

가변 세공(Variable Pore)구조를 가진 정밀여과장치(VPMF) 시스템

최충현

거룡기공(주) 대표이사

1. 머릿말

오염된 물에서 오염물질과 물을 제거하는 기술, 즉 수처리 공법은 제거된 오염물이 어떤 상태로 後處理 되는가 하는 관점에서 크게 나누었을 때 物理的처리방법, 化學的처리방법, 生物學的처리방법으로 구분할 수 있다.

화학적처리방법

화학적 처리방법 중 대표적인 응집처리 공법은 오염된 물에 응집제를 투여하여 용존상태의 오염물질을 침전이 가능할 정도의 크기로 粗大化하여 분리하는 방법이다. 그러나 이 방법은 다음과 같은 단점들이 있다.

- ① 後處理 오염물(슬러지)의 다량 발생
- ② 농도부하 변동에 따른 약품 투여량의 조절
- ③ 응집에 필요한 최적의 pH조절 필요
- ④ 처리수질의 한계

화학적 처리방법 중 오염물질을 酸化시켜서 가스 형태로 배출시킬 수 있는 산화제를 투여하는 방법은 저농도 오염물질의 제거에는 상당히 유효한 방법이다. 그러나 산화제만으로 오염물질 전체를 산화처리 하기에는 소요되는 비용과 시간에 비해서 경제성이 없다.

생물학적 처리방법

생물학적 처리방법은 水中의 오염물질을 미생물에 의해서 분해, 산화시켜서 제거하는 공법이다. 그러나 이 방법은

미생물의 각종 生肉條件(온도·pH·MLSS등)이 적합해야만 최적의 효율을 낼 수 있기 때문에 부하변동 등에 적응하기가 어렵고 숙련된 운전자가 요구되는 단점이 있다.

물리적처리방법

물리적 처리방법은 분리된 오염물질이 고유특성의 변화가 없으며 오염원이 추가되지 않는다는 특징을 갖고 있어서 후처리 부산물의 양을 최소화 할 수 있다. 또한 온도, pH, 농도 등에 큰 영향을 받지 않으므로 공정운영의 안정을 기할 수 있어서 숙련된 기술자가 필요치 않는 장점이 있다.

물리적 처리방법에는 여과공정이 대표적이며 제거대상 입자가 매우 큰 경우에 사용하는 스크린에서부터 이온상태의 오염물을 제거할 수 있는 역삼투막까지 다양하게 사용되고 있다. 따라서 물리적 처리방법만으로도 거의 대부분의 수처리를 완벽한 수준으로 처리할 수 있다.

그러나 이러한 종래의 여과장치의 가장 큰 단점은 여과를 수행하는 여과장치가 잘 막히고 逆洗滌후에도 제거능을 발휘하지 못한다는 점이었다.

VPMF의 개발 분야

당사 부설 환경기술 연구소에서는 물리적 처리방법의 단점인 여과장치의 막힘과 저조한 역세척 효율을 향상시키기 위하여 다년간의 연구를 수행하였다. 그 결과 종래의 여과장치의 단점은 고정세공(Fixed Pore)구조 때문이라는 결론을 얻고 가변 세공(Variable Pore)구조를 가진 VPMF

를 개발하였다. 종래의 여과장치의 단점이 고정세공에 있다는 결론은 새삼스러운 일이 아니며 미국, 일본, 유럽, 호주 등지에서도 가변세공 구조를 가진 여과장치를 개발하고자 기술개발에 몰두하고 있다.

선진국의 경우 가변세공 구조의 다양한 제품들이 출시되고 있으며 많은 여과시설이 신개발품으로 설치되고 있다. 이러한 가변세공구조 여과방식의 제품경쟁력은 얼마나 작은 입자까지 여과할 수 있는가와 역세척 회복율이 얼마나 우수한가에 달려있다.

VPMF에는 일정한 길이로 절단된 Micro Fiber를 원통형으로 모아서 성형한 필터가 압력용기의 내부프랜지에 장착된다. 여과시에는 유입원수의 수압으로 Fiber를 압착하여 Fiber의 적층에 의한 여과를 시행한다.

역세척시에는 여과의 반대방향으로 청수 또는 원수를 공기와 함께 주입하여 공기와 물의 난류에 의해서 역세척하는 구조를 갖고 있다.

VPMF의 적용분야

VPMF의 여과입경은 각각 25 μ (LQ), 5 μ (MQ), 1 μ (HQ), 0.5 μ (SQ)가 있으며 역세척 회복율은 거의 완벽하다. VPMF의 응용범위는 매우 다양하며 모델별 적용분야와 모델별 적용분야는 다음과 같다.

모델명	여과입경	적용분야
VPMF-LQ	25 μ	냉각수의 재활용 공정 호소·양어장의 녹조제거 공정
VPMF-MQ	5 μ	케트리지 필터·모래여과기의 대체 산업폐수의 부유물질 제거공정 오수의 직접여과처리공정 오수정화조 방류수의 SS·BOD제거 하수처리장의 부유물질 제거후 재사용 공정 R/O분리막의 전처리공정
VPMF-HQ	1 μ	정수장의 모래여과지의 대체 수영장의 정수처리 고도처리(활성탄·이온교환수지·오존·UV)의 전처리 분리막(R/O·NF)의 전처리
VPMF-SQ	0.5 μ	공업용수의 여과 및 산업폐수의 재활용 분리막(R/O·NF)의 전처리 직접여과에 의한 오수 및 중수도처리

2. VPMF의 원리 및 동작

1) VPMF의 원리

VPMF(Variable Porestructure Micro Filter, 可變細孔構造 정밀여과장치)는 micro fiber의 積層을 水流의 흐름에 의해서 압착시킴으로서 일시적인 필터구조를 만들고 다시 역방향의 흐름에 의해서 적층을 해체하여 필터구조를 해체하는 원리로 구성되어 있다. 즉 micro fiber의 겹침에 의한 深層여과를 수행하고 겹침의 해체에 micro fiber의 사이사이에 포집된 오염물질을 용이하게 탈리시키는 원리를 이용한 필터이다.

2) VPMF의 구조

Flexible한 micro fiber를 일정 길이로 절단하여 원통형으로 성형한 후 양끝의 홀더에 부착하여 압력용기의 하부 프랜지에 결합한 구조를 갖고 있으며 고정되지 않은 쪽의 필터 홀더는 압력용기내에서 수류의 흐름에 따라 수직방향으로 자연스럽게 움직일 수 있는 구조를 갖고 있다.

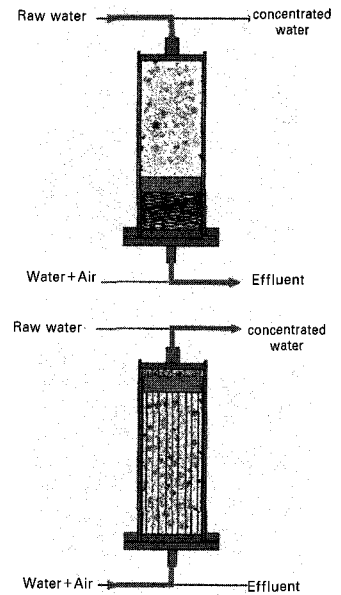
3) VPMF의 동작원리

여과시

원수주입구 방향으로 유입된 원수는 원통 필터를 서서히 압착한다. 필터압착이 임계 두께에 도달하게 되면 더 이상의 필터압착은 일어나지 않고 압착필터에 의해서 원수가 여과되어 처리수 배출구 방향으로 처리수가 배출된다.

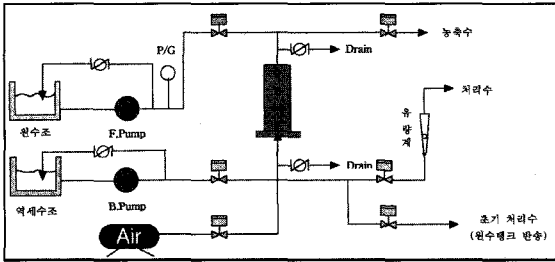
역세척시

처리수 배출구를 통

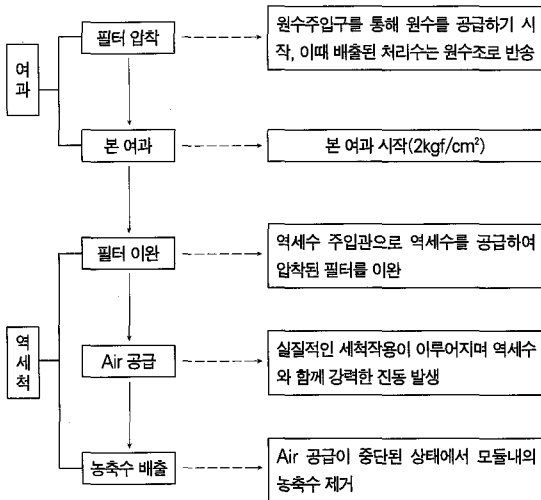


해 원수와 공기를 주입하게 되면 원형필터는 서서히 상방향으로 확장되어 세공구조가 해체되고 미세한 공기포는 필터 사이에 끼여있는 오염물을 세척하여 원수 주입구 방향으로 배출한다. 이때 원형필터는 미세한진동을 하면서 세척에 상승작용을 일으켜 완벽한 역세척이 가능케 한다.

처리흐름도



4) 운전 Mode



3. VPMF의 적용 공정

1) 정수처리 공정

VPMF-SQ 모델을 적용한 정수처리 공정은 기존 정수

처리 방식에 비해서 콤팩트하고 경제적이며, 우수한 수질을 얻을 수 있다. 침전 및 급속여과방식의 기존공정은 약품에 의해서 발생될 수 있는 많은 부작용을 안고 있다.

예를 들면,

- 농축 슬러지의 처리문제
 - 잔류 약품성분(AI 등)의 문제
 - 밀도류에 의한 침전조의 효율 저하문제
 - 오염물농도에 따른 약품 주입량의 조절문제
 - 상수원의 조류발생시 모래여과지의 폐색
 - 대형 침전조로 인한 소요면적의 거대화 등이다.
- 이에 비해 VPMF에 의한 직접 여과공정은 다음과 같은 장점을 가지고 있다.
- 원수를 직접 여과하여 처리하고 농축수는 방류가 가능하므로 슬러지 처리에 대한 부담이 없다.
 - 약품을 사용하지 않으므로 잔류 약품의 문제가 발생하지 않는다.
 - 침전조 및 모래여과지를 대체하여 처리장면적을 축소할 수 있다.

<처리성능(H정수장)>

항목	구분			
	원수	급속여과 공정	UQ모델 처리수	기준치
탁도(NTU)	12.5	0.30	0.15	2도 이하
색도(ppm)	15.0	4.00	4.20	5도 이하
NO ₃ -N(mg/l)	4.0	2.80	3.20	10 이하
NH ₃ -N(mg/l)	0.9	N.D	N.D	0.5 이하
KMnO ₄ -소모량(mg/l)	6.3	2.20	2.10	10 이하
Al(mg/l)	N.D	0.18	N.D	0.2 이하

<운전DATA>

항목	내용	비고
여과시간	8~12 hr	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간	2~5분간 실시 (Water + Air 동시 주입)	
농축수량	처리용량의 1% 미만	

(처리성능 예 (J정수장))

구분	원수	급속여과 처리수	UQ처리수	기준치
탁도(NTU)	9.76	0.3~0.1	0.1	2도 이하
색도(ppm)	10~15	3	2	5도 이하
NO ₃ -N(mg/l)	2.34	2.27	2.23	10 이하
NH ₄ -N(mg/l)	0.13	0.12	0.12	0.5 이하
KMnO ₄ 소모량(mg/l)	4.2	4.1	4.1	10 이하
Al(mg/l)	ND	0.05	N.D	0.2 이하

(운전 DATA)

항목	내용	비고
여과시간	2~3hr	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간	2~5분간 실시	
농축수량	처리용량의 5% 미만	

2) 오수 · 하수처리공정

오수 · 하수처리장은 전통적으로 표준활성오니 공정이 주를 이루고 있으나 VPMF를 적용하여 좀더 효율적으로 처리할 수 있다. VPMF는 원수특성에 따라 활성오니 공정의 전 · 후에 위치할 수 있다.

이 공정은 오 · 하수의 BOD농도가 낮아서 정상적인 활성오니 공정의 운영이 곤란한 경우에 적용하는 공정이다. 즉 VPMF에 의해서 원수를 직접 여과하여 방류 또는 재활용하고 VPMF에서 발생된 고농도의 농축수를 활성오니 공정으로 처리하는 복합공정이다.

이 공정의 장점은 활성오니공정의 시설면적을 1/20수준으로 줄여서 설비가 가능하므로 컴팩트한 시설이 되며 시설비를 절감할 수 있다. 단점으로는 원수의 오염물질이 대부분 용존상태로 존재할 경우 VPMF의 직접여과만으로는 충분한 수질을 얻을 수 없다는 점이다.

(처리성능 예 (SQ모양의 오수시료))

구분	원수	SQ모형 처리수		비고
			제거율(%)	
SS(mg/l)	92	<1	99	
COD(mg/l)	40	11	72.5	

BOD(mg/l)	56	12.1	78.4	
T-N(mg/l)	30.4	18	40.1	
T-P(mg/l)	7.2	0.07	99%	

(운전DATA)

항목	내용	비고
여과시간	60분	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간	3~4분	
농축수량	처리용량의 10% 이내	

(처리성능예 (전남 N하수처리장))

구분	원수	SQ모형 처리수		비고
			제거율(%)	
SS(mg/l)	1.0	0.3	70	원수는 활성오니 처리수
COD(mg/l)	5.2	4.2	19.2	
BOD(mg/l)	1.1	0.6	45.5	
T-N(mg/l)	13.5	10.5	22.2	
T-P(mg/l)	1.3	0.7	53.8	

(운전DATA)

항목	내용	비고
여과시간	60분	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간	3~5분	
농축수량	처리용량의 10% 이내	

3) 고도처리의 전처리 공정

일반적인 수처리공정을 거친 처리수를 재활용하거나 더 깨끗하게 처리해야 할 필요가 있는 경우 고도처리 공정을 거치게 되며 고도처리 설비로는 활성탄, 이온교환수지, 오존, UV촉매 산화방법, 분리막 공정을 들 수 있다.

이러한 고도처리에는 전처리공정이 필수적이며 VPMF는 매우 효과적인 전처리 설비로 이용될 수 있다. 전통적으로 고도처리설비로서 가장 많이 오랫동안 사용되어온 활성탄은 수 많은 기공이 형성되어 있으며 이러한 기공은 다양한 분포를 이루고 있다.

VPMF를 이용하여 활성탄의 운전시간을 단축시키는

거대입자들을 최대한 제거할 경우 활성탄의 재생주기를 연장시켜 공정을 경제적으로 운전할 수 있을 것이다. 또한 이온교환수지의 재생주기 역시 거대입자들의 제거시에 더욱 효율적으로 공정을 운영할 수 있을 것이다.

● VPMF와 기존 공정의 성능비교 ●

폐수의 재활용을 위해서 모래여과+활성탄공정과 VPMF+활성탄공정의 파과능을 비교한 결과 VPMF+활성탄공정이 모래여과+활성탄공정에 비해서 적게는 1.4배 많게는 2.5배까지 파과능력의 향상을 볼 수 있었다.

오존과 UV 산화공정의 큰 특징은 오염물질을 산화시켜서 가스와 물로 분해하는 메커니즘을 갖고 있다. 그러므로 부유고형물을 비롯한 거대입자들이 원수중에 다량 존재할 경우에는 오염물질을 분해시키는데 많은 에너지가 소모되는 단점이 있으며 처리수에도 현탁된 응집 Floc이 발생하는 경우가 많다. 이러한 공정의 전처리로는 일반적으로 모래여과기가 많이 사용되고 있지만 VPMF 적용시에는 공정의 효율을 훨씬 향상시킬 수 있다.

R/O, NF, UF등의 분리막 공정은 전처리가 필수적이라고 할 수 있다. UF의 전처리로는 5μ 정도의 전처리 필터가 사용되고 있지만 R/O, NF의 경우는 SDI(Silt Density Index)와 탁도를 기준치 이하인 수질을 요구하고 있는바 복잡한 전처리가 필요하다. 기존의 공정은 원수특성에 따라 차이는 있지만 대개 3단계 또는 4단계의 전처리를 실시하고 있다. VPMF가 분리막의 전처리로 사용될 경우 1단계의 전처리로도 충분한 수질확보가 가능하므로 전체공정을 콤팩트하게 구성함은 물론 시설비 및 운영비를 절감할 수 있다.

〈VPMF공정의 처리성능〉

• 하천수

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
SS(mg/l)	5.0	0.5	90	GF/C
Turbidity(NTU)	10.0	0.3	97	
SDI	-	2~3	-	

• 강산 폐수(스테인레스 가공공장)

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
SS(mg/l)	20~30	<1	97	
Turbidity(NTU)	-			
SDI	-			

〈운전DATA〉

항목	내용	내용	비고
여과시간		60분	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간		3~4분	
농축수량		처리용량의 10% 이내	

4) 녹조제거공정

기존의 호소, 하천, 공원의 연못등에 발생하는 녹조는 종류에 따라서 강한 독성을 가지고 있어 수생생물의 폐사를 유발시키며 하천에 발생시에 이를 수원으로 하는 정수장은 정수처리에 많은 어려움을 겪게 된다. 따라서 이를 제거하려는 많은 노력이 있어 왔으며 대개의 경우 응집제의 투여 및 침전·부상분리, 생물학적 먹이연쇄조작에 의한 조류의 제거, 황산구리의 투여, 희석과 유량증가에 의한 조류의 제거, 구조토 코팅 드럼필터에 의한 조류의 제거등의 방법들이 있다.

그러나 상기의 방법들은 각기 문제점을 안고 있으며 VPMF는 기존의 문제점들을 대부분 해결하고 있고 수처리 방법상 물리적 여과방법이 훨씬 이상적일 것이다.

〈VPMF 처리성능 예〉

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
항목 SS(mg/l)	56.0	1.0	98	

〈운전DATA〉

항목	내용	내용	비고
여과시간		30분	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간		4~5분	
농축수량		처리용량의 10% 이내	

5) 냉각수 처리공정

냉각수는 온도변화가 심하여 반복순환이 계속되면 부유고형물에 의한 배관내의 스케일이 발생하여 배관을 막는 경우가 종종 발생한다.

종래에는 모래여과기, 스크린필터 등을 사용하고 있으나 역세척효율이 좋지 않아서 운영에 곤란함이 있다. VPMF-LQ모델을 적용하여 냉각수를 처리한다면 장기간의 반복순환시에도 배관내의 스케일 발생문제를 방지할 수 있다.

〈처리성능 예〉

구분	원수	처리수	제거효율(%)	비고
항목 SS(mg/l)	SS(mg/l)	SS(mg/l)	(%)	
LQ모델	160	4	97.5	25μ여지 사용시
MQ모델	160	3	98	25μ여지 사용시

〈운전DATA〉

항목	내용	내용	비고
여과시간		120분	초기 flux의 50% 감소시점
역세시간		3분	
농축수량		처리용량의 5% 이내	

6) 기타 적용분야

VPMF는 상기의 적용예 이외에도 각 업종의 폐수의 부유물 제거, 수영장의 정수설비, 양어장, 수족관의 여과장치, 가정용 냉·온수 녹제거 장치 등 다양한 응용범위를 갖고 있다.

쓰레기 매립장의 침출수를 전기분해 처리후에 고농도의

부유고형물(플록의 일종)을 VPMF에 의해서 제거하는 공정이다.

〈적용결과〉

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
항목 SS(mg/l)	525	5	99%	

염색(나염)폐수의 3차처리후의 방류수에 VPMF를 적용한 실험결과로 SS와 COD를 분석하였다.

〈적용결과〉

구분	원수	SQ모델 처리수		비고
		처리수	제거율(%)	
항목 SS	87.5	0.4ppm	99.5%	
COD	275	85ppm	69%	

전자회사의 PCB제작 공정중에서 발생하는 폐수를 재활용하기 위한 공정의 일부로서 부유물질을 제거하는 공정이다.

〈적용결과〉

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
항목 SS	320	12	96.3%	

모래여과기의 농축수+세정수를 VPMF에 의하여 부유물을 제거하여 재사용하는 공정이다.

〈적용결과〉

구분	원수	HQ모델 처리수	제거율(%)	비고
항목 SS	165	3	97%	

PCB기판의 코팅 및 연마공정뒤에 물세척시 발생하는 폐수를 VPMF로 처리하여 세척수로 재사용하는 공정이다.

〈적용결과〉

구분	원수	MQ모델 처리수	제거율(%)	비고
항목 SS농도	148ppm	1ppm	99.3%	

문의전화 (0347)762-8630