

순간혼화(급속분사 교반기)

Flash Mixing(Water Champ)*

1. 혼화, 응집 공정의 개요

혼화, 응집 (Coagulation & Flocculation) 공정이란, 원수에 응집제를 첨가하여 음전하로 대전되어 안정한 상태에 있는 콜로이드 (Colloid)와 현탁고형물질입자 (박테리아, 바이러스를 포함)의 표면전하를 전기적으로 중화 (Particle Surface Charge Neutralization)하여 불안정한 상태로 만들어 줌으로서 침전성이 양호한 플러클을 생산하는 것을 목적으로 하는 공정으로서, 크게 응결 (Coagulation)과 응집 (Flocculation)공정으로 구분되며 다음의 단계를 거쳐 이루어진다.

제 1단계 :

Al 이온의 가수분해 반응 (Aluminium Hydrolysis)
→ 응결공정 (Coagulation)

제 2단계 :

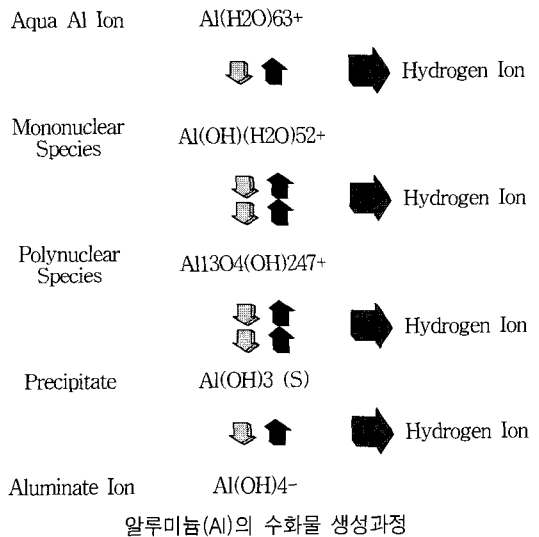
입자의 불안정화 (Absorption Coagulation)
→ 응결공정 (Coagulation)

제 3단계 : 혼화 (Mixing)에 의한 콜로이드의 이동 (Colloid Transport) → 응집공정 (Flocculation)

응결 (Coagulation)이라 함은 수중에 안정된 상태로 존재하는 콜로이드 (Colloid)의 반발력을 감소 또는 제거시켜 줌으로서 불안정화를 유발하여 미세플러클 (Micro Floc)을 형성시키기 위한 순간혼화 (Flash Mixing)공정으로서 상기 제1단계와 제2단계가 이에 해당되며, 응집 (Flocculation)이라 함은 제1, 2단계에서 형성된 미세플러클 (Micro Floc)이 입자간 상호충돌과 결합에 의해 침전성이 양호한 플러클 (Large Floc)으로 성장하도록 하는 공정으로서 상기 제3단계를 의미한다.

2. 응집제의 수화/가수분해 (Hydration/hydrolysis)와 순간 혼화 (Flash mixing)의 필요성

일반적으로 수처리에서 응집제로 사용되는 다가의



응집제(PAC)의 수화반응 경로별 특성 변화

수화 반응 경로	$Al^{3+} \rightarrow Al(OH)_2^+ \rightarrow Al(OH)_2^+ \rightarrow Al(OH)_3(L)/Al(OH)_3(S) \rightarrow Al(OH)_4^-$				
소요 시간	0.2~0.3 sec			1~2 sec	
응집제 pH	4.5이하	4.5~5.0	5~6	7~8	8.0 이상
Al ³⁺ 활성화도	활성 (전하 중화 능력 우수)			비활성 (전하 중화 능력 없음)	
생성물	Monomer, Oligomer, Al ₁₃ ⁷⁺ ~ Al ₁₃ ⁺			Al(OH) ₃ 생성 (Sweep or Trapping Floc)	

* 동방수기

E-mail : hkseo@dbc Corp.co.kr

알루미늄이온 (Al³⁺)은 수중에서 물분자와의 결합을 형성하는 관계로, 물분자 간의 결합이 약화되어 수소 원자가 용액내로 방출되는 경향을 가지게 되는데, 이러한 반응을 수화반응 (Hydration)이라고, 이 과정에서 생성된 금속수산화물을 수화생성물 (Hydrolysis)이라하며, 아래 그림과 같은 경로를 통하여 형성한다.

알칼리 (OH⁻)와 반응하는 응집제 (Al³⁺)는 상기 과정의 수화/가수분해 (Hydration/hydrolysis)반응을 거쳐 최종적으로 용해도가 매우 낮은 수산화알루미늄 (Al(OH)₃)으로 석출되는데, 음전하로 대전되어 안정한 상태에 있는 콜로이드 (Colloid)의 표면전하를 전기적으로 중화 (Particle Surface Charge Neutralization)하기 위해서는 수화/가수분해 (Hydration/hydrolysis)가 종료되기 전, 즉 수산화알루미늄으로 석출되기 전 과정에서 생성되는 다가의 알루미늄 중합체가 더욱 효과적이다.

상기, “응집제 (PAC)의 수화 반응 경로별 특성 변화”에서 보는바와 같이, 투입된 응집제가 최종 수산화알루미늄으로 석출될 때 까지 소요되는 시간은 원수의 pH, 알칼리도, 수온에 따라 다르지만 일반적으로 자연수 조건에서 최대 1초를 초과하지 않는 것으로 알려져 있다.

그러나 실제 정수 처리 공정에 투입되는 응집제의 비율은 원수 대비 약 50,000~100,000 : 1 로서, 이들 응집제를 1초 이내의 짧은 시간 안에 원수에 골고루 확산시키는 것은 매우 어려운 작업으로서 수처리 분야에 종사하는 엔지니어들이 해결해야 할 당면 과제로 대두되어 왔던 문제이다.

현재, 국내 대다수 정수장에서 운영중인 기계식 혼화 방식 (Turbine Paddle Type Rapid Mixer)은, 혼화시간 10~30초, 교반강도 300s⁻¹의 설계기준으로 제작 운영되어 왔는데, 이러한 혼화방식은 응집제의 수화반응이 종료된 후 생성되는 수산화알루미늄의 상호인력에 의한 흡착과 체거름 응집 (Sweep Floc or Trapping Floc) 방식으로 운영되어왔기 때문에 혼화/응집 효율이 낮은 문제점을 가지고 있다.

수화반응이 종료된 후 생성되는 수산화알루미늄은 전하중화 (Charge Neutralization) 능력이 완전히 없어지는 것은 아니지만 매우 미약하며, 주요 기능은 수산화알루미늄을 생성하면서 주변에 위치한 입자끼리의 성장으로 중력에 의해 스스로 침전하는 방식으로서, 전하 중화된 입자 상호간의 인력에 의한 응집에 비해 플록의 밀도가 낮고 입자 제거 효율이 낮아, 결과적으로 침전성이 양호한 플록 생성이 어려워지므로 이를 보완하기 위하여 응집제의 소비량이 증가하게 된다.

최근, 이러한 응집제의 수화반응특성과 전하중화 능력을 향상시키기 위한 여러 종류의 순간혼화 방식이 개발되어 그 적용 가능성 여부가 검토되고 시험 중에 있는데, 그 대표적인 방식은 다음과 같다.

- ▶ Water Champ
- ▶ Pump Diffusion
- ▶ Inline Blender

3. 순간혼화 방식에서의 교반강도

3.1 교반강도의 정의

교반강도 (G : Velocity Gradient)란, 혼화공정의 설계와 운영에 있어 가장 중요한 기준이 되는 함수로서 시간의 역수 Sec⁻¹ 단위로 표시하며, 유체전단율 (Fluid Shear Rate), 교반강도, 속도경사 또는 기울기, 속도구배라고도 하지만 모두 같은 G값을 의미하는 것으로서, 혼화의 정도를 평가하고 혼화에 사용되는 혼화조를 설계하려는 의도로서 Camp에 의하여 제기되었다.

종래의 급속혼화 (Rapid Mixing) 공정에서, 수질적인 인자를 제외한 기계적인 설계변수는 교반강도 (G)와 교반시간 (t)이며, 속도경사는 단위 부피당 동력 소모량 또는 모터의 동력이 유체로 전달되는 속도라고도 할 수 있으며 기본 공식은 아래와 같다.

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

위 식에서 G : 교반강도 (Sec⁻¹)

W : 반응조 단위 체적당 물에 가해지는 동력 (m·Kg/s·m³)

P : 물에 가해지는 동력 W (N·m/s)

V : 반응조의 체적 (m³)

μ : 물의 절대 점도 (N·s/m²)

위 식을 이용한 종래의 기계식 급속혼화 (Turbine Paddle Type Rapid Mixer) 방식에서는, 교반강도에 혼화시간을 곱한 Gt 값을 산출하여 혼화지 설계에 사용하여 왔으며, 전반적인 Gt 값은 1,300~1,600으로서 혼화시간은 10~30sec로 이내로 설계되어 현재까지 국내의 대다수 정수장에서 이를 근거로 설계된 급속혼화설비를 설치 운영하고 있는 실정이다.

종래의 기계식 혼화방식 에서 Gt 값을 산정하여 혼화 지 설계에 반영한 것은, 1초 이내에 종결되는 응집체의 전하중화 (Charge Neutralization)능력에 의한 혼화를 유도한 것이 아니라, 수화반응종료 후 생성되는 수산화알루미늄의 입자크기 분포를 균일하게 유지하기 위한 의도로 해석된다.

즉, 응집체의 수화반응 종료 후 생성되는 수산화알루미늄의 입자크기는 기본적으로 원수 pH의 변화에 큰 영향을 받지만, 응집제 투입 과정에서 균일한 혼화가 제공되지 않으면, 투입 단계에서 원수와 우선 접촉한 응집체가 다량의 수산기를 소비하면서 비교적 큰 입자의 수산화알루미늄을 생성해버리므로, 입자크기의 분포에 있어 차이가 발생하고, 이는 곧 응집 침전 효율 저하로 연결되기 때문이다.

실제, 대다수의 정수처리공정에서, 원수의 pH가 매우 높은 경우 응집제의 수화반응이 촉진되어 알루미늄 이온이 국부적으로 분산되어 불균일한 입자를 형성할 가능성이 크므로, 교반 강도를 증가시키는 것도 이와 같은 맥락이라고 할 수 있다.

3.2 순간혼화에서의 적정 교반강도 적용

순간혼화공정에서 적정 교반강도를 적용하기 위해서는 원수의 pH, 탁도, 알칼리도, 수온 등 여러 가지 주변인자들을 충분히 고려한 다음, 각각의 순간혼화 방식별 특성에 부합하는 차별화된 교반강도의 적용이 매우 중요한 사항이지만, 지금까지는 일반적인 체거름응집 (Sweep Floc) 방식에 적용되어왔던 일반적인 교반강도 값이 순간혼화 방식에서도 여과 없이 적용되고 있어, 일부 순간혼화 방식을 적용한 현장에서 충분한 혼화효과가 제공되지 못하는 사례가 발생하는 한편, 이를 적용하고자하는 엔지니어들에게 명확한 기준을 제공해주지 못하는 관계로 적용 단계에서부터 어려움이 발생하고 있는 실정이다.

현재, 각각의 혼화방식별로 제시되고 있는 적정 교반강도 값은 아래와 같으며, 적정 교반강도 값에 혼화시간을 부여한 Gt 개념을 도입하고 있는 것을 확인할 수 있다.

▶ 기계식 혼화기 :

Gt=500~1,600(G Value : 300), 혼화시간 : 10~30 s

▶ 가압수 확산식 :

Gt=400~1,600(평균 1,000), 혼화시간 : 1~2s

▶ In-line 고정식 :

Gt=350~1,700(평균 1,000), 혼화시간 : 1~3

▶ Water Champ :

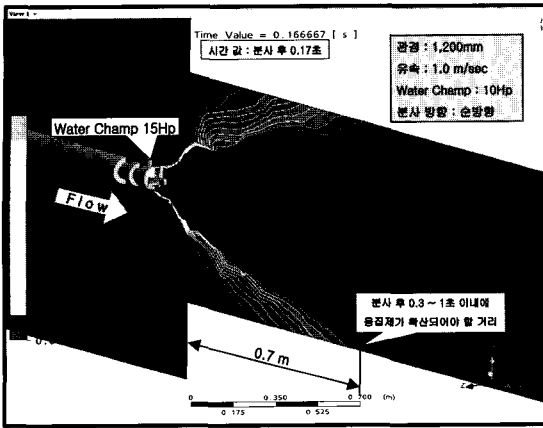
Gt=1,000~2,000(평균 1,500), 혼화시간 1s이내

앞에서 수차례 언급한 바와 같이, 체거름응집 (Sweep Floc) 방식에서 적정 교반강도 (G)와 교반시간 (t)을 조합한 Gt 값의 기준이 설정되어 설계의 지표로 활용되어야 했던 이유로서, Gt 값이 너무 작아 균일한 혼화가 제공되지 않으면, 투입 단계에서 원수와 우선 접촉한 응집체가 다량의 수산기를 소비하면서 부분적으로 큰 입자의 수산화알루미늄을 생성할 가능성이 크므로, 원수 전반에 존재하는 수산화알루미늄입자 크기 분포가 불균일하게 되어 결과적으로 응집제 소비량의 증가와 함께 응집, 침전에 나쁜 영향을 미치고, 과도한 Gt 값은, 이미 응집이 진행되어 미세플렉으로 성장한 콜로이드를 파괴하여 재 안정화시키는 모순이 발생하였기 때문에, 자 테스트 (Jar test)를 이용한 적절한 교반강도와 적정 주입농도 산정이 매우 중요한 정수처리 업무 중의 하나로 자리 매김하고 있는 것이 현실이다.

종래의 체거름응집의 대안으로 제시되고 있는 순간혼화라 함은, 말 그대로 “번쩍이다, 번개처럼 스치다”라는 의미를 내포한 말로서, 이론적인 수화반응 시간 0.3초 이내에 응집체의 확산을 종결시키는 것이 최우선 목표로서, 여러 종류의 순간혼화 장치들이 추구하는 공통된 목표일 것이지만, 처리원수 대비 약 50,000~100,000 : 1의 응집제 혼화비율을 0.3초 이내에 응집체의 확산을 종결하는 작업은 아직도 많은 노력이 필요한 부분이라 하겠다.

순간혼화방식으로 응집제를 투입하고 확산시키는 방법은, 종래의 체거름 응집방식과는 다른 교반강도를 적용하여야 하는데, 그 주된 이유는 확산 시간과 혼화 시간이 1초 이내로 한정되어야 하기 때문이다.

즉, 화학적 변수인 응집제의 수화반응 시간과, 물리적 변수인 확산, 혼화 시간의 빠르기를 나열하면, 반응 시간 > 확산 시간 > 혼화 시간순서이며, 순간혼화방식에서는 확산시간만 존재할 뿐 혼화시간 또는 혼화자체가 존재하지 않기 때문이다. 또한, 종래의 혼화공정에서, 교반강도란 의미는 “동력이 유체로 전달되는 속도”라는 의미로서, 이는 교반력의 세기 또는 동력 전달의 강약을 평가하기 위한 기준으로는 별다른 의미가 없으나, 순간혼화에서 중요시해야 하는 응집제의 확산시간을 평가하는 기준으로는 다소 불합리한 요소가 있는 것으로 여겨



Water Champ 15Hp의 유동 해석(CFD) / (일일 100,000톤/일 처리 용량 기준)

진다.

위 그림에서 보는바와 같이, 분사되는 응집체가 주어진 시간 (0.3~1초)안에 혼화영역전체를 커버할 수 있는 확산속도가 제공 되었을 때, 모터가 소모한 동력을 환산하여 적정 교반강도 값으로 선정되어야 할 것으로 판단되지만, 일괄적으로 정해진 교반강도 값을 맞추기 위하여 거기에 부합하는 모터 동력만을 산정 적용하는 것은 적절한 순간혼화제공이 어렵다고 판단되기 때문이다.

즉, “교반의 세기”와 “분사의 빠르기”는 목적하는 방향에 다소의 개념차가 발생하기 때문이다.

또한, 원수의 pH, 알칼리도, 탁도, 수온과 같은 기초적인 수질인자 이외에, 관내를 통과하는 원수유량 (유속), Water Champ의 분사방향에 대한 원수의 흐름방향 (순방향, 역방향), 관압 등에 따라 적정 교반강도 값이 크게 변화하게 되는데,

첫째 : 유량이 증감하면 관내에 유속 변화가 발생하여 주어진 시간 내에 확산시켜야 할 혼화영역의 변화가 발생하기 때문이며,

둘째 : 원수가 가지고 있는 유속에너지에 대하여 Water Champ의 분사에너지가 순응 (순방향) 또는 대항 (역방향)하느냐의 여부에 따라 적정 교반강도 값이 크게 좌우되며,

셋째 : 관내에 존재하는 관압에 따라 원수의 밀도가 변화하기 때문이다.

결론적으로, 순간혼화방식을 적용하는데 있어 처리용량이 동일하다 하여도, 상기와 같은 현장조건에 따라 교반강도 값이 크게 달라질 수 있어, 획일적인 기준 교반강도는 존재할 수 없으므로, 현장조건을 면밀히 분석하

여 그 현장 조건에 부합하는(적절한 확산시간을 보증할 수 있는) 교반강도 값의 선정이 바람직할 것으로 판단된다.

3.3 순간혼화에서의 교반강도 자동 조절의 의미.

현재의 정수처리 공정에서, 혼화공정의 자동 운전이라 함은 주로 응집제의 투입량을 결정하고 제어하는 분야에 국한되어져 있는데 대표적인 자동 운전의 예는 다음과 같다.

- ▶ 응집제 투입을 자동 연산 프로그램
- ▶ SCD에 의한 응집제 투입량 자동제어

응집제 투입을 자동 연산 프로그램은, 원수 유량을 기초로 하여 탁도, pH, 알칼리도, 전기 전도도, 수온 등의 수질인자와 과거의 자료 등을 비교 분석하여 적정 투입율(또는 투입량)을 결정하는 프로그램으로서 혼화장치의 교반강도 조절을 위한 용도로는 사용되어지지 않는다.

그 이유로서, 응집제 투입율을 결정하는 여러 인자중, 원수 유량은 적정 교반강도 값을 조절하는 기준으로 활용할 수 있지만, 기타 수질 인자는 수시로 변화하고 상호 복합적으로 작용하는 관계로 교반강도를 어떤 수질에 얼마만큼 조절해야 하는가의 명확한 기준을 제공할 수 없기 때문이다.

SCD에 의한 투입량 자동제어 방식은 응집제의 투입과 혼화가 완료된 콜로이드의 전하를 연속 측정하여 혼화의 정도를 평가하는 자동제어 방식이지만, 이는 전적으로 응집제의 투입율을 결정하기 위한 용도이지 교반강도 값을 조절하기 위한 기준으로는 활용될 수 없기 때문이다.

즉, 응집제의 투입율이 부적절하여 SCD의 전하 지시치가 과다하게 (-) 또는 (+) 로 치우친다 해도, SCD의 지시치 변화 요인이 유량, 수질, 응집제 투입량 등 어떤 변화 요인에 의한 것인지를 자동으로 감지하여 어느 정도의 교반강도를 증감시켜야 하는지의 명확한 기준을 자동으로 제시하기가 사실상 불가능하기 때문이며, 오히려 수질의 급격한 변화 또는 응집제 투입량의 오류로 인한 경우라면 부적절한 교반 강도 조절이 수질을 더욱 악화시킬 우려가 높기 때문이다.

더욱이, SCD에 의한 응집제 자동 투입량 조절 방식은, 탁도의 변화와 고 pH 원수에 대하여 매우 둔감한 판

응을 보이고, 처리 유량의 변화와 혼화지의 구조적인 문제로 적정 샘플링 지점 선정의 어려움 등의 이유로, 원수 수질 변화가 심한 국내 정수장에는 적용이 어렵고, 원수의 수질 변화가 거의 발생하지 않는 외국의 경우에만 한정적으로 사용되어야 하는 것으로 수차례의 시험에 의하여 밝혀진바 있으며, 국내 정수장의 경우 SCD는 혼화 정도를 평가하는 참고용으로 활용될 뿐 자동으로 응집제를 투입하는 용도로는 사용되지 않고 있는 실정이다.

따라서 교반강도를 조절할 수 있는 인자는 원수유량 변화와 급격한 pH (8.0이상)의 상승 두 가지 경우인데, 종래의 기계식혼화 방식에서 원수의 pH가 급상승할 경우 교반강도를 증가시켰던 이유는 응집제의 수화반응이 촉진되고, 응집하를 형성하여 응집에 부정적인 요인으로 작용하는 $Al(OH)_4^-$ 의 생성이 많아지므로 가급적 순간혼화 원리에 근접시키고자 하는 의도로 판단되지만, 이미 순간혼화 방식을 적용하고 있는 현장의 경우 상기와 같은 기능이 기본적으로 내포되어 있으므로 인위적인 교반강도 증가는 무의미한 것으로 판단된다.

마지막으로, 원수 유량 변화는 교반강도 조절에 필요한 명확한 기준체시가 가능한 유일한 인자로서, 동일 수질 상태 하에서 야간에 정수생산량을 50% 감소시킨다고 할 경우, 순간혼화를 위한 교반강도는 분명 과다하여 불필요한 동력소모가 발생하는 것은 자명한 일일 것이다.

부득이, 원수유량 변화를 기준하여 적정 교반강도 값을 자동 조절하고자 하는 경우에는 순간혼화장치에 동력을 전달하는 동력 공급원의 특성을 잘 파악하여야 하는데, 원수 유량은 비례적인 지시치를 제공하는 반면에 교반 강도를 제공하는 모터 또는 펌프와 같은 교반강도 공급원의 출력은 입력 값에 비례적으로 제공되지 않는 특성을 가지고 있기 때문인데, 원수 유량이 50%로 감소하였다고, 모터 회전수 (또는 펌프 회전수)를 동일하게 50% 감소시켜서는 안 된다는 의미이다.

부득이, 원수유량 변화에 자동으로 교반강도를 조절해야 하는 경우에는, 반드시 현장의 원수유량 변화에 대한 모터동력 공급비율을 재설정하여 원수유량에 비례하는 적정 교반강도가 제공될 수 있도록 설정하는 것이 반드시 필요한 작업이라 하겠다.

이론적으로는, 순간혼화장치를 설치 적용한 정수장에서 교반강도를 자동 조절함으로써 다소의 전력비 절감 효과가 발생하여야 하지만, 실제 적용 현장에서는 원수 유량에 비례하여 순간혼화장치의 교반강도를 자동으로

제어하는 시스템 구축과 적정 교반강도 설정이 어렵고, 전력비 절감효과는 미미한 반면에 초기시설비가 과다하게 증가하는 문제점으로 인해 거의 적용되지 않는 실정이다.

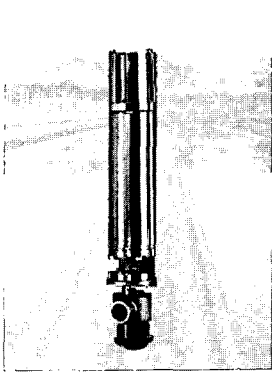
순간혼화 방식에서, 교반강도를 자동으로 조절해야 된다는 주장은, 아마도 종래의 체거름응집방식에서 과다한 교반강도로 인해 이미 응집이 진행되어 미세플록으로 성장한 콜로이드를 파괴하여 재 안정화시키는 부정적인 영향을 동일한 잣대로 해석한데 기인한 것으로 보이는데, 순간혼화 방식에서는, 응집제가 투입된 처리 원수는 순간혼화영역에서 최대 1초 이상 체류할 수 없는 구조를 가지고 있어 미세 플록이 존재할 수 없으므로 Back Mixing이나 플록의 재 안정화 같은 현상이 전혀 발생할 수 없으며, 상기 “응집제의 수화 반응 경로별 특성 변화표”에서 확인할 수 있듯이 순간 혼화에 적용되는 교반강도를 증가시키면 시킬수록, 수화반응이 종결되기 전에 생성되는 Al의 단분자인 Monomer, 소중합체인 Oligomer 그리고 다가의 Al 중합체인 $Al_{13}^{3+} \sim Al_{13}^{+}$ 의 생성을 촉진하고, 이들이 입자 (Colloid)의 전하중화능력이 탁월하여 결과적으로 응집제 소모량이 감소하고, 슬러지 발생량이 감소하게 되며, 침강성이 좋은 플록을 생산하여 침전수 탁도 개선과 함께 여과지 역세 주기를 향상시키는 공정개선 효과를 발생시키는 것이다.

물론 지나치게 과다한 교반강도 (G Value)는 설비를 대형화시키고, 불필요한 에너지 소비를 초래할 수 있으므로 주의를 필요로 하지만, 순간혼화 (Flash Mixing) 공정에서 일정수준 이상으로 초과 공급된 교반강도 (G Value)는 정수수질 개선에 도움이 되는 긍정적인 효과로 작용하기 때문에 수량, 수질 변화에 따른 인위적인 교반강도 조절은 무의미한 것으로 판단된다.

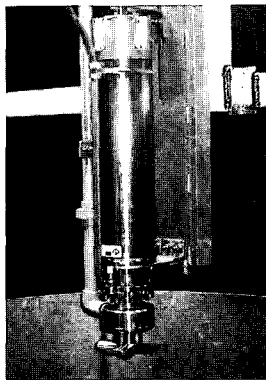
4. 급속 분사 교반기(Water Champ)

4.1 개요

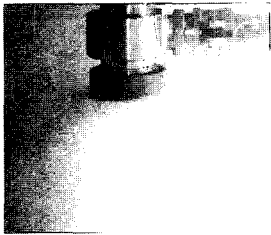
Water Champ는 정수, 하수, 폐수, 발전설비 등 여러 산업 분야에 사용되는 다양한 종류의 수처리 약품을 외부 부대설비의 도움 없이 수중에서 고속 회전하는 프로펠러의 회전력에 의해 생성된 진공 흡인력으로 투입 지점인 처리 수중까지 외부 약품을 유도 흡인하여 강력하고 순간적인 분사와 혼화를 수행하는 신 개념의 약품투입 및 혼화장치로 약품투입공정 개선 및 간편한 유지관리를 제공하는 전문 혼화 설비이다.



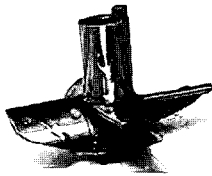
기체용 Water Champ



액체용 Water Champ



기체용 W/C



Airfoil Type Open Propeller

워터챔프 종류

Water Champ는 투입하는 약품의 성상에 따라 기체용과 액체용 두 가지로 구분되는데, 기체용은 주로 소독용으로 사용되는 염소 가스를 흡인 분사하기 위한 용도로서, 고강도의 진공 흡인력과 분사력을 균일하게 제공하고, 액체용은 주로 정수처리공정에서 응집제 (PAC, Alum)를 순간혼화하기 위한 용도로서, 응집제 흡인에 필요한 기본적인 진공 생성력과 빠르고 강력한 분사력 제공이 주목적인 순간혼화장치(Flash Mixer)이다.

4.2 Water Champ의 작동 원리

Water Champ의 수중진공생성 능력과 강력한 순간분사 능력은, 미국의 조선업체에서 다년간 선박의 프로펠러를 연구한 유체 및 조선공학자들의 엄격한 설계에 의해 개발된 개방익형프로펠러 (Airfoil Type Open Propeller)와 진공강화기 (Vacuum Enhancer)의 적절한 조합으로 실현 가능해진 것으로서, 익형 (비행기 날개)의 원리를 적용한 프로펠러는 날개 전, 후면에서의 유속 차이에 의한 차압을 유도하여 날개 전면에서는 강력한 분사력이 제공되고, 날개 후면의 저압부에 진공 생성을 촉진하는 진공강화기 (Vacuum Enhancer)를 적절히 배치

하여, 외부 약품 흡인 유도에 필요한 진공력을 안정적으로 생성하며, 수중에서의 고속 회전에 탁월한 안정성을 유지한다.

특히, 액체용 Water Champ의 프로펠러와 진공강화기 (Vacuum Enhancer)의 적절한 조합은, 강력한 분사 능력을 제공하기 위하여 액체 (응집제) 약품 흡인에 필요한 최소한의 진공 흡인력만 생성하여, 이로 인한 동력 소모를 최소화함은 물론, 프로펠러로 전달되는 응집제가 처리 원수와 접촉하는 것을 예방하여 응집제 투입 공정의 치명적인 결함이라 할 수 있는 석출에 의한 응집제 공급으로 막힘 현상을 예방하는 중요한 기능을 수행한다.

Water Champ에 사용되는 주요 접액부 재질은 탁월한 내식성 금속인 티타늄 (Titanium)과 STS316 재질을 사용하며, 특히 강력한 분사 능력을 제공해야 하는 응집제용 Water Champ의 모터 축 (Motor Shaft)과 프로펠러 (Propeller)는 티타늄 Grade5 (Ti-6Al-4v 합금, 인장강도 89~94 kg/mm²)로 제작하여 탁월한 내마모성과 기계적 강도를 제공한다.

4.3 Water Champ의 효과

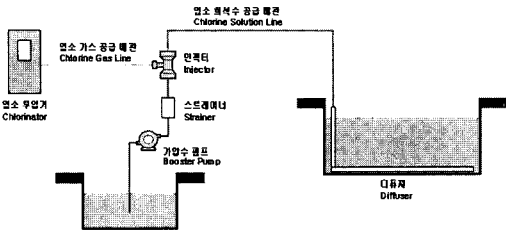
4.3.1 기체용 Water Champ (염소가스 투입용)

▶ 염소 소독 효율 향상 (염소 소모량 감소)

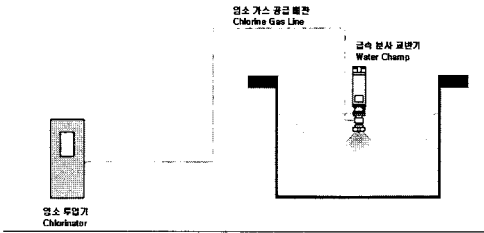
종래 인젝터식 염소투입시스템은, 투입된 염소가스가 인젝터 가압수 (또는 용해수)에 용해되는 과정에서 이미 차아염소산 (HOCl, 최대 0.3%)용액으로 전환된 다음 처리수에 투입되므로, 염소수와 처리수가 완전히 혼합되기 이전에 상당량의 차아염소산이 차아염소산이온 (OCI-)으로 급격하게 해리되어 염소 산화력이 크게 감소하는 반면에, Water Champ는 분사된 염소가스가 처리수와 혼합되는 과정에서 차아염소산을 생성하여 높은 산화력을 제공한다 다음, 분사 영역을 벗어나 처리수의 흐름을 따라 가면서 차아염소산이온으로 해리되는 소독 메카니즘을 제공하므로, 소독 효율 향상에 의한 염소 소모량 절감 효과가 발생하게 된다.

상기 pH 범위별 HOCl 해리 곡선도에서 보는바와 같이, 차아염소산은 처리수의 pH가 높을수록 차아염소산이온으로의 해리 량과 속도가 급격하게 증가하고, 차아염소산의 소독 및 산화력은 차아염소산이온에 비해 약 80~100배 정도 우수하므로, 처리수의 pH가 높게 유지되거나 계절적 요인에 의해 간헐적으로 처리수의 pH가

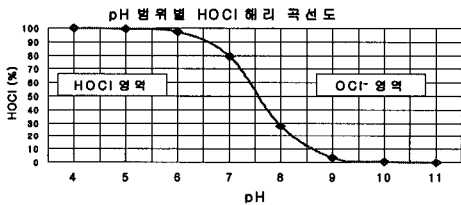
순간혼화(급속분사 교반기)



기존 인젝터(Injector) 방식의 염소 투입 흐름도



Water champ 방식의 염소 투입 흐름도



pH 범위별 HOCl 해리 곡선도

급상승하는 처리 공정에서 더욱더 안정적인 염소소독기능을 제공한다.

▶ 염소 투입 지점에서의 염소 냄새 및 주변 설비 부식 방지

종래의 인젝터시스템은, 가압펌프로부터 공급된 염소용해수가 인젝터 내부에 장착된 벤츨리 튜브를 고속으로 통과할 때 발생하는 진공력으로 염소가스를 흡인하고 용해하는 구조로 작동되므로, 염소용해수가 인젝터를 통과하는 과정에서 다량의 기포가 발생하게 되는데, 이는 염소를 투입하지 않아도 염소 처리 지점에서 다량의 기포가 수면위로 부상하는 것으로 확인할 수 있다.

이렇게 생성된 기포는, 미처 용해되지 못한 염소가스 또는 염소연무를 포집하여 수면 위로 부상하여, 염소가스가 불필요하게 소모되는 것은 물론이고, 염소 투입 지점에서 심한 염소냄새 발생과 함께 주변설비를 부식시키는 등의 문제점을 유발시킨다.

또한 인젝터에서 생성된 염소수용액 (HOCl 최대 0.3

%)은, 기포발생 문제와 함께 처리수와 염소수 간의 온도차, 밀도 차이에 의하여 서로 혼합되지 못하고 2개의 유체가 서로 분리되어 흘러가는 분리 현상을 발생시켜, 고농도의 염소수가 처리수의 수면에 노출되면서 염소연무를 발생시켜, 염소 냄새 발생과 주변설비 부식과 같은 문제점의 한 원인으로 작용한다.

Water Champ는 개방익형프로펠러의 전면에서 고압부를 형성하여 염소가스를 순간 분사하는 특징을 가지고 있어, 처리 수중에서 기포가 발생하지 않으므로 염소가스 또는 고농도의 염소수가 수면위로 부상할 수 없고, 또한, Water Champ는 프로펠러로부터 일정 거리 안에 분사 영역을 형성하여, 염소 가스는 분사 영역 안에 순간 분사되며, 모든 처리수는 분사영역 안을 통과하여야 하므로, 분리현상의 원인이 되는 고농도 염소수가 처리수 내에 존재할 수 없으므로, 염소 투입지점에서의 냄새 발생과 주변설비의 부식을 예방하여 준다.

이러한 효과는 착수정과 혼화지가 실내에 위치하고 인젝터 시스템으로 전염소처리를 수행해야 했던 정수장에서, Water Champ를 도입 적용함으로써 염소 냄새 문제를 완전히 해결한 예는 국내의 경우에도 다수가 존재한다.

▶ 염소 소독 공정 개선 및 유지 관리 최소화

Water Champ는 수중에서의 진공생성기능에 의하여 다음과 같은 공정개선 효과를 제공한다.

- 염소 소독 설비 간소화 : 종래의 인젝터시스템에서 반드시 설치하여야 했던 가압수펌프 및 제어반, 가압수배관, 스트레이너, 인젝터, 가압수 및 희석수배관의 설치가 불필요하여 염소 소독 공정이 단순 간편해지며, 설비의 단순화로 인하여 유지 관리가 최소화된다.
- 용수 사용 불필요 : Water Champ는 진공생성 및 염소희석을 위한 용수공급이 불필요하므로, 아래와 같은 염소투입공정에 적용할 경우 고가의 정수절감 효과와 용수공급 문제를 완전히 해결해 준다.

- 정수처리 공정에서의 전염소 처리
- 하수처리 공정에서의 후염소 처리

- 설치 및 유지관리 용이 : Water Champ는 대부분의 현장에서 설치를 위한 단순작업이 불필요하고 설치장소의 선정이 용이하며, 유지관리 작업이 매우 간편하다.

4.3.2 액체용 Water Champ (응집제 투입용)

▶ 1초 이내의 순간혼화 (Flash Mixing)

응집제 투입용 Water Champ의 주요 기능은, 20~28 m/sec에 이르는 프로펠러의 빠른 분사력을 이용하여 응집제의 수화반응이 종료되는 1초 이내에 처리 원수에 균일하게 확산시켜줌으로서, 수화반응이 종결되기 전에 생성되는 Al의 단분자인 Monomer, 소중합체인 Oligo-mer 그리고 다가의 Al 중합체인 Al137+ ~ Al13+에 의

한 전하중화 (Particle Surface Charge Neutralization)를 유도하여, 입자 상호간의 인력에 의한 응집으로 밀도가 높고 침강성이 좋은 플록이 생성되게 하므로, 혼화동력 절감. 응집제 소모량 감소 효과와 이에 따른 슬러지 발생량 감소, 침전수 탁도 개선과 함께 침전수내 미세입자 제거율 향상, 역과지 역세 주기 연장과 그에 따른 역세 동력 및 세척수 절감 등의 공정 개선 효과를 발생시킨다.