

고온집진시스템의 내열 Filter Bag 제조특성 및 성능평가 기술

김연상 | 한국생산기술연구원 섬유소재본부 산업용섬유팀
수석연구원

E-mail : yskim@kitech.re.kr

임대영 | 한국생산기술연구원 섬유소재본부 산업용섬유팀
신임연구원

E-mail : zoro1967@kitech.re.kr

1. 서론

지난 수십년간 산업의 발전과 업종이 다양화됨에 따라 대기오염물질의 배출량 및 종류가 크게 증가하고 있으며 대기오염물질중 입자상 물질은 다양한 산업활동에서 배출되는 물질로서 산업이 발전함에 따라 대기중으로 배출되는 먼지의 배출량이 증가하여 부유하는 입자상 물질은 더욱 증가할 것으로 예상되어 심각한 대기오염문제로 대두될 전망이다. 배출기체에 함유된 입자상 물질을 완전히 포집 제거하기 위하여 대부분의 산업체에서는 전기집진기술, 세정식집진기술, 여과포집진기술들을 최종 집진장치에 장착하여 사용하고 있으며 그중 여과포 집진기술은 먼지입자의 크기가 약 $0.01\mu\text{m}$ 이상을 거의 99.8%까지 포집제거가 가능한 기술로서 먼지층에 잔유된 미반응 흡수체에 의한 유해기체까지 제거가 가능한 것으로 알려져 있으며 장치의 유지 및 보수의 편리성등으로 인하여 선진국에서 그 사용이 지속적으로 확대되고 있다.

여과포 집진장치에 사용되는 filter bag은 Polyester, Nylon, Glass fiber, NOMEX, Polyimide, PPS, PTFE 등과 같은 섬유를 부직포 형태로 제조하여 소재의 특성에 따른 내열, 내화학, 제진, 난연, 탈취, 발수 filter bag이 개발되어 집진기, 소각로등에 사용되고 있으나, 현재 고온 집진여과에 관

련된 이론 및 성능평가가 제대로 이루어지고 있지 않으며 또한 각 산업에서 배출되는 먼지의 종류 및 특성에 따른 내열섬유의 사용 및 부직포 내열 filter bag 종류의 선택, 내열특성향상 및 미세기공형성 고차가공기술등이 적절하게 이루어지지 않고 있다. 특히 미세먼지 제거용 고온집진 filter bag에 관련된 고효율 내열 filter bag의 개발 및 구조특성분석, filtration에 관련된 이론들이 제대로 규명되고 있지 않고 있기 때문에 점점 증가하고 있는 환경규제에 능동적으로 대처하기 어려운 실정이다. 이에 따라 내열 filter bag의 포집효율을 극대화하면서 통기성이 우수하며 낮은 차압으로 장기간 사용가능한 내열 filter bag의 제조 및 이에 대한 성능평가에 관심을 가지기 시작했으며 기존의 내열 filter bag으로서는 포집이 불가능한 미세분진 및 포집량(99년, 평균 $50\text{mg}/\text{m}^3 \rightarrow 05\text{년}, 10\text{mg}/\text{m}^3$)에 대응하고 life cycle을 길게 하기 위한 연구가 활발히 진행중이다.

고성능 내열 filter bag의 경우 선진국에서는 glass 직물에 tricomposite(silicon, graphite, PTFE)가 공기술, Teflon B coating 가공기술, acid resistance 가공기술에 의한 내열 glass filter bag을 상용화하고 있으며, 또한 PTFE membrane을 laminating한 filter bag, SUS fiber fiber bag, ceramics fiber filter bag, PTFE foam coating filter bag, 내열섬유 pleated filter bag등 고차가공기술 확립

으로 고성능 내열 filter bag media의 전세계 시장을 독점하고 있다. 일례로서 내열 glass filter bag의 후가공에 의한 고차가공기술은 제 1기에 fiber glass 직물에 실리콘 처리로 윤활성 부여 및 분진 박리성 개량되었으며 제 2기는 실리콘, teflon 수지로 내열성 향상, 제 3기는 실리콘 열화방지를 위한 graphite 가공, 여과포 압력손실 저하 및 제전성 부여 기술이며 제 4기는 Teflon-B 가공으로 내굴곡성 향상기술, Tricomposite(silicon, graphite, teflon) 가공, Teflon B coating, Acid resistance등으로 발전되었으며 내열성, 취급성, 여과성능이 향상되었다. 내열 glass filter bag의 현재 상용화된 것은 glass 섬유상호간 마찰 및 강도저하 개선으로 내굴곡성 향상 제품, 균일 coating 제품, laminating 제품등이며 이들 제품은 저가이면서 분진배출농도 저감효과에 매우 탁월한 것이 특징이기도 하다.

국내의 경우 고성능 내열 filter bag 분야는 PTFE membrane NOMEX, P84, PPS non-woven filter bag, PTFE coating glass filter bag, microporous PTFE coating filter bag, 내열섬유 pleated filter bag, 촉매 복합 filter bag, nano fiber filter bag등의 개발을 시도하고 있는 상황이다.

이에 따라 본 고찰에서는 대기오염 저감기술중 각종 고온집진환경, 도시쓰레기, 산업폐기물 소각시 발생하는 고온가스, 분진 발생 증가 및 대기중 배출환경기준치(10mg/m³)의 강화에 따라 고온집진시스템(160~250℃)에서 사용가능한 PTFE 수지표면가공 및 PTFE membrane laminating 가공기술에 의한 고성능 내열 filter bag의 여과특성 및 VDI 3926 cleanable filter bag media 성능평가방법을 기술하였다.

2. 내열 filter bag의 일반적 특성

필터백에 있어서 고온집진은 유리전이온도가 15

0℃이상의 것을 말하며, 백의 일반적인 사용온도는 백필터의 각종 물리, 화학적 용력하에서 적어도 1년 이상은 사용이 가능한 온도를 말한다. 단순건열의 경우, 주요한 섬유 내열성 순위를 표 1에 나타내었다. 일반적으로 고온집진의 경우 카본블랙 포집용, 제강, 합금철 등의 전기로 直引가스집진, 시멘트크린카 쿨러배기가스 집진, 주조용 큐프라 배기가스 집진, 비철금속용융로 배기가스 집진등이 주로서, 유리백을 주체로 메타게 아라미드등을 사용해 왔다. 그러나 최근들어 새로운 용도로서 석탄 보일러등의 보일러 배기가스 집진 및 먼지소각로 배기가스 집진 등 백의 고기능화가 요구되는 분야가 많아지고 있다. 이러한 고온가스 집진에서 기체는 석유, 석탄등의 연료가스가 주체가 되는 경우가 많으므로 황화산화물(SO_x)을 함유하고 있다. 따라서 내열성의 범위내에서 내황산성이 우수한 소재를 요구하고 있다.

상기 섬유소재중에서 150℃이상의 고온에 견디고, 내황산성이 높은 소재는 PTFE와 PPS를 들 수 있다. 고온백에 잘 사용되는 유리섬유, 메타아라미드 섬유는 내황산성이 안 좋으므로 내산처리를 실시하여 사용하는 것이 통상적인 방법이다. 그런 점에서 PTFE와 PPS는 내황산성이 우수하므로 내산성 가스집진에 문제는 없다. 그러나 PTFE는 물리적 강도가 불충분하고, 고가이기 때문에 범용성이 부족하다. PPS 섬유는 유기섬유중에서 PTFE 다음으로 내황산성을 지니며, 메타게 아라미드와 거의 동등한 사용온도를 갖추고 있으므로 가장 유망한 소재로서 주목을 끌고 있다.

2.1 각종 내열 filter bag의 성능

섬유소재는 같은 원료를 사용하더라도 제법에 따라 물성도 상이하게 된다. 따라서, 같은 PPS를 사용하더라도 각 사별로 물성이 약간씩 틀리게 된다. 표 2에서는 각 사의 내열섬유 물성을 나타낸다.

표 1. 주요 섬유 내열성 순위

섬유	내열온도(°C)	상품명	필터백의 특성
세라믹스	1200	NEXTEL 312 FIBERT EX등	내열성은 우수하지만 비용이 높아서 사용예는 적다.
스테인리스	500	나스론	전체 스테인리스 여과포는 비용과 가공성의 문제로 사용예가 적다. 도전성 섬유로서 다른 섬유에 혼합시켜 사용하는 것이 많다.
유리	260-280	-	가장 일반적인 고온용 여과포로서 표면처리에 따라 내열온도가 상이하하다. 테프론 B를 처리한 경우는 260°C 이상이다.
PTFE	260	테프론, 도요프론	내약품성은 우수하나, 가격이 높고 물리적 강도도 충분하지 않다.
메타아라미드	200	코넥스, 노멕스, 아베셀	코넥스, 노멕스는 강도가 약간 차이가 난다. 내약품성도 충분하지 않다
PPS 섬유	190	라이톤, 제인PPS	내황산성에 강한 성질 나타냄. 강산화제는 약간 문제가 있음. 고온, 산성분위기에서의 특성은 유기섬유중 가장 높은 수준임.
폴리아크리로나이트릴	140	드라론T	내산성, 내습열성이 우수. 염화아연이 존재시 주요. 기타 copolymer 타입(베스론, 카시미론, 본넬등)이 있음.
폴리에스터	130	테트론	가장 많이 사용되는 소재이나 가수분해가 쉽다
나이론 66	130	-	내열성은 폴리에스터와 동등 수준이나, 내산성은 열세
나이론 6	100	-	내열성을 제외하곤 나이론66과 거의 동일한 성능을 유지
폴리프로필렌	100	파이렌	내산성, 내염기성은 우수하나 산화, 환원제에 약함.
면	80	-	물에서 강도가 증가하는 특징이 있음

표 2. 각사의 내열섬유 물성 일람표

섬유 소재	상품명	제조업체	내열성			일반 물성			화학특성/ 내약품성					
			통상건조(°C)	통상습윤(°C)	최고(°C)	비중	수분율	연상	내생물	알칼리	무기산	유기산	산화제	유기용제
메타아라미드	NOMEX	Du Pont	204	177	240	1.38	4.5	무	무영향	양	가	가+	不可	우
	CONEX	Teijin	200	180	250	1.37-8	4.5	무	무영향	양	가	가	不可	우
PTFE	TEFLON	Du Pont	260	260	290	2.3	0	무	무영향	수	수	수	수	수
	TOYOFLON	Toray	260	260	290	2.3	0	무	무영향	수	수	수	수	수

섬유 소재	상품명	제조업체	내열성			일반 물성			화학특성/ 내약품성					
			통상건조(°C)	통상습윤(°C)	최고(°C)	비중	수분율	연상	내생물	알칼리	무기산	유기산	산화제	유기용제
Expanded PTFE	RASTEX	GORE	260	260	290	1.6	0	무	무영향	수	수	수	수	수
POLYETERIMIDE	AXZO PEI	AXZO	170	170	200	1.28	1.25	무	무영향	양ph <9	양	수	양	양
PPS	RYTON	PHILIPS	190	190	232	1.38	0.6	무	무영향	수	수	수	可	수
	帝人 PPS	Teijin	190	190	230	1.34-5	0.24-5	무	무영향	수	수	수	可	수
	BYER PPS	BYER	190	미측	230	1.37	>0.6	자기소화	미측	수	수	수	可	수
POLYKETONE	ZYEX	-	240	240	300	1.30	0.1	무	무영향	수	우	수	양	수
POLYIMIDE	P-84	LENZING	260	195	300	1.41	3.0	무	무영향	수	우	수	양	수
GLASS	FIBER GLASS	FIBER GLASS	260	260	290	2.54	0	무	무영향	可	우	우	수	우
금속(inconel601)	BEKINOX	-	550	550	600	7.9	0	무	무영향	수	양	우	수	수
CERAMICS	NEXTEL 312	3M	1150	1150	1427	2.7	0	무	무영향	양	우	우	수	수
	FIBER FAX	-	1260	1260	1790	2.7	0	무	무영향	무영향	우	수	수	수

표 3. 내열 필터백의 성능

	섬유	내열성	여과성능	가격	대표 상품
유기	Homo acryl	150°C	△	○	드라론T
	PPS	190	△	△~○	라이돈
	메타아라미드	200	△	△~○	노맥스, 코넥스
	폴리이미드	260	(×	P84
	PTFE	260	△	×	테프론
무기	유리포	315	△	◎	E유리
복합	PTFE/유리섬유	(260)	◎	△	테파이어
	PTFE/PPS	(190)	○	△	타후세렌트
	메타아라미드/PTFE(막)	(200)	◎	△	고어텍스, 마이크로텍스

2.2 성능과 비용

고성능 필터백은 가격면에서 유리직물과 비교해서 상당히 고가이지만, 여과성능은 우수하다. 실제 필터백으로 쓰는 경우, 이러한 요소를 고려하지 않으면 안된다. 표 4에 대표적인 고온집진용 도시먼지 소각로에 사용되고 있는 pulse type의 여과포를 비교하였으며 특성에 따른 가격비를 나타내었다.

도시먼지집진의 경우 배기가스 온도는 300℃정도가 된다. 이것을 열교환기에서 200℃ 전후로 해서 사용한다. PPS 섬유와 PTFE 섬유의 복합품은 강도 부족으로 열화가 일어나기 쉽다. 테파이어, 유리직포는 강도는 충분하지만 내약품성이 의문시된다. 유리 이중직은 펠트와 비교해서 여과성능이 열세이므로 사용매수를 많게 하면 비용은 최대로 싸게 된다. 각각의 필터백은 일장일단이 있으나, 여과성능

이 열세인 PPS 섬유와 PTFE 섬유의 복합 백은 사용이 곤란하다. 테파이어와 유리 이중직 중 여과성능은 테파이어가 좋으나 가격은 유리 이중직에 비해 3배정도 비싸므로 코스트다운이 필요하게 된다.

따라서, 유리 이중직이 가장 싸므로 범용성이 높다고 할 수 있다. 고온집진의 필터백은 일반적으로 고가여서 세라믹스, 스테인리스등 보다 고가인 필터백을 사용하게 되면 백필터 가격의 50% 이상을 점유하는 경우도 있다. 각종 내열 백은 용도별로 사용이 구분되어 있으나 300℃ 전후의 상용온도에서 내약품성이 우수한 백이 개발되면 광범위하게 보급될 수 있을 것이다. 주로 소각로 집진공정에서는 glass 직포, 고온용 직포 및 다양한 고온용 부직포를 많이 사용하는데 유리섬유 여과포의 표면처리특성에 따른 물성들을 표 5에 나타내었다

표 4. 도시먼지 소각로용 pulse jet 여과포의 비교

품명	라이톤/라스텍스	테파이어	유리 이중직
소재	라이톤/테프론 기포	테프론 85% 유리섬유 15%의 중량비	유리섬유
등급	MRF-55	TFA-71	992-1CS (chemi-flex처리)
질량(g/m ²)	550	716	900
내열온도(℃)	190	250	280
내산성	◎	○	△
내알칼리성	◎	○	△
여과속도(m/min)	1.3-1.5	1.5-1.7	1
용융점	285 ℃	346 ℃	850 ℃
산소농도 21% (공기중)	1년마다 각각 강도는 20% down, 이후는 거의 변동 무	문제 없음	문제 없음
리테이너수 116 mm DIA	10 本	10 本	20 本
유의사항	할로겐의 Br에 요주의 (50ppm 이상)	수축 위험이 있음 유리섬유는 강산, 강알칼리에 침투 위험이 있음	물과 알칼리에 약함
가격비	160	325	100

표 5. 유리섬유 여과포의 표면처리특성

구분	실리콘처리	슈퍼실리콘처리	GRAF-O-SIL	신규가공처리
가공	실리콘처리	실리콘을 기초로한 Teflon처리	실리콘을 기초로한 Teflon/Graphite 처리	-
온도저항성	220℃까지	240℃까지	280℃까지	250℃까지
화학적항성	Fair	Fair	Good	Excellent
Cake Release	Good	Excellent	Good	Excellent
유연성	Fair	Fair	Good	Excellent
가격	Standard	약간 높음	약간 높음	고가

3. 내열 filter bag 표면가공기술

3.1 PTFE 수지코팅 filter bag 표면가공기술

내열 filter bag을 생산하기 위하여는 우선 부직포 제조공정시 균제도가 매우 우수한 부직포를 제조하여야 하는데 이는 PTFE 코팅시 코팅면을 균일하게 유지하기 위함이며 또한 거품의 균일성에 의한 미세기공구조를 잘 발현시키기 위함이다. 내열수지의 균일한 거품코팅을 실시하기 위하여는 PTFE 수지의 균일분산, PTFE 거품수지의 균일한 발생, PTFE 거품수지 균일코팅, 미세기공 발현을 위한 경화조건의 최

적화를 실현하여야 한다. 그림 1은 PTFE 미세기공 내열 filter bag 단면도를 나타낸 것이다. 또한 PTFE 거품가공시 표 6과 같은 사항을 고려하여야 한다.

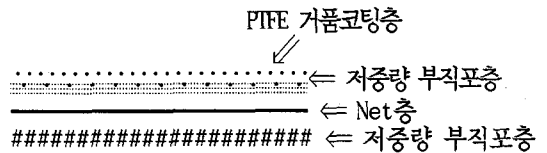


그림 1. PTFE 수지코팅 Filter Bag 단면도

표 6. PTFE 수지코팅시 고려사항

No.	고려사항	가공조건
1	- 필터백 사용조건 - 섬유종류 - 부직포후도, 중량 - 각종 가공성 여부	- 온도, 습도, gas, ACR 등 - P84, Nomex, Glass, PTFE 등 - 1.2~1.5cm, 400~600g/m ² - 발수유무, 기능성가공유무
2	- 용도적합형 수지선정 - 중점조건과약 - Foam 발생량 (blow ratio)	- PTFE, Silicone, 고온수지 등 - 거품제, 정포제, 촉매유무 - 2:1~4:1
3	- Nozzle과 roll 거리 - 거품공급속도 - Nozzle 종류	- 1~5mm - 3~10m/min - Nozzle type 등
4	- Pre drying 시간, 온도 - Heat setting - Curing	- 110~130℃, 1~2min - 150~190℃, 1~2min - 270~320℃, 1~2min
5	- 캘린더링	- 캘린더링 유무

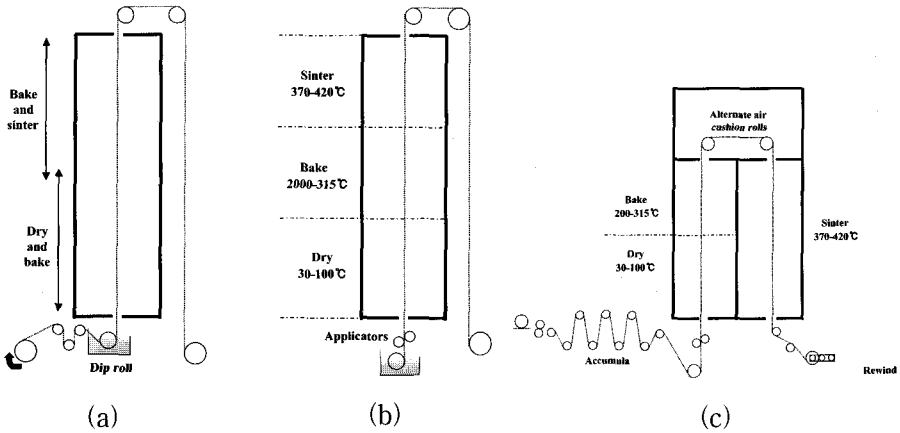


그림 2. PTFE 수지코팅 열처리 장치

3.1.1 내열 filter bag 제조공정

보통 glass filter bag의 경우에는 glass cloth → caramelizing(290°C) → PTFE coating → curing (290°C) → stabilization을 거쳐 glass 직물을 기능화 및 내굴곡성을 부여하며, 부직포 형태의 NOMEX, P84의 경우에는 미세다공질 PTFE 분산액 또는 거품액에 함침 또는 coating 후 curing(270~320°C) 공정을 거쳐 filter bag 표면에 PTFE 미세기공을 유지하게 된다.

3.1.2 PTFE 수지코팅 열처리특성

내열 부직포 및 glass 직물의 tension을 조절하여 impregnation bath 내의 PTFE dispersion 용액에 함침 후, drying zone, bake zone, sintering zone을 거쳐 소성이 이루어지게 된다. 온도 setting 조건은 대체적으로 drying zone의 경우 90~100°C, bake zone의 경우 280~300°C, sintering zone의 경우 360~380°C가 일반적이다.

상기의 그림 2는 PTFE dispersion의 impregnating과 coating glass cloth를 위한 특징적인 장치를 나타낸 것이다. 그림 (a)는 한정된 라인

에서 최소의 비용으로 효율적으로 사용할 수 있는 디자인을 나타낸 것이다. 오직 하나의 온도조절 장치로 되어 있으며, 이는 sintering zone에서 요구된다. Drying과 bake zone에서는 재순환되는 duct 아래에 기류의 도입으로 자연 냉각이 된다. (b), (c)는 좀더 정교한 방식의 열처리 장치설계를 나타낸 것이다. 3개의 독립적으로 조절되는 온도 zone이 사용된다. Accumulator와 turret rewind는 roll 교환을 위하여 정지 없이 연속적인 작업을 진행할 수 있다. (c)는 수직방향에 있어서 직물의 길이방향을 최소화하여 무거운 직물의 기계방향에 대하여 tension을 제한할 목적으로 head room을 두어 사용할 수 있도록 장치를 설계하였다. 기계 방향으로 과도한 tension이 걸렸을 때, 경사와 위사 사이에 crimp interchange는 coating된 직물의 위사 방향에 기계적 강도 성질을 파괴할 수 있다.

3.2 PTFE membrane 제조 및 filter bag 표면 가공기술

미세입자를 제거하기 위한 filter bag 표면에 PTFE membrane을 laminating하기 위하여는 PTFE mem-

brane을 제조하여야 하는데 결정성이 매우 높은 PTFE fine powder(low amorphous, 98% crystallization)를 하기와 같은 방법으로 PTFE membrane 제조가 가능하며 이를 glass 직물 및 Nomex, P84, Homo acryl, PTFE 부직포에 고온캘린더링에 의한 열접착으로 고성능 filter bag으로 사용가능하다.

(1) Mixing 공정

- PTFE fine powder + Lubricant(mineral spirit or naphtha or another)
- Mixing 공정 → 윤활제 흡수하여 paste 상태 제조

(2) Molding 공정

- PTFE paste는 extrusion, calender, another molding 방법으로 전단응력변형 부여가능
- Paste는 tube, rod, tape 형태로 성형

(3) 윤활제 제거공정

- 성형후 건조공정에서 윤활제 제거

(4) 인발 및 연신공정

- Unsintered 상태에서 잡아늘리는 방법
- 윤활제가 제거된 성형체를 일축 혹은 다축으로 연신하여 기공구조 형성
- melting point 근처에서 수행하기도 함

(5) 기공고정 공정

- 연신후 미세기공구조의 고정공정
- PTFE 용점이상에서 열처리를 행하고 냉각

(6) 사용용도에 따른 공정변화

- 생산물의 sintering 정도는 사용목적에 따라 최대온도와 처리시간을 조정

- 적용용도에 따라 sintering 처리를 하지 않는 경우도 있음

(7) 미세기공구조에 영향을 미치는 인자

- 연신온도, 연신속도, 연신비, 기타

(8) Membrane 기공구조

- 무수히 많은 섬유질과 이들 섬유질과 연결되어 있는 작은 마디(소결절)로 이루어져 있음
- 작은마디의 크기와 배열은 연신조건에 따라 다양하게 변화

> 일축(uniaxially)연신의 경우

작은마디는 연신방향으로 90. 에 섬(island) 형태로 배열되고 함께 연결되어 있는 섬유질은 연신방향과 평행하게 배열됨

> 이축(biaxially)연신의 경우

작은마디는 입자 혹은 수백의 미세입자로 구성되고 함께 연결되어 있는 섬유질은 작은마디를 중심으로 2차원적으로 배향 연신조건에 따라 배향정도도 다양

> 섬유 및 작은마디의 직경

전통적인 기공필름의 섬유직경은 매우 가늘어 약 0.1 μ m 정도이며 작은 마디의 경우 매우 커서 약 400 μ m정도임

(9) PTFE mambrane laminating filter bag

- 고온 캘린더에서 적절한 압력 및 온도, 속도로 접착
- 내박리성, 기공성 점검후 filter bag으로 사용

(10) PTFE membrane glass filter bag 표면형태

- Glass 직물과의 membrane 접착부와 비접착부의 membrane으로 나눌 수 있으며 membrane 표면형태는 그림 3과 같다.

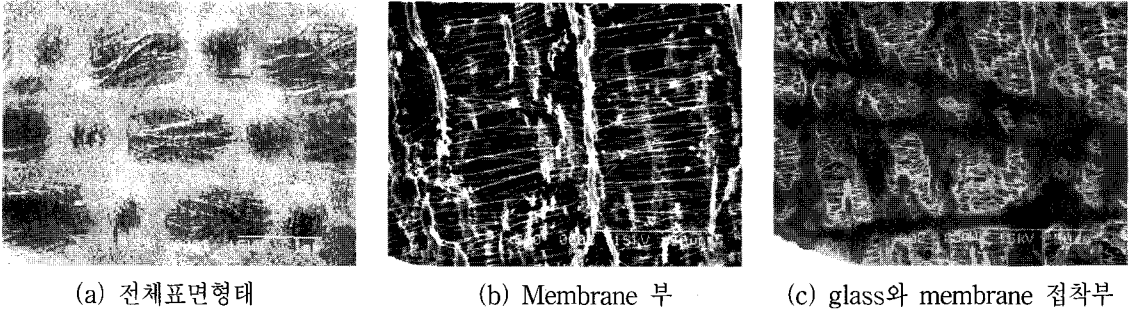


그림 3. PTFE membrane glass filter bag 표면구조

4. 내열 filter bag media 성능평가기술

일반적으로 필터백 미디어의 성능평가와 관련된 표준시험규격은 다음과 같다. 부직포 필터백 미디어의 여과성능 및 차압특성은 독일의 VDI 3926 type2(testing of filter media for cleanable filters under operational conditions)의 규정에 따라 측정하고 있다. 집진 필터백 미디어의 시험은 VDI 3926 type2 규정에 적합한 필터시험장비를 사용하여야 하며 필터백 미디어의 평면필터샘플로 수행한다. 장비는 필터표면속도, 초기인입농도, 인입분진의 입자크기분포와 탈진조건에 따른 규정된 조건하에서 측정가능하다.

필터백미디어의 성능평가장치는 주로 VDI 3926

type2에 기준하는 장비를 사용하며 중요부분으로는 연속분진공급장치, 필터파지와 흡입장치를 가진 실린더형의 수평적으로 배열된 시험경로, 압력탱크, 다이아프램과 블로우튜브를 포함한 탈진시스템, 광도계에 따른 농도감시를 위한 window, 출구부에 분진농도의 중량결정을 위한 깨끗한 출구공기부에 설치된 전체필터등이다.

4.1 VDI 3926 type2 필터백미디어 성능시험기 구성

본 성능평가시험기는 다음과 같은 구성으로 되어 있으며 그림 4에 VDI 3926 type2에 의한 clean-

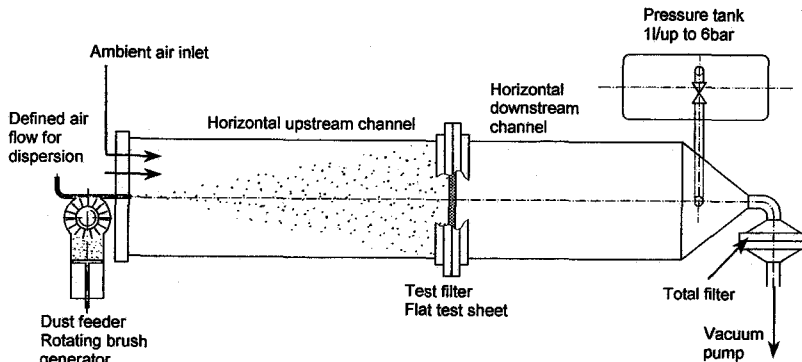


그림 4. 필터여과효율 및 압력손실 시험장치

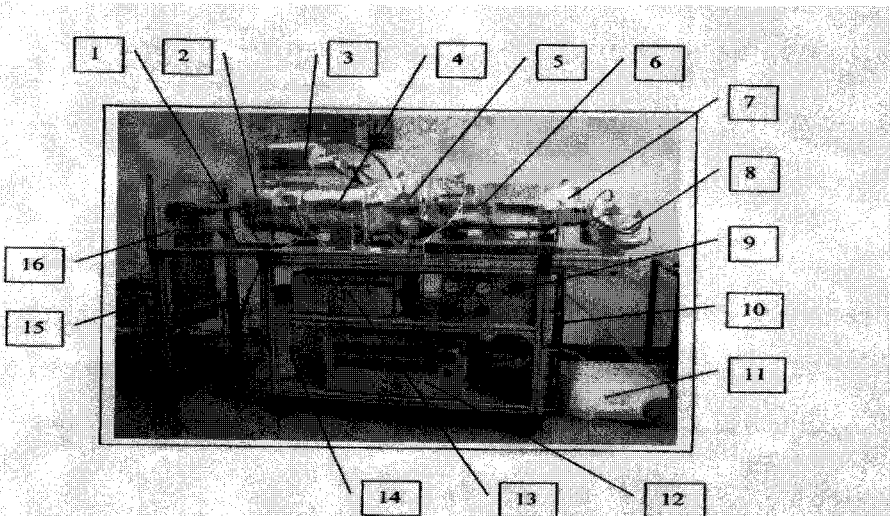
able filter bag media 성능평가장치 모식도를 나타내었다.

- 연속 분진공급시스템
- 필터파지와 흡입장치를 가진 실린더형의 수평적으로 배열된 시험경로
- 압력탱크, 다이어프램과 블로우튜브를 포함한 탈진시스템
- 광도계에 따른 농도 감시를 위한 볼 수 있는 유리면

- 출구부에 분진농도의 중량결정을 위한 깨끗한 출구공기부에 설치된 전체필터

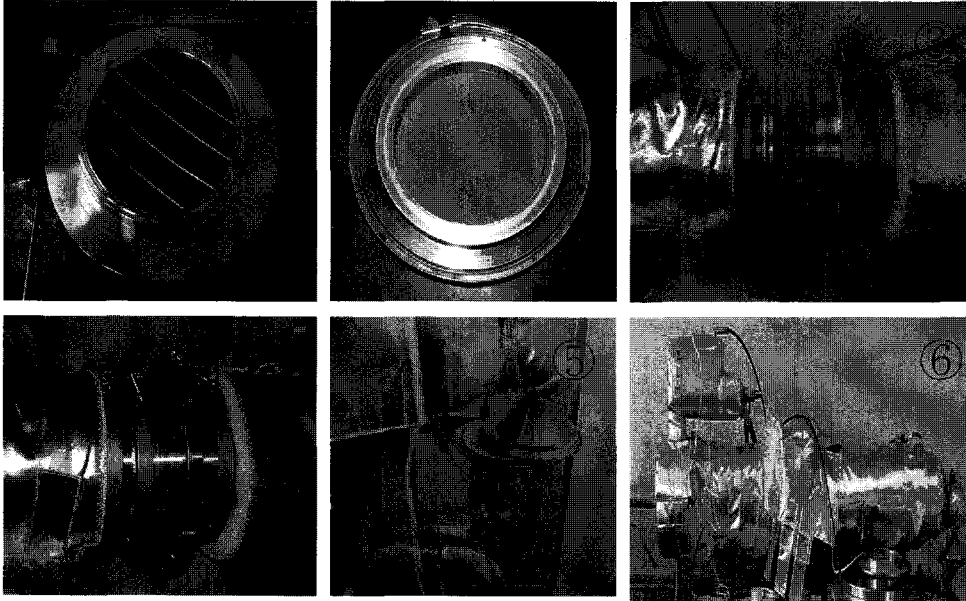
본 장치의 원리를 살펴보면, 필터 여재의 성능시험을 위한 본체와 일정 농도로 시험용 분진을 loading시키기 위한 solid particle disperser, 탈진시스템 그리고 시험에 필요한 조건과 결과를 도식적으로 나타낼 수 있는 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있다.

(a) 내열 filter bag media 성능평가장치(250℃이하 측정가능)



No.	Description	No.	Description
1	Aerosol inlet	10	Air cooling unit
2	Air conditioning chamber	11	Tank for condensated water
3	Vaporizer and mixing air inlet	12	Electrical heating control
4	Dust mixing chamber	13	Electrical Test rig control
5	Filter holder	14	Distilled water tank for vaporizer
6	Clean gas section	15	Electrical control RBG-2000
7	Adapter aerosol sampling	16	RBG-2000
8	Total filter holder		
9	Setting pressurized Air		

(d) 내열 filter bag media 장착순서



4.2 표준시험조건

VDI 3926 type2 필터백미디어 성능평가지험기의 표준시험조건은 표 7 규정에 적합하도록 시험한다. 시험용 분진의 경우 VDI 3926 type2에서 규정하

는 표준분진은 표 8에 나타난 바와 같다.

4.3 시험방법

준비된 필터샘플의 시험은 $v=180 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ 의 필터면적로딩에서 수행되고 볼류플로레이트(volume

표 7. VDI 3926 type2 성능평가지험기의 표준시험조건

		Type 2
필터 면속도	Filter face velocity	180 m/h
필터에서의 분진농도	Dust concentration at the filter	5 g/m ³
탈진전에 압력손실	Pressure loss before cleaning	1200 Pa
탱크압력	Tank pressure	0.25 MPa
밸브열림시간	Valve opening time	50 ms
일반적인 시험분진	Test dust generally	표준분진 참조
여과순환수	Number of filtration cycles	100

표 8. VDI 3926 type2 시험용 표준분진

시험분진	알루미늄 옥사이드 (aluminium oxide)	라임스톤(limestone)	티타늄 디옥사이드 (titanium dioxide)
제 조 사	Condea Chemie GmbH	Ulmer Fullstoff Vertrieb	Kronos Titan GmbH
상 품 명	PLURAL 5B	Micro-Calcilin	Kronos 2160
유체거동	free-flowing	응집	강하게 응집
화학조성	Al ₂ O ₃	CaCO ₃	TiO ₂
입자크기 분포도	99% < 100 μ m 90% < 25 μ m 50% < 4 μ m	99% < 12 μ m 50% < 3.8 μ m 30% < 2 μ m	100% < 1.2 μ m 50% < 0.9 μ m

flow rate)는 완전한 필터 사이클을 통하여 일정하게 유지되어야 한다.

a) 필터통과 압력손실

표준시험조건하에서 일정 볼륨플로레이트와 일정 인입가스농도, 필터를 통과할 때 압력손실은 시험주기동안에 증가한다. 필터가 탈진되었을 때 최대차압은 일반적으로 1000 Pa 정도이다.

b) 청정가스에서 분진농도와 필터효율

청정가스에서 먼지농도는 청정가스관로에 설치된 전체필터에 의하여 결정된다. 전체필터에 의하여 분리된 분진의 체적과 필터를 통하여 추출된 볼륨플로레이트에서의 탈진절차를 고려하여 먼지농도는 이것을 측정함에 따라 계산된다. 농도는 작업조건에서 mg/m³으로 주어진다. 광학입자기를 사용할 때 청정가스에서 분진농도의 시간의존경로와 부분필터효율을 측정할 수 있다.

c) 필터샘플의 탈진효율과 잔여분진농도

필터샘플표면에 붙어있는 분진과 탈진후 필터백

미디어내에 붙어있는 분진의 양은 필터샘플의 추출후 무게를 잔것에 의해 결정된다. VDI 3926 type 2는 1번째, 20번째, 60번째, 100번째 탈진순환후 영구히 붙어있는 필터케이크의 무게측정으로 결정된다.

d) 시험절차

- 필터샘플의 무게를 재고 필터고정자에 넣는다.
- 전체필터의 무게를 재고 넣는다.(VDI 2066 part7에 따라)
- 인입가스관로에 유동속도를 설정한다.
- 필터샘플을 통하여 얻어진 공기의 볼륨플로레이트를 설정한다.
- 시험분진의 공급농도를 설정한다.
- 볼륨플로레이트, 인입가스농도, 압력손실을 모니터링한다.
- 탈진공정을 릴리징(releasing)하기 위하여 압력손실을 설정하고 탈진강도를 설정한다.
- 지정된 필터순환횟수동안 선택된 시험분진을 시험필터에 공급한다.
- 선택된 필터순환이후에 필터샘플중량을 결정

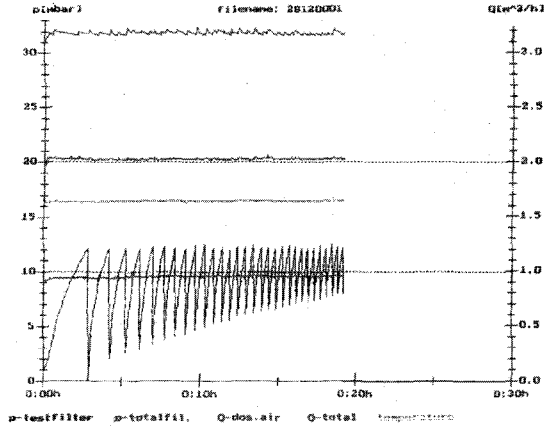
한다.

- 선택된 필터순환이후 또는/그리고 시험 종료후 전체필터의 무게를 잰다.

e) 측정결과와의 평가

성능평가시험기를 이용하여 수행한 조사는 다음과 같은 항목으로 다양한 필터백 미디어를 평가할 수 있다.

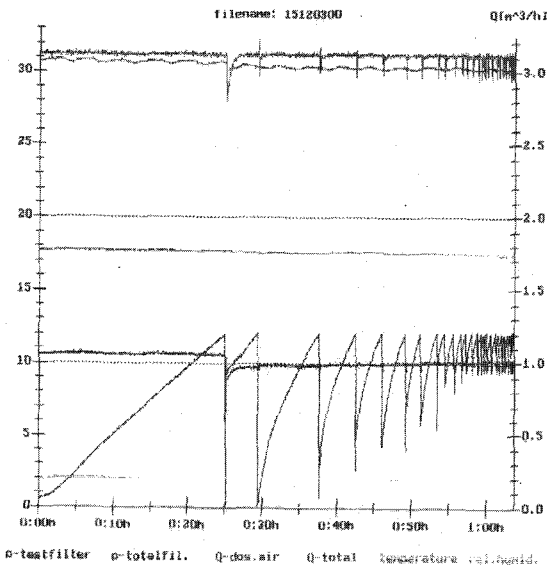
- 필터순환의 지속성의 시간의존경로
- 필터샘플의 무게증가
- 잔여압력손실 추정
- 청정가스에서 중량분진농도



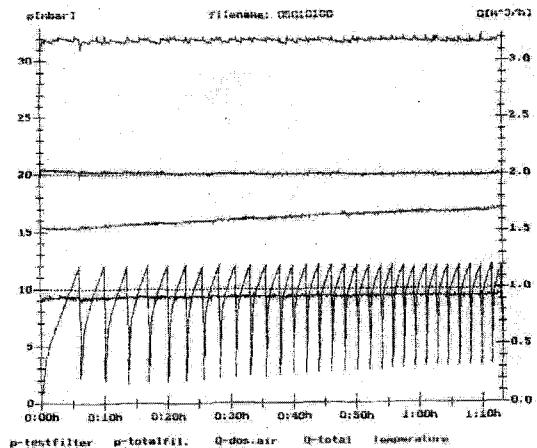
(b) PTFE 수지코팅 개선 filter bag

4.4 PTFE glass filter bag 성능평가에 및 평가보고서 양식

그림 5에서는 필터백 미디어 평가장치로 측정된 흡탈진의 반복에 의한 필터백 미디어의 여과성능 측정예를 나타내고 있는데, 탈진후 차압의 변화, 흡



(a) PTFE 수지코팅 불균일 filter bag



(c) PTFE 수지코팅 적용 filter bag

그림 5. PTFE 수지코팅가공에 따른 성능평가에

탈진 주기의 변화, 흡탈진 형태, 내부 온도의 변화 등을 실시간으로 측정할 수 있으며 (a)(b)의 경우 상대적으로 표면여과특성이 적어 차압이 지속적으로 올라가는 특성이 있는데 비하여 (c)의 경우가 안정적인 탈진차압상승율을 나타내는 것으로 나타나 life time이 길 것으로 예상된다.

◎ VDI3926 type2 시험보고서(여과성능 및 물성)

Ala		필터 시험보고서	
시료	시험보고일 :		xx/yy/zz
	시험일 :		xx/yy/zz
A. 재료특성			
1. 시험의뢰자			
2. 시료		공급자	시료수
3. 상품명			
4. 필터재료형태			
5. 화학조성			
6. 가공			
7. 필터재료의 두께			mm
8. 단위중량			g/m ²
경 사 위 사			
9. 최대인장강력			N/5cm
10. 최대인장신율			%
11. 인장강신도 곡선		첨 부	
12. 공기투과도 (125Pa에서)		cm ³ /cm ² /sec	
저항성			
13. 산			
14. 알카리			
15. 유기용제			
16. 물			
17 온도			
18. 비고			

B. 필터 적용기술	A1b
1. 날자	xx/yy/zz
2. 시험수	xx/yy/zz
3. 필터미디어 시험필터	
4. 샘플의 단위중량	g/m ²
시험조건	
5. 시험분진	
6. 필터면속도	m ² /(m ² · h)
7. 인입가스농도	g/m ³
8. 각각의 클리닝전 차압	Pa
9. 압력펄스 지속시간	ms
10. 탱크압력	MPa
11. 상대습도	%
12. 온도	°C
13. 공기압	HPa
14. 필터사이클 수	-
필터 샘플	
15. 분진공급전 필터의 차압	Pa
16. 1번째 클리닝 후 차압	Pa
17. 20번째 클리닝 후 차압	Pa
18. 60번째 클리닝 후 차압	Pa
19. 100번째 클리닝 후 차압	Pa
20. 시험전 필터샘플의 중량	g
21. 1번째 클리닝 후 샘플의 무게증가	g
22. 20번째 클리닝 후 샘플의 무게증가	g
23. 100번째 클리닝 후 샘플의 무게증가	g
24. 1번째 필터사이클의 지속시간	s
25. 20번째 필터사이클의 지속시간	s
26. 60번째 필터사이클의 지속시간	s
27. 100번째 필터사이클의 지속시간	s
28. 처음부터 20번째까지 사이클 시험지속시간	h
29. 21번째부터 100번째 사이클 시험지속시간	h
절대필터	
30. 사이클전 1번째 절대필터의 중량	g
31. 5번째 사이클후 1번째 절대필터의 중량	g
32. 21번째 사이클전 2번째 절대필터의 중량	g
33. 100번째 사이클전 2번째 절대필터의 중량	g
34. 1번째부터 20번째 사이클에서 분리된 분진양	mg
35. 21번째부터 100번째 사이클에서 분리된 분진양	mg
36. 1번째부터 20번째 사이클까지 빠져나온 부피	m ³
37. 21번째부터 100번째 사이클까지 빠져나온 부피	m ³
38. 1번째부터 20번째 사이클까지의 평균배출가스농도	g/m ³
39. 21번째부터 100번째 사이클까지의 평균배출가스농도	g/m ³
40. 비고 :	

- 참고문헌 -

1. Anthony J. Buonicore, Wayne T. Davis, "Air pollution of Engineering Manual", Air & waste management (1907).
2. "Condensed Manual and Handbook, Filter Media and Fabric Filter Aspects (For Low, medium, High Temperature and Hot Gas Fabric Filtration)", Filter Media Consulting Inc. (1994).
3. 대광서림 편집부, "집진장치 핸드북 (BAG FILTER HANDBOOK)" (1990).
4. 손재익, 박영옥, "산업용 고효율 여과포 집진기술개발", 환경부보고서 (1995).
5. "Filtration 96, International Conference & Exposition", Association of the Nonwoven Fabrics Industry (1996).
6. Tokuju Goto, Tomiji Wakita, 섬유기계학회지, 47, 3, 70 (1991).
7. Tokuju Goto, Tomiji Wakita, Itsuo Tanaka, 섬유기계학회지, 46, 5, 68 (1990).
8. 박준옥, 김지현, 송석규, 한국섬유공학회지, 33, 9, 790 (1996).