

4B1) 미세 분진 여과시 무기필터의 필터질 특성 고찰

Filter Quality of Inorganic Filters in Dust Filtration

이경미 · 이주열¹⁾ · 조영민²⁾

경희대 대학원 환경응용과학과, ¹⁾에니텍, ²⁾경희대 환경응용화학대학

1. 서 론

다양한 필터의 특성 및 운전조건에 따라 필터의 압력강화와 여과효율은 변하게 된다. 각기 다른 특성을 갖거나 다른 두께를 갖는 필터를 평가할 때 필터질(filter quality)을 평가하여 비교함으로써 필터의 성능을 파악한다. 필터질은 단위두께에 대한 압력강화에 따른 포집되는 효율(E_i)의 비로 정의한다(Hinds, 1998).

$$q_F = \frac{E_i}{\Delta P/t} = \frac{\ln(1/P_n)}{\Delta P} \quad (1)$$

이때 t 는 필터의 두께, P_n 은 필터의 투과율을 의미한다. 다시 말해서 필터 medium을 통과하는 유체에 대한 압력강화에 비하여 분진의 투과율이 적을수록 우수한 포집 성능을 나타낸다고 볼 수 있다. 이 값은 동일한 농도와 동일한 유속의 조건에서 비교함으로써 필터 성능을 상대적으로 평가할 수 있다. Peter (2002)는 식(1)을 filter decay라는 용어를 사용하여 필터의 성능을 비교하였다. 여과 초기에는 분진포집 효율이 비교적 높아 필터질이 높게 나타난다. 그러나 여과가 진행됨에 따라 압력강화가 꾸준히 증가하지만 입자투과율은 일정하게 유지되므로 필터질은 상대적으로 감소하게 된다. 필터질의 변화율은 필터 특성 및 여과 조건에 따라 달라지며, 변화율의 평가는 여과 공정 시 중요한 인자로 작용하므로 필터질의 절대값 보다는 변화율을 비교하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 복합 세라믹 필터(FAF)와 각기 다른 구조를 갖는 섬유상 필터(bag filter, metal fiber bed)를 이용하여 분진 여과가 진행됨에 따른 필터질 변화 추이를 속도 및 분진 농도를 변수로 하여 관찰하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서 사용한 필터는 석탄회로 제작한 복합 세라믹 필터(미세기공이 넓게 분포되어 있는 granular-bed 구조)를, 폴리스티렌 bag filter와 금속 섬유상을 압착하여 제작한 metal fiber bed(deep-bed 형태)이다. 필터는 직경 3.2cm의 disk 형태로 준비하였다. 실험에 사용한 분진은 보령화력 발전소에서 배출되는 석탄회로서 입자를 선별하여 평균 입경 $3 \mu\text{m}$ 의 분포로 공급하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 분진의 농도가 $1\text{g}/\text{m}^3$ 일 때 필터질 (q_F)을 나타내었다. 필터질은 유속에 따라 필터별로 서로 다른 형태로 감소함을 볼 수 있다. 복합 세라믹 필터(a)에서 유속이 낮은 경우 초기 여과 과정에서 필터질이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 여과 초기에 분진 입자의 투과 현상이 두드러지기 때문이다. 그러나 여과가 진행됨에 따라 분진층이 형성되어 여과 효율이 증가함으로써 어느 시점부터는 필터질이 감소하게 된다. bag filter(BF,b)와 metal fiber bed(MFB,c)는 지속적으로 감소하는 형태를 보여주고 있다. MFB는 공극률(83%)이 높아 높은 분진 입자 투과율에도 불구하고 초기에는 낮은 압력강화로 인하여 높은 필터질 값을 나타낸다. 그러나 여과가 지속됨에 따라 급격히 감소하는데, 이는 filter층 내부에서 막힘 현상(clogging)이 일어나 내부 여과에서 분진층 여과로 옮겨가며 압력강화가 증가하기 때문으로 사료된다. 일반적으로 여과속도가 증가할수록 미세입자는 유로를 따라 내부 깊숙이 침투되어 필터 내부에 막힘 현상을 일으키고, 큰 입자는 필터 표면에서 불안정하게 분진층을 이루어 유체에 대한 저항을 증가시킨다. 반면에 이들 큰 입자는 분진 상호간의 가교현상이 잘 일어나지 않고, 유로를 따라 다량의 분진이

투과되어 여과효율을 감소시킨다. 따라서 여과속도가 증가할수록 필터질은 감소하는 형태를 보이게 된다.

필터질은 그림 2처럼 분진의 유입 농도에 따라 감소하는 경향을 나타낸다. 농도가 낮을 경우 유체 흐름을 따라 필터 내부에 포집되고, 또한 입자들의 가교현상 및 안정한 분진층이 필터 표면에 형성됨으로써 여과 효율은 좋아지게 된다. 반면 분진의 농도가 증가함에 따라 많은 양의 분진 입자들이 불안정하게 쌓이게 되고, 이에 따른 유체의 저항을 증가시키게 된다. 또한 불안정한 분진층이 무너지거나, 동시에 필터를 통과하는 분진의 양이 증가함으로써 여과 효율이 감소하게 되고, 필터질이 감소하게 되는 것으로 판단된다. 각 필터에 있어서 q_F 가 유속 및 유입 농도에 따라 다양한 형태로 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 각기 다른 구조의 필터 성능을 평가하기 위해서는 필터질의 절대값을 평가하기 보다는 필터질의 변화율을 비교함으로써 적용 공정에 적합한 필터 형태를 선택하는 것이 바람직하다.

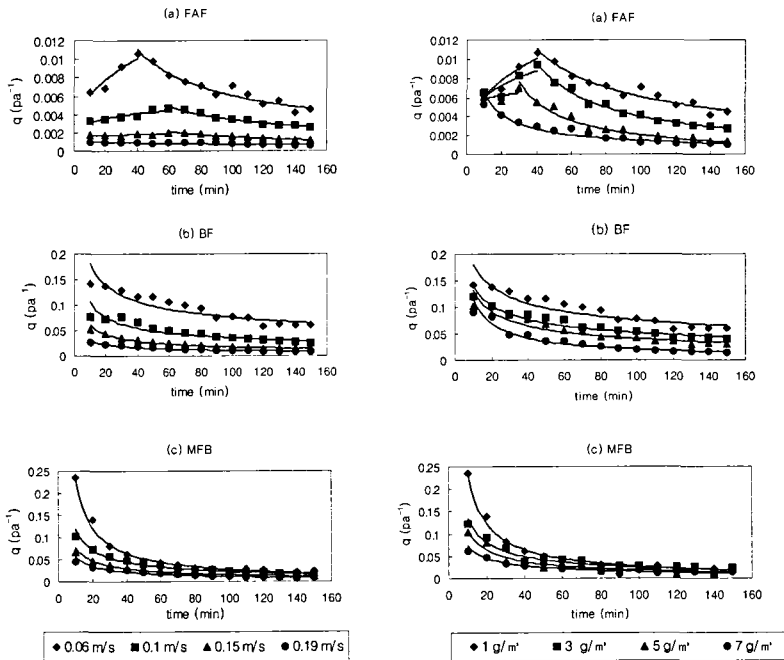


Fig. 1. Filter quality with face velocity at dust concentration of 1 g/m³.

(FAF(a): Fly Ash Filter, BF(b): Bag Filter, MFB(c): Metal Fiber Bed)

Fig. 2. Filter quality with dust concentration at face velocity of 0.06 m/s.

사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R02-2002-00164-0) 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Brown, R. C. (1993) Air filtration : an integrated approach to the theory and applications of fibrous filters , Pergamon Press.
- Hinds, William C. (1998) Aerosol Technology-Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles, A Wiley-Interscience Publication, 2nd edition.
- Peter P. Tsai, Heidi Schreuder-Gibson, Phillip Gibson, (2002) Different electrostatic methods for making eletret filters, Journal of electrostatics, 54, 333-341.