไม่มีผลต่อความเข้มข้นโครเมียมและเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (ดูรูปที่ 5.43-5.44) ในการละลายตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนตโดยการเติมกรดในปริมาณที่เหมาะสมนั้นใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเพียง 20 นาที การเพิ่มอุณหภูมิไม่ช่วยให้เวลาในการทำปฏิกิริยาแตกต่างไปจากการละลายที่อุณหภูมิห้อง (ดูรูปที่ 5.45-5.46) ในการละลายสลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนตเมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 40 °C ทำให้ความเข้มข้นโครเมียมลดลงและค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจนในที่สุดที่อุณหภูมิ 80 °C ความเข้มข้น



ก.) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมกับอัตราการเติมน้ำ

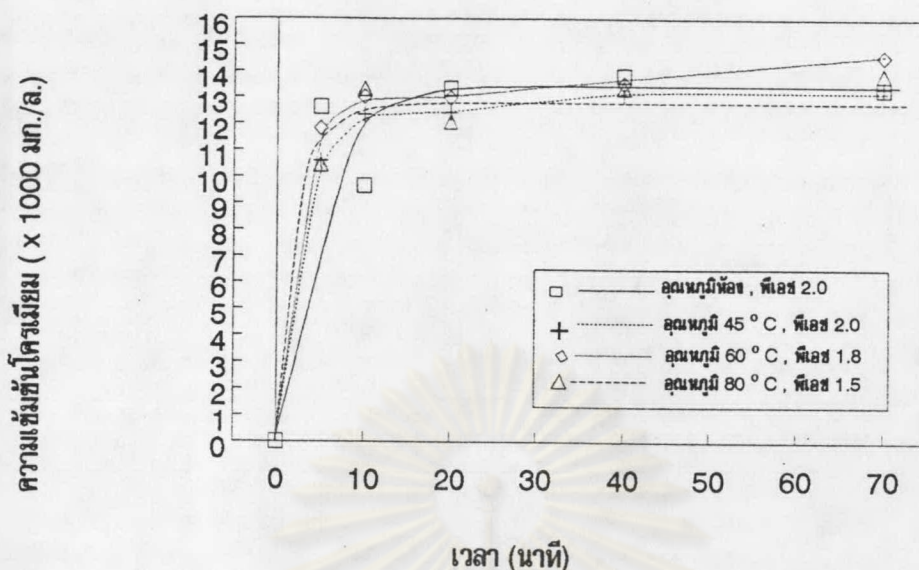


ข.) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นโครเมียมกับอัตราการเติมน้ำ

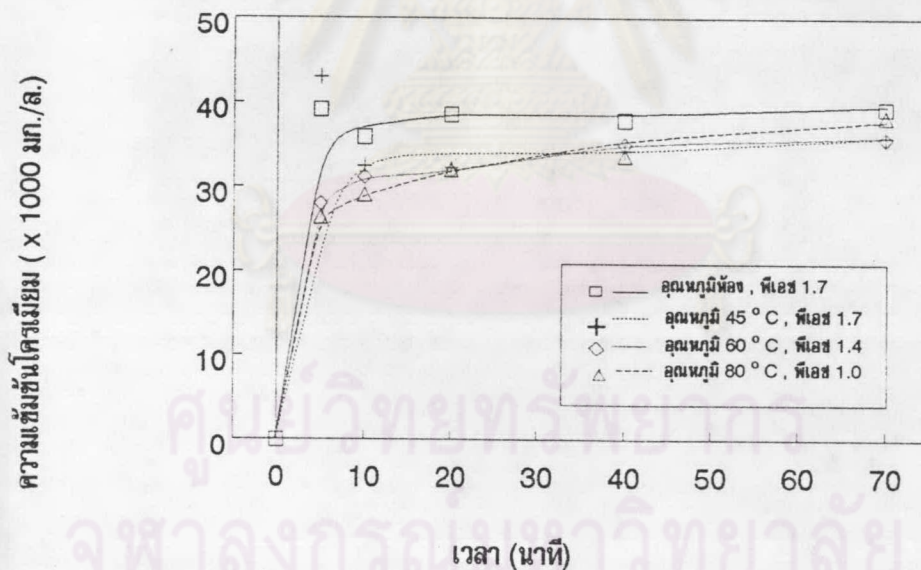


ค.) ความสัมพันธ์ระหว่างฟิโอกับอัตราการเติมน้ำ

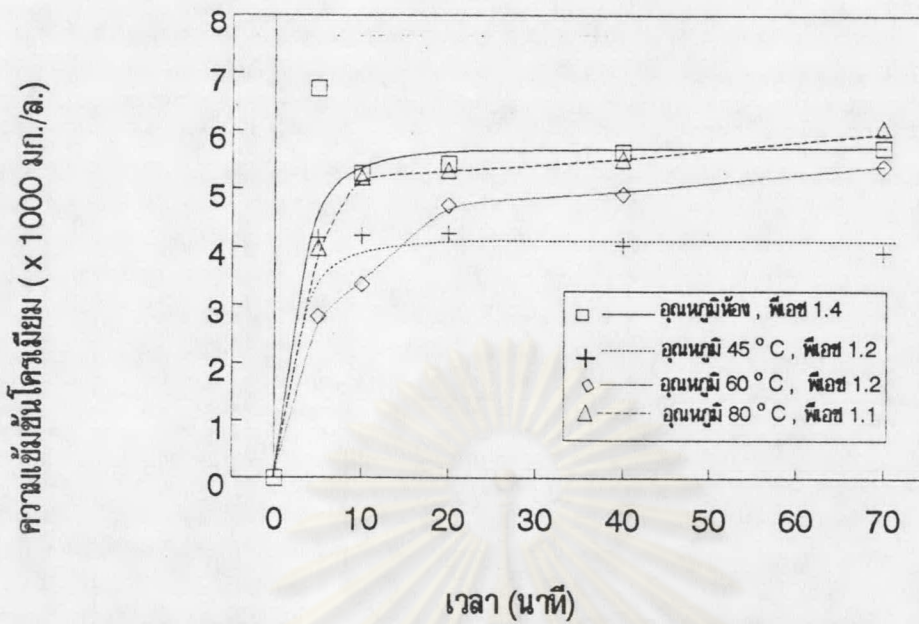
รูปที่ 5.42 การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่มีสารช่วยฟุ้งที่อุณหภูมิห้อง แบบมีการกวนต่อเนื่องและมีการกวนเฉพาะตอนแรก



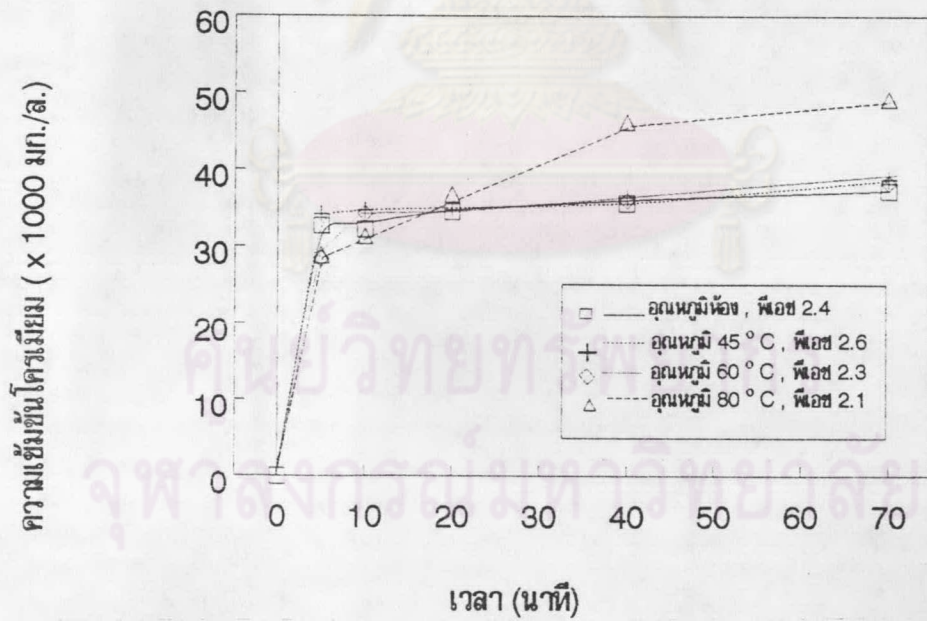
รูปที่ 5.43 แบบแผนการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง โดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.44 แบบแผนการละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงโดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.45 แบบแผนการละลายสลักใจโซเดียมคาร์บอนเตจจากน้ำเสื่อที่ไม่มีสารช่วยตรึง โดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.46 แบบแผนการละลายกาตะกอนโซเดียมคาร์บอนเตจจากน้ำเสื่อที่ไม่มีสารช่วยตรึงโดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง

ชั้นโครเมียมใกล้เคียงกับที่ได้จากการละลายที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 40 °C ทำให้เกิดการตกผลึกของโครเมียมIIIคาร์บอเนตได้ ความเข้มข้นโครเมียมในสารละลายที่ได้จึงลดลง การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึง 80 °C หลังเติมกรดทันทีทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นถ่ายเทออกสู่บรรยากาศจึงไม่เกิดตะกอนผลึกโครเมียมIIIคาร์บอเนต ความเข้มข้นโครเมียมจึงใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิห้อง ในการละลายภาคตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตนั้นความเข้มข้นโครเมียมที่ได้จากการละลายในอุณหภูมิต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันนักเนื่องจากในภาคตะกอนมีการรีดน้ำบางส่วนออกไป ซึ่งโซเดียมคาร์บอเนตที่ทำปฏิกิริยากับโครเมียมไม่หมดก็หลุดออกไปด้วย การเพิ่มอุณหภูมิจึงไม่มีผลต่อการละลายภาคตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตมากนัก การละลายตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวโดยการเติมกรดในปริมาณที่เหมาะสมนั้นสารละลายที่ได้มีความเข้มข้นโครเมียมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มอุณหภูมิไม่ช่วยให้เวลาในการทำปฏิกิริยาน้อยลง (ดูรูปที่ 5.47-5.48) การละลายตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจึงต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาถึง 40 นาที

#### 5.7 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมแบบเพิ่มอุณหภูมิ

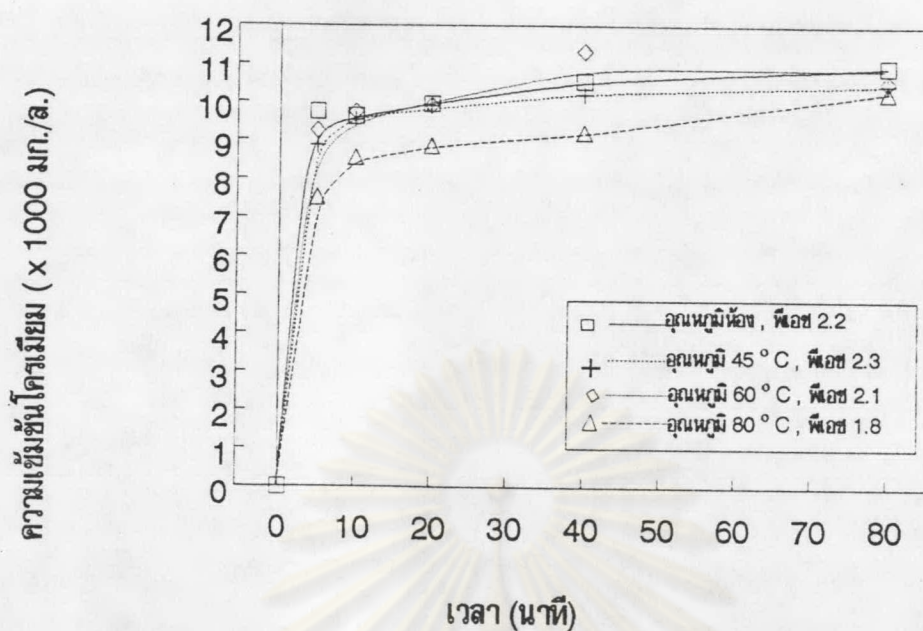
การทดสอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการนำกลับมีการทดสอบ ทั้งหมด 6 การทดสอบ โดยใช้ตะกอนผลึกจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงมาทดสอบการละลายแบบมีการกวนต่อเนื่อง มีรายละเอียดเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 5.6 แต่สารละลายที่ได้ไม่มีการปรับความเข้มข้นโครเมียมด้วยตัวประกอบเนื่องจากการลดลงของปริมาตรไม่มีผลต่อการคิดประสิทธิภาพการนำกลับของโครเมียม เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเลือกใช้ 60 นาทีเพื่อให้สอดคล้องกับการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ผลการทดสอบโดยละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 37 ในภาคผนวก จ

พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจึงมีผลเพียงทำให้พีเอชของสารละลายที่ได้นั้น ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีความแตกต่างกันน้อยมากดังแสดงในรูปที่ 5.55-5.60 ดังนั้นในการละลายตะกอนผลึกโดยการเติมกรดซัลฟูริกในอัตราที่เหมาะสมแล้วไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิ รายละเอียดการทดสอบของตะกอนผลึกแต่ละประเภทกล่าวในหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

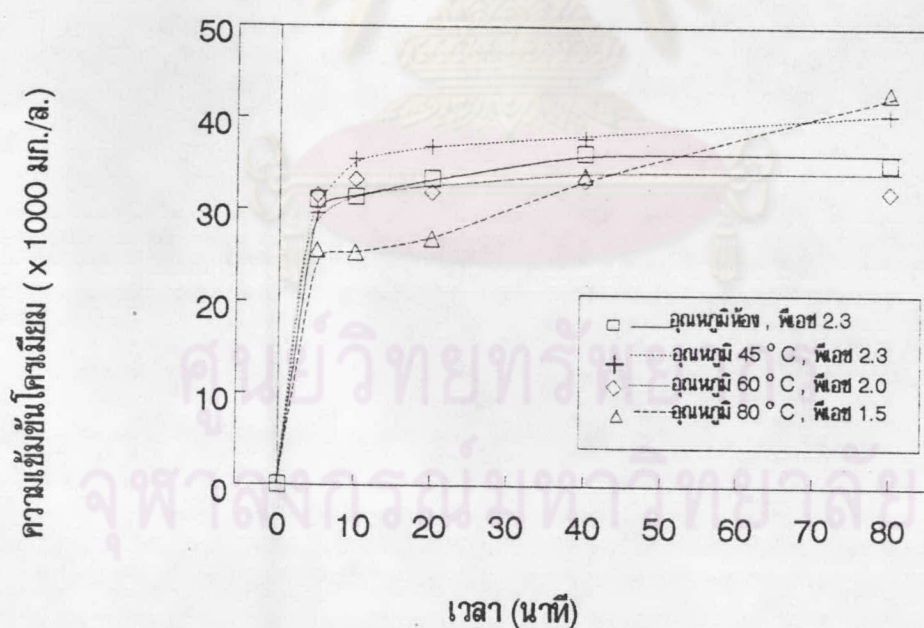
##### 5.7.1 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์

สลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอช





รูปที่ 5.47 แบบแผนการละลายสั้ดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยทวีงโดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.48 แบบแผนการละลายกาหะคอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยทวีงโดยละลายแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง

เท่ากับ 15,633 มก./ล. และ 8.9 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้คือ 1.5 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก คือ อยู่ในช่วง 12,931-14,193 มก./ล. พีเอชของสารละลายที่ได้ลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และมีค่าอยู่ในช่วง 1.4 - 2.4 ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมอยู่ในช่วง 82.2 -96.4 %

กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 44.4 มก./ก. และ 8.9 ปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ที่ใช้ คือ 1.4 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเนื่องจากปฏิกิริยาของสารละลายลดลงตามอุณหภูมิ ความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 37,026 - 45,089 มก./ล. พีเอชของสารละลายที่ได้ลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นคืออยู่ในช่วง 1.0-1.7 ประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมอยู่ในช่วง 98.4-109 %

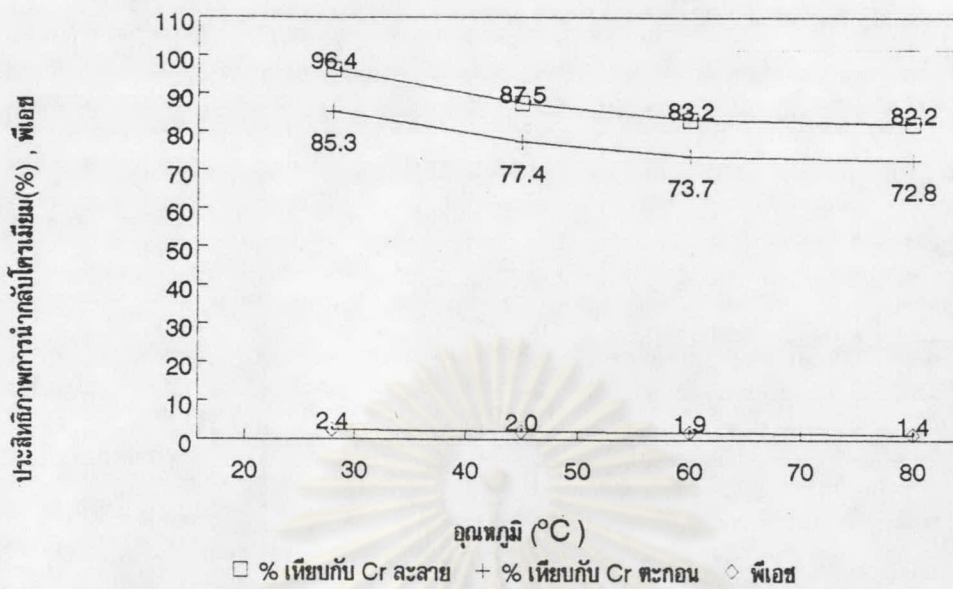
#### 5.7.2 ตะกอนผลึกโซเดียมคาร์บอเนต

ผลึกโซเดียมคาร์บอเนตที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 6,083 มก./ล. และ 7.5 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้คือ 1.8 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 4,855-5,266 มก./ล. พีเอชของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 0.8-1.1 ประสิทธิภาพการนำกลับมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 83.3-92.3 %

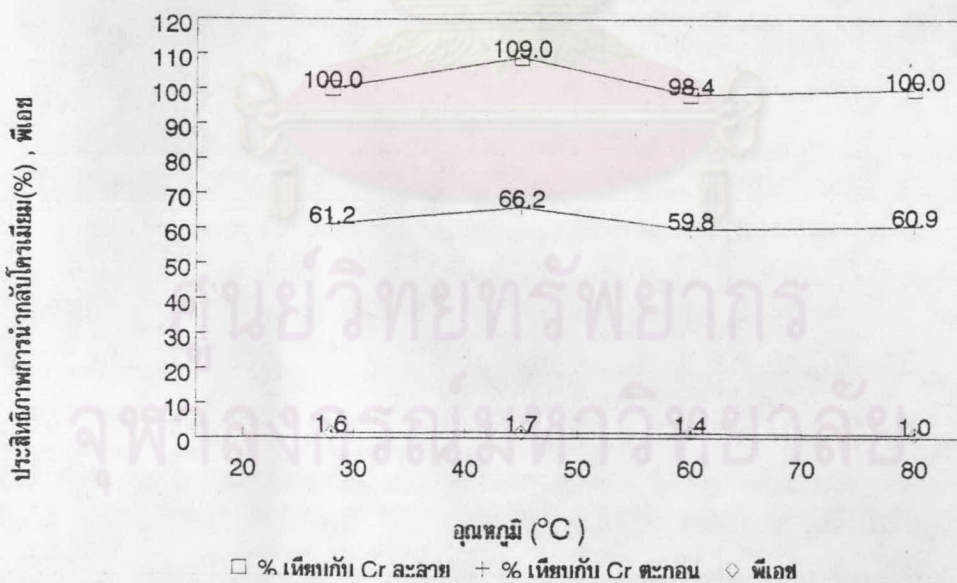
กากตะกอนโซเดียมคาร์บอเนตที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 36.3 มก./ก. และ 7.8 ปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ที่ใช้ คือ 1.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมของสารละลายที่ได้จากการละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 27,317-30,608 มก./ล. พีเอชของสารละลายที่ได้อยู่ในช่วง 2.1 -2.6 ประสิทธิภาพการนำกลับมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 91.9-96.6 %

#### 5.7.3 ตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว

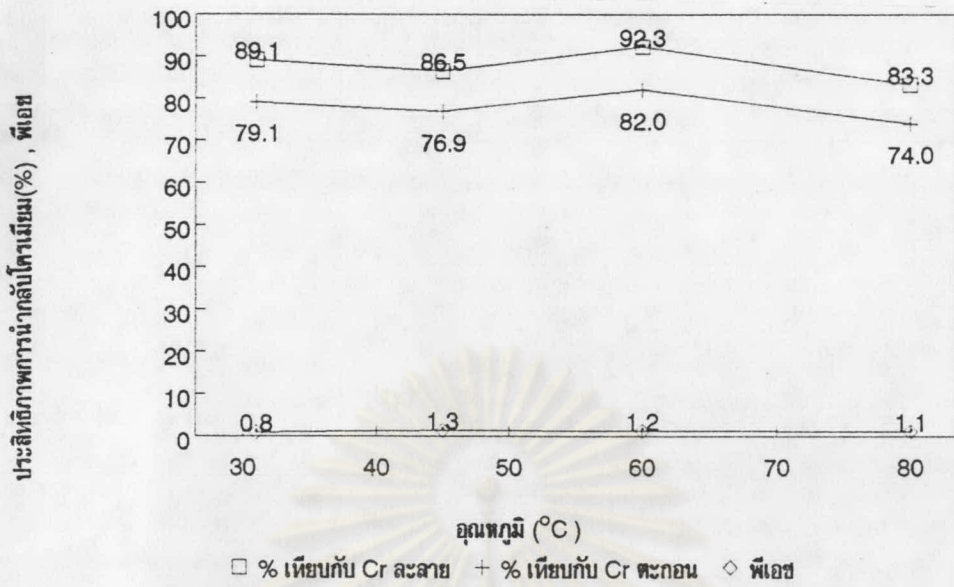
ผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและพีเอชเท่ากับ 10,520 มก./ล. และ 7.4 ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้คือ 1.0 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเนื่องจากปฏิกิริยาของสารละลายที่ได้ลดลงโดยมีค่าอยู่ในช่วง 8,886-11,314 มก./ล. พีเอชของสารละลายลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นคืออยู่ในช่วง 2.8-2.6 ประสิทธิภาพการนำกลับมีค่าใกล้เคียงกันคือ



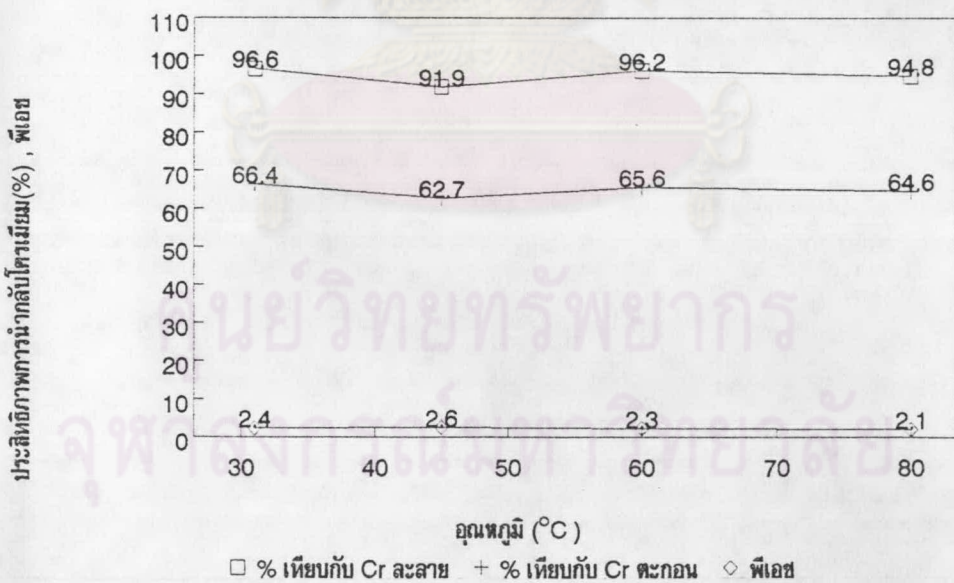
รูปที่ 5.49 การละลายสังกะสีในเขมือออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยขุ่นแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



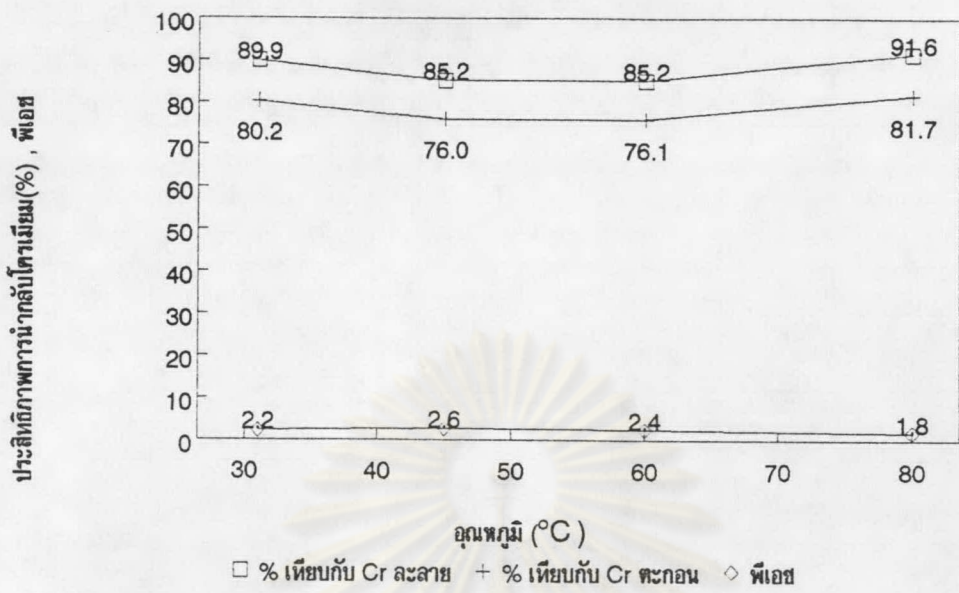
รูปที่ 5.50 การละลายกากตะกอนแมงกานีสในเขมือออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยขุ่นแบบเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



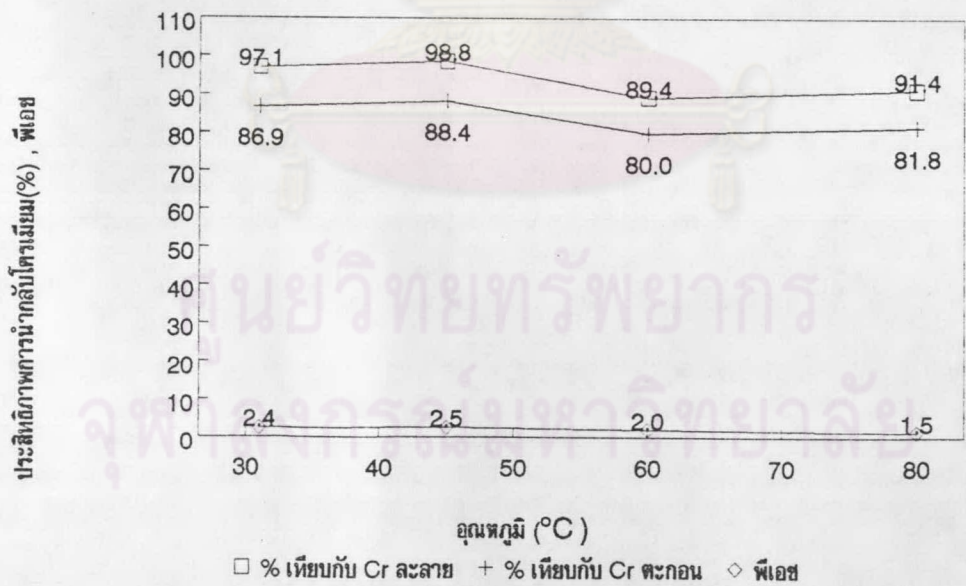
รูปที่ 5.51 การละลายของโครเมียมคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยฟลูตเทชันและเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.52 การละลายตกตะกอนโครเมียมคาร์บอนไดออกไซด์จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยฟลูตเทชันและเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อเนื่อง



รูปที่ 5.53 การละลายสังกะสีในไซมอออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารซัลฟิวเรตเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวทอนเนื้อ



รูปที่ 5.54 การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารซัลฟิวเรตเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวทอนเนื้อ

อยู่ในช่วง 85.2-91.6 %

กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นโครเมียมและฟิโอสเท่ากับ 34.4 มก./ก. และ 7.8 ปริมาณกรดซัลฟูริกเจือจาง 1+4 ที่ใช้คือ 0.9 เท่า ความเข้มข้นโครเมียมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิเนื่องจากปริมาตรของสารละลายที่ได้ลดลงคือมีค่าอยู่ในช่วง 37,355 - 46,900 มก./ล. ฟิโอสของสารละลายลดลงตามอุณหภูมิคือมีค่าอยู่ในช่วง 1.5-2.5 ประสิทธิภาพการนำกลับมีค่าใกล้เคียงกันคือ 89.4-98.8 %

### 5.8 การนำไปใช้งาน

ในการฟอกหนังแบบฟอกโครมใช้น้ำเป็นตัวกลางในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ของน้ำ ต่อหนังดิบคือ 1:1 สารฟอกโครมที่ใช้มีปริมาณโครเมียม 25 % ในรูปของโครเมียมIII ออกไซด์ และเติมลงในถังฟอกโครม 5-10 % ของน้ำหนักหนังดิบ

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารฟอกโครมในถังฟอก} &= 50 - 100 && \text{ก./ล.} \\ \text{เทียบเป็นความเข้มข้นโครเมียม} &= \frac{50(\text{และ } 100) \times 0.25 \times 10.4}{152} \\ \text{ความเข้มข้นโครเมียมที่ต้องการ} &= 8.55 - 17.10 && \text{ก./ล.} \\ &= 8,550 - 17,100 && \text{มก./ล.} \\ \text{ฟิโอสที่เหมาะสมในการฟอกโครมประมาณ} &= 3.8 \end{aligned}$$

ดังนั้นการฟอกหนังดิบ 1 ตันต้องการสารละลายที่มีความเข้มข้นโครเมียม 8,550 -17,100 มก./ล. จำนวน 1 ลบ.ม. และฟิโอสประมาณ 3.8 ตารางที่ 5.4 แสดงความเข้มข้นโครเมียม ปริมาตร และฟิโอสของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกประเภทต่าง ๆ ด้วยกรดซัลฟูริกในปริมาณที่เหมาะสม พบว่าสารละลายที่ได้จากการละลายสัลด์จ์แมกนีเซียมออกไซด์ (มีความเข้มข้นโครเมียมเท่ากับ 13,303-13,376 มก./ล.) จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง และกากตะกอนทั้ง 3 ประเภทได้แก่ กากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว (มีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 31,824-46,216 มก./ล.) จากน้ำเสียที่มีและไม่มีสารช่วยตรึงนั้นมีความเข้มข้นเพียงพอที่นำมาใช้ได้เลยในกรณีที่สารละลายที่ได้มีปริมาณเพียงพอ โดยเจือจางด้วยน้ำหรืออาจเติมสารฟอกโครมเพียงเล็กน้อยเพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการและปรับฟิโอส

ตารางที่ 5.4 ลักษณะของสารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกประเภทต่างๆ

ตัวอย่างน้ำเสีย		สารเคมี ที่ใช้	การละลายตะกอนผลึก		สารละลายที่ได้				
สาร ช่วย ตรึง	โครเมียม ละลาย (มก./ล.)		ชนิดของ ตะกอน- ผลึก	ลักษณะ การกวน	ความ เข้มข้น โครเมียม (มก./ล.)	พีเอช	ปริมาตร (ล./ลบ.ม.)		
ไม่มี	3,053	MgO	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	13,376	2.9	213		
				คอนแรก	13,303	2.9	222		
			กากตะกอน	ต่อเนื่อง	46,216	3.5	66		
				คอนแรก	41,983	3.4	82		
				สลัดจ์	ต่อเนื่อง	4,158	2.6	507	
					คอนแรก	4,302	2.5	507	
	2,637	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	4,158	2.6	507		
				คอนแรก	4,302	2.5	507		
			กากตะกอน	ต่อเนื่อง	36,108	2.3	65		
				คอนแรก	31,824	1.9	72		
				สลัดจ์	ต่อเนื่อง	9,136	2.5	247	
					คอนแรก	7,252	2.5	247	
2,637	MgO + Ca(OH) <sub>2</sub>	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	9,136	2.5	247			
			คอนแรก	7,252	2.5	247			
		กากตะกอน	ต่อเนื่อง	37,128	1.8	68			
			คอนแรก	32,436	2.7	64			
			มี	MgO	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	9,200	2.8	131
						คอนแรก	9,200	3.4	140
กากตะกอน	ต่อเนื่อง	23,586			2.3	59			
	คอนแรก	17,732			0.5	67			
	สลัดจ์	ต่อเนื่อง			4,077	1.7	315		
		คอนแรก			3,859	1.8	322		
1,327	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	4,077	1.7	315			
			คอนแรก	3,859	1.8	322			
		กากตะกอน	ต่อเนื่อง	25,260	1.1	46			
			คอนแรก	23,271	1.2	46			
			สลัดจ์	ต่อเนื่อง	5,205	4.0	201		
				คอนแรก	4,875	4.0	201		
1,164	MgO + Ca(OH) <sub>2</sub>	สลัดจ์	ต่อเนื่อง	5,205	4.0	201			
			คอนแรก	4,875	4.0	201			
		กากตะกอน	ต่อเนื่อง	22,830	3.8	50			
			คอนแรก	20,794	3.7	50			

สำหรับสารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง (มีความเข้มข้นโครเมียมเท่ากับ 9,200 มก./ล.) สลัดจ์โซเดียมคาร์บอเนต (มีความเข้มข้นโครเมียมเท่ากับ 3,859-4,302 มก./ล.) และสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว (มีความเข้มข้นโครเมียมอยู่ในช่วง 4,875-9,136 มก./ล.) จากน้ำเสียทั้งที่มีและไม่มีสารช่วยตรึงนั้น เมื่อนำมาใช้จำเป็นต้องเติมสารฟอกโครมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการและปรับพีเอช ปริมาตรของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารสร้างตะกอนผลึก และประเภทของน้ำเสีย(ดูตารางที่ 5.4) โดยการละลายตะกอนผลึกจากน้ำ

เสี้ยนที่ไม่มีสารช่วยตรึงได้สารละลายที่มีปริมาณมากกว่าจากน้ำเสี้ยนที่มีสารช่วยตรึง การละลายสลัดจ์จากน้ำเสี้ยนที่ไม่มีสารช่วยตรึง 1 ลบ.ม. ได้สารละลายที่มีปริมาณอยู่ในช่วง 213-507 ลิตร และการละลายกากตะกอนได้ 64-82 ลิตร สำหรับการละลายสลัดจ์จากน้ำเสี้ยนที่มีสารช่วยตรึง 1 ลบ.ม. ได้สารละลายอยู่ในช่วง 131-322 ลิตร และการละลายกากตะกอนได้สารละลาย 46-87 ลิตร

ในการนำไปใช้งานจำเป็นต้องพิจารณาความเข้มข้นโครเมียม ปริมาตร และพีเอชของสารละลายที่ได้ร่วมกัน เมื่อพิจารณาในแง่ของความเข้มข้นโครเมียมสารละลายที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานคือสารละลายที่ได้จากการละลายสลัดจ์แมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสี้ยนที่ไม่มีสารช่วยตรึง โดยน้ำเสี้ยน 1 ลบ.ม. ได้สารละลายดังกล่าวประมาณ 218 ลิตร (ดูตารางที่ 5.4) คิดเป็นน้ำหนักสารฟอกโครมในรูปโครเมียมได้ประมาณ 3 กก.

ในการฟอกหนึ่งคืบ 1 คืบต้องการสารฟอกโครมในรูปโครเมียมเท่ากับ 8.55-17.10 กก. ขึ้นอยู่กับชนิดของหนึ่งคืบและกรรมวิธีในการฟอกโครมของแต่ละโรงงาน ดังนั้นในการนำไปใช้น้ำจึงต้องมีการเติมสารฟอกโครมสดลงไปอีก เพื่อให้ได้ปริมาณโครเมียมเพียงพอกับการฟอกหนึ่งในระบบ โดยเติมในอัตราส่วนของสารฟอกโครมที่นำกลับได้ต่อสารฟอกโครมสดเท่ากับ 1:2-5

### 5.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและความคุ้มค่า

การคิดค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมคิดเฉพาะค่าสารเคมีเท่านั้นโดยใช้ค่าเฉลี่ยของโครเมียมละลายในน้ำเสี้ยนและประสิทธิภาพการนำกลับโครเมียมของแต่ละกรณีเป็นเกณฑ์ ความเข้มข้นโครเมียมละลายเฉลี่ยในน้ำเสี้ยนที่ไม่มีสารช่วยตรึงเท่ากับ 3,070 มก./ล. และในน้ำเสี้ยนที่มีสารช่วยตรึงเท่ากับ 1,541 มก./ล. สารฟอกโครมที่มีโครเมียม III ออกไซด์อยู่ 25 % มีราคาประมาณ 25 บาท/กก. คิดเป็นราคาสารฟอกโครมที่มีเฉพาะโครเมียม 1 กก. ได้เท่ากับ 146.20 บาท/กก.

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าใช้จ่ายทางด้านสารเคมีในการนำกลับโครเมียมจากตะกอนผลึกโครเมียมประเภทต่าง ๆ รูปที่ 5.55 และ 5.56 แสดงค่าใช้จ่ายเทียบกับกก.โครเมียมที่นำกลับได้จากน้ำเสี้ยนที่ไม่มีและมีส่วนช่วยตรึงตามลำดับ การละลายกากตะกอนแมกนีเซียมออกไซด์จากน้ำเสี้ยนที่ไม่มีสารช่วยตรึงนั้นได้รับผลกระทบจากการมีเศษหนึ่งปนออกมากับตะกอนผลึก ประสิทธิภาพการนำกลับจึงสูงกว่า 100 % ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 5.5.1.1 ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริงและเป็นค่าที่ยอมรับได้ จึงปรับแก้ค่าประสิทธิภาพการนำกลับเป็น 100 % สำหรับการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียม

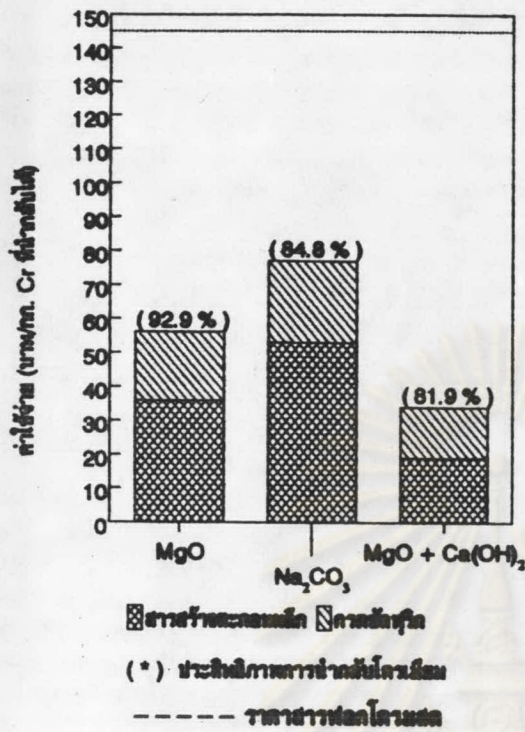


ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเฉพาะราคาสารเคมีในการนำกลับโครเมียมจากตะกอนคอกประเภทต่าง ๆ

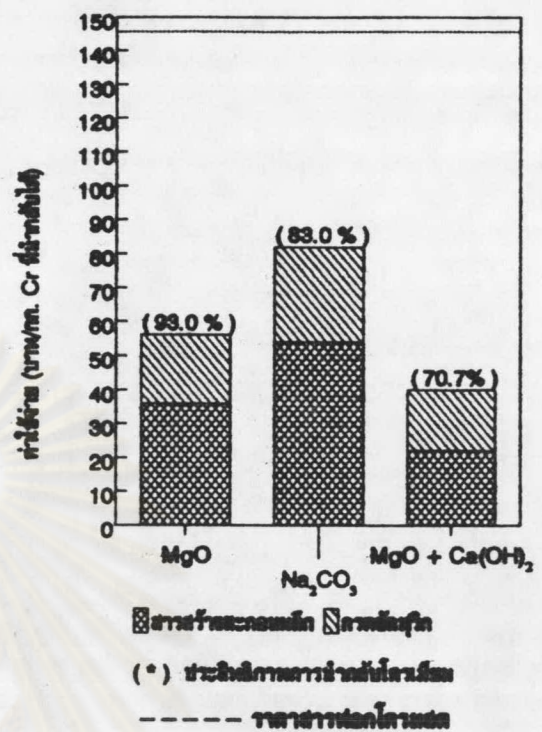
สารช่วย ตรึงใน น้ำเสีย	การสร้างตะกอนผลึก			การละลายตะกอนผลึก						ค่าใช้จ่าย ทั้งหมด (บาท /ช.ม.) <sup>*</sup>	ค่าใช้จ่าย ทั้งหมด (บาท /ช.ม.Cr) <sup>**</sup>	
	สารเคมี	ปริมาณ สาร (กก. /ช.ม.)	ราคา (บาท /ช.ม.) <sup>*</sup>	ชนิดของ ตะกอน ผลึก	ลักษณะ การกวน	อัตราการ เติมกรด ซัลฟูริก (X)	ปริมาณ กรดที่ใช้ (กก. /ช.ม.)	ราคา (บาท /ช.ม.) <sup>*</sup>	ประสิทธิภาพ การลด น้ำกลับ (%)			
ไม่มี	MgO	7.12	103	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	1.5	13.02	58	92.9	161	56	
			103		คานนรก	1.5	13.02	58	93.0	161	56	
			103		ภาคตะกอน	ค่อนข้าง	1.4	12.15	54	100 <sup>***</sup>	157	51
			103		คานนรก	1.4	12.15	54	100 <sup>***</sup>	157	51	
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	18.79	138	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	1.6	13.89	62	84.8	200	77	
			138		คานนรก	1.8	15.62	70	83.0	208	82	
			138		ภาคตะกอน	ค่อนข้าง	1.0	8.68	39	94.2	177	61
			138		คานนรก	1.1	9.55	42	90.9	181	65	
	MgO + Ca(OH) <sub>2</sub>	1.78 + 5.23	47	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	1.0	8.68	39	81.9	86	34	
			47		คานนรก	1.0	8.68	39	70.7	86	40	
			47		ภาคตะกอน	ค่อนข้าง	0.9	7.81	35	95.9	82	28
			47		คานนรก	0.9	7.81	35	87.5	82	31	
	มี	MgO	7.15	103	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	3.6	15.68	70	92.6	173	121
				103		คานนรก	3.6	15.68	70	89.8	173	125
103				ภาคตะกอน		ค่อนข้าง	3.0	13.87	58	90.4	161	116
103				คานนรก		3.8	16.56	74	81.7	177	141	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		14.15	104	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	2.0	8.71	39	96.2	143	96	
			104		คานนรก	2.0	8.71	39	93.5	143	99	
			104		ภาคตะกอน	ค่อนข้าง	1.6	6.97	31	85.5	135	103
			104		คานนรก	1.6	6.97	31	83.5	135	105	
MgO + Ca(OH) <sub>2</sub>		1.79 + 3.28	39	สัณ้ศ	ค่อนข้าง	1.5	6.54	29	96.0	68	46	
			39		คานนรก	1.5	6.54	29	95.3	68	47	
			39		ภาคตะกอน	ค่อนข้าง	1.4	6.10	27	91.9	67	47
			39		คานนรก	1.4	6.10	27	87.3	67	49	

หมายเหตุ: \* คำนวณจากช.ม.น้ำเสีย  
 \*\* คำนวณกับช.ม.โครเมียมที่นำกลับได้  
 X คือ ค่าความถี่ของการทางตอน  
 \*\*\* ค่าปรับแก้

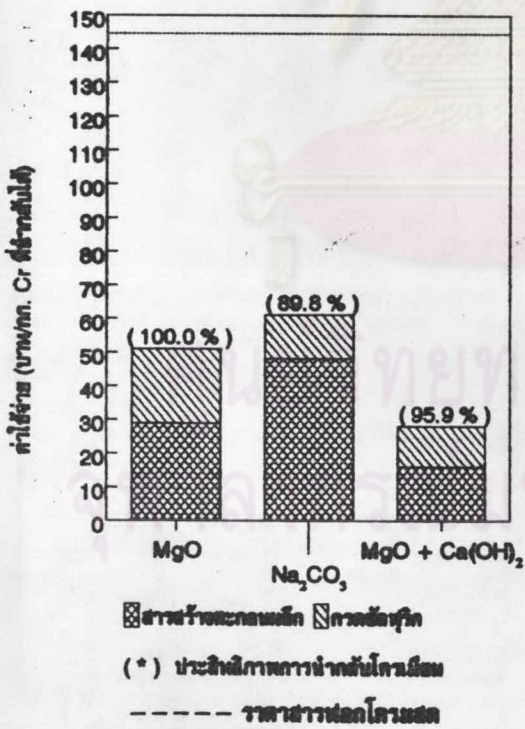
พบว่าสารสร้างตะกอนผลึกที่ใช้มีราคาแพงกว่าราคาของกรดซัลฟูริกมาก จึงเป็นตัวเลือก  
 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายของการนำกลับโครเมียมมีความแตกต่างกัน  
 เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทางด้านสารเคมีของสภาพการละลายแบบมีการกวนต่อ  
 เนื่องกับการกวนเฉพาะตอนแรกพบว่ามีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกัน โดยการกวนต่อเนื่องเสียค่าใช้จ่าย  
 จ่าน้อยกว่าเล็กน้อย ในการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีและไม่มีสารช่วยตรึงมีค่าใช้จ่าย  
 จ่าคิดเทียบกับช.ม.น้ำเสียใกล้เคียงกัน (เมื่อเปรียบเทียบราคาในช่วงสารสร้างตะกอน  
 ผลึกเดียวกัน) แต่เมื่อคิดเทียบกับช.ม.โครเมียมที่นำกลับได้แล้วการนำกลับจากน้ำเสียที่มีสาร  
 ช่วยตรึงเสียค่าใช้จ่ายในการนำกลับสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากโครเมียมในน้ำเสียที่มีสาร



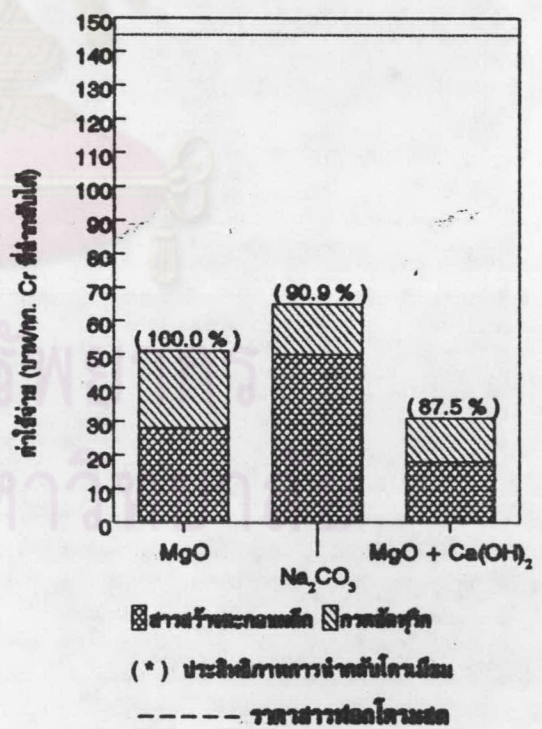
ก.) สัณธิ์มีการการานพ่นเนื้อ



ข.) สัณธิ์มีการการานเฉพาะคณนท

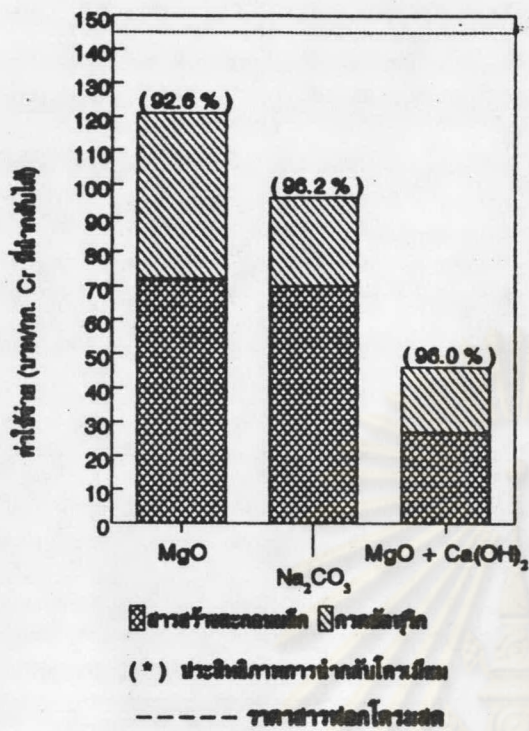


ค.) การคณนธิ์มีการการานพ่นเนื้อ

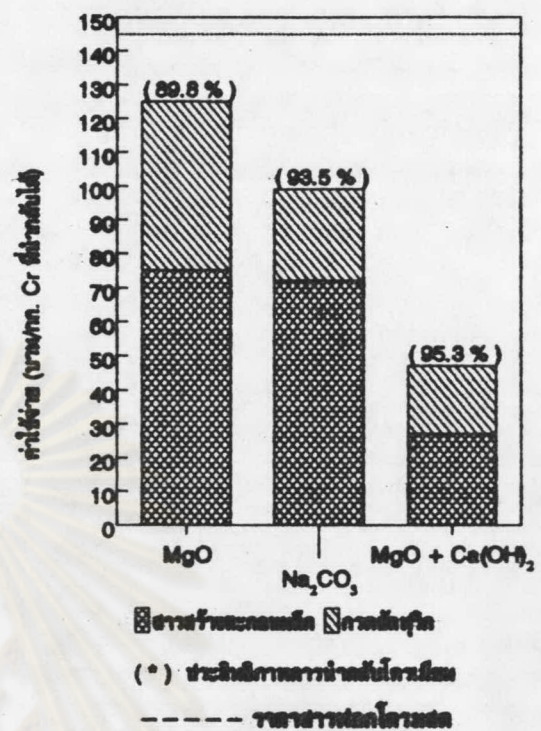


ง.) การคณนธิ์มีการการานเฉพาะคณนท

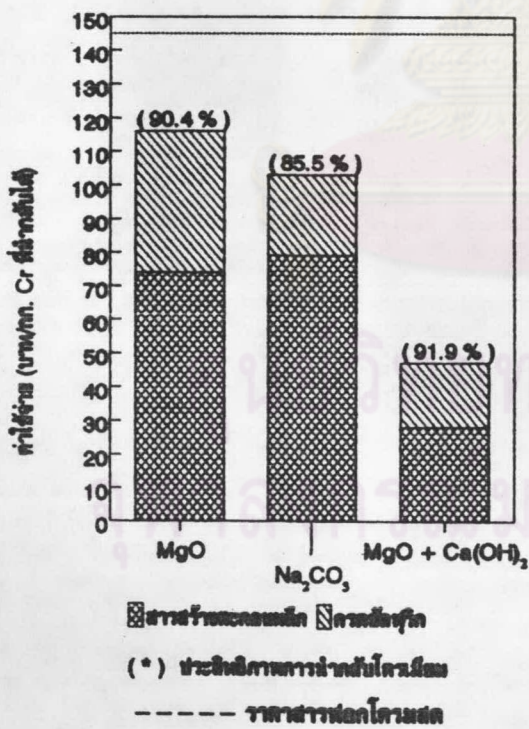
รูปที่ 5.55 ค่าใช้จ่ยพ่นก. โครมอิธที่นำกัณได้จากการะลายคณนธิ์ประเภท่าง ๆ ในจันธิ์ที่ไม่ีสารช่วยค



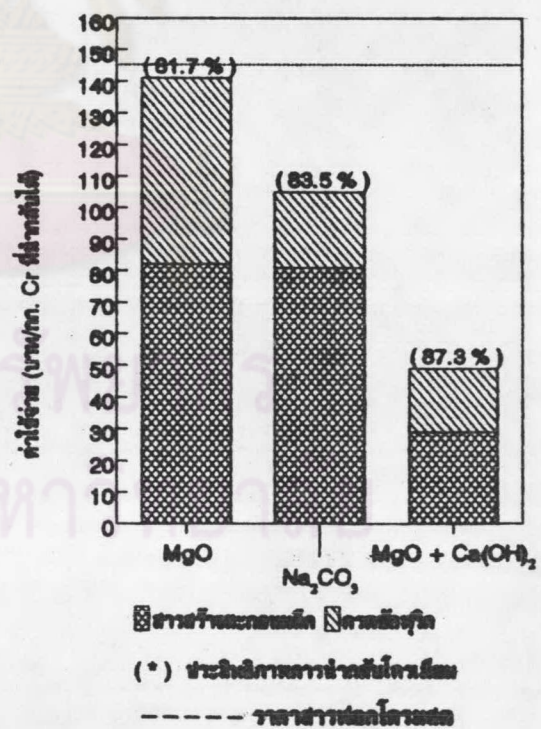
ก.) สัณธิ์มีการควบคุมเนื้อ



ข.) สัณธิ์มีการควบคุมเฉพาะอุณหภูมิ



ค.) ผลการควบคุมการแช่โครเมียม



ง.) ผลการควบคุมการแช่โครเมียมเฉพาะอุณหภูมิ

รูปที่ 5.56 ค่าใช้จ่ายต่อกก. โครเมียมที่นำกลับได้จากกระบวนการละลายตะกอนเหล็กประเภทต่าง ๆ ในน้ำเกลือที่สารตัวละลาย

ช่วยตรึงมีน้อย จึงนำกลับมาได้น้อย ในขณะที่สารเคมีที่ใช้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง โครเมียม 1 กก. ที่นำกลับมาได้จากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 28-82 บาท

การละลายตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึง เสียค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมน้อยที่สุด (ดูรูปที่ 5.55) คือ 28-40 บาทต่อ กก. โครเมียมที่นำกลับได้ การละลายตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 51 - 56 และ 61 - 82 บาท/กก. โครเมียมที่นำกลับได้ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับราคาสารฟล็อกโครมสดแล้ว โครเมียมที่นำกลับมาได้มีราคาถูกกว่า กก. ละ 64 - 95 บาท คิดเป็น 44-65 % ของราคาสารฟล็อกโครมสด

ในการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึง พบว่าโครเมียมที่นำกลับมาได้จากการละลายตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวมีราคาถูกที่สุด คือ กก. ละ 46-49 บาท และมีราคาถูกกว่าสารฟล็อกโครมสดประมาณ 98.5 บาท คิดเป็น 67 % ของราคาสารฟล็อกโครมสด การใช้แมกนีเซียมออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตได้โครเมียมกลับมากก. ละ 96-141 บาท ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับราคาสารฟล็อกโครมสด โดยการละลายตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์นั้น นอกจากเสียค่าใช้จ่ายสูงสำหรับสารสร้างตะกอนฟล็อกแล้ว ยังเสียค่าใช้จ่ายสำหรับกรดซัลฟูริกมากกว่าการละลายตะกอนฟล็อกประเภทต่าง ๆ อย่างเห็นได้ชัด (ดูรูป 5.56) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่ควรนำวิธีนี้ไปใช้กับน้ำเสียจากการฟล็อกโครมที่มีสารช่วยตรึง

เมื่อพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงแล้ว สารสร้างตะกอนฟล็อกที่ควรเลือกใช้คือแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาว แต่จากการสังเกตของผู้เขียน พบว่าสารละลายที่ได้จากตะกอนฟล็อกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวนั้นมีแคลเซียมซัลเฟตที่ไม่ละลายเป็นสารแขวนลอยอยู่ ในการนำกลับมาใช้แคลเซียมซัลเฟตหมุนเวียนอยู่ในระบบและมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นผลให้มีการอุดตันในเส้นท่อและอายุการใช้งานของเครื่องสูบน้ำลดลงได้ รวมทั้งอาจมีผลต่อคุณภาพหนังฟอกได้

ค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมที่มีราคาถูกรองลงมา คือการใช้แมกนีเซียมออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนและความเข้มข้นโครเมียมที่ละลายได้แล้ว การใช้แมกนีเซียมออกไซด์มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากการตกตะกอนใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมงและสลัดจ์ที่ได้มีปริมาณน้อย (หรือชั้นมาก) เมื่อนำมาละลายด้วยกรดได้สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงพอ (ประมาณ 13,303 - 13,376 มก./ล.) ที่อาจนำกลับมาใช้ได้เลยโดยไม่ต้องเติมสารฟล็อกโครมเพื่อเพิ่มความเข้มข้น

(ในกรณีที่มีปริมาณสารละลายที่ได้เพียงพอแล้ว) สภาพการละลายที่เหมาะสมสำหรับการละลายสลิคซ์แมกนีเซียมออกไซด์ คือ ละลายแบบมีการกวนต่อเนื่อง(หรือกวนเฉพาะตอนแรกก็ได้เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า)เป็นเวลา 60 นาที ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ควรใช้คิดเป็นจำนวนเท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎีได้เท่ากับ 1.5 เท่า สารละลายที่ได้มีพีเอชประมาณ 2.9

สำหรับการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงนั้นมีโอกาสที่ไม่คุ้มทุน เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการนำกลับโครเมียมโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนตมีค่าสูงใกล้เคียงกับราคาสารฟอกโครมสด สารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนผลึกแมกนีเซียมออกไซด์ร่วมกับปูนขาวเสียค่าใช้จ่ายเพียง 46 - 49 บาทต่อกก.โครเมียมที่นำกลับได้ แต่ในการนำไปใช้มีความเสี่ยงต่อการชำรุดของเครื่องสูบน้ำได้ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ทั้งหมดนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ที่คิดเฉพาะค่าใช้จ่ายทางด้านสารเคมีเท่านั้น ในความเป็นจริงต้องมีค่าใช้จ่ายทางด้านอื่น ๆ อีก เช่น ค่าบำรุงรักษา ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า เป็นต้น ในการวิเคราะห์ทางด้านต้นทุน-ผลประโยชน์จึงต้องทำการทดสอบกับโรงทดลองนำร่องต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย