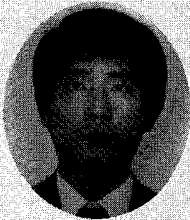


실무자를 위한 용·폐수 처리기술

(6)



全炳俊
((株)한수 기획부)

IV. 고분자 응집제의 실제적 적용

오늘날 고분자응집제는 다양한 종류의 폐수처리나, 슬러지의 처리, 공업용수의 처리와 현대적인 제품생산 공정 등의 많은 부분에서 적용되고 있다.

이러한 고분자응집제의 적용에 있어 가장 최적의 적용방법을 선택하기 위해서는 폐수의 특성이나 처리목적, 처리공정에 대한 이해와 이에 적합한 약제의 선별이 중요하다. 이러한 약제의 선별에서 가장 일반적으로 적용되는 시험방법은 Jar-test와 Nutsche test, Floation test 등이 있으며, 이와 함께 슬러지 탈수 cake의 함수율을 측정하는 수분 측정, cake의 박리성을 test하는 압착 test 등이 있다.

1. 적정 Chemical선정을 위한 Test methods

가. 시료의 분석

시료는 다음 항목에 준한 사항을 분석하는 것이 필요하며, 필요시 다른 항목들을 추가한다.

- (a) 외관과 냄새
- (b) 수온
- (c) pH
- (d) Conductivity($\mu S/cm$, $\mu v/cm$)
- (e) clarity(cm)
- (f) Suspended solids(ppm)
- (g) COD, BOD(ppm)
- (h) 기타

이들중 가장 기본적인 항목으로는 pH와 도전율(Conductivity)로서 이는 폐수처리 효과에 가장 큰 영향을 미치는 인자로 알려지고 있다.

나. 예비 시험

100ml의 비색관(Colorimetric tube)에 Sample 100ml를 넣고 1-2ppm의 음이온성 고분자응집제를 첨가한 후 흔들어 정치시킨다.

입자의 크기와 침강성, 상등액 탁도를 관찰해 본다. 만일 탁도가 여전히 존재할 경우에는 다른 시료 100ml에 무기응결제인 황산알루미늄($Al_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$)을 10, 100, 200, 500ppm을 투입하여 흔들어 준 뒤 1-2ppm의 음이온성 고분자응집제(KURIFLOCK)를 투입하여 재차 흔들어 준다. 이후 입자의 크기, 침강성, 상등액 탁도 등을 약 5분 정도 관찰해 본다.

이러한 예비시험의 결과로서 무기응결제의 투입량

이나 Polymer(고분자응집제) 투입량을 개략적으로 알 수 있으며 경제적인 Test결과를 얻을 수도 있다.

다. 응집을 위한 적정 고분자응집제의 선정시험

1) 무기응결제와 함께 고분자응집제를 적용할 경우 무기응결제를 투입할 경우에는 pH의 저하가 필수적으로 발생하므로 이를 보정하기 위한 NaOH와 같은 pH조정제가 필요하게 된다.

무기응결제의 역할은 전술한 현탁입자의 하전중화와 함께 거대입자가 되기 위한 1차적인 Primary floc을 형성시켜 주는 것이다. 따라서 무기응결제 투입후 교반을 통하여 혼합이 된 상태에서 pH조정제를 투입하는 배려가 필요하다(만일 동시 투입시에는 약품끼리의 수산화물 형성으로 처리효과가 감소될 수 있음).

또한 동일 조건하에서 고분자응집제를 선정하기 위해서는 약 10ℓ 정도의 충분한 시료에 무기응결제와 pH조정제를 투입한 뒤 500ml비이커에 분취하여 고분자응집제를 선정하는 것이 바람직하다.

시험방법은 일반 Jar-test방법에 따르며, 무기응결제와 pH조정제를 투입한 각 시료에 각각 임의의 고분자응집제를 투입하여 150rpm교반조건으로 1분 교반후 50rpm 3분간 교반하여 floc의 크기, 상등액 탁도, 침강속도, 잔류입자의 상태 등을 관찰하여 가장 효과적인 고분자응집제를 선정한다. 적정투입량 결정은 동일 방법으로 각각의 농도별로 실시·선정한다(무기응결제는 10-20ppm 단위로 증가시켜 시험 실시, 고분자응집제는 1ppm단위로 증가시켜 선별).

2) 고분자응집제만을 적용할 경우

고분자응집제만을 적용할 경우에는 상기 방법중 무기응결제와 pH조정제만을 제외하고 동일하게 실시한다. 그러나 용폐수의 성상(pH, 도전율 등)에 따라 처리효과가 달라질 수 있으므로 가능한 pH는 4-9의 범위가 유지되도록 하여야 한다.

고분자응집제의 종류는 응집을 위한 경우, 비이온성(Nonion)이나 음이온성(Anion)이 주로 적합하며 통상의 투입량은 정수처리의 경우 0.2-0.5ppm, 폐수처리 목적인 경우에는 1-3ppm수준이 가장 일반적이다. 아울러 무기응결제 병용의 경우, 무기응결제의 적정사용량은 정수처리시 30ppm전후, 폐수처리시 100ppm전후가 일반적이다.

라. 탈수를 위한 고분자응집제의 선정시험

탈수제로 통상 사용되는 고분자응집제는 양이온성

(보기 1. Jar-testing)

Title : Alum투입량 결정실험

Jar No.	Alum (ppm)	NaOH (ppm)	Floc size	Sludge volume	처리수 탁도	비고
1	50	19	D ₅	5	2	처리가능
2	40	15	D ₃	-	-	Small
3	35	13	D ₁ -D ₂	-	-	Pinpoint floc
4	30	11	ND	-	-	-
5	25	9	ND	-	-	No floc
6	20	7	ND	-	-	-

▶ 결론 : 35ppm으로 기초 floc형성 가능, 과잉 첨가시 floc양호하나 비경제적

(보기 2. Jar-testing)

Title : Polymer선정실험

Jar No.	Alum (ppm)	NaOH (ppm)	Polymer type	투입량 (ppm)	Floc size	처리수 탁도	비고
7	35	13	PA-328	1	D ₃	11	-
8	35	13	PA-328	1	D ₇	2	Best
9	35	13	PA-331	1	D ₄	9	-
10	35	13	PA-500	1	D ₃	15	-
11	35	13	PN-133	1	ND	40	-
12	35	13	PN-171	1	ND	40	-

▶ 결론 : 음이온계 Polymer(PA-328)가 가장 적합

(보기 3. Jar-testing)

Title : 확인 시험

Jar No.	Alum (ppm)	NaOH (ppm)	Polymer type	투입량 (ppm)	Floc size	처리수 탁도	비고
13	35	13	PA-328	1	D ₇	2	Dest
14	30	11	PA-328	1	D ₆	2.5	Control*
15	25	9	PA-328	1	D ₃	11	Small floc
16	20	7	PA-328	0.5	-	40	No floc
17	15	6	PA-328	0.5	-	40	-
18	10	4	PA-328	0.5	-	40	-

▶ 결론 : Alum(30ppm)+NaOH(11ppm)+PA-328(1ppm)처리시 경제적인 처리가 가능

의 Polymer로서, 응집침전에 의해 현탁입자가 조대입자로 floc화 된 것을 재차 응집시켜 Cake화 시키는 기능을 갖는다.

현탁입자가 무기응결제와 고분자응집제에 의하여 floc으로 변환되어 침전조(clarifier)에서 침전되게 되면 Settling tank(농축조)에서 중력농축 등에 의해 입자의 농도는 더욱 증가되게 되므로 이를 슬러지라고 칭한다.

슬러지는 탈수기(Dehydrator)로 이송되어 탈수과정
을 거침으로써 cake로 전환되는데 최근의 탈수공정
에서는 처리효율을 증진시키기 위해 고분자응집제의 채
택을 기본으로 한다. 이러한 고분자응집제의 적용은
탈수기기의 종류에 따라 요청되는 성질이 약간의 차이
를 나타낸다.

여과포를 이용한 Belt-press탈수기의 경우에는 flocc
의 크기가 다소 작아도 무방하나 비교적 강한 결합을
형성하는 탈수제의 선정이 유효하고, Screw press탈수
기나 Screw decanter탈수기에는 가능한 입자경이 큰
floc을 형성하는 탈수제의 선정이 바람직하다. 아울러
탈수제 선정시의 시험방법도 약간의 차이를 주어(교
반조건 등) 시험을 행한다.

표 4-1. 탈수기종에 따른 시험방법

구분	Belt press	Screw press	Decanter
	Sample 200ml	Sample 200ml	Sample 200ml
시험	Polymer투입(적정ppm)	Polymer투입(적정ppm)	Polymer투입(적정ppm)
방법	180rpm 30초 교반	120rpm 20초 교반	350rpm 30초 교반
	Nylon여과포(96mesh) 통 과시켜 여액량측정	분액 여두를 통과시켜 여 액량 측정	Nylon 여과포 통과시켜 여액량 측정
판정	floc크기 여액량(20초)	floc크기 여액량(10초)	floc크기 여액량(20초)
기준	처리수 탁도등	처리수 탁도등	처리수 탁도등

탈수기종에 따른 시험방법의 차이는 실제 탈수시의
기기특성에 따른 오차를 최소화하기 위한 것으로서,
최종 처리후 cake의 함수율을 낮추기 위해 기기 특성
에 맞도록 시험방법을 다소 변형한 것이다.

2. 용폐수 처리공정에 대한 고분자응집제의 적용

가. 고분자응집제의 용해

고분자응집제는 전술한 바와 같이 대단히 용해가 어
려운 고분자 물질이므로 사전에 적정농도로 용해시켜
사용하여야 한다.

아울러 고분자응집제는 일단 물과 접촉하게 되면 팽
윤이 되어 「Fisheyes」(덩어리상의 난용성 polymer)를
형성하여 대단히 용해가 어려운 상태가 되므로 이의
방지를 위해 충분히 교반되는 조건에서 소량을 첨가하
여 용해시키거나 분산용해기를 사용하여 용해시키는

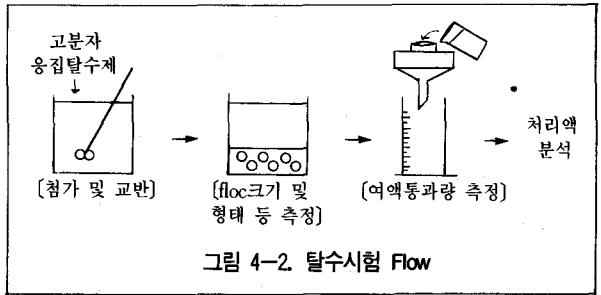


그림 4-2. 탈수시험 Flow

- 시료의 종류 : 1차 농축조 슬러지
- 시료조건
- 시험방법 : Neutsche Test
- 탈수기종 : Belt Press

pH	7.1
Cond	850 μ S/cm

탈수제	시간	floc size	여 액 량(ml)						비교
			5sec	10sec	20sec	30sec	45sec	60sec	
KURIFIX CP-911	80	D ₁₁	60	110	150	170	180	185	Best
KURIFIX CP-911	100	D ₈	35	60	80	120	140	165	
KURIFIX CP-952	80	D ₇	35	60	75	90	110	130	
KURIFIX CP-952	100	D ₄	5	30	60	75	80	85	

그림 4-3. 탈수시험 Chart에

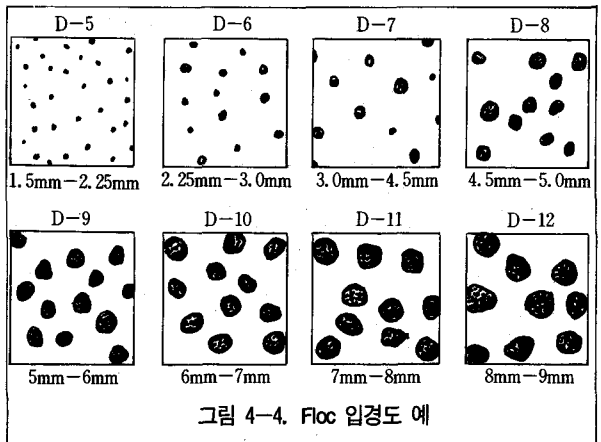


그림 4-4. Floc 입경도 예

것이 바람직하다.

「Fisheyes」는 일단 형성된 이후에는 대단히 녹기 어
려운 덩어리 상태로 존재하므로 용해시 주의를 요한
다. 또한, 고분자응집제의 용해시에는 높은 전단력을
동반하는 고회전 Mixer를 사용하게 되어 고분자 Chai-

n의 절단과 이로 인한 효과 저하가 발생될 수 있으므로, 회전수는 100-300rpm이 바람직하다. 아울러 Cascade pump의 사용은 피하는 것이 좋다.

응집제 종류	적정 용해농도
음이온(Anion)	0.05-0.2%
비이온(Nonion)	0.05-0.2%
양이온(Cation)	0.2-0.4%

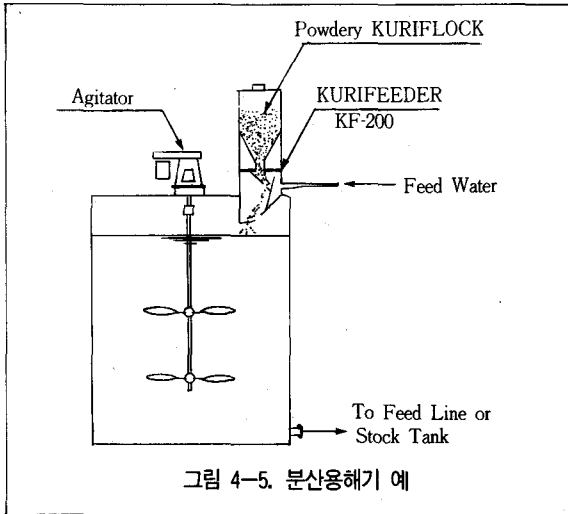


그림 4-5. 분산용해기 예

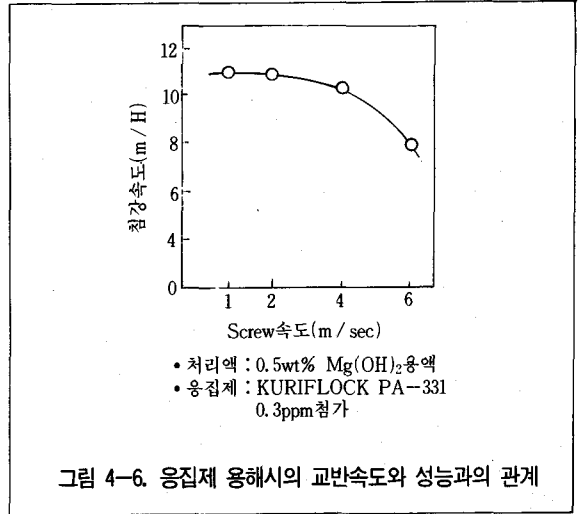


그림 4-6. 응집제 용해시의 교반속도와 성능과의 관계

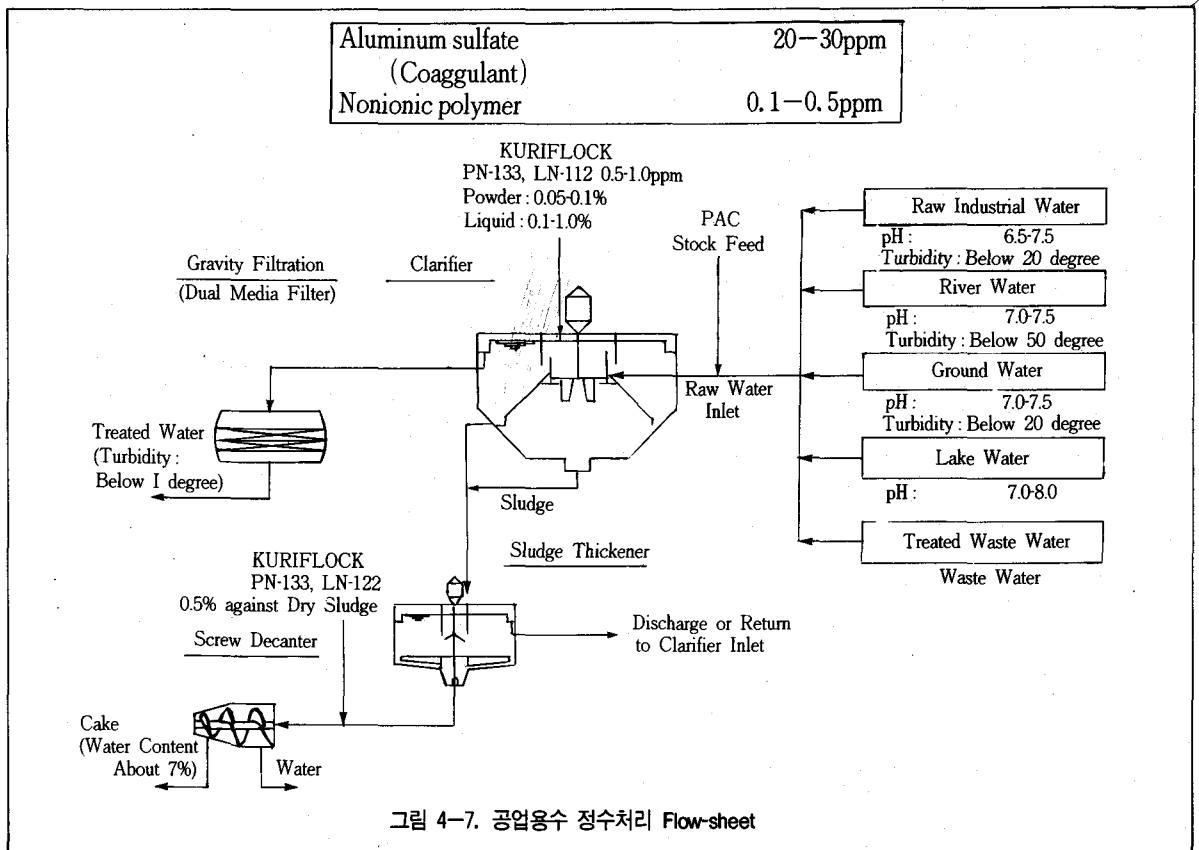


그림 4-7. 공업용수 정수처리 Flow-sheet

다. 공업용수 처리시의 고분자응집제 적용 예
 공업용수 처리시 단순히 무기응결제(황산알루미늄이나, PAC 등) 만을 적용하는 경우도 있으나 대부분 응집제를 병용하여 침전속도를 향상시키고 또한 단독 사용시에 비하여 감소된 응결제 사용량이나 처리수량

증가등의 효과를 얻을 수 있다.

일반적으로 약산성의 조건에서 응집효과가 우수한 비이온성(Nonionic) 고분자응집제가 주로 적용되며, 알칼리제(NaOH)의 주입을 별도로 시행하지 않은 경우가 많다.

표 4-3. 공업용수의 정수처리 결과 예

	Raw Water Quality				Treating System	Agent and Dosage				Treated Water Quality				
	pH	SS (ppm)	Electric Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)			Turbidity (degrees)	Coagulant		KURIFLOCK		pH	SS (ppm)	Turbidity (degrees)	Transparency (cm)
			Name	ppm			Name	ppm						
A	7.3	15	-		17	Clarifier Dual media filter	PAC	20	LN-112	1.0 2.0	7.0	5	1	30
B	7.2	20	1,500	2,000	20 30	Electro-coagulator Dual media filter	Electrolytic Al	0.5	LN-112	0 0.5	7.1	5	1	30
C	7.0	25 50	-		30 50	Clarifier	PAC	20	PN-133	0.05	7.0	5	5	30

표 4-2. KURIFLOCK(음이온계) 용해 Tank의 Standard Specification

Tank Volume (ℓ)	Dimensions (mm, diameter X height)	Motor output (KW) (HP)	Agitator shaft		
			Overall length (mm)	Diameter (mm)	Impeller 3blades 2stages (mm)
1,000	1,160×1,000	0.4 1/2	1,200	22	250
2,000	1,450×1,525	0.75 1	1,500	28	300
3,000	1,650×1,830	1.5 2	1,650	32	350
4,000	1,650×2,440	2.2 3	1,800	40	400
5,000	1,800×2,440	2.2 3	1,800	40	400
6,000	2,000×2,440	3.7 5	2,000	45	450
8,000	2,000×3,050	3.7 5	2,000	45	450
10,000	2,250×3,050	5.5 7½	2,200	60	500

나. 고분자응집제의 사용기간

분말의 고분자응집제는 장시간 보존하여도 안정하나, 물에 용해시킨 후에는 시간이 경과할수록 성능이 저하되므로 용해 후에는 가능한 수일내에 사용이 바람직하다. 특히 희석배율이 높을수록 성능저하가 경과일수에 따라 현저히 나타날 수 있으므로 주의가 필요하다.

0.1% 용해직후	효과 100
10일후	88
20일후	77

고분자응집제는 일단 물과 접촉하게 되면 팽윤이 되어 「Fisheyес」(덩어리상의 난용성 polymer)를 형성하여 대단히 용해가 어려운 상태가 되므로 이의 방지를 위해 충분히 교반되는 조건에서 소량을 첨가하여 용해시키거나 분산용해기를 사용하여 용해시키는 것이 바람직하다.

「Fisheyес」는 일단 형성된 이후에는 대단히 녹기 어려운 덩어리 상태로 존재하므로 용해시 주의를 요한다.

라. 제철소 Blast furnace unit 폐수의 처리적용 예
 Blast furnace에서 발생하는 다량의 dust(SS농도 500-3,000ppm)를 집진하여 이에 함유된 CN, Zn, CO 등을 제거하며 처리수는 재순환된다.

수질특성은 고온(40-50°C), 고농도 SS, 중금속 함유, 저 pH 등으로 요약되며, 최종 제거효율은 90-95%정도이다.

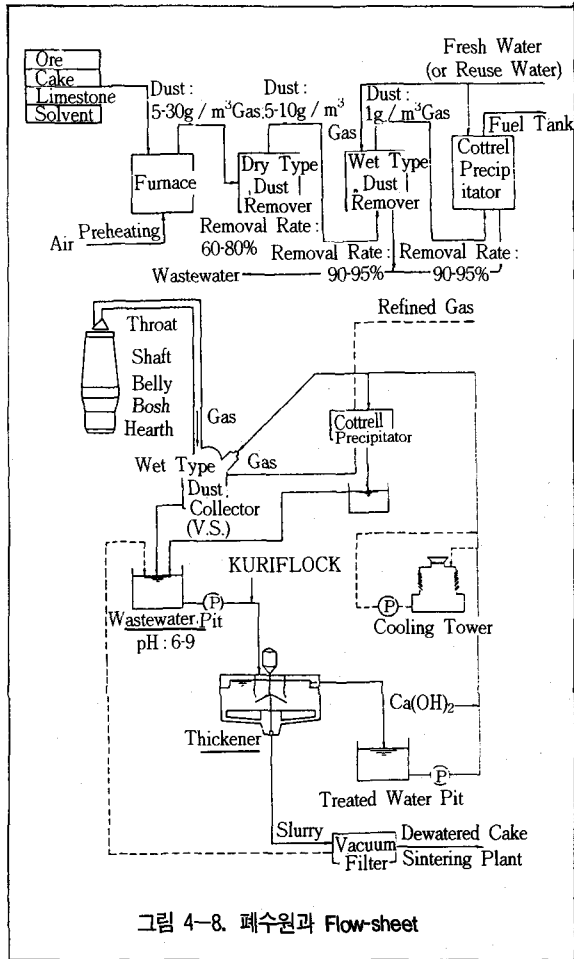


그림 4-8. 폐수원과 Flow-sheet

표 4-4. Blast furnace unit 폐수처리 결과

	Raw Water Quality				Agents & Dosages		Treated Water Quality				Remarks
	pH	SS (ppm)	Zn (ppm)	Turbidity (ppm)	Flocculant	ppm	pH	SS (ppm)	Zn (ppm)	Turbidity (ppm)	
A	6.8	1,535	-	960	PA-325 PA-331	0.2 0.3	6.8	-	-	10	Fresh water circulation. (Temp : 40 ~ 45°C)
B	6.4	1,400 4,000	-	2,500 5,200	PA-331	0.5 1.0	6.4	15 20	-	40 50	Seawater : Fresh Water = 2 : 1
C	5.9	2,400	300	4,100	PA-322	1.0	6.0	16	58	27	Fresh water circulation

마. 제철소 Cold Rolling Mills(냉연) 공장 폐수처리 적용 예

압연 공정에서 사용되는 윤활유는 수용성 Oil이나 지방(야자유 등) 성분을 기본으로 한 Emulsion이므로 폐수처리시 상당폭 어려운 문제로 나타나기도 한다.

일부 공장들에서는 압연유를 일과식으로만 사용하는 경우도 있으며, 압연유를 회수할 경우 폐수중의 Oil 농도(n-Hexane ext.)는 0.5% 이하이며, T-Fe의 농도는 20-60ppm정도이다.

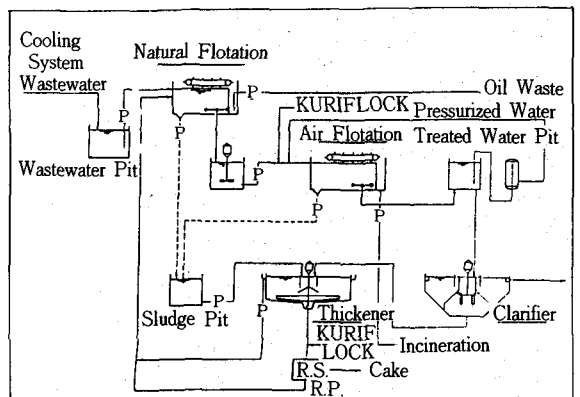


그림 4-9. Cold Rolling Mills 폐수처리 Flow-sheet

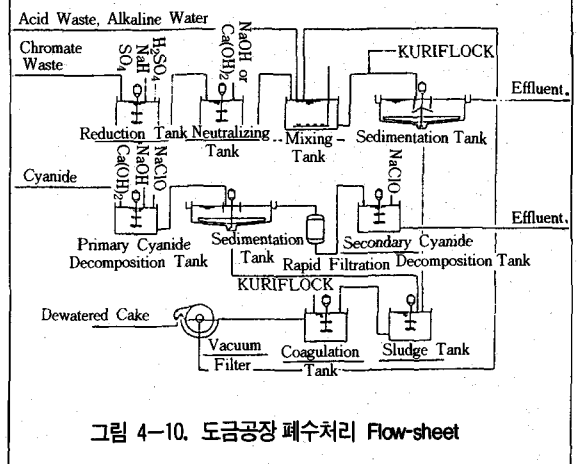


그림 4-10. 도금공장 폐수처리 Flow-sheet

표 4-6. 도금공장 폐수처리 결과

Raw water quality			Agent & dosage		Treated water quality		
CN (ppm)	Cr ⁶⁺ (ppm)	pH	KURIFLOCK	ppm	CN (ppm)	Cr ⁶⁺ (ppm)	SS (ppm)
300	230	3-5	PA-322	1-2	1이하	1이하	50이하

표 4-5. 냉연공장 폐수처리 결과

Raw water quality				Agent and dosage				Treated water quality			Remarks
pH	Turbidity (ppm)	SS (ppm)	n-Hexane soluble substances (ppm)	Coagulant	Dosage (ppm)	KURIFLOCK	Dosage (ppm)	pH	Turbidity (ppm)	Settling velocity (m / hr)	
9.5	46	-	-	-	-	PA-331	1	9.5	3	7	
11.9	200	-	-	-	-	PA-322	0.3	8.0	-	8	Palm oil is used.
7.2	-	9.5	-	PAC	5	PN-133	0.2	7.1	-	2	
8.5	55	55	48	Bentonite FeCl ₃	100 100	PN-133	1	6.4	-	50	Palm oil is used.
6.8	200	278	78	PAC	800	PA-331	1	7.0	-	40	Soluble oil is used.

바. 석유화학 공장의 유분폐수 처리적용 예
 석유화학 공장의 유분폐수는 가벼운 성질을 이용하

여 주로 부상방법이 채택되며, 이 경우 유분과 흡착성이 강한 polymer의 선택이 더욱 효과적이다.

표 4-7. Air Flotation Test결과 예

No.	수 질				약품명 및 사용농도		처리수 수질			
	pH	SS (ppm)	COD (ppm)	Oil (ppm)	Coagulant (ppm)	KURIFLOCK (ppm)	pH	SS (ppm)	COD (ppm)	Oil (ppm)
1	6.9	31	27	9	STOPOL CL-105 (50)	PA-328 (1)	7.0	10>	18	3.5
2	7.1	29	22	7.6	ALUM (250)	PA-328 (3)	7.0	10>	20	8.6

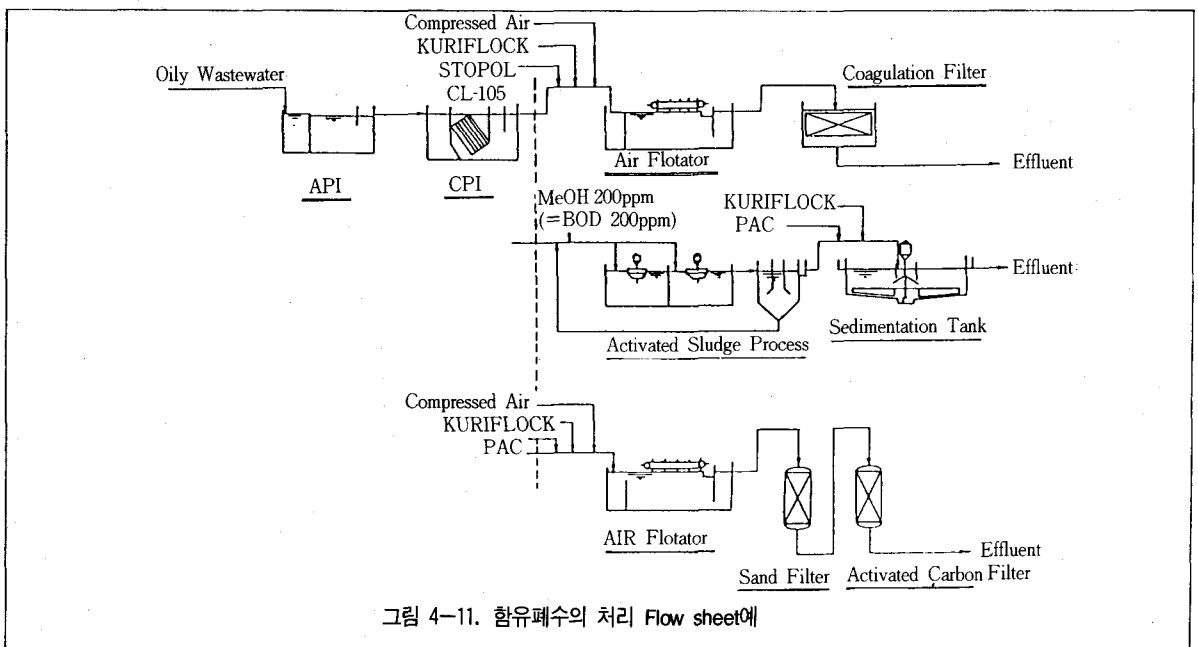


그림 4-11. 함유폐수의 처리 Flow sheet에