

한국에너지공학회(2000년도)

추계 학술발표회 논문집 P79~82

세라믹 필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 Fail safety 필터 개발

최주홍, 박영철, 안정준, 안인섭*, 배승열*
경상대학교 화학공학과(금속공학과*) 및 생산기술연구소

Development of Fail Safety Filter for Reliability of Dust Collector Using Ceramic Filter

J-H Choi, Y-C Bak, and J-J Ahn, I-S Ahn*, S-Y, Bae*

Dept. of Chemical (Metallurgical*) Engineering and RIIT, Gyeongsang National University

1. 서 론

필터 집진기는 집진효율, 내열, 그리고 내화학성이 우수하기 때문에 고온 정밀집진 또는 부식성 가스의 집진을 위하여 매우 유용한 장치이다. 그러나 세라믹이나 금속 필터를 사용하는 필터 집진기는 운전 시에 필터의 파손에 대한 잠정적인 우려가 있기 때문에 이를 극복하고 시스템의 신빙성을 100% 확보하는 것이 궁극적인 과제로 인식되고 있다. 고온 세라믹 필터의 활용이 가장 주목시 되고있는 IGCC 집진의 경우 석탄가스화 및 탈황 과정에서 발생되는 분진을 고온고압에서 제거하여 가스터빈을 보호하는 공정으로써 운전중에 필터가 파손되면 그 부분으로 분진가스가 급격히 빠져나가 큰 분진 입자가 가스터빈으로 유입되고 심한 경우에는 파손된 필터의 파편이 여기에 동반될 수 있다. 따라서 운전 중에 필터의 파손에 대한 신빙성과 내구성 확보가 IGCC 집진의 궁극적인 과제이다. Fail safety 기술은 필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 방법으로써 운전 시에 일부분의 필터가 파손이 되더라도 과도한 분진이 가스터빈에 유입되는 것을 방지함으로써 IGCC 시스템의 이용률(availability)을 높이고자 하는 기술이다[1]. 필터 집진기의 신빙성이 확보되면 IGCC 시스템의 가동률이 100% 유지되기 때문에 필터의 파손으로 인한 시스템의 중단에 대한 우려가 줄어들 뿐만 아니라 필요 이상의 집진 설비를 추가로 설치할 필요가 없기 때문에 IGCC 전체 시스템의 설치비와 운전비를 절감할 수 있다.

현재 선진국의 필터 제조업체와 공정개발 회사들이 복합발전 시스템의 신 기술로써 다양한 fail safety 기술을 개발하고 있으나 아직까지 기초기술 개발 단계에 있다. 미국 Pall사에서는 fuse를 사용한 개량 집진기를 설계하였으며, 현재 Tampa IGCC의 slip stream에서 본 시스템의 성능을 검증하고 있다. 그리고 독일의 Schumacher사와 LLB사에서 safety 필터를 활용한 개량 집진기를 개발하고 있다. IGCC 가스에는 H₂S를 비롯한 반응성이 강한 가스들이 존재하기 때문에 이에 내구성이 있는 필터 재질의 선정과 fail safety 필터를 활용한 효율적인 필터 집진기의 설계가 중요한 과제이며, 이를 활용한 집진기의 개량설계에 대한 연구가 진행되고 있다. 필터 집진기의 신빙성을 확보하기 위해서는 IGCC의 운전조건인 고온고압과 부식성 가스에서 견딜 수 있는 필터개발이 우선적이다. 그 다음에 필터에 열적·기계적 충격을 줄일 수 있는 최적 설계와 운전기술이 요구되며, 이를 보완하기 위하여 fail safety system이 필요하다.

본 연구에서는 필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 방법으로써 fail safety 필터를 이용하여 운전 시에 일부분의 필터가 파손이 되더라도 과도한 분진이 가스터빈에 유입되는 것을 방지함으로써 IGCC 시스템의 이용율(availability)을 높이고자 하는 기술개발을 위하여 fail safety 필터를 개발하는 기초연구를 실험적으로 수행하였다. 세라믹 집진기의 신빙성 확보를 위하여 Fig.1과 같이 필터의 상부에 설치되는 fail safety 필터의 역할은 세라믹 필터가 파손 되었을 때 제2의 필터 역할을 수행하여 큰 입자의 분진이 청정가스실로 유입되는 것을 방지한다. 필터가 국부적으로 파손되어 다량의 가스가 해당 fail safety 필터를 통과할 때 순간적으로 분진에 기공이 막히어 더 이상의 분진이 통과되지 않도록 해야한다. 그리고 정상운전 시에는 압력손실을 방지하기 위하여 투과성이 좋아야 한다. 투과성을 높이기 위하여서는 기공이 큰 필터를 제조하여야 하는데 이는 먼저 기술한 분진차단 효과와 상반된다. 따라서 기공이 크면서 분진에 의하여 쉽게 차단이 될 수 있는 필터의 제작이 본 기술의 핵심이다. 그리고 fail safety 필터는 열적 화학적으로 내구성이 강한 소재를 선택하여야 한다. 본 연구에서는 고온에서 H₂S에 내구성이 강한 금속을 사용하고자 하며 우선적으로 필터의 기공도를 조절하는 조건을 잡기 위하여 SUS310 분말을 사용하였다.

2. 실험

사용된 SUS310L 스테인리스 스틸강(Ametek Co.)의 분말은 성형전에 53 μ m이하, 53 μ m, 63 μ m, 120 μ m의 시-브를 이용하여 분급을 하였으며, 큰 입자의 경향을 관찰하기 위하여 SUS 316은 120~180 μ m의 분말을 이용하였다. 균일한 성형압력을 가하기 위하여 Cold isotatic Press(CIP; KCIP-120, 고려진공)를 이용하였다. 또, 실린더 형태의 금속필터를 제조하기 위하여 몰드를 설계하였다. 본체의 압축성은 고무 mold의 경도가 증가함에 따라 압축률이 감소하므로 신축성과 경도가 낮은 고분자재료를 이용하였으며, 가장 적당한 재질로서는 경화제를 사용하여 복잡한 형태도 쉽게 제조할 수 있는 실리콘(KE-1300, KE1600, KE12, Shin-etsu chemical co.)을 이용하였다. 가압력에 의한 변화를 알아보기 위하여 CIP 조건은 1000, 1500, 2000bar의 압력을 가하였으며, 가압시간은 일정하게 200~300sec씩 행하였다.

CIP를 행한 후의 원반형의 성형체는 분말의 산화를 방지하기 위하여 진공소결로를 이용하였다. 디스크는 소결로에 장입하고 2×10^{-4} torr 이상의 진공분위기에서 1100-1200 $^{\circ}$ C의 온도에서 각각 2시간씩 소결소결을 행하였다. 소결후에도 밀도의 변화를 관찰하였다. 소결후의 시편 내부의 조직과 기공도 등을 조사하기 위하여 시편을 수직과 수평방향으로 절단하고 polishing을 행한 후 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. 기공도의 특징은 점 분석법을 이용하여 관찰하였다. 그리고 필터의 투과성을 관찰하기 위하여 Fig. 2의 실험장치를 사용하였다. 본 장치에는 외경이 60mm인 튜브형 필터를 원하는 길이로 설치할 수 있으며, 질량유속조정기를 사용하여 필터를 통한 압력손실에 무관하게 일정한 여과속도에서 800 $^{\circ}$ C까지 다양한 온도에서 필터의 투과성과 누출분진의 입도분포를 on-line으로 측정할 수 있다. 그리고 분진의 습도에 대한 영향을 줄이기 위하여 일정한 온도에서 냉각 건조시킨 공기를 사용할 수 있게 설계되었다.

3. 결과 및 검토

SUS310L 분말 사이즈와 성형압력을 변화하여 1100 $^{\circ}$ C에서 두 시간동안 소결하여 제조한 fail safety 필터의 두께를 Table 1에 보였다. 성형압력이 높을 경우 필터의 두께가 조금 감

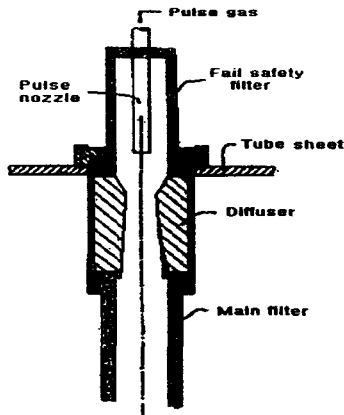


Fig.1. Concept of the reliable system using fail safety filter.

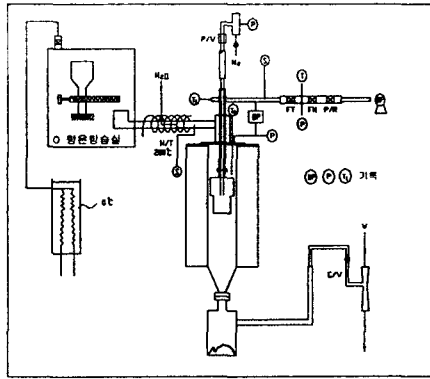


Fig.2. Schematic diagram of the test unit for the filtration performance.

소되며 Fig.3 에서 보인 바와 같이 압축비가 높아지는 것을 볼 수 있다. 성형압력이 증가함에 따라 소결 활성화도가 높아져 입자가 성장하는 것을 전자 현미경으로 관찰할 수 있었다.

Table 1 Thickness(mm) of filter element

Particle size (μm)	CIP P (bar)	
	1500	2000
< 53	2.65	
53 - 63	2.65	2.23
63- 120	2.72	2.23
120 - 180	2.5	2.23

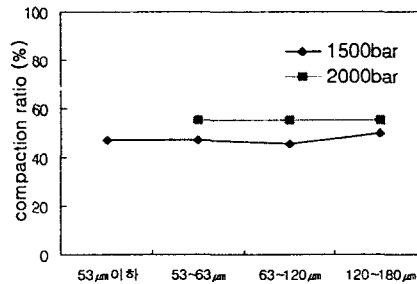


Fig.3. Compaction ratio of filter elements

그러나 통기도의 경우에는 성형압력이 증가됨에 따라 감소하는 것을 Fig. 4에서 볼 수 있다. Fig. 4의 결과는 필터의 통기도를 입자 사이즈와 성형압력으로 조절이 가능한 것을 볼 수 있다. 그러나 fail safety 필터가 요구하는 압력손실은 여과속도 10cm/sec에서 20mmH₂O이하가 바람직하기 때문에 앞으로 상당한 개량이 요구된다. 또한 Fig.5에서 보인 바와 같이 평균직경이 13 μm 인 분진을 사용하여 fail safety 필터를 통과하는 입자를 시간별로 측정할 경우 초기에도 통과입자가 3 μm 이하인 것은 필터기공의 직경이 너무 큰 것을 의미한다.

4. 결론

필터 집진기의 신빙성 확보를 위한 fail safety 필터를 제조하기 위한 기초연구로써 필터의 기공도 조절을 위한 실험적 연구를 수행하였으며 SUS310L 스테인리스 분말을 이용하여 고상 소결하여 금속필터를 제조하였을 경우 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CIP 법을 이용하여 성형체를 제조할 경우 균일한 압력구배를 갖는 성형체를 제조할 수 있었다. 성형압력이 1500bar의 경우가 19.7%이 기공도를 보였으며, 성형압력이 증가할수록 그리고 분말 입자가 작을수록 제조된 필터의 통기도가 감소하였다.
2. 사용된 분말 중에서 입자 사이즈가 제일 큰 120-180 μm 의 제조된 필터의 경우도 압력손실이 fail safety 필터로 사용하기에는 부적합할 정도로 높았다. 이는 필터의 기공이 너무 작게 형성된 것을 분진 투과 실험에서 볼 수 있었다. 따라서 차후 통기성이 더욱 높은 필터의 제조조건 확보가 요구되었다.

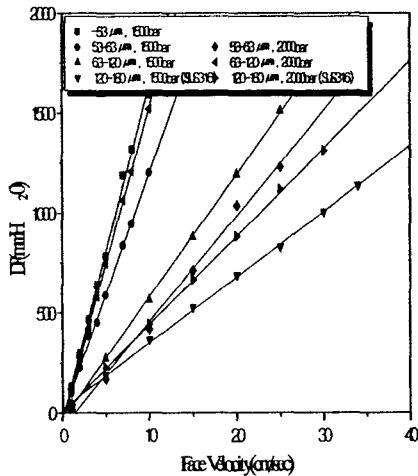


Fig.4. Pressure drop of filter elements

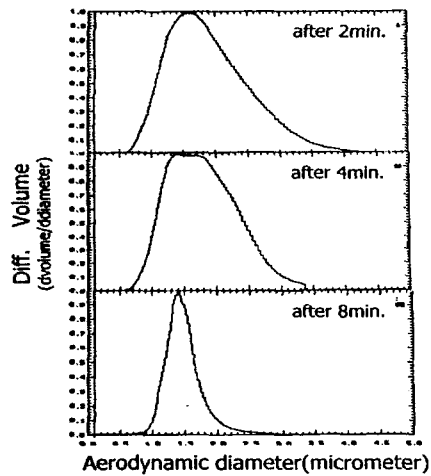


Fig.5. Dust slip through the filter elements

감사의 글

본 연구는 에너지관리공단 에너지자원개발기술지원센터의 재정적 지원하에 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 최주홍: "IGCC용 필터 집진기의 신뢰성확보를 위한 fail safety 기술", 대체에너지기술 세미나, 산업자원부 · 에너지관리공단, 한양대학교, pp. 4-84 (2000).