

## 제전사여과포의 개발 및 기초성능 규명

박영옥 · 구철오 · 임정환 · 김홍룡 · 손재익 · 이영우\*

한국에너지기술연구소 에너지환경연구부, \*충남대학교 공과대학 화학공학과

### Development and Basic Performance Characterization of Neutralized Fabric Filter

Young Ok Park, Cheol Oh Koo, Jeong Hwan Lim, Hong Ryong Kim,  
Jae Ek Son and Young Woo Rhee\*

Energy and Environment Research Department, KIER

\*Department of Chemical Engineering, Chungnam National University

#### 요 약

폴리에스터와 스테인레스스틸섬유를 재료로 제조된 제전사여과포에 대한 물리화학적 특성시험 및 여과포성능 기초시험을 수행하였다. 실험용먼지로 제철.제강, 시멘트제조, 열공급시설 및 폐기물공정에서 채취된 먼지를 처리하여 사용하였다. 제전사여과포의 물리화학적 특성 실험에서는 산성분위기하에서 인장강도 및 초기탄성계수변화를 조사하였고 Automated Permporometer를 이용하여 평균흐름세공압력, 기포점 세공지름, 평균흐름세공지름 및 세공크기분포를 구하였다. 또한 벤치규모의 여과포 기초성능 시험장치를 이용하여 먼지부하에 따른 압력손실, 먼지통과율 및 여과포성능 평가지표를 산출하였다. 산성가스 분위기하에서 제전사여과포의 인장강도는 온도 및 노출시간과 깊은 관련이 있었다. 압력손실은 여과속도와 먼지부하가 증가함에 따라 증가하였으며 증가형태는 먼지의 종류에 따라 달랐다. 먼지 통과율은 먼지종류에 관계없이 먼지부하의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. 여과포성능 지표는 먼지 포집 초기에는 증가했다가 급격히 감소하여 일정하게 유지되었다.

**Abstract**— A neutralized fabric filter of which major raw materials were polyester and stainless steel fibers was developed and its physicochemical properties and basic filter characteristics were investigated. Four kinds of dusts generated in the typical domestic industry were used, which were coke dust from a steel manufacturing process, cement dust from a cement manufacturing process, fly ash from a fluidized-bed combustor, and incinerator ash from a waste plastics incinerator. The physicochemical properties of the neutralized fabric filter were analyzed in terms of changes in tensile strength and initial elastic modulus under SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> atmospheres, mean flow pore pressure, bubble point pore diameter, mean flow pore diameter, and pore size distribution. In addition, the pressure drop, dust penetration, and figure of merit for the fabric filter were investigated in a bench-scale filter testing unit. The pressure drop increased as the filtration velocity and dust loading increased, and its increasing shape depended on the type of dust. The dust penetration rapidly decreased as the dust loading increased irrespective of the type of dust. The figures of merit for the fabric filters increased in the early stage of filtration and then showed rapid decreases followed by maintaining a constant level.

#### 1. 서 론

여과포집진기술은 수십년간의 연구 개발 및 산업체

현장 적용을 토대로 성능 및 설계 측면에서 고도의 기술이 축적되어 왔으며, 근래에는 여과포가 대용량에서 소용량까지 대량으로 생산되어 여러 산업분야에 적용되

고 있다. 여과포집진기술에서 가장 중요한 부분은 여과포의 재질이며 고효율을 유지하기 위한 고성능 여과포 재질의 개발에 많은 연구가 수행되고 있다<sup>14)</sup>. 여과포의 개발 초기에는 면 또는 양모 등의 천연섬유를 소재로 한 여과포가 주로 사용되었으나 인조섬유의 개발에 따라 새로운 합성섬유를 소재로 한 여과포가 개발 사용되고 있으며 합성섬유가 산업용 여과포의 재질에 적합한 우수한 성질을 갖고 있어 여과포 재질이 천연섬유에서 합성섬유로 급격히 전환되고 있다. 또한 여과포의 제조 및 품질관리 측면에서도 여러가지 새로운 기술이 개발되어 품질개선과 여과포 생산 비용 절감에 큰 역할을 하고 있다. 이에 대한 구체적인 예로 여과포의 제조 및 표면처리기술의 향상, 무기섬유인 유리섬유의 가공기술 개발, 압축 부직포의 펠팅(felting) 가공기술 개량, 니들(needle) 펀칭 방식의 합성니들 부직포개발 등을 들 수 있다<sup>5)</sup>.

여과포집진기술은 탈진조작 방식에 따라서 적용되는 여과포의 특성 및 재질, 제조기술, 가공기술이 달라 여과포의 종류 및 재질 특성이 다양화 및 세분화되고 있다. 여과포집진에서 고효율 유지를 위해서는 탈진방식에 따라 산업공정에서 배출되는 먼지 및 기체의 특성에 적합한 여과포 재질 및 가공기술, 표면처리기술이 적용되어야 한다<sup>6)</sup>. 산업체 업종별 산업공정에서 발생하는 먼지는 형상, 입자크기분포, 겉보기 밀도, 유동도, 비표면적, 안식각, 부착 및 응집성 등의 물리적 특성과 조성 성분 등의 화학적 특성이 서로 다르다<sup>7)</sup>. 또한 업종별 생산공정 및 먼지발생공정에서 발생하는 배출기체의 온도, 습도 및 화학물질의 함유량 등이 서로 다르다<sup>8)</sup>. 따라서 업종별로 발생하는 먼지의 종류별 특성이 다르기 때문에 여과포에 의해 이와 같은 먼지를 포집할 때 여과포의 세공(pore)에서 형성되는 가교형성(pore bridging) 특성과 여과포 표면에 부착되는 먼지층(dust cake)의 형성이 서로 달라, 먼지의 종류별 여과특성이 다르다.9-11) 또한 여과포 표면에 부착된 먼지층을 털어낼 때 여과포 표면에서 먼지층의 유리(遊離)특성이 먼지의 종류와 여과포의 종류 및 물리적 특성에 따라 다르다.

국내 산업체에서는 산업공정 및 작업공정에서 발생하는 먼지를 포집 제거 및 회수하기 위해 대부분 여과포집진기술을 적용 운전하고 있으며, 적용되는 여과포의 종류도 다양하다. 그러나, 대부분의 산업체에서 여과포집진장치는 배출기체 및 포집먼지의 특성과 여과포 특성과의 적합성 여부를 고려하지 않고 장치설치업체의 경험과 여과포 공급업체의 제공자료에만 의존하여 운전되고 있다. 이로 인해 실제로 여과포집진기술의 고유의 성능인 고효율을 유지 못하고 있을 뿐만 아니라 여과포집진기술의 운전 유지비에 가장 크게 기여하는 여과포의

수명이 선진국에 비해 짧아 여과포집진기술의 경제성이 타 집진기술에 비해 우수하지 않다. 또한 대부분의 여과포는 거의 완제품을 수입에 의존하고 있고 국내 대부분의 여과포 공급업체에서는 봉재만 하여 산업체 현장에 공급하고 있다. 이에 따라 여과포 적용 대상 산업체의 업종별 배출기체 및 먼지 특성에 적합한 여과포의 제조 기술 변경, 재질의 배합 비율 변경 및 먼지 특성에 적합한 표면처리기술의 적용이 불가능하여 고성능 국산 여과포 개발이 어려웠고, 이와 같은 실정은 장치의 성능 저하와 운전 유지비 상승의 주요 원인이 되고 있다<sup>12,13)</sup>.

본 연구에서는 국내 산업체 업종 중 먼지 배출량이 가장 많은 산업공정에 적합한 고효율 산업용 국산 여과포를 개발하기 위해 국내 여과포 사용현황 분석자료를 토대로 실험용 여과포 제조 장치를 이용, 실험용 제전사여과포를 제조하였으며 제조된 제전사여과포에 대해 물리 화학적 특성시험 및 여과포성능 기초시험을 수행하였다.

## 2. 실 험

### 2-1. 여과포의 물성특성 조사

개발된 제전사 여과포의 산업체 적용 가능성을 조사하기 위하여 온도 및 산성가스에 의한 여과포의 섬유물리학적 특성과 환경노출시 여과포의 물리적 성질인 인장강도, 파열강도, 초기탄성계수 등의 물성변화를 관찰하였다. 또한 제전사 여과포의 고온 및 산성분위기에서의 물성 변화를 관찰하기 위하여 원형 파이렉스 유리관을 반응기로 사용하여 일정한 온도 및 고농도의 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>가스 분위기하에서 시간의 경과에 따른 여과포 물성변화를 관찰하였다. 사용된 가스의 농도 및 유량은 10,000 ppm, 50 ml/min이며 약 30분간 주입한 후 입·출구를 닫은 상태에서 일정 시간동안 유지시켰다. 반응기는 직경 4 cm, 길이 60 cm로 직경이 작아 여과포를 동심원형태로 말아서 넣었으며 ±10°C 이내로 온도유지가 가능하였다.

### 2-2. 여과포의 기초 성능 측정

#### 2-2-1. 실험여과포

기초성능 측정실험에 사용된 여과포는 국내 여과포 제조업체인 W사에서 직조된 제전사 여과포(neutralized fabric: polyester+stainless steel fiber)로 물리적 특성을 Table 1에 정리하였다. 제전사 여과포는 먼지포집 효과의 향상, 먼지폭발 위험성 제거, 여과포의 눈막힘 방지 등의 먼지포집시 위험요소의 제거목적으로 여과포의 대전을 방지하기 위해서 직조된 것이다. 제전사 여과포 직조방법은 전도성섬유이며 단일섬유 직경이 12 μm인 스테인레스 스틸 섬유를 길이 75 mm로 절단하여 폴리에

**Table 1. Physical characteristics of test fabrics.**

Materials		Polyester+stainless steel fiber
Woven type		Needle Felt
Mean flow pore diameter (μm)		28.8
Mean flow pore pressure (mmHg)		16.6
Basin fabric		Plain weave
Apparent density, g/m <sup>3</sup>		0.28
Air permeability, cc/cm <sup>2</sup> sec		21
Finish		Calendering heat settling
Tensile force	Length, kg	160
	Width, kg	180
Tenacity, g/denier		4.7
Weight g/m <sup>2</sup>		625.5
Porosity		56

스터 니어들 펠트에 침으로 서로 얽히게 하여 섬유층에 혼합시킨 것으로 혼입율은 3 wt.%이다. 대체적으로 폴리에스터 니어들 펠트에 스테인레스 스틸 섬유의 혼입율이 1 wt.% 이상되면 절연저항값이 0으로 된다. Fig. 1에 제전사여과포의 직조형태 및 단일섬유의 형상을 나타냈다. 단일섬유가 얽힌 내부에 폴리에스터 단일섬유의 다른 형상을 갖는 섬유가 스테인레스 스틸 섬유이며 이 섬유의 직경은 약 17 μm 정도이다.

2-2-2. 실험용 먼지

실험용먼지는 먼지배출이 많고 유해기체배출 및 향후 수유 등을 고려하여 선정된 제철·제강, 시멘트제조, 열공급시설, 및 폐기물 소각공정 등 4개 업종의 여과포집진장치에서 포집하였다. 제철·제강업종에서는 주요 공정인 coke plant의 CDQ(coke dry quenching)공정에 설치된 여과포집진장치에 포집된 먼지(coke dust)를 채취했으며, 시멘트 제조업에서는 석회석 분쇄공정에 설치



**Fig. 1. SEM photograph of neutralized fabric filter.**

된 여과포집진장치에 포집된 먼지(cement dust)를 채취했다. 열공급시설에서는 유연탄과 제지슬러지를 혼소시키는 유동층연소 보일러에 설치된 여과포집진장치에 포집된 회(fly ash)를 채취했으며, 폐기물소각로에서는 폐합성수지의 건류소각공정에 설치된 여과포집진장치에 포집된 회(incinerator ash)를 채취하였다. 업종별로 채취한 먼지의 공업분석 및 성분분석을 Table 2에 나타냈다.

각 공정에서 채취된 먼지는 서로 다른 입자크기분포를 갖고 있기 때문에 먼지 종류별 먼지포집특성을 조사하기 위해서는 실험용먼지의 입자크기분포를 일정하게 해야 한다. 일본공업규격(JIS) Z 8901에서는 고성능집진장치 및 제진장치의 시험용 먼지로 9종에서 12종까지 활석, 비산회재(fly ash), 관동지방의 양토(壤土; loam), carbon black들에 대해 별도의 평균입자크기를 규정하고 있다<sup>6)</sup>. 본 연구에서는 채취된 먼지를 진동mill에서 5-7시간 분쇄하여 일본공업규격 (JIS Z8901) 시험용 먼지 제10종인 비산회재의 평균입자크기(4.8-5.7 μm)가 되도록 실험용 먼지를 제조하였다. 실험용 먼지로 제조된 4종류 먼지의 평균입자크기 범위는 4.7-5.6 μm로 4종류 모두 거의 유사한 입자크기분포를 가지고 있다.

2-2-3. 실험장치

Fig. 2에 벤치규모 실험장치의 흐름도를 나타냈다. 실험장치는 실험용먼지 공급 및 분산부분, 실험먼지 확산실 및 실험여과포 설치부분, 실험용먼지 포집부분 및 공기유량 조절 및 흡인부분으로 구성되어 있다. 실험용먼지는 주사기형 먼지정량공급기(syringe type dust feeder)

**Table 2. Composition of test dusts.**

Item	Dust	Coke dust	Cement dust	Fly ash	Incineration ash
Proximate analysis (%)					
Moisture		0.2	0.1	3.3	11.5
Volatile matters		2.6	35.2	6.2	32.8
Ashes		13.9	64.7	56.4	20.6
Fixed carbon		83.3	0.01	34.1	35.1
Calorific analysis (kcal/kg)					
		6,820	-	3,060	-
Ash analysis (%)					
SiO	5.86	10.88	33.30	2.26	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.06	3.15	16.91	1.63	
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.21	0.44	5.14	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.69	1.92	2.03	0.79	
CaO	1.00	44.93	1.33	0.13	
MgO	-	2.45	2.40	0.39	
Na <sub>2</sub> O	0.08	0.09	0.23	0.04	
K <sub>2</sub> O	0.15	0.66	0.28	1.08	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.15	0.34	1.66	
MnO	0.01	0.12	0.02	0.02	

로 정량되어 혼합형 먼지분산기(mixer type dust disperser)에서 분산된 후 확산실(diffusion chamber)로 공급된다. 확산실은 실험용먼지의 확산상태 및 거동을 관찰할 수 있도록 투명한 파이렉스 유리로 제작하였다. 실험여과포는 확산실 상단과 하단 사이에 설치하도록 되어 있으며, 실험여과포 하단에는 압력손실 증가로 인한 실험여과포의 변형을 방지하기 위해 100mesh 스테인레스 스틸 스크린을 설치하였다.

실험시 외부공기 유입을 차단하기 위해 각단과 실험여과포 및 스테인레스 스틸 스크린 사이에 두께 5 mm 실리콘 고무팩킹을 삽입시켜 실험여과포 체결기(test fabric holder)에 의해 조일 수 있도록 제작했다. 먼지부하 및 여과속도의 변화에 따른 실험여과포의 압력손실은 확산실 상단과 하단의 압력측정공(pressure tap)과 연결된 경사 마노미터(manometer)에 의해 미세한 압력변동도 관측할 수 있도록 했다. 확산실에 유입된 실험용먼지와 실험용 여과포를 통과한 먼지는 원통여지(absolute filter, Whatman, silica glass microfibre thimbles)에서 완전히 포집된다. 확산실에서 분산된 실험용먼지의 입자크기와 실험여과포를 통과한 먼지의 입자크기는 cascade impactor(Andersen Mark III particle sizing stack sampler)에 의해 측정한다. 먼지부하 증가로 인한 유량변화를 방지하기 위해 유량계(Matheson Model 605) 전단에 압력변화 완충용 조리개형 오리피스(throttle type orifice)를 설치하였다. 동일 조건의 실험 중 실험용 여과포를 통과한 총유량을 측정하기 위해 건식 기체유량계(dry gasmeter)를 설치했으며, 최종단에 진공펌프(TSI Model 3033)를 설치하여 실험용 여과포를 통과하는 유량을 조절하였다.

#### 2-2-4. 실험방법

실험용먼지는 고온건조기(convecting oven)에서 110°C로 12시간 동안 가열건조한 후 상온건조기(desiccator)내

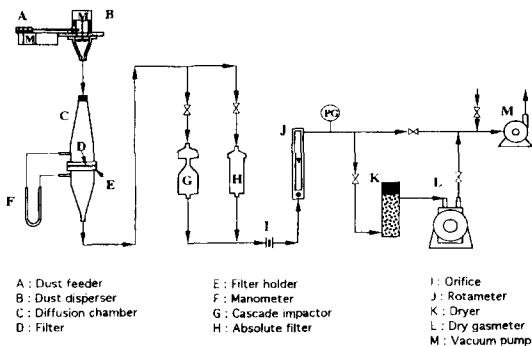


Fig. 2. Schematic diagram of bench scale filter testing system.

Table 3. Experimental conditions.

Experimental variables	Experimental ranges
Face velocity	1.1-2.5 m/min
Test dust feed rate	46-100 mg/min
Upstream dust concentration	10 g/m <sup>3</sup>
Dust loading	0-600 g/m <sup>3</sup>

에서 실험실내의 온도와 같도록 24시간 냉각하여 사용했다. 실험여과포는 실험실내에서 24시간동안 방치하여 실험실내의 온도 및 습도조건과 같도록 하여 무게를 측정 한 후 사용했으며, 원통여지는 고온건조기에서 110°C의 일정한 온도에서 1시간 동안 가열건조한 후 상온건조기 내에 항상 방치해 놓고 필요시 무게측정 후 사용하였다.

실험용먼지는 먼지정량공급기의 주사기(syringe)내로 충전시켜 실험조건에 적합한 먼지량을 조절하여 먼지분산기에 공급시킨 후 분산시켜 확산실내로 유입시켰다. 확산실내로 유입된 먼지의 농도와 실험여과포를 통과한 먼지의 농도는 원통여지에 포집된 먼지의 무게로 환산하였으며, 실험여과포에 퇴적된 먼지의 무게는 분석용 천칭으로 측정 후 청정여과포의 무게와의 차로써 계산하였다. 먼지부하와 여과속도 변화에 따른 압력손실은 경사 마노미터로 측정하였고, 여과포를 통과하는 유량은 유량계로 조절하였다. 실험여과포의 형상과 여과포내부에서 먼지입자의 포집상태는 전자현미경(Philips 505 XL-30)을 사용하여 관찰했다.

실험범위를 Table 3에 나타냈다.

### 3. 결과 및 분석

#### 3-1. 제전사여과포의 물리화학적 특성<sup>6)</sup>

##### 3-1-1. 평균흐름세공압력 및 기포점 세공지름

개발여과포의 물성중의 하나인 세공율, 두께, 세공지름을 측정하기 위해 Automated Permporometer(APP-200-AX)를 사용하였다. Fig. 3에 압축공기의 압력변화에 따른 여과포유량 변화를 나타냈다. 이 그림은 평균흐름세공압력(mean flow pore pressure)과 평균유량(mean flow rate)을 결정하기 위한 것으로 건공기흐름(dry flow)은 건조상태의 여과포에서 압축공기가 통과하는 유량이고, 습공기흐름(wet flow)은 여과포 시료를 에틸알콜에 적신 상태에서 압축공기가 통과하는 유량을 말한다. 습공기유량(wet flow rate)은 압축공기의 압력을 서서히 증가시키면 여과포 시료에 묻은 에틸알콜이 휘발되어 어느 정도의 압력에서는 건공기유량(dry flow rate)과 같아진다. 습공기유량곡선과 건공기유량의 1/2값의 곡선이 서로 만나는 점의 압력을 평균흐름세공압력이라 하며, 이때의 유량을 평균유량이라 한다. 기포점압력(bubble point

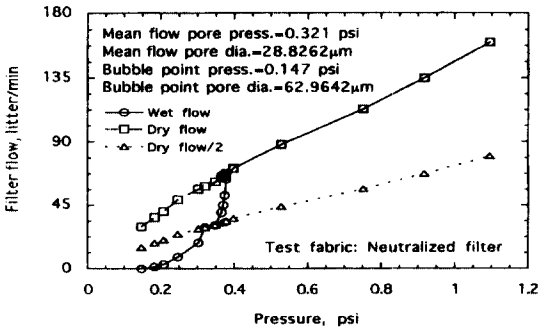


Fig. 3. Effect of air pressure on flow rate in neutralized fabric filter.

pressure)은 알콜에 적신 여과포에 압축공기를 통과시킬 경우 여과포 세공에서 가장 먼저 기포가 형성될 때의 압력을 말하며 이때의 기포직경을 기포점세공지름(bubble point pore diameter)이라고 한다. Fig. 3에서 구한 평균흐름세공압력은 0.32 psi (16.6 mmHg), 기포점압력은 0.18 psi (7.6 mmHg), 기포점세공지름은 63.0 µm 이다.

3-1-2. 평균흐름세공지름

Fig. 4에 적산여과흐름(cumulative filter flow)과 세공지름과의 관계를 도시하였다. 여기서 적산여과흐름은 습공기유량을 건공기유량으로 나누어 백분율로 나타낸 값을 말하고 세공지름은 압축공기 압력의 변화에 따라 측정된 기포지름을 말한다. 그림에서 적산여과흐름이 50%가 되는 점에서의 세공지름을 평균흐름세공지름(mean flow pore diameter)이라 한다. Fig. 4에서 구한 평균흐름세공지름은 28.8µm이다.

3-1-3. 세공크기분포

Fig. 5에 평균세공지름(average pore diameter)크기에 따른 세공크기분포(pore size distribution)곡선을 나타냈다. 여기서 세공크기분포는 여과흐름백분율(filter flow%)을 최종세공지름과 다음 단계의 세공지름과의

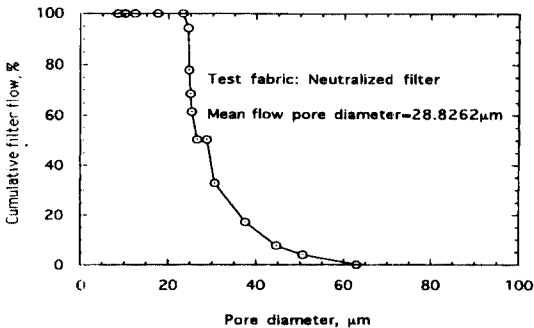


Fig. 4. Cumulative filter flow versus pore diameter for neutralized fabric filter.

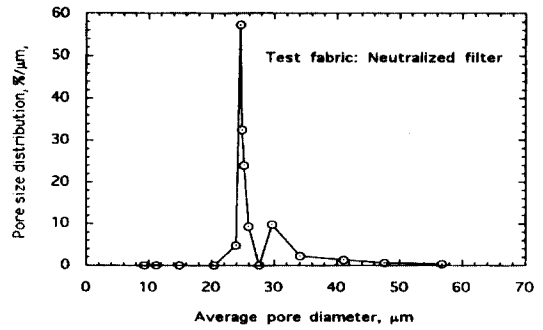


Fig. 5. Pore size distribution versus average pore diameter for neutralized fabric filter.

차이로 나눈 값을 말하며 여과흐름(filter flow)은 습공기 유량을 건공기유량으로 나눈 값을 말한다. 평균세공지름은 최종세공지름에서 다음 단계의 세공지름을 뺀 값을 말한다. Fig. 5에서 구한 제천사여과포의 세공은 대부분 24-28 µm의 범위에 분포되어 있음을 알 수 있다.

3-1-4. SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>2</sub> 분위기에서의 물성변화

Table 4에 정리한 바와 같이 SO<sub>2</sub> 분위기하에서 150°C에서 인장강도는 초기측정값의 85%, 초기탄성계수는 110% 정도로 노출시간에 관계없이 비슷한 값을 나타내었다. 250°C에서 인장강도는 24시간 노출 후에는 초기측정값의 70% 정도이었으나, 72시간 노출 후에는 급격히 감소하여 30% 정도를 나타내었다. 초기탄성계수는 노출시간에 관계없이 115% 정도를 나타내었다.

NO<sub>2</sub> 분위기하에서 150°C에서 인장강도는 초기측정값의 85%, 초기탄성계수는 115% 정도로 노출시간에 관계없이 비슷한 값을 나타내었다. 250°C에서 인장강도는 24시간 노출 후에도 급격히 감소하여 초기측정값의 20% 정도, 72시간 노출 후에는 15% 정도를 나타내었다.

Table 4. Effects of acidic atmosphere on filter's properties.

Test items			Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Initial elastic modulus (kg/mm <sup>2</sup> )
Experimental conditions				
Initial value			1.70	5.09
SO <sub>2</sub> (10000 ppm)	150°C	24hr	1.49	5.50
		72hr	1.48	5.54
	250°C	24hr	1.24	5.79
		72hr	0.49	5.80
NO <sub>2</sub> (10000 ppm)	150°C	24hr	1.50	5.69
		72hr	1.47	5.80
	250°C	24hr	0.31	5.78
		72hr	0.22	5.93

다. 초기탄성계수는 24시간 노출 후에 115%, 72시간 노출 후에는 120% 정도로 서서히 증가하였다.

3-2. 실험 여과포의 특성

3-2-1. 압력손실

여과속도 1.1 m/min 및 2.5 m/min인 조건하에서 먼지 부하에 따른 압력손실 변화를 Fig. 6에 나타냈다. 그림에서 보면 먼지 종류별 압력손실은 먼지부하의 증가에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 기울기는 먼지의 종류에 따라 다르게 나타났다. 대체적으로 먼지부하의 증가에 따른 압력손실 증가율은 코크스 먼지가 높게 유지되었고, 폐기물 소각회가 낮게 유지되었다. 먼지층 형성 초기조건에서 압력손실 변화경향을 보면 코크스 먼지 및 유연탄 연소회의 경우 약 200 g/m<sup>2</sup>의 먼지부하까지는 거의 변화가 없었고, 시멘트 먼지 및 폐기물 소각회의 경우 약 150-200 g/m<sup>2</sup> 정도 범위까지는 완만하게 증가하는 경향을 나타냈다. 먼지부하의 증가에 따른 압력손실이 거의 선형으로 증가하는 먼지부하는 코크스 먼지 및 유연탄 연소회의 경우 약 200 g/m<sup>2</sup> 정도로 추정되고, 시멘트 먼지 및 폐기물 소각회의 경우는 약 300

g/m<sup>2</sup> 정도로 추정된다. 압력손실의 선형 증가구간 이상의 먼지부하조건에서 먼지부하 증가에 따른 압력손실 증가비는 폐기물 소각회 및 유연탄 연소회의 경우가 대체적으로 큰 값을 나타냈다.

3-2-2. 먼지통과율

여과속도 1.1 m/min 및 2.5 m/min인 조건에서 먼지 부하에 따른 먼지통과율 변화를 Fig. 7에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 먼지통과율은 먼지종류에 관계없이 먼지부하의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. 먼지통과율은 여과속도에 관계없이 약 100 g/m<sup>2</sup> 정도의 먼지부하까지 급격히 감소하다가 그 이상의 먼지부하에서는 거의 일정하게 유지되었다. 여과포에 먼지층이 균일하게 퇴적되는 단계는 약 100 g/m<sup>2</sup> 이상의 먼지부하로 볼 수 있으며, 이 단계에서 먼지통과율의 변화는 먼지종류에 관계없이 거의 일정하게 유지되는 특성을 보였다. 또한 먼지통과율이 일정하게 유지되는 정상상태 먼지통과율은 0.01정도로 여과속도의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다.

3-2-3. 여과포 성능 평가 지표

여과속도 1.1 m/min 및 2.5 m/min인 조건에서 먼지부

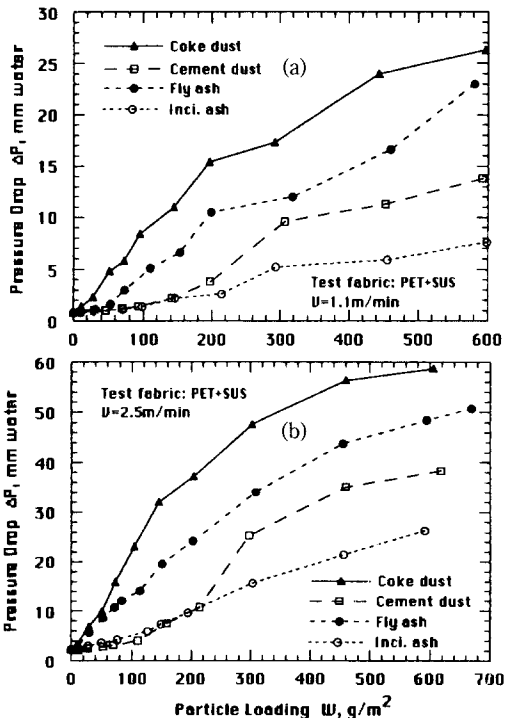


Fig. 6. Pressure drop versus particle loading for test dusts with neutralized fabric filter. (a) face velocity of 1.1 m/min, (b) face velocity of 2.5 m/min.

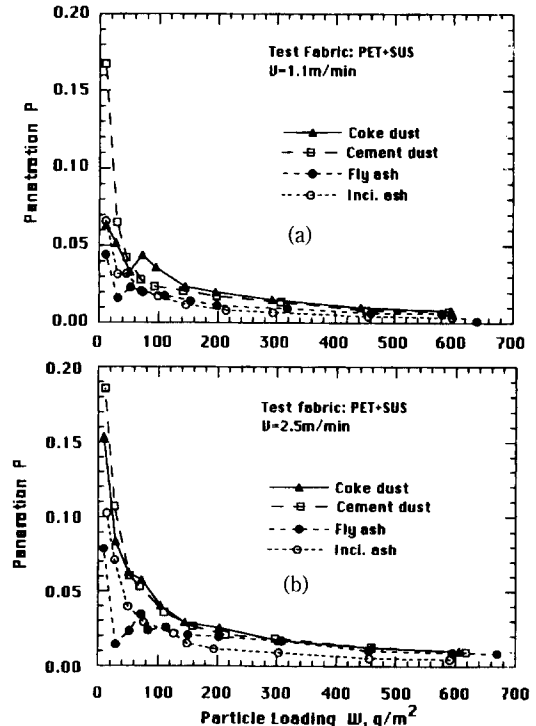


Fig. 7. Penetration versus particle loading for test dusts with neutralized fabric filter. (a) face velocity of 1.1 m/min, (b) face velocity of 2.5 m/min.

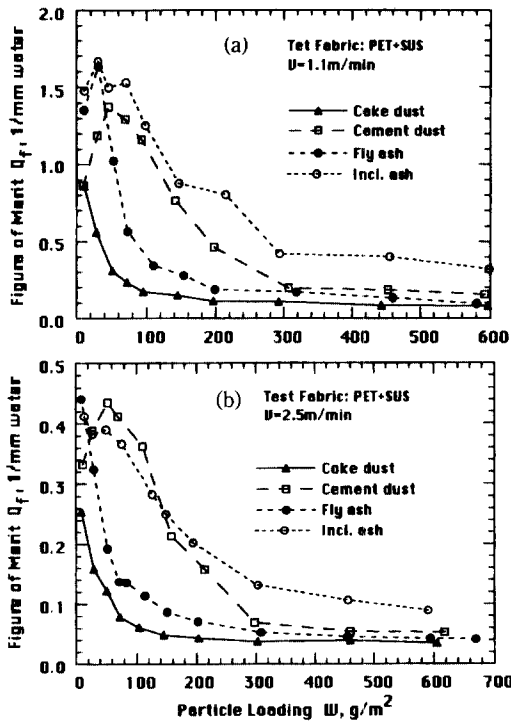


Fig. 8. Figure of merit versus particle loading for test dusts with neutralized fabric filter. (a) face velocity of 1.1 m/min, (b) face velocity of 2.5 /min.

하에 따른 여과포성능 지표를 Fig. 8에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 여과포성능 지표는 먼지 포집 초기에는 증가했다가 먼지부하의 증가에 따라 급격히 감소하여 일정하게 유지되는 경향을 나타냈다. 먼지포집 초기 단계에서 여과포성능 지표가 높게 유지되는 먼지부하는 코크스 먼지를 제외한 다른 먼지의 경우 약 40-60  $g/m^2$  정도이다. 이 때의 여과포성능 지표는 여과속도가 1.1 m/min인 경우 약 1.5  $l/mmH_2O$ 이고 2.5 m/min인 경우 약 0.4  $l/mmH_2O$ 였다. 여과포성능 지표가 일정하게 유지되는 먼지부하는 먼지종류에 따라 다르며, 시멘트 먼지 및 폐기물 소각회의 경우는 약 300  $g/m^2$  정도였고, 코크스 먼지 및 유연탄 연소회의 경우는 약 200  $g/m^2$  정도였다. 균일먼지층 형성단계에서 폐기물 소각회의 여과포성능 지표는 여과속도가 1.1 m/min인 경우 0.4  $l/mmH_2O$ , 2.5 m/min인 경우에는 0.1  $l/mmH_2O$ 였다. 다른 먼지의 여과포성능 지표는 여과속도가 1.1 m/min인 경우 0.15  $l/mmH_2O$ , 2.5 m/min인 경우에는 0.04  $l/mmH_2O$ 로 대체적으로 거의 차이가 없었으며, 폐기물 소각회의 여과포성능 지표에 비해 약 3배 정도 낮은 값을 나타냈다.

#### 4. 결 론

제전사여과포는 여과포의 대전을 제거하여 먼지포집 효율 제고, 먼지폭발 위험성 방지, 여과포의 폐색 방지 등을 도모하기 위해 개발되었으며 특성을 정리하면 다음과 같다.

1) 제전사여과포의 평균흐름세공압력은 16.6 mmHg이며, 기포점세공지름은 63.0  $\mu m$ 로 측정되었고 평균흐름세공지름은 28.8  $\mu m$ 로 측정되었다. 제전사여과포의 평균세공은 24-28  $\mu m$  범위에 대부분 분포되어 있다.

2) 산성가스 분위기하에서 제전사여과포의 인장강도는 온도 및 노출시간과 깊음의 관련이 있다. 250°C일 때 노출시간에 따라 인장 강도는 급격히 감소하였다. 초기 탄성계수는 온도 및 노출시간에 관계 없이 약 115% 정도를 나타냈다.

3) 압력손실은 여과속도와 먼지부하가 증가함에 따라 증가하였으며 증가형태는 먼지의 종류에 따라 달랐다. 압력손실 증가율은 코크스 먼지가 높았고 폐기물 소각회가 낮았다. 압력손실이 거의 선형으로 증가하는 먼지부하는 코크스 먼지 및 유연탄 연소회의 경우 약 200  $g/m^2$  정도이고, 시멘트 먼지 및 폐기물 소각회의 경우는 약 300  $g/m^2$  정도였다. 선형 증가구간 이상에서의 압력손실 증가비는 폐기물 소각회 및 유연탄 연소회의 경우가 높았다.

4) 먼지통과율은 먼지종류에 관계없이 먼지부하의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. 약 100  $g/m^2$  이상의 먼지부하에서 여과포에 균일 먼지층이 형성되었다. 정상상태 먼지통과율은 0.01정도로 여과속도의 영향이 적었다.

5) 여과포성능 지표는 먼지 포집 초기에는 증가했다가 급격히 감소하여 일정하게 유지되었다. 먼지포집 초기 단계에서의 여과포성능 지표는 여과속도가 1.1 m/min인 경우 약 1.5  $l/mmH_2O$ 이고 2.5 m/min인 경우 약 0.4  $l/mmH_2O$ 였다. 여과포성능 지표가 일정하게 유지되는 먼지부하는 먼지종류에 따라 달랐다. 폐기물 소각회에 대한 여과포성능 지표는 다른 먼지의 경우보다 약 3배 정도 높았다.

#### 참고문헌

1. "Fabric Filter Manual, Vol. 1", The MacIL Vaine Company, 2970 Maria Avenue, Northbrook, Illinois, 60062, p420.1 (1975).
2. L. Bergmann: "Condensed Manual and Handbook, Filter Media and Fabric Filter Aspects", Filter Media Consulting, Inc., P.O.Box 2198, Lagrange

- Georgia 30241-2189, 173 (1994).
3. HI-TECH TEXTILE, 1987, JTN, 838 (1987).
  4. TECHTEXTIL: Compositex and Architex, 443p. Frankfurt am Main, 20. - 22.6. (1995).
  5. 井伊谷鋼一: "BAG FILTER HANDBOOK", 日本粉體工業協會編, 産業技術センア, 511 (1976).
  6. M.J. Matteson and C. Orr: "FILTRATION, Principles and Practices", Marcel, Dekker, Inc., New York and Basel, 736 (1987).
  7. 尹伊谷 鋼一: "개정증보 분체물성도설", 日本粉體工會編, 700 (1986).
  8. 박영옥, 손재익, 김영성, 구철오, 임정환: "Pulse-Jet 식 여과포집진장치의 여과포 성능시험연구(I)", 과학기술처, 259 (1989).
  9. K.M. Cushing, P.V. Bush and T.R. Snyder: "Fabric Filter Testing at the TVA Atmospheric Fluidized-Bed Combustion(AFBC) Pilot Plant", Southern Research Institute, P.O. Box 55305, 2000, 9th Avenue South, Birmingham, AL 35255, Final Report, CS-5837, E-39 (1988).
  10. R. Dennis, R.W. Cass, D.W. Cooper, R.R. Hall, V. Hampl and H.A. Klemm: "Filtration Model for Coal Fly Ash with Glass Fabrics", GCA Cororation, GCA/Technology Division, Bedford. MA 01730, Report # EPA-600/7-77-084, 453 (1977).
  11. 尹伊谷 鋼一: "集塵工學", 日刊工業新聞社, 231 (1980).
  12. 손재익, 김영성, 박영옥, 최정후, 박영철, 구철오, 임정환: "유연탄 활용과 환경 공해 방지대책 연구(III)", 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-87-189, 164 (1987).
  13. 박영옥, 손재익, 김영성, 구철오, 임정환: "Pulse-Jet 식 여과포집진장치의 여과포 성능시험연구(II)", 과학기술처, 201 (1990).