

1B4) 무마찰 공기베어링을 이용한 고속회전 미세액적 분사장치를 갖는 하이브리드형 고효율 대기오염 방지시설 개발

Development of Hybrid type Air Pollution Control System with Air Turbine & Bearing type Atomizer

김정원 · 위관석 · 김진용 · 정원문 · 박영옥¹⁾ · 박상신²⁾

녹원종합기술(주) 녹원기술연구소, ¹⁾한국에너지기술연구소, ²⁾영남대학교

1. 서 론

현대 산업사회가 다양해짐에 따라 발생하는 생활폐기물의 형태도 다양화되었고 발생폐기물의 성상은 연소가 어려운 난분해성 폐기물로 발열량이 높아지고 있다. 이러한 폐기물의 처리를 위한 소각설비는 폐기물 처리형태에 따라 대형의 도시 쓰레기 소각장이나 지자체의 중형급 소각장, 발생원 단위의 소형 소각장으로 구분하여 처리하고 있다. 기존 중·대형 소각로의 유해가스 처리시설은 일반적으로 냉각설비와 가스상 처리설비, 입자상 처리설비 등으로 구성되는데 반해, 소형 소각로는 사이클론 방식만으로 구성되어 입자상 물질만을 처리하였으나, 최근에 들어서 관련법규가 개정되어 소형 소각로에서도 입자상 오염물질뿐만 아니라 HCl 및 SOx 등과 같은 산성가스류와 다이옥신 등의 배출농도를 규제함에 따라 가스상 오염물질도 처리하는 방안을 도입하고 있는 추세이다. 하지만 중·대형 소각로에서 사용하고 있는 가스처리시설을 소형 소각로에 설치한다면 시설투자비가 과다해지고 설치 면적이 과대해지는 등 소형 소각로에 적용시 비효율적 부분이 많아져 경제성이 없는 시설이 됨으로써 시설투자를 기피하는 현상이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 중·대형 소각로의 가스처리시설을 소형 소각로에 설치할 때의 문제점(투자비 과다, 설치면적 비대 등)을 해결할 수 있는 새로운 개념의 대기오염 방지시설에 대한 심도있는 연구와 기술개발이 요구되고 있는 현실이다.

이에 본 연구에서는 소형 소각로에 적합하도록 기존 중·대형 소각로에서 별도로 구성된 가스상 처리설비와 입자상 처리설비를 복합형으로 간소하게 구성하여, 단일 설비내에서 가스상 처리와 입자상 처리가 가능한 하이브리드형 대기오염 방지시설을 개발하였다. 특히 개발된 하이브리드형 대기오염 방지시설은 가스처리효율을 증대시키기 위해서, 유입되는 유해가스와 반응약품(소석회)의 흡수 및 흡착효율을 높일 수 있도록 기존의약품분사설비인 100~120 μ m의 액적으로 분사되는 이류체 노즐형태가 아닌 더욱 미세한 액적(50~60 μ m)을 분사할 수 있는 원심력 회전장치인 압축공기를 이용한 공기터빈 및 공기베어링 타입의 공기부양식 고속회전 미세액적 분사장치(Air turbine & bearing type atomizer; 이하 ATBA)를 개발하여 장착하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서 개발한 하이브리드형 고효율 대기오염 방지시설은 산성가스와 미세먼지, 중금속물질 등의 중합처리를 목적으로 흡수제가 분사되는 가스상 처리탑과 여과포가 설치되는 입자상 처리탑으로 구성하였고, 소용량의 Pilot scale type과 중·소용량에 적용이 가능한 Demo scale type의 두 가지 형태로 설계하였다(Fig. 1). 기존 가스상 처리설비 설계의 가장 큰 문제점은 유입되는 유해가스와 흡수제의 접촉 효율로써, 가스와 흡수제가 충분히 반응할 수 있는 시간을 유지할 수 있도록 가스상 처리탑의 체적을 충분히 크게 설계하여야 한다. 이에 본 연구에서는 가스상 처리탑의 반응체적이 입자상 처리탑 영역까지 확대될 수 있도록 가스상 처리탑과 입자상 처리탑을 하나의 구조로 설계함으로써, 기존의 가스처리시설보다 설치면적 및 시설투자비의 감소를 가능하게 하였다. 또한 흡수제 분사장치는 기존의 모터타입을 개선하여 동력원으로 압축공기를 이용한 공기터빈과 공기베어링을 이용함으로써 유회장치 등이 필요없는 청정시스템으로 구성하였고, 약 10,000rpm의 고속회전으로 흡수제의 액적 크기가 미세하게 분사되어 반응율을 극대화함으로써 유해가스와 흡수제의 반응시간을 최소화하였다.

개발된 하이브리드형 고효율 대기오염 방지시설의 성능을 평가하기 위하여 전산유체 상용 해석코드인 Fluent V5.5와 RNG k-epsilon Model을 이용하여 전산유동해석을 실시하였고, 하이브리드형 고효율 대기오염 방지시설의 Pilot scale type과 ATBA를 제작하여 유해가스 제거 성능을 평가하였다.

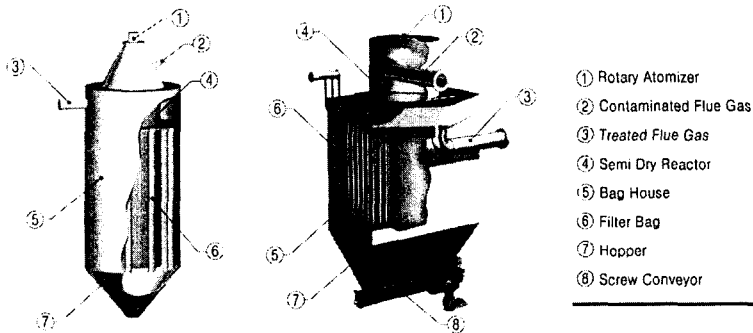


Fig. 1. Hybrid type air pollution control system

3. 결과 및 고찰

하이브리드형 고효율 방지시설의 가스상 처리탑 내부의 가스흐름을 시뮬레이션한 결과, 챔버 상부의 미세액적 분사장치에서 분무된 액적은 모두 기화되며, 장치내의 온도를 기준온도로 낮추어 주고있는 것으로 나타났고, 방지시설의 장치구조가 충분한 가스 접촉면적 및 반응시간을 가지는 것으로 나타났다.

이류체 노즐을 이용한 하이브리드형 고효율 방지시설의 제거효율 평가 실험은 3단계로 이루어졌다. 1단계는 순수하게 흡수제만 공급하였고, 2단계는 흡수제와 실험용 먼지를 동시에 공급하였으며, 마지막 단계는 흡수제, 먼지 및 약간의 수분을 첨가하였다. 1단계 실험의 경우 SO₂ 제거효율은 평균 85%로 나타났고, 2단계의 SO₂ 제거효율은 평균 88%, 3단계의 경우 평균 93%의 제거효율을 나타내었다(Fig. 2).

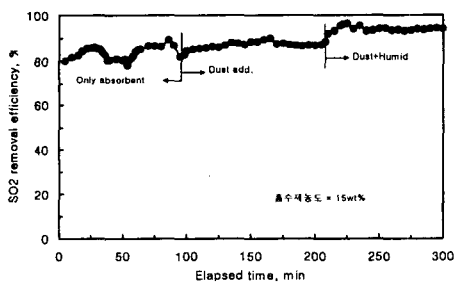


Fig. 2. SO₂ removal efficiency

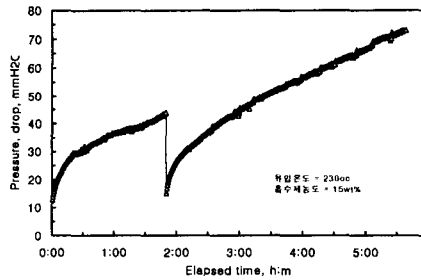


Fig. 3. Pressure drop

ATBA를 기존의 반건식 반응탑에 장착하여 실험한 결과 SO₂의 평균 제거효율이 약 97.2%로써, 이류체 노즐(평균 89.2%)보다 매우 우수한 효율을 보였다(Table 1).

개발된 ATBA를 Pilot scale type 하이브리드형 대기오염 방지시설에 탑재하여 도출한 전산모사 결과와 ATBA의 단품테스트 결과를 토대로 100kg/hr급으로 확장시킨 Demo scale type에 탑재한다면, 약 98% 이상의 SO₂ 제거성능을 낼 수 있으리라 판단된다.

Table 1. Summary of SO₂ removal efficiency

Type	Spraying Type	Analysis method	Temp.(°C)		SO ₂ Conc.(ppm)		Removal Efficiency (% SO ₂)
			Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	
SDR & B/F ¹⁾	Nozzle	Practice	240	154	512.7	54.8	89.2
	ATBA	Practice	240	154	512.7	28.2	94.5
Hybrid type Air Pollution Control System (Pilot Scale Type)	Nozzle	Simulation	250	225	350	26.9	92.3
		Experiment	200	105	350	23.5	93.3
	ATBA	Simulation	250	225	350	4.2	98.8

¹⁾ 반건식반응탑(SDR)과 여과집진기(B/F)가 개별적으로 설치되어 현재 운전하고있는 소각설비 대상