

Membrane Bag 적용사례

박 찬 경

<고어코리아>

1. 서 론

고어에서 지난 90년대 초 부터 소개하기 시작한 Bag Filters 는 최근에 정부에서 시행하는 T.M.S(Tele Metering System) 에 의해 배출분진 규제치가 더욱 더 강화 됨에 따라 그 해결책으로 중요성이 부상하고 있다. 이러한 시점에 Filter Bag에 대한 기술을 선도적으로 개발하는 선도주자로써 Bag Filter의 중요성을 한번더 강조하고 국내에서의 좋은 실적 및 기존의 제품보다 성능이 향상 된 새제품을 소개하여 좀더 좋은 환경과 작업의 편의 및 Cost 절감을 할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

Kiln, Cement Mill 및 Coal Mill 공정용 Bag Filter 은 Mill 가동률 및 생산성 향상, 경쟁력 제고를 위한 제조원가 감소 등 Mill의 효율적인 운전이 주요 과제로 부상되었고 여기에 Filter Bag의 성능이 Mill의 각종 운전 조건에 끼치는 영향이 여러 운전 자료에서 입증되고 있다. 반면에 분쇄 조제 (DEG)사용 증가, PGR 및 Roller Mill로 인한 Bag Filter의 입구분진 농도 및 풍량의 증가, Bag Filter 차압 증가로 인한 Mill 생산성 저하, 잦은 Filter Bag 교체로 인한 가동률 저하 및 유지보수의 곤란, 현장 작업자들의 Bag 교체 작업 기피 등 많은 문제점들이 도출되어 이제는 현장에서 가장 관리하기 어려운 설비 중 하나로 지목되게 되었다.

위와 같은 공정의 Bag Filter에 미세 다공질 조직의 특수 표면 처리를 한 Membrane Filter

Bag을 설치하여 배출 농도를 10 mg/Nm³대 이하로 현격히 낮춘은 물론, 낮은 차압(ΔP)과 이에 따른 생산성 향상 및 에너지 비용 절감, Bag 수명의 현저한 연장으로 가동률 향상 및 유지보수비 절감 등 많은 효과가 나타나고 있다.

따라서 이제까지 Filter Bag은 환경 설비, 즉 부대 설비 중에 들어가는 소모품 중의 하나로만 인식되어 왔으나 위와 같은 환경의 변화로 인하여 공해 방지 설비로써의 기본적인 요구 사항에 충족함은 물론 생산성 향상과 제조원가 절감등에도 일익을 감당하는 중요부품으로 그 인식이 달라지고 있다.

2. Membrane 여과포의 특징

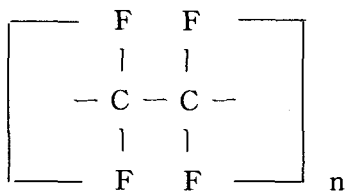
오늘 소개하고자 하는 Membrane은 PTFE (Polytetra Fluoroethylene)를 특수 가공하여 극히 미세한 구조를 가지는 연속다공질체로 만들어 습건식용 산업용 여과재로 활용함으로써 그동안 사용되어 오던 종래의 심층여과방식 (In-depth filtration)의 여과포로서는 도저히 이를 수 없었던 표면 여과(Surface filtration) 기능을 갖추에 따라 높은 집진 효율이나 낮은 압력 손실로 동시에 운전을 가능하게 한 새로운 첨단여과포로써 Cement 제조공정 중 Kiln 및 Cooler 는 물론 각종 산업 분야에 이미 널리 적용되고 있다.

2.1 PTFE의 물성 및 내약품성

A. Features

1. Continuous operating temperature(unloaded)
: +260°C
2. Has the best electrical properties of all solid insulating materials with outstanding stability in a wide range of frequencies and temperatures.
3. Superior chemical resistance
4. Non-flammable
5. Low coefficient of friction
6. Non-adhesive
7. Virtually no aging

B. Chemical Formula



C. Physical and Thermal Properties

- Specific gravity : 2.14~2.20
 Continuous operating temperature °C (Unloaded) : 260
 Thermal conductivity X 10 J/(scm°C) : 2.5
 Specific heat J/(g°C) : 1.05
 Coefficient of linear expansion 105/°C : 10
 Flame resistance : Excellent
 Solder resistance : Excellent

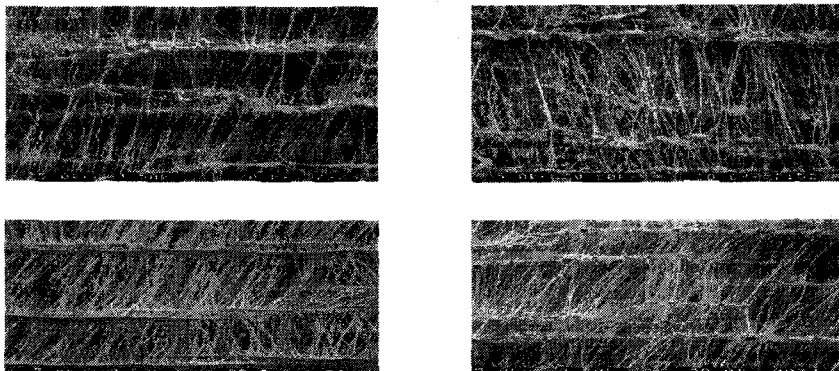
Smoke generation : None
 LOI : > 95

D. Environmental Properties

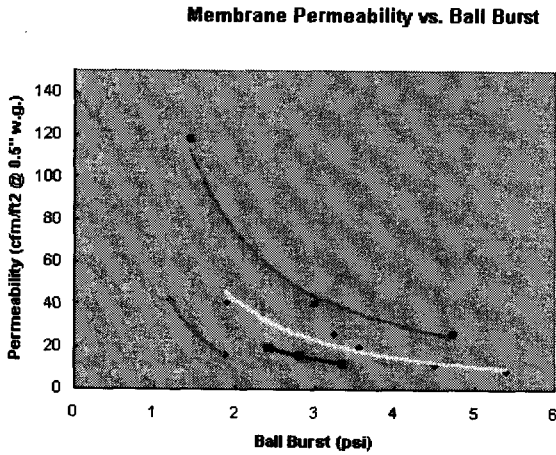
- Radiation resistance : Fairly good
 Ultraviolet resistance : Excellent
 Water absorption(24hrs, 32mm thick)% : 0.00
 Chemical resistance
- a) Acids : Excellent
 - b) Alcalis : Excellent
 - c) Alcohol : Excellent
 - d) Solvents (trichloroethylene carbon tetrachloride) : Excellent
 - e) Aliphatic hydrocarbons (gasoline, kerosene) : Excellent
 - f) Aromatic hydracabons(benzene, toluene) : Excellent

2.2 Membrane

Membrane은 PTFE를 특수 가공하여, 극히 미세한 구조를 가지는 연속다공질체로 만든 제품이다. <사진 1> (그림1)은 여러가지 종류의 Gore-Tex Membrane의 전자현미경과 각각의 특성을 보여주며, 각 application별로 각 membrane을 적용하여 극대의 효과를 보여주고 있다. 아래 (그림1)에서 보는 것과 같이 Family A 군의 Membrane이 초기단계의 것이었고, Gore 의경 우에는 지속적인 개발에 의해 밑에



<사진 1>



<그림 1>

보이는 Family D 군과 같이 통기성과 인장력이 극대화 된 제품을 개발 하여 보다더 나은 성능을 제공하여 좋은 환경과 Cost 절감에 기여하고 있다.

Gore-Tex Membrane은 다른 재질과 비교하여 대단히 미세한 구조를 가지면서, 균일하여 엉킴이 없는 구조를 가지고 있다. 이 때문에, 공기구멍이 균일하고, 또한 미세한 가루라도 확실히 포집할 수 있는 미세 다공질 조직이다. 또한 100% PTFE이므로 높은 탈진성, 내열성·내약품성을 겸하여 갖추고 있으므로, Bag Filter에 사용되는 거의 모든 조건하에서 품질의 저하 없이 사용되고 있다.

2.3 Membrane Laminate

Membrane Filter bag은 Membrane을 각종 직포나 펠트 등의 보강 소재에 Laminate한 것입니다.

<라미네이트>

Gore-Tex Membrane Filter Bag은 접착제를 사용하지 않고 직접 Gore-Tex Membrane과 보강 소재인 섬유를 결합시키고 있습니다. 이 때문에 충분한 접착 강도를 가지고 있어, 사용중에 Membrane의 박리가 일어날 염려가 없습니다.

<소재의 역할>

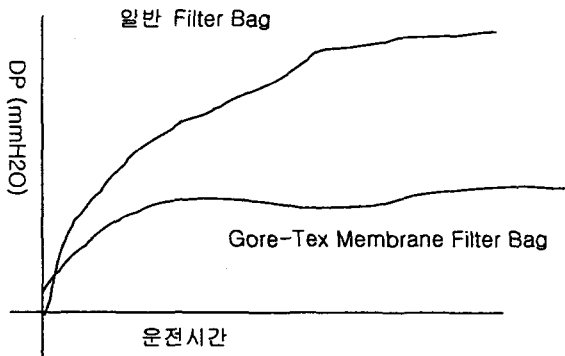
보강 소재는 장기간의 사용에 견딜 수 있는 기계적 강도를 유지하기 위한 支持소재로서 중요한 역할을 하고 있습니다. 분진을 떨어뜨리는 구조나, Filter Bag을 통과하는 가스의 온도·부식성 등의 조건에 따라 적당한 재질을 선정하는 것이 중요합니다.

2.4 Membrane의 표면여과 (Surface Filtration) 기능

지금까지는 Filter Bag을 사용함에 따라 여과포 구멍이 막히는 것이 당연하게 생각되었으며 이에 따라 압력 손실(ΔP)이 상승하고 처리 풍량이 저하되는 것이 부득이라고 생각하였다. 즉, 종래의 여과포는 분진(Dust)의 여과를 여과포 내부에 퇴적하는 분진(primary Cake)과 여과포 표면에 부착되는 2차 부착층에 의존하는 심층여과방식(in Depth Filtration)이었다. 그러나 이러한 1차 부착층이 눈막힘의 원인이 되어 집진기의 기능을 저하시키고 있었던 것이다. 이에 대하여 Membrane Filter Bag은 표면에 보강된 Membrane의 표면 자체로 Dust를 여과하는 완전한 표면 여과(Surface Filtration) 기능을 갖추고 있다. 즉, 눈(구멍)이 막히는 원인이 되는 1차 부착층을 필요로 하지 않는다. 따라서 어떠한 종류의 탈진 방식을 갖춘 집진기라도 낮은 압력 손실 및 처리 풍량의 증가 등 우수한 특성을 발휘하여 집진기 본래의 기능을 최대한 향상시키는 이상적인 Filter Bag인 것이다.

2.5 Membrane의 장점

- 1) 압력 손실이(Δp) 낮고 일정하게 유지된다. (그림2)와 같이 종래의 Filter Bag은 장시간 운전할수록 Dust의 퇴적 및 부착으로 인하여 압력 손실이 계속 상승하였으나 Gore-Tex Membrane은 표면 여과됨으로써 항상 일정한 상태의 압력 손실 상태에서 운전이 가능함.



부가분체의 회수율을 높임으로써 제품의 Loss를 극소화할 수 있다.

<그림 2> Filter Bag의 운전시간에 따른 압력손실 변화 비교표

- 2) 여과포면의 Dust의 탈진이 용이하다.
PTFE 자체가 갖는 분진 탈진성과 완전한 표면 여과 기능이 상승하여 효과를 나타내므로 Filter Bag 표면의 Dust를 쉽게 털어 낼 수 있다.
- 3) 거의 무분진 배출 및 높은 포집효율
Gore-Tex Membrane의 조밀한 결정구조는 운전 초기부터 거의 완벽하게 분진을 포집함으로써 유해 물질의 무분진 배출은 물론, 고

- 4) 가스 처리 유량의 증가
보다 높은 여과속도(Air to Cloth Ratio)를 가지므로 단위면적(Filtration Area)당 처리할 수 있는 처리 가스 유량을 증가시킬 수 있어 생산성 향상, 초기 투자비 절감 (작은 집진기로 큰 용량의 포집능력 발휘)등의 효과 가져 온다.

- 5) 여과포 수명 향상
표면 여과로 인하여 압력 손실이 낮고 탈진이 용이하기 때문에 보다 적은 충격이나 압력으로 운전이 가능하여 Bag수명이 상당 기간 증가됨.
- 6) 털어 낸 후 Filter Bag 자체의 찌꺼기로 인한 오염 방지
포집면이 Gore-Tex Membrane으로 덮혀 있기 때문에 여과포 자체의 찌꺼기가 떨어지지 않음으로써 식품이나 화인케미칼 (Fine Chemical) 등에 찌꺼기 흡입으로 인한 오염을 염려하지 않아도 된다.

<표 1> Kiln에서의 적용사례

적요	1	2	3	4	
회사명	LH 시멘트(#1)	쌍용 양회(#3)	동양 메이저(#2)	한일 시멘트	
공장	옥계	동해	삼척	단양	
풍량(m3/min)	10,000	11,300	4,500	6,000	
여과속도(m/min)	0.88	1.24	1.42	1.18	
입구분진농도(g/m3)	50	80	100	100	
Bag filter type	Reverse Air	Pulse jet	Pulse jet	Pulse jet	
입구운전온도(C)	200	180	160	150	
Bag	재질	Gore-Tex /Fiberglass	Gore-Tex /Superflex	Gore-Tex /Superflex	Gore-Tex /Superflex
	규격	292x10,000L	140x4545L	160x4500L	164x4550L
	수량	1,536	4,800	1,440	2,160
차압(mmH2O)	평균 140	평균 120	95 100	80-90	
배출분진농도	7-8	2-5	Na	Na	
Gore-Tex Bag설치시기	1995년 1월	1996년 12월	1997년 7월	2002년 1월	
Bag 수명	101개월째 사용중	51개월 사용	58 개월 사용	17개월째 사용중	

7) 그 외에도 가동 중지 시간의 감소, 유지비 절감, 에너지 비용 감소, Plant Air의 재순환 등 여러 가지 부가 이익 효과를 기대할 수 있다.

- Cement mill 과 Separator circuits 의 유량을 최대화하여 Grinding capacity 증대
- 집진기 차압의 획기적인 저하
- 최고의 유량 처리/최저의 차압

3. 새로운 제품

3-1 High Flow Filter Bag

위의 제품은 기존의 Membrane 보다 차압이나 여과속도가 20% 이상향상 된 제품으로, 기존의 차압이나 여과속도를 배가시켜 생산성을 증가시키고 운전경비절감에 막대한 효과를 가져오는 제품임.

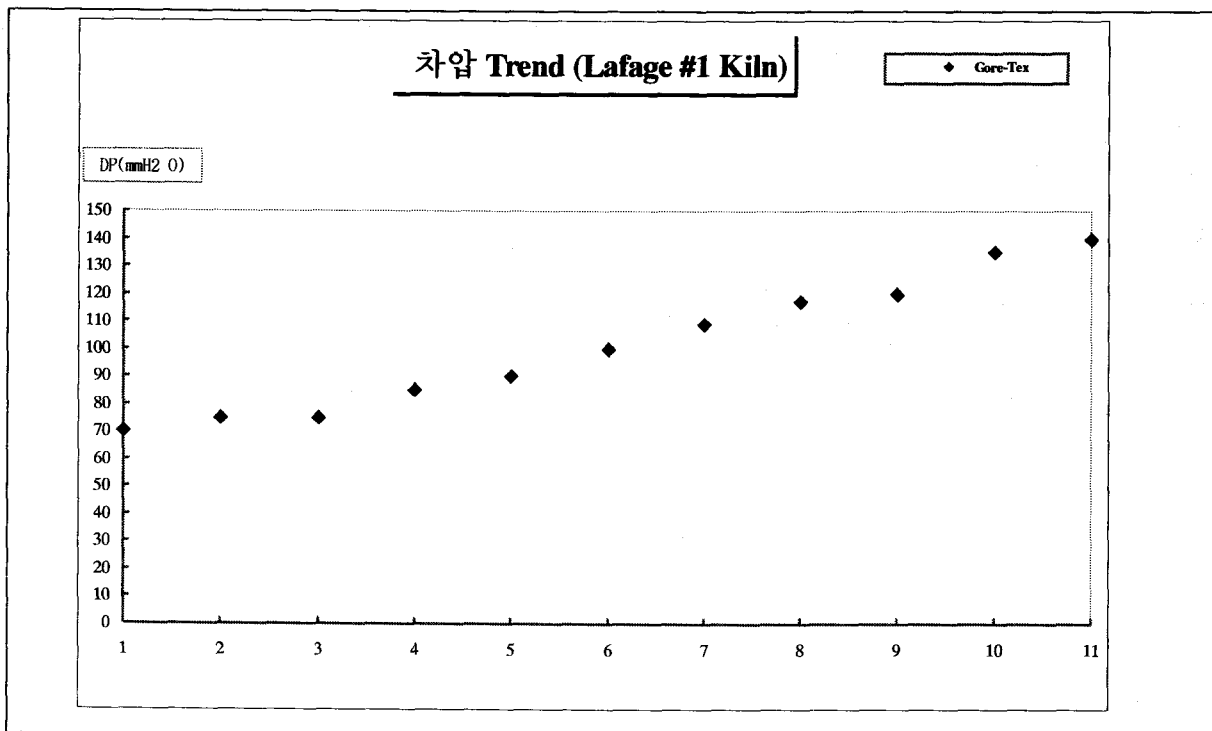
2) 현장 적용결과

새로운 High Flow filter bag 은 기존의 membrane filter bags 보다 25%, Membrane Bag이 아닌 일반여과포 보다 60% 이상 성능이 향상 되었음.

3) High Flow filter bag 의 적용 효과

- 최적의 일정한 생산성유지 가능
- 보다 균질한 Cement Quality
- Bag 교체작업 최소화
- Mill 가동률 향상
- 공정 불안에 대한 적응력 향상

1) 제품의 장점



위의 그래프는 약 9년동안 사용 중인 Lafage Cement #1 kiln 에서의 차압을 그래프로 나타낸 것임. 위에서 보는 것과 같이 계속적으로 낮은 차압을 유지하고 bag 을 오랫동안 사용하여 전기 절약과 아울러 생산성확대 및 bag의 잦은 교체를 방지할 수 있다.

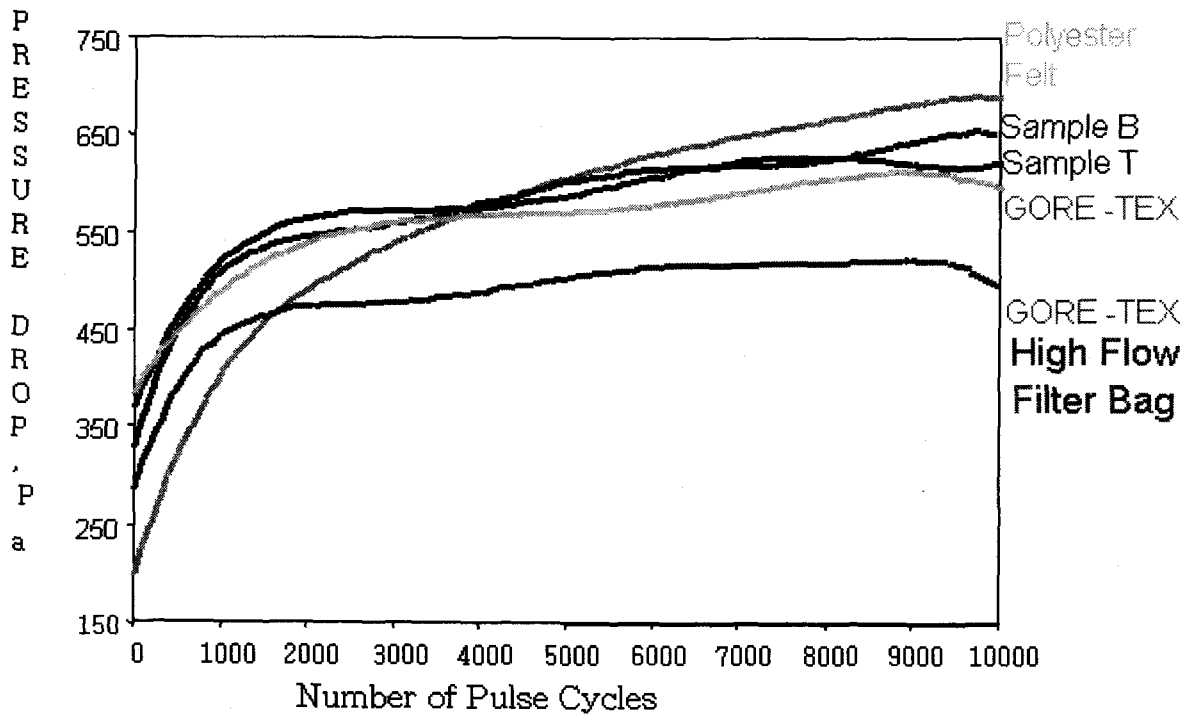
4) High Flow filter bag 의 특징과 효과

특 징	효 과
- 높은 처리유량	- 더 나은 Mill Sweep
- 높은 처리유량	- 생산성 향상
- 높은 처리유량	- Water Spraying 량 감소
- 낮은 Filter Drag	- 최저의 차압
- 낮은 차압	- Fan 동력비 절감
- High Strength Membrane	- Bag 수명 연장
- High Durability Membrane	- 일정한 성능 지속적 으로 유지
- 일정한 처리 풍량	- Separator 효율 증대
- Monofilament Scrim	- Bag 수명 연장

4. 결 론

그동안 침층여과 방식에 의해 분진을 여과 하는 일반 Filter bag 들은 눈막힘 현상에 의해 집진기의 성능을 저하시키는 직접적인 원인이 되었다. 위의 단점을 보완한 Membrane Filter Bag은 PTFE (일명 테프론)를 고도의 특수 가공기술로 강인하고도 미세한 연속다공질 조직의 얇은 막(Membrane)을 만들어 일반여과포에 합포(Laminate) 시킨것으로 Membrane Bag의 표면여과(Surface Filtration) 기능은,

- 압력손실(차압)을 낮게유지한다.
- Bag 표면에 Coating 현상이 없다.
- 가스처리유량이 증가된다.
- Bag 수명이 일반 Bag의 2-3배 이상 증가 된다.
- 거의 무분배출(10mg/m3) 이 가능 하며



시간 경과에 따른 차압변화

그 외에 위와 같은 결과로 인해 I.D.F 전력비 절감, 생산성 향상, 가동중지 시간감소 등의 많은 부가이익이 있어 오늘날 시멘트 생산공정 Bag Filter (Kiln/Raw Mill, Cement Mill, Coal Mill) 및 일반공해 방지용 bag Filter 중 수분이 많거나 차압의 조기상승, 풍량부족 등으로 문제가 되는 곳에도 다양하게 그이용이 확산되고 있는 추세이다.

공정용 Bag Filter 외에 Silo 상부, P.G.R 용 , 선적기용, Ship Unloader 용 , 일반 B/E, Belt Conveyer 등 수송설비, Coal Bin, Lab용 소형 B/F 등 다양하게 적용되고 있으며 수명은 약 2.5~3 년이 보통이다.

지금까지 환경설비, 즉 부대설비중의 하나인 Bag Filter에 사용하는 소모품중의 하나로 만 인식되던 filter Bag 이 위의 내용과 같이 이제 환경문제 해결은 물론 생산성 향상, 기계 가동률 증대, 제조원가 감소 등에 직접적인 영향을 주는 주요부품으로 그인식이 달라지고 있는 바 단순한 제품단가 위주의 선택에서 품질과 지속적인 기술지원이 가능한 총체적인 성능 보장이 가능한 Bag을 선정, 사용하는 것이 보다 중요한 것으로 사료된다.