고온고압 집진용 벤취급 세라믹 필터 설치 및 운전

노시태, 최주홍, 정진도*
경상대학교 화학공학과, 전력연구원 수·화력 발전 연구실*

The Setup and Operation of Bench Scale Ceramic Filter for HTHP Dust Collector

Si T. No, Joo H. Choi, and Jin D. Chung*
Dep. Chem. Eng. Gyeoungsang National University
Korea Electric Power Research Institute*

서 론

차세대 석탄화력발전 시스템으로써 고온유동층 연소발전(PFBC), 가스화복합발전(IGCC), Intergrated Gasification Advanced Cycle(IGAC), 그리고 Intergrated Gasification Fuel Cell(IGFC) 등이 연구개발되고 있으며, 이들의 목적을 달성하기 위하여 고온 정밀집진이 필수적이다. 차세대에 발전 시스템의 열효율을 50%이상 목표로하는 개량 시스템에서는 집진이 최소한 800℃이상에서 수행되어야 한다. 그리고 집진기술의 향상에 따라 시스템의 열효율 향상은 물론 투자비나 운전비를 절감할 수 있기 때문에 고온고압 정밀집진기술의 확보가 매우 중요하다.

세라믹 캔들 집진기는 각종 규모의 시험 단계를 거쳐서 현재 Buggenum 250MWe급 IGCC에서 상용규모로 시험되고 있다. 국내에서는 IGCC용 상용급 집진기의 개발을 위한 연구가 경상대학과 전력연구원이 공동으로 수행되고 있으며, 1994년도에 세라믹 캔들필터가 본 시스템을 위하여 최적인 것으로 평가하였다[1]. 현재 경상대학에 설치된 벤취급 규모의 모사 집진 실험기는 세 개의 캔들을 사용하는 기초단위로써 가스처리량이 산소 산화재 석탄 1 Ton/Day급 규모이다.

본 연구의 목포는 실험실 규모의 세라믹 캔들 필터의 운전을 통하여 캔들의 설치법을 확립하고 파이롯트급 집진기 개발을 위한 자료를 얻는 것이다. 본 고에서는 벤취급 장치의 설치와 그 성능 시험에 대하여 기술하였다.

벤취급 집진장치

1.6Nm³/min의 고압 공기량을 제공하는 압축기, 전기로 및 세라믹 집진기로 구성된 벤취급 집진장치는 Fig. 1과 같이 구성되었다. 분진은 삼천포 화력발전소의 전기집진기에서 포집진 fly ash를 사용하였고, 고압

정량피터를 장치하여 가스 흐름에 주입하였다. 주입되는 입자의 입도를 조절하기 위하여 사이클론을 설치하고 경우에 따라서 입도조절을 위하여 by pass가 가능하게 설계되었다. Cyclone와 필터전후에 분진농도를 측정할 수 있는 시료 채취구를 설치하였다.

역세가스는 별도의 고압 압축기에서 제공되며 저장탱크는 온도와 압력을 변화시킬 수 있게 설계되었다. 실험의 변수를 변화시키고 자료의 on - line 분석을 위하여 각종 게이지와 측정기들이 부착되었다.

콤프레셔에서 생성된 고압공기는 0.5m'의 저장탱크에 저장되며 line regulator에 의하여 토출압력이 조정된다. 집진기에 유입되는 공기의 유량은 가열되기 전에 유속계와 면적유량계 그리고 이때의 온도 및 압력측정으로 계산되었다. 시스템에 유입되는 공기는 집진기에서 배출되는 고온가스에 의하여 이중관 외부에서 예열되어 전기가열기(10Kw 3ea)에서 가열된다. 사용되는 분진은 고압에서 작동될 수 있게 설계된 screw feeder를 통하여 가열공기 흐름에 주입된다. 이때 분진저장소와 가스관의 압력을 비슷하게 조정하여 고압에서도 분진 투입이 가능하게 하였다. 분진이 함유된 가열공기는 사이클론을 거친후에 필터에 주입된다. 고온을 형성하기 위하여 전기히터를 한 개를 추가하였다. 필터에서 배출되는 가스는 유입공기에 의하여 냉각된 후에 압력조절 밸브로 일정압력이 유지되게 하였다.

결과 및 고찰

사이클론의 효율은 유량에 따라 변화하지만 대체로 88%이상의 효율을 보였다. 사이클론 시험에서 사용된 분진은 평균직경이 40μm로써 100μm까지 다양한 입도의 분진으로 구성되었다. 이를 사이클론에서 분리시키면 평균직경 15μm와 최고 직경 50μm의 분진을 얻을 수 있었다.

정상적인 운전조건에서 집진효율은 99.99% 이상을 보였고, 본 연구에서 고안된 캔들 설치법의 효과가 탁월함을 보였다. 현재 까지 총 310시간을 운전하였다. 이 기간의 운전은 역세의 최적 조건을 찾는 데 중점을 두었다.

분진이 필터 외벽에 점점 많이 쌓이면서 필터를 통한 압력손실이 증가한다. 압력손실이 일정값 이상을 넘으면 역세를 하여도 여과체 표면의 분진이 털리지 않는다. 이를 분진탈리의 한계 압력손실점으로 보았다. 이 값은 펄스압력이 7.1bar(절대압)일때 55mmH_2O, 9.0bar일 때 72mmH_2O, 그리고 10.0bar일 때 84mmH_2O였다. 물론 펄스압력, 펄스 배관 사이즈, 기타 펄스 조건에 따라서 분리한계 압력손실이 달라진다.

벤츄리를 통한 공기의 량은 실제로 펄스노즐을 통해서 공급된 량과 펄스압력이 주위의 청정가스를 동반하여 들어간 량을 합하여 표시된다. 역세량은 펄스 압력이 높을 수록 증가한다. 그러나 역세압력이 8.0bar일 때

와 같이 역세가 제대로 수행되지 않고 분진이 계속 쌓일 때 pulse가스가 거의 통과되지 못하면 역세 공기량이 감소하였다.

역세시에도 잔류되는 기저 압력손실(base line pressure drop)는 시간에 따라 점점 증가한다. 이의 시간에 따른 증가량을 압력손실 속도(pressure drop rate)로 표시하고 식 1로 나타냈다.

$$\text{Pressure drop rate } (r_d) = \frac{d\Delta P}{dt} \qquad (1)$$

압력 손실속도(r_d)가 클 경우에 일정 시간이 지나면 역세한계 압력손실점에 도달하기 때문에 더 이상 역세가 수행되지 않는다. 따라서 압력 손실속도는 운전조건을 결정하는 기준이 될 수 있다. 물론 이 값이 운전시간에 정비례하지 않기 때문에 이 값으로 정확한 운전시간을 환산하기 어렵다. 그러나 일년 정도의 연속운전을 위하여 r_d 값은 0.08 이하가 추천되었다. 세라믹 여과 집진은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 압력손실이 여과속도에 비례하는 Darcy의 법칙에 잘 따랐다.

결 론

판형 스프링을 사용하여 여과체를 튜브시트에 고정시킴으로써, 벤츄리를 경량화시키고, 열 및 기계적 충격 저항을 향상시키는 잇점을 보았다. 장치의 집진효율은 99.99% 이상 우수한 집진성능을 보였다. 여과체를 통한 압력손실은 Darcy의 법칙으로 잘 해석되었다.

펄스노즐 사이즈 3/8인치와 펄스가스 저장량 4.5리터의 장치를 사용하여 집진과 역세에 관한 여러가지 현상을 관찰하였다. 여과체를 통한 압력손실이 과다하게 발생되면 역세가 불가능한 상태에 도달하고 너무 잦은 역세는 필요 이상의 에너지를 소모한다. 그리고 여과체의 분진을 필요 이상으로 세척할 경우 분진에 의한 여과층이 제거되므로 여과체 내부로 분진의 침투가 발생하여 여과체의 수명이 단축된다. 따라서 역세의 최적 조건을 구하는 것이 매우 중요했다. 역세시에 실제로 여과체 내부로 유입되는 역세공기량은 역세압력 뿐만 아니라 여과속도와 분진의 축적량에 따라서도 영향을 받았다.

참고문헌

1. 최주홍외 "석탄가스화 복합발전용 고온고압 집진기술 개발(I)", 한국전력공사 기술연구원 연구 보고서, 1994, 12.

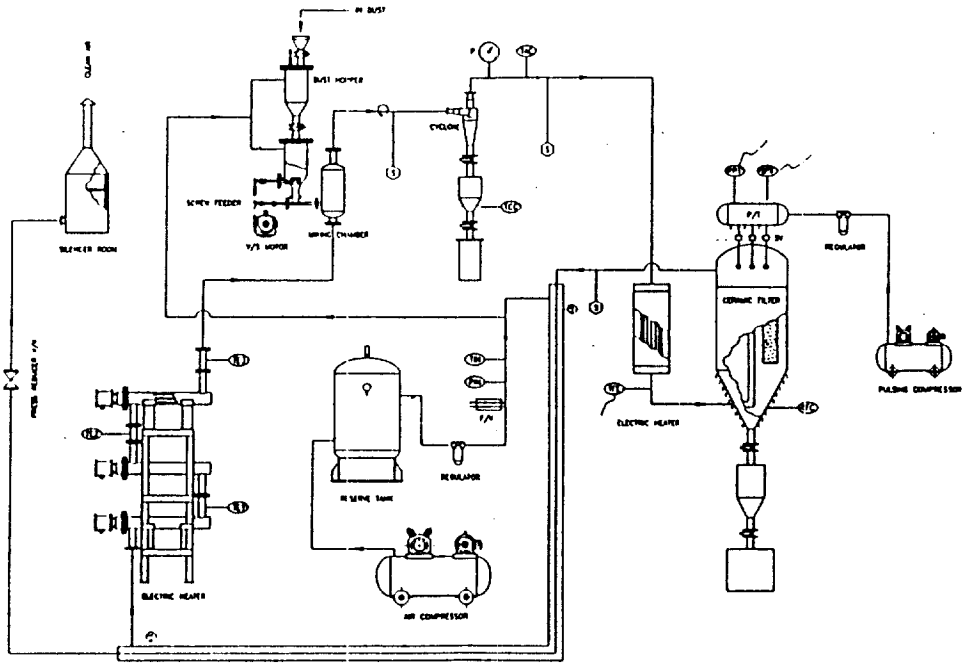

Fig. 1. Schematic diagram of ceramic candle system.

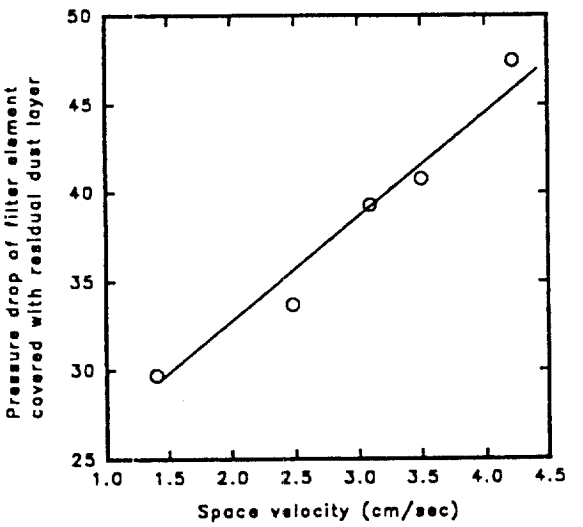

Fig. 2. The effects of face velocity on the pressure drop.