

습식 전기집진기

Single Tubular Type



황 열 순 | (주)한독이엔지 대표이사
SK(주) 선임연구원
큐바이오텍(주) 이사

목 차

1. 전기집진기 기술 개발의 목적
 - 1.1 기술적 측면
 - 1.2 경제적 측면
2. Single Tubular Type Condensing(STTC) 습식 전기집진 장치의 일반적인 구조 및 집진원리
 - 2.1 STTC 습식 전기집진장치의 일반적인 구조
 - 2.2. STTC 습식 전기집진장치의 집진원리
3. 집진기 성능 실험 및 결과
 - 3.1 실험방법
 - 3.2 현장 Pilot Test
 - 3.3. 실험결과 및 고찰
4. 결론

1. 전기집진기 기술개발의 목적

1.1. 기술적 측면

일반적으로 건식 전기집진기는 오일/석탄을 연료로 하는 대형 화력발전소(thermal power plant)의 배기가스 처리용으로 주로 이용되고 있다. 그러나 부유미립자가 액상의 경우에는 전기집진기의 운전시 방전극 표면에 얇은 막이 형성되어 방전효율을 저하시키기도 하고 집진판의 역코로나(back corona)를 발생시키는 등 처리에 어려움이 내재되어있다. 또한 성분이 여러 종류가 복합된 액상입자(액적)의 경우 전기저항율(resistivity)이 다양하고 타르(tar)와 같이 집진판 표면에 흘러내리다 고형화되어 집진 효율을 급격히 감소시키기도 하며 또한 화재의 원인이 되기도 한다.

현재까지 전 세계적으로 악성오염물질에 대한 처리방법으로 습식 전기집진기를 사용하고 있는바 이는 높은 장치비와 설치장소의 제약으로 중소형 집진장치로는 채택하기 어렵고 국내 기술도 초보적인 단계에 있다고 할 수 있다. 따라서 기존 전기집진기의 핵심인 전원공급장치(power supply)를 1/20 수준의 크기와 중량을 획기적으로 줄여 제작원가를 낮출 수 있으며 특히 기존 전기집진기의 멀티형 집진 및 방전부(multi-point)는 여러 개의 집진부와 방전부가 개별적으로 배열되고 유지됨으로 성능유지가 가능하나 본 장치는 1개의 절연애자(insulator)와 1개의 방사체로 높은 효율을 보장함과 동시에 배출가스의 통과유속을 1~6m/s까지 획기적으로 높일 수 있어 장치 크기가 콤팩트한 구조로 되어 있다.

개발하는 장치의 핵심은 특수한 방전부(ion emission unit) 설계와 전원공급장치(power supply)에 두고 장치의 외부 케이싱을 원형

파이프식 구조로 하여 이 케이싱의 내면이 집진판 형성을 갖는 독특한 구조로 하는데 있으며 효율을 배가시킬 때에는 싸이크론 형태의 공기 흐름과 배기가스를 콘덴싱 할 수 있는 구조와 원형 케이싱의 길이의 늘림과 줄임으로 원하는 효율치를 충족시킬 수 있는 구조적인 다양성을 지니고 있으며 더스트, 흙, 미스트 등을 함유한 복합 오염물질에 적용할 수 있다.

따라서 본 사업이 추진하고자하는 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기는 다양한 배출가스의 최적설계와 집진기술을 개발하는 것이다. 본 기술을 적용하면 저렴한 비용의 환경개선과 에너지 절약을 도모할 수 있으며 환경규제 강화에 따른 기술경쟁력의 확보와 해외시장 개척에 반드시 필요한 기술이라 할 수 있다.

1.2. 경제적 측면

급속한 산업 사회의 발전으로 대기오염 문제가 심화되고 국가적으로 환경규제치의 강화 등으로 산업현장의 각 분야에서 집진장치의 수요가 급증하고 있다. 그러나 각기 배출가스의 특성상 집진장치는 배출가스의 종류에 따라 각기의 장치를 설치해야 하므로 경제적으로 볼 때 기업의 생산활동에 어려움이 예상되고 집진장치의 최적설계 및 제어기술이 적용되지 않을 경우 설비의 과대한 초기투자에도 불구하고 환경개선 효과는 환경규제치를 만족하지 못하여 실패로 끝날 수 있으므로 이를 방지하기 위한 적절한 방지기술이 요구되고 있다.

따라서 본 기술은 기존의 백필터(bag filter)와 스크러버(scrubber), 그리고 전기집진기 등을 하나의 장치로 대체할 수 있으므로 이는 결국 낮은 장치비와 운전 비용 그리고 유지보수가 용이하고 압력강하가 적어 에너지 절약효과가 아주 크다 할 수 있다.

2. Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진장치의 일반적인 구조 및 집진원리

2.1. STTC 습식 전기집진장치의 일반적인 구조

가. 집진기 본체

집진기 본체의 구성은 가스 inlet장치, outlet 플랜지(상대 플랜지 포함) 및 electrostatic precipitator casing(STS 304 3t), discharge electrode, recirculation tank 및 각 기기의 점검을 위한 platform, 점검구, sight glass, up-down ladder, 안전을 위한 guide rail 등으로 구성되어 있어있다.

나. 방전봉(discharge electrode)

- * Inner 집진영역은 지지물체로 STS304 M10 전산볼트를 사용하며, 침상형 방전침(TITANIUM) 끝부분은 예리하게 가공되어 있음.
- * 원통부분 중심부에 설치되어 있어 전계 형성의 극대화로 높은 집진효율을 유지시킴.
- * 전극봉 지지는 애자하부와 직결로 연결되며, 저전압(20~30 kV)으로 고효율 운전이 가능하며 낮은 전력소비로 운전
- * 추후 보수, 교체가 용이한 구조로 제작 설치되어 있음.

다. 절연애자(insulator)

고온 가스 및 충격에 잘 견디고 전기절연성이 우수한 재질로 특수 제작하였으며, 고압애자에의 dust 부착 및 황산화합물 등의 부식성 가스의 결로에 의한 절단, 노화 방지를 위해 특수보호 purge air nozzle이 부착된 애자실을 채택하였다. 애자실에 공급되는 purge air는 전기식 히터를 통해서 최저 40℃ 이상의 hot air를 계속 공급한다.

라. 고압발생장치(power supply)

집진기의 방전극을 하전시키기 위한 장치로서 교류 저전압을 직류고전압으로 변환시키는 transformer 및 (Si-Tr)과 thyristor 위상제어, 정전류제어 및 불꽃발생추이 제어방식으로서 Si-Tr를 제어하는 컨트롤 패널로 구성되어 있다.

- * 마이크로 프로세스제어에 의한 불꽃섬락

(sparkover) 후에 전압과 전류를 자동적으로 제어함과 동시에 최적의 집진성능을 유지

* 역전리 현상을 고려한 간헐적인 energization으로 역전리 현상을 제거함.

마. 순환 펌프(wash pump, fog pump)

순환수의 누출염려가 없으며, 산과 알칼리 성분에 안전하며 80℃의 온도까지 이송이 가능한 재질을 사용하여 수명을 최대한 연장 될 수 있도록 되어 있다.

2.2. Single Tubular Type Condensing 습식 전기 집진장치의 집진원리

가. 오염된 가스는 먼저 INLET장치에서 FOGGING에 의해 1차로 입경이 큰 입자를 포집된다.

나. 전기집진부로 유입된 가스 즉, 전단부에서 포집되지 않은 약 5μm 이하의 미세입자(SUB MICRON)를 포함한 가스가 침상형 방전침이 장착된 원통형튜브를 따라 풍속 3.4m/s의 저속으로 전하면서 상승한다. 이때 중심부에 설치된 방전침에서 발생된 CORONA에 의해 공간은 (-)이온과 전자로 채워지고 미세 분진은 정전응집작용을 동반하면서 집진원통 내벽면으로 이동 부착하게 된다.

다. 집진원통 내벽에 부착된 분진은 내벽을 타고 흐르는 세정수에 의해 하부 recirculation tank로 이동되어 포집하게 된다.

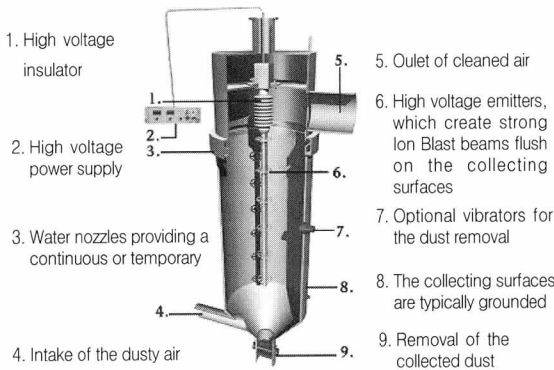


Fig.1 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진장치의 일반적인 구조

3. 집진기 성능 실험 및 결과

3.1. 실험방법

본 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기의 압력강하 · 통과유속 · 집진성능 · 사용전류를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같은 집진기 구간에 측정기를 사용하여 측정하였다.

집진기 내부 통과유속과 사용전류는 집진기 내부에 측정기를 삽입하여 측정하였고 집진성능과 운전압력 강하는 집진기 입 · 출구다트에서 측정 비교하였다.

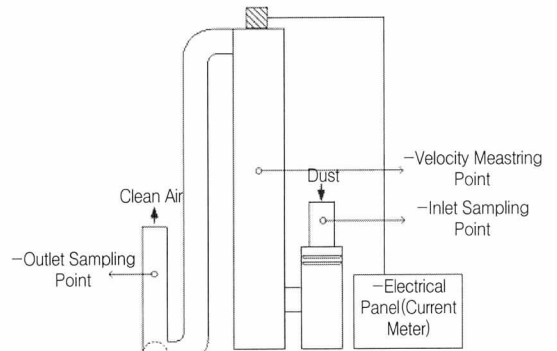


Fig.2 집진기 구간별 측정 개요도

3.2. 현장 Pilot Test

현재 처리가 되지 않아 고민하는 업체 3군데를 선정하여 직접현장에 Pilot Test를 설치하여 시운전 하였다.

1) D업체(섬유제품 열가공 라인)

대기업으로서 섬유제품 제조공정인 텐드기에서 발생하는 흙(HUM), 분진(Dust)를 현재 Ventrit + Wet Scrubber로 처리하고 있으나 거의 처리되지 않아 인근 아파트 주민과 계속 분쟁을 일으키고 있는 업체임.

2) HT업체(자동차 부품 열가공라인)

중소기업 중 비교적 큰 업체로서 현대자동차에 단 일부품 50% 이상을 납품하는 업체로서 2003년 3월

이설 업체임 부품제조 라인 중 열가공 공정에 Wet Scrubber + A/C Tower가 설치되어 있으나 처리되지 않아 인근공장과 주민들에게 계속 문제가 된 업체임.

3) HR업체(고무제품 열가공 라인)

고무제품을 전문적으로 생산하는 대기업으로써 고무제품 열가공 라인에 분진과 냄새가 문제가 되어 후 단설비로 Wet Scrubber + 가스연소기를 운전하고 있으나 연간 가스비가 5, 6억이 소비되어 문제가 된 업체임.

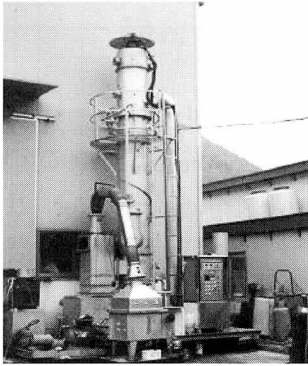


Fig.3 Pilot 전기집진기

3.3. 실험결과 및 결론

측정항목	단위	D업체		HT업체		TR업체		
		8월8일	8월9일	8월21일	8월22일	8월25일	8월26일	
분진	%	98.2	98.0	96.9	97.2	97.3	97.2	
입력손실	mmAq	12	12	13	13	12	12	
통과속도	m/s	2	2	2	2	2	2	
제거 입경	0.3(μm)	%	99.5	99.2	91.2	93.0	94.9	95.2
	0.5(μm)	%	99.9	99.9	95.1	95.8	99.6	99.5
	1(μm)	%	100	99.9	99.9	99.8	99.9	100
	2(μm)	%	100	100	100	100	100	100
사용전류	mA	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	
소요동력 (200CMIM)	kW	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2	

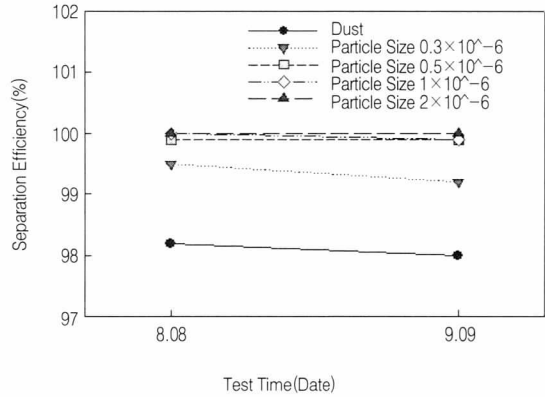


Fig.4 D업체 시험분진 및 입자크기별 집진효율

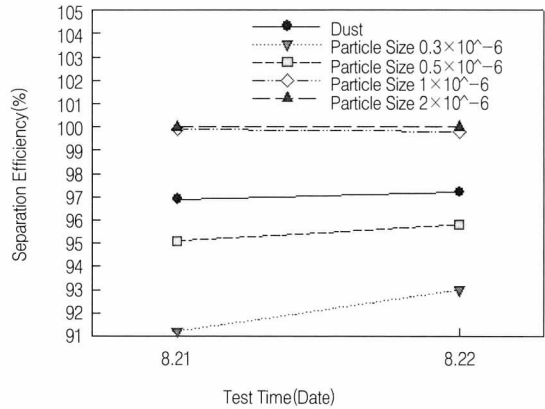


Fig.5 HT업체 시험분진 및 입자크기별 집진효율

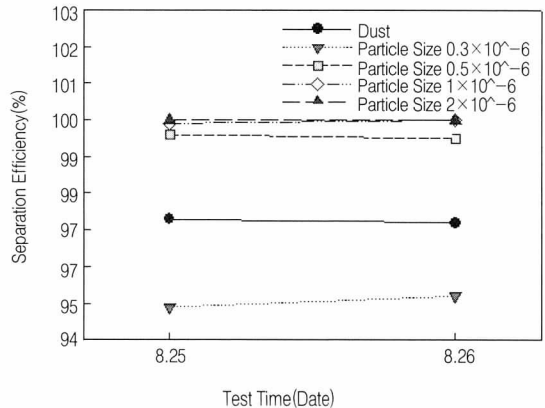


Fig.6 HR업체 시험분진 및 입자크기별 집진효율

4. 결론

4.1. 집진성능(분진)

기존의 동종 전기집진기들은 95% 이상의 집진효율을 얻기 위해서는 통과유속을 0.5~1m/s로 설계해야 한다. 하지만, Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기의 통과유속은 2.0m/s 설계하여도 95% 이상의 효율을 얻었다.

따라서 통과유속이 2배에서 4배 빠르기 때문에 집진기가 절반이상 콤팩트하게 제작 설치할 수 있어 가격면에서 기존의 절반 이하이므로 상당한 경쟁력을 확보할 수 있게 되었다.

4.2. 압력손실

기존의 동종 집진기 자체 압력손실은 50mmAq 정도이다. 하지만 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기는 10~15mmAq의 압력손실이 전부다. 이는 집진기 내부에 원통형으로 방전극 1개만 들어있어 속도압의 압력손실이 전혀 일어나지 않는다.

압력손실은 소요동력과 정비레하기 때문에 동력비를 25~30% 절약할 수 있다.

4.3. 통과유속

실험을 위해서 통과유속은 항상 2.0m/s가 되도록 댐퍼를 조정하여 운전하였다. 통과유속이 2.0m/s일 때 집진효율과 압력손실을 검토한 결과 기존의 0.5~1m/s 의 집진기와 같은 효율을 얻을 수 있었다. 이는 집진기를 콤팩트하게 설계할 수 있어 초기 설치비는 절반, 부지사용 면적은 50% 이상 절약할 수 있다.

4.4. 제거입경

Partial Counter로 처리 전후의 입경을 측정한 결과 대부분 측정 입경의 95% 이상의 제거효율을 얻을 수 있었다. 특히 0.3 μ m는 입자 중에 제일 제거하기 어려운 입경이다. 따라서 0.3 μ m의 입경이 제거되면 그이하의 그이상의 입경을 0.3 μ m보다 높은 효율을 나타내는 것을 지표로 삼는다. 기존의 동종 전기집진기로 20~40kV의 인가전압을 사용하기 때문에 0.3 μ m의 효율이 50% 이하지만 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기는 0.3 μ m 에 90% 이상 좋은 효율을 나타냈다. 이것은 인가전압이 100~150kV로 상당히 고압을 사용하기 때문이다

4.5. 사용전류

기존의 동종 전기집진기는 인가전압이 20~40kV에 인가전류가 30~50mA를 사용하지만 Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기는 100~150kV의 인가전압에 5~10mA의 전류만 필요하다.

저전류를 사용하기 때문에 인체에 미치는 영향은 적으며 저전류에서의 처리 효율이 95% 이상 되는 것은 100kV 이상의 고압 직류 전압을 사용하기 때문이다.

4.6. 소비전력(200CMM 기준)

Single Tubular Type Condensing 습식 전기집진기가 실질적으로 현장에 적용되었을 때 동종의 집진기와 총 소비전력을 예측하는 것으로 압력손실과 집진기 규모가 작기 때문에 사용되는 부대설비의 동력은 적게 들어간다. 따라서 동종 집진기에 비해 전력을 30% 이상 절약할 수 있다. 약 50kW에 비해 약 30kW 정도로 30~40% 이상 전력비를 절약할 수 있다. ◀

※기술문의

TEL : 055)383-1191

홈페이지 : www.handokeng.co.kr