# 불소계 고분자 여과집진막의 특성과 응용

(Gore Korea)

김 인 규

## 서론.

환경문제는 이제 어느특정 산업분야나 특정지역 또는 국가만의 문제가 아닌 전 산업분야에 걸쳐 세계적으로 해결해야될 가장 긴급한 현안이 되었으며 늘 뉴스의 촛점이 되곤한다.
그중에서도 대기오염 방지 설비는 일찍부터 발달된 산업분야의 하나임에도 불구하고 각종 대기오염방지 설비가 가지는 결정적인 결함으로 인하여 늘 완벽한 오염방지설비로써는 한계를 가지고 있었다.

오늘 소개하고자 하는 GORE-TEX MEMBRANE 은 PTFE (POLYTETRA FLUOROETHYLENE) 를 특수가공하여 극히 미세한 구조를 가지는 연속다공질체로 만들어 습.건식용 산업용 여과재로써 활용하므로써 그동안 사용되어오던 종래의 심층여과방식의 여과포로서는 도저히 이룰수 없었던 표면여과기능을 갖춤에 따라 높은 집진효율이나 낮은압력손실로 동시에 운전을 가능하게한 새로운 기능의 첨단여과포로써 각종산업분야에 이미 널리 적용되고 있다.

근래 BOILER, 소각로, 제철, 제강용로등의 고온용 BAG FILTER 소요가 증가됨에따라 보다효율적이고 경제적인 고온용 여과포에대한 관심이 높아지고 있으며, 특히 소각로, 발전설비, CEMENT 생산공정중 KILN 공정등에 주로 사용되어오던 전기 집진기 (ELECTROSTATIC PRECIPITATOR)의 집진효율이 DIOXINE 이나 FURAN 등의 새로운 규제와 중금속, 혹은 분진들에 대해 강화되는 환경 규제치에 적응하기 어려워짐에 따라 BAG FILTER로의 전환/개선 방안이 많이 연구되고 있으며 이미 활용되어지는 부분도 있는바 이에 대한 새로운 적용방법등을 소개하고자 한다.

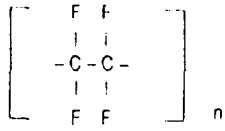
# GORE-TEX MEMBRANE 여과포의 특징

## 1. PTFE의 물성 및 내약품성

### a. FEATURES

1. Continuous operating temperature (unloaded): +260℃
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

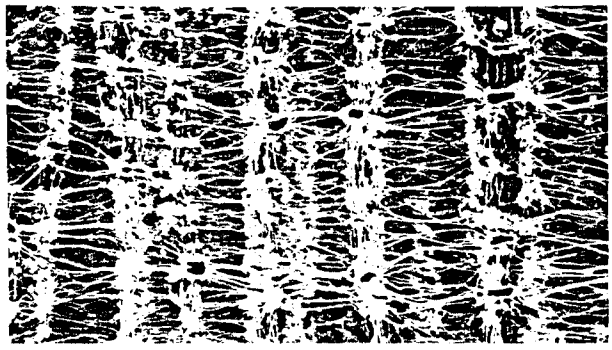
| | |
|---|---|
| Specific gravity | 2.14~2.20 |
| Continuous operating temperture ℃ (Unloaded) | 260 |
| Thermal conductivity ×10⁻³J/(s cm·℃) | 2.5 |
| Specific heat J/(g·℃) | 1.05 |
| Coefficient of linear expansion 10⁻⁵/℃ | 10 |
| Flame-resistance | Excellent |
| Solder resistance | Excellent |
| Smoke generation | None |
| LOI | >95 |

### d. ENVIRONMENTAL PROPERTIES

| | |
|---|---|
| Radiation resistance | Fairly good |
| Ultraviolet resistance | Excellent |
| Water absorption (24hrs, 3.2mm thick) % | 0.00 |
| Chemical resistance | |
| a) Acids | Excellent |
| b) Alkalis | Excellent |
| c) Alcohol | Excellent |
| d) Solvents (trichloroethylene, carbon tetrachloride) | Excellent |
| e) Aliphatic hydrocarbons (gasoline, kerosene) | Excellent |
| f) Aromatic hydrocarbons (benzene, toluene) | Excellent |

## 2. GORE-TEX MEMBRANE

GORE-TEX MEMBRANE 은 PTFE 에 특수가공을 하여, 극히 미세한 구조를 가지는 연속다공질체로 만든것입니다. 사진 -1 은 , 종래의 표면처리 필타와 GORE-TEX 를 비교한 전자현미경 사진입니다. GORE-TEX MEMBRANE 은 , 다른재질과 바교하여 대단히 미세한 구조를 가지면서, 균일하여 엉킴이 없는 구조를 가지고 있습니다. 이때문에 , 공기구멍이 균일하며, 또한 미세한 가루라도, 확실히 포집할 수 있는 미세다공질 조직입니다. 또한 100% PTFE 이므로 높은탈진性/ 내열성. 내약품성을 겸하여 갖추고 있으므로 , BAG FILTER 가 사용되는 거의 모든조건하에서 품질의 저하없이 사용되고 있습니다.



## 3. GORE-TEX MEMBRANE LAMINATE

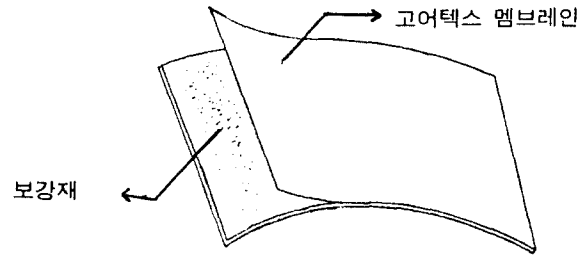
GORE-TEX MEMBRANE FILTER BAG은 GORE-TEX MEMBRANE 과 각종 직포나 펠트등의 보강소재를 LAMINATE 한 것입니다.

**<라미네이트>**

GORE-TEX MEMBRANE FILTER BAG은 접착제를 사용하지 않고 직접 GORE-TEX MEMBRANE 과 보강소재인 섬유를 결합시키고 있습니다. 이때문에 충분한 접착강도를 가지고 있어, 사용중에 **MEMBRANE 의 박리가 일어날 염려가 없습니다.**

**<소재의 역할>**

보강소재는, 장기간의 사용에 견딜수 있는 기계적 강도를 유지하기 위한 支持 소재로서 중요한 역할을 하고 있습니다. 분진을 떨어뜨리는 구조나, FILTER BAG 을 통과하는 가스의 온도. 부식성등의 조건에 적당한 재질을 선정하는것이 중요합니다.



## 4. GORE-TEX MEMBRANE 의 표면여과 (SURFACE FILTRATION)기능

지금까지의 FILTER BAG 을 사용함에따라 여과포 구멍이 막히는것이 당연하게 생각되었으며 이에따라 압력손실(△p) 이 상승하고 처리풍량이 저하되는것이 부득이하다고 생각하였다. 즉, 종래의 여과포는 분진(DUST) 의 여과를 여과포 내부에 퇴적하는 분진과 여과포 표면에 부착되는 2차 부착층에 의존하는 심층여과방식 (IN DEPTH FILTRATION) 이었다. 그러나 이러한 1차 부착층이 눈막힘의 원인이되어 집진기의 기능을 저하시키고 있었던 것이다. 여기에 대하여 GORE-TEX MEMBRANE FILTER BAG 은 표면에 보강된 GORE-TEX MEMBRANE 의 표면자체로 DUST 를 여과하는 완전한 표면 여과기능을 갖추고 있다. 즉, 눈(구멍)이 막히는 원인이되는 1차 부착층을 필요로하지 않는다. 따라서 어떠한 종류의 털어내는 기구를 갖춘 집진기라도 **낮은 압력 손실, 처리 풍량의 증가** 등 우수한 특성을 발휘하여 집진기 본래의 기능을 최대한 향상시키는 이상적인 FILTER BAG 인 것이다.

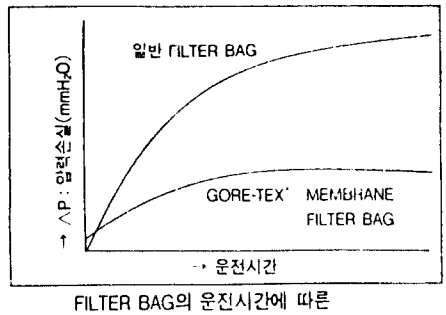
## 5. GORE-TEX MEMBRANE 의 장점

### 1) 압력손실이(△p) 낮고 일정하게 유지된다.

종래의 FILTER BAG 은 장시간 운전할수록 DUST 의 퇴적및 부착으로 인하여 압력손실이 계속 상승하였으나 GORE-TEX MEMBRANE은 표면여과되므로써 항상 일정한 상태의 압력손실 상태에서 운전이 가능함.

### 2) 여과포면의 DUST의 탈진이 용이하다

PTFE 자체가 갖는 분진탈진성과 완전한 표면여과 기능이 상승하여 효과를 나타내므로 FILTER BAG 표면의 DUST를 쉽게 털어낼수 있다.




FILTER BAG의 운전시간에 따른
압력손실 변화비교표

**3) 거의 무분진배출및 높은 포집효율**

GORE-TEX MEMBRANE 의 조밀한 결정구조는 운전초기부터 거의 완벽하게 분진을 포집함으로서 위해물질의 무분진배출은 물론, 고부가분체의 회수율을 높임으로서 제품의 LOSS 를 극소화할 수 있다.

**4)가스 처리유량의 증가**

보다높은 여재비(AIR TO CLOTH RATIO)를 가지므로 단위면적 (FILTRATION AREA) 당 처리할 수 있는 처리가스 유량을 증가시킬수 있어 생산성향상, 초기투자비 절감 (적은집진기로 큰용량의 포집능력 발휘) 등의 효과를 가져온다.

**5) 여과포 수명향상**

표면여과로 인하여 압력손실이 낮고 탈진이 용이하기때문에 보다적은 충격이나 압력으로 운전이 가능하여 여과포 수명이 상당기간 증가됨.

**6) 털어낸후 FILTER BAG 자체의 찌꺼기로 인한 오염방지**

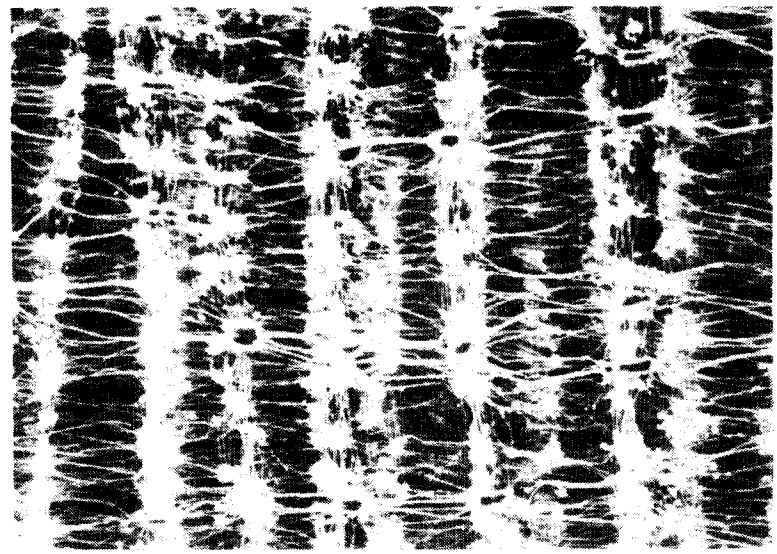
포집면이 GORE-TEX MEMBRANE 으로 덮혀있기때문에 여과포자체의 찌꺼기가 떨어지지 않음으로서 식품이나 화인케미칼 (FINE CHEMICAL) 등에 찌꺼기 흡입으로 인한 오염을 염려하지 않아도 된다.

7) 그외에도 **가동 중지 시간의 감소, 유지비 절감, 에너지 비용 감소, PLANT AIR 의 재순환**등 여러가지 부가 이익 효과를 기대할 수 있다.

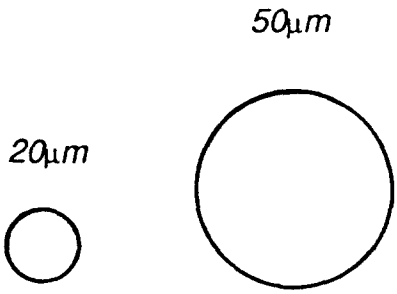
## 6. GORE-TEX 여과포와 종래 여과포와의 전자현미경 사진비교

a. GORE-TEX MEMBRANE VS PPS FIBER FELT

***GORE-TEX® EXPANDED PTFE MEMBRANE 500X***



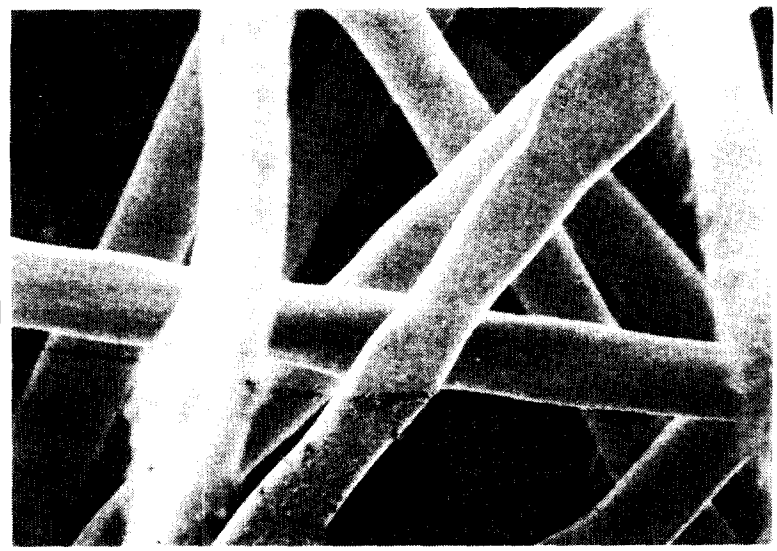
*5μm* *10μm*



***PARTICLE SIZES TO SCALE 500X***

*50μm*

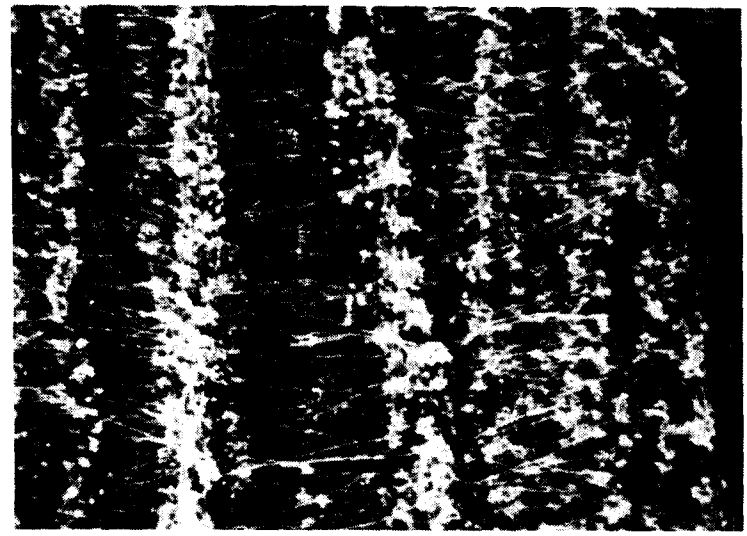
*20μm*



***POLYPHENYLENE SULFIDE (PPS) FIBER FELT 500X***

b. GORE-TEX MEMBRANE VS TEFLON TFE FIBER FELT

***GORE-TEX® EXPANDED PTFE MEMBRANE 500X***



5μ

10μ

***PARTICLE SIZES TO SCALE 500X***

50μ

20μ

***TEFLON TFE FLUOROCARBON FIBER FELT 500X***

## 7. GORE-TEX 여과포와 종래여과포와의 집진효율 비교

### a. GORE-TEX MEMBRANE / TEFLON B FIBERGLASS 집진효율표

| | |
|---|---|
| Material: | GORE-TEX® Membrane/TEFLON® B Fiberglass Fabric (16.8 oz.) |
| Particulate: | Charge Neutralized Sodium Chloride Aerosol |
| Air-to-Cloth Ratio: | Test A & B - 4.86 cfm/$ft^2$; Test C & D - 10.47 cfm/$ft^2$ |
| Room Humidity & Temperature: | Test A & B - 75% R.H. at 69°F; Test C & D - 68% R.H. at 69°F |
| Counter: | PMS Laser Aerosol Spectrometer |

| | *Particle Size* μm | *% Efficiency* | *Upstream Counts* | *Downstream Counts* |
|---|---|---|---|---|
| ***Test A*** | 0.10-0.12 | 98.149918 | 80743 | 11361 |
| | 0.12-0.15 | 98.315651 | 94463 | 11680 |
| | 0.15-0.20 | 98.691910 | 87874 | 8294 |
| | 0.20-0.25 | 98.945534 | 25416 | 1973 |
| | 0.25-0.35 | 99.059036 | 12091 | 791 |
| | 0.35-0.45 | 99.140091 | 2060 | 110 |
| | 0.45-0.60 | 99.298538 | 284 | 11 |
| | 0.60-0.75 | 98.967613 | 23 | 1 |
| | 0.75-1.00 | 100.000000 | 6 | --- |
| ***Test B*** | 0.10-0.12 | 98.161789 | 69124 | 9625 |
| | 0.12-0.15 | 98.440285 | 79458 | 9115 |
| | 0.15-0.20 | 98.837929 | 74566 | 6144 |
| | 0.20-0.25 | 99.120644 | 21990 | 1347 |
| | 0.25-0.35 | 99.342422 | 10888 | 495 |
| | 0.35-0.45 | 99.463699 | 1996 | 70 |
| | 0.45-0.60 | 99.598190 | 230 | 5 |
| | 0.60-0.75 | 98.038139 | 18 | 2 |
| | 0.75-1.00 | 100.000000 | 5 | --- |
| ***Test C*** | 0.10-0.12 | 98.302307 | 75714 | 8943 |
| | 0.12-0.15 | 98.605598 | 87659 | 8157 |
| | 0.15-0.20 | 99.066696 | 82733 | 5070 |
| | 0.20-0.25 | 99.393974 | 24934 | 1010 |
| | 0.25-0.35 | 99.531212 | 12579 | 381 |
| | 0.35-0.45 | 99.633682 | 2400 | 57 |
| | 0.45-0.60 | 99.768074 | 289 | 4 |
| | 0.60-0.75 | 100.000000 | 35 | --- |
| | 0.75-1.00 | 100.000000 | 8 | --- |
| ***Test D*** | 0.10-0.12 | 98.105476 | 74028 | 9582 |
| | 0.12-0.15 | 98.412354 | 86660 | 9072 |
| | 0.15-0.20 | 98.895706 | 81880 | 5945 |
| | 0.20-0.25 | 99.191696 | 24785 | 1302 |
| | 0.25-0.35 | 99.436127 | 12459 | 484 |
| | 0.35-0.45 | 99.420784 | 2288 | 84 |
| | 0.45-0.60 | 99.818306 | 290 | 3 |
| | 0.60-0.75 | 100.000000 | 27 | --- |
| | 0.75-1.00 | 100.000000 | 11 | --- |

*NOTE: The particle count numbers listed in the table must be adjusted to account for different sampling periods (volumes) upstream and downstream, prior to calculating percent efficiency.*

## b. CONVENTIONAL WOVEN TEFLON B COATED 여과포 집진효율표

| | |
|---|---|
| Material: | Conventional Woven TEFLON® B Coated Fiberglass Fabric (16.8 oz.) |
| Particulate: | Charge Neutralized Sodium Chloride Aerosol |
| Air-to-Cloth Ratio: | Test A & B - 4.83 cfm/ft$^2$; Test C & D - 10.28 cfm/ft$^2$ |
| Room Humidity & Temperature: | Test A & B - 75% R.H. at 69°F; Test C & D - 60% R.H. at 69°F |
| Counter: | PMS Laser Aerosol Spectrometer |

| | Particle Size μm | % Efficiency | Upstream Counts | Downstream Counts |
|---|---|---|---|---|
| **Test A** | 0.10-0.12 | 23.394268 | 66415 | 64680 |
| | 0.12-0.15 | 23.653477 | 78889 | 77000 |
| | 0.15-0.20 | 24.817610 | 74885 | 72104 |
| | 0.20-0.25 | 26.002104 | 22641 | 21391 |
| | 0.25-0.35 | 28.406357 | 10894 | 10084 |
| | 0.35-0.45 | 31.612127 | 1876 | 1713 |
| | 0.45-0.60 | 43.018353 | 235 | 189 |
| | 0.60-0.75 | 20.368935 | 24 | 24 |
| | 0.75-1.00 | 53.921570 | 3 | 1 |
| **Test B** | 0.10-0.12 | 24.204742 | 66013 | 63578 |
| | 0.12-0.15 | 24.591982 | 78419 | 75605 |
| | 0.15-0.20 | 24.388622 | 73174 | 71039 |
| | 0.20-0.25 | 25.255466 | 21590 | 20668 |
| | 0.25-0.35 | 27.410089 | 10223 | 9641 |
| | 0.35-0.45 | 28.905535 | 1802 | 1709 |
| | 0.45-0.60 | 33.377171 | 224 | 221 |
| | 0.60-0.75 | 38.793678 | 24 | 17 |
| | 0.75-1.00 | -97.734787 | 6 | 6 |
| **Test C** | 0.10-0.12 | 35.287594 | 60703 | 51498 |
| | 0.12-0.15 | 35.162151 | 71038 | 61035 |
| | 0.15-0.20 | 35.305660 | 66898 | 57938 |
| | 0.20-0.25 | 37.648987 | 20192 | 16866 |
| | 0.25-0.35 | 39.059990 | 10197 | 8440 |
| | 0.35-0.45 | 47.040081 | 1741 | 1303 |
| | 0.45-0.60 | 56.062733 | 221 | 144 |
| | 0.60-0.75 | 66.703156 | 27 | 14 |
| | 0.75-1.00 | 83.223686 | 9 | 3 |
| **Test D** | 0.10-0.12 | 37.429035 | 61255 | 50169 |
| | 0.12-0.15 | 37.400425 | 71609 | 59461 |
| | 0.15-0.20 | 38.774521 | 68135 | 55990 |
| | 0.20-0.25 | 39.344631 | 20004 | 16208 |
| | 0.25-0.35 | 43.320965 | 9894 | 7560 |
| | 0.35-0.45 | 47.940739 | 1780 | 1305 |
| | 0.45-0.60 | 68.251785 | 260 | 127 |
| | 0.60-0.75 | 59.098114 | 28 | 10 |
| | 0.75-1.00 | 96.271935 | 16 | 1 |

*NOTE: The particle count numbers listed in the table must be adjusted to account for different sampling periods (volumes) upstream and downstream, prior to calculating percent efficiency.*

## 8. GORE-TEX 여과포의 주요제품 종류및 선정기준

| | Continuous Operating Temperature | Acid Resistance | Alkali Resistance |
|---|---|---|---|
| GORE-TEX® membrane/polypropylene | 160°F (70° C) | Excellent | Excellent |
| GORE-TEX® membrane/homopolymer acrylic | 260° F (127° C) | Excellent | Good |
| GORE-TEX® membrane/polyester | 275° F (135° C) | Fair | Fair |
| GORE-TEX® membrane/flame resistant polyester | 275° F (135° C) | Fair | Fair |
| GORE-TEX® membrane/Ryton® polyphenylene sulfide | 375° F (191° C) | Excellent | Excellent |
| GORE-TEX® membrane/Nomex® aramid | 400° F (204° C) | Fair | Good |
| GORE-TEX® membrane/acid resistant fiberglass | 500° F (260° C) | Very Good | Fair |
| GORE-TEX® membrane/Teflon® B fiberglass | 500° F (260° C) | Very Good | Fair |
| GORE-TEX® membrane/GORE-TEX® expanded PTFE | 500° F (260° C) | Excellent | Excellent |

NOTE: The above laminates are available in styles which are compatible with collector cleaning mechanisms: high energy cleaning (pulse jet) in felts and heavy duty fabrics and low energy cleaning (reverse air, shaker) in wovens and lightweight felts.

# GORE-TEX MEMBRANE 여과포 활용사례

## 1. 소각로에서 ESP(ELECTROSTATIC PRECIPITATOR) 대신에 BAG FILTER 로 전환되는 주요 이유.

다이옥신 (POLYCHLORINATED DIBENZO-P-DIOXINS/CDD)과 후란 (POLY CHLORINATED DIBENZOFURANS/CDF)에 대한 우려가 높아짐에따라 소각로 공정내에서의 DIOXIN/FURAN 의 양을 측정한 시험결과 표-1 에서와 같이 MIXING CHAMBER 및 전기집진기내에서 DIOXIN과 FURAN 의 양이 특히 상승하므로 각종 운전조건의 변화를 주어 그원인을 측정한 결과 표-2에서와 같이 전기집진기의 운전온도, SORBENT INJECTION조건, MIXING CHAMBER 내의 온도변화 등에 따라 CDD/CDF 의 절대배출량은 다소 차이가 있으나 전기집진기 INLET 에서의 양보다 OUTLET 에서의 양이 항상 증가되는 것으로 나타났다.
보다 구체적이고 일반적인 경향을 알아보기위하여 표-3과 같이 수분과 산소량, 전기집진기 입구 및 출구에서의 CDD/CDF 양을 측정한 결과 입구에서보다 출구에서의 배출량이 상당히 증가되는 것으로 나타났다.

또한 전기집진기, WET SCRUBBER 및 BAG FILTER 가 설치된 공정에서도 상기와 같이 유사한 시험을 시행한 결과 표-4에서와 같이 전기집진기및 WET SCRUBBER 에서는 CDD/CDF 가 계속 증가되고 BAG FILTER 에서만이 현격히 감소 되고 있다. 상기표에서 보는바와 같이 전기집진기 혹은 WET SCRUBBER 에서는 CDD/CDF 가 오히려 상승하므로 이를 대개의 국가들이 환경규제치로 설정하고 있는 0.1~0.5 ng TF/$Nm^3$ 이하로 관리하기 위해서는 BAG FILTER 의 설치가 가장 경제적이고 유용한 방법으로 알려지고 있다.
참고로 GORE-TEX MEMBRANE 을 사용한 BAG FILTER 에서의 CDD/CDF의 집진효율에 관한 성능은 표-5와 같다.

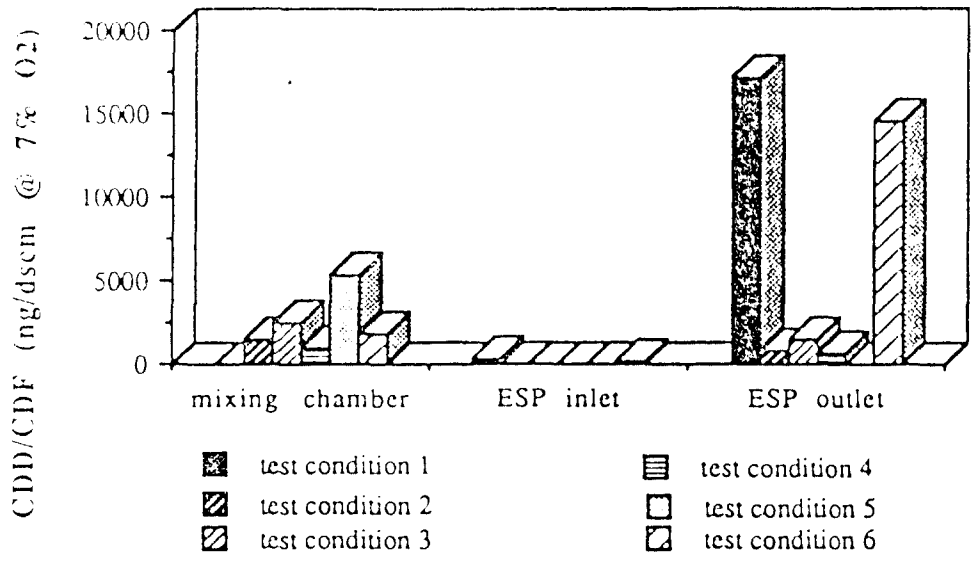



표 1. CDD/CDF CONCENTRATIONS AT SAMPLING LOCATIONS

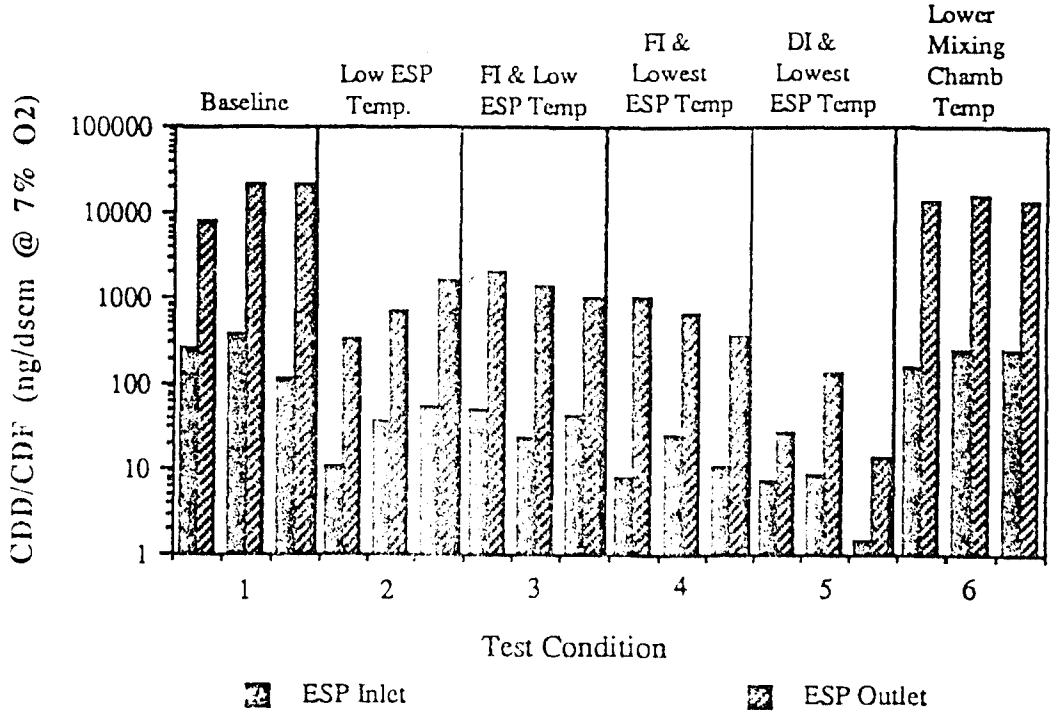



표 2. CDD/CDF AT ESP INLET AND OUTLET

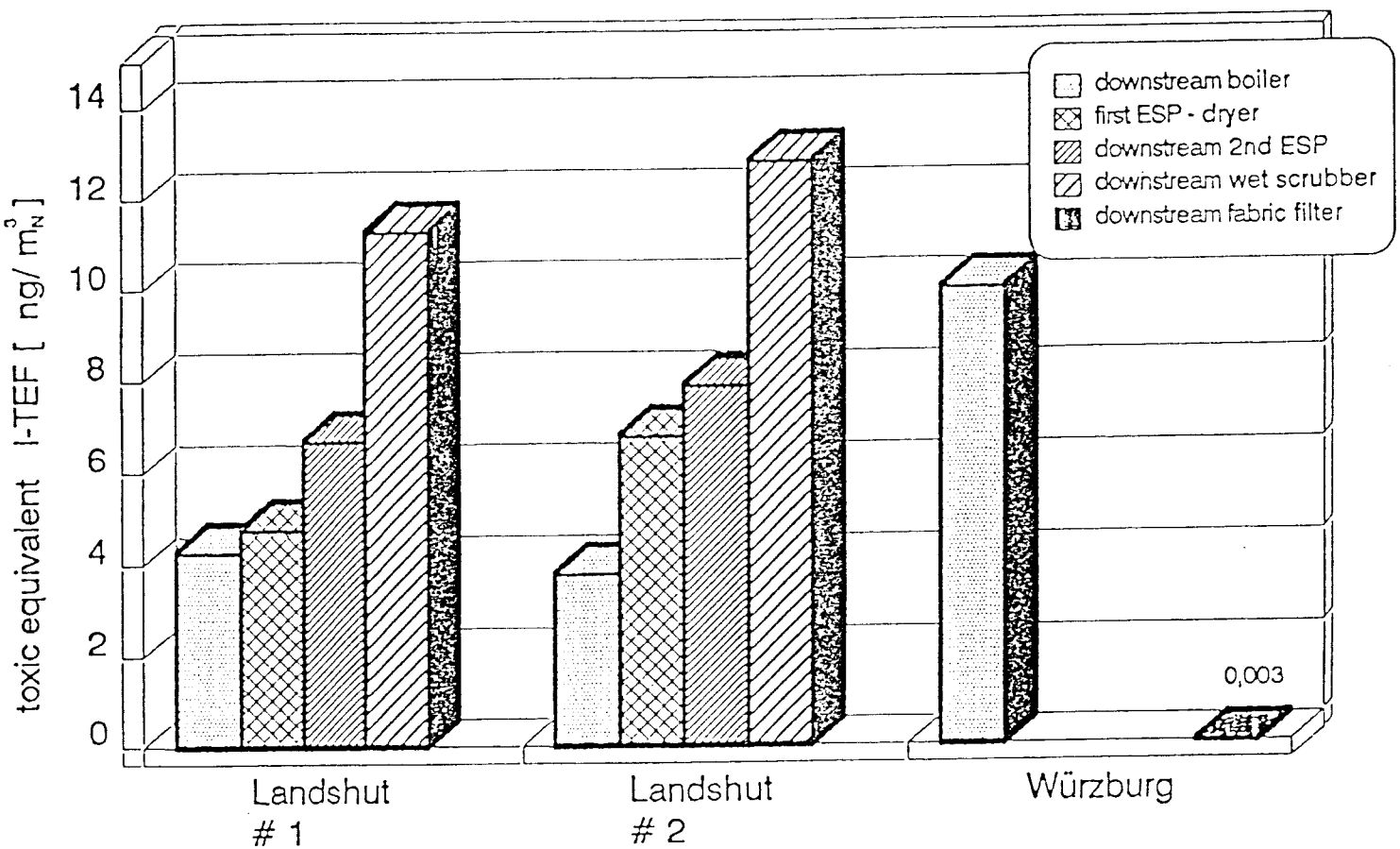
표 3. EFFECTS OF TEMPERATURE, MOISTURE, AND OXYGEN ON CDD/CDF FORMATION IN AN ESP.

| FACILTY | % Moisture | % Oxygen | ESP Inlet Temp. F° | CDD/CDF ng/dscm | | % Formation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ESP Inlet | ESP Outlet | |
| Montgomery County Mass Burn Refractory With Water Quench | 34 | 13 | 570 | 138 | 9456 | 6750 |
| Philadelphia NW Mass Burn Refractory With Water Quench | 24 | 14 | 550 | NA | 5900 | — |
| Red Wing, MN Modular Starved Air | 24 | 8 | 550 | 122 | 1585 | 1200 |
| Pinellas County, FL Mass Burn Waterwall | 16 | 9 | 500 | 76 | 128 | 71 |
| Oswego, NY Modular Starved Air | 11 | 13 | 480 | 158 | 230 | 46 |
| North Andover, MA Mass Burn Waterwall | 13 | 10 | 580 | 284 | 343 | 21 |
| Westchester County, NY Mass Burn Waterwall | 12 | 12 | 455 | 507 | 190 | -62 |

표 4.

# PCDD/PCDF reduction technologies

## comparison of flue gas cleaning systems




source:Fichtel , LfU Munich

PCDSYSL.GEM

# PCDD/PCDF reduction technologies

## GORE-TEX filter media used as adsorption reactor

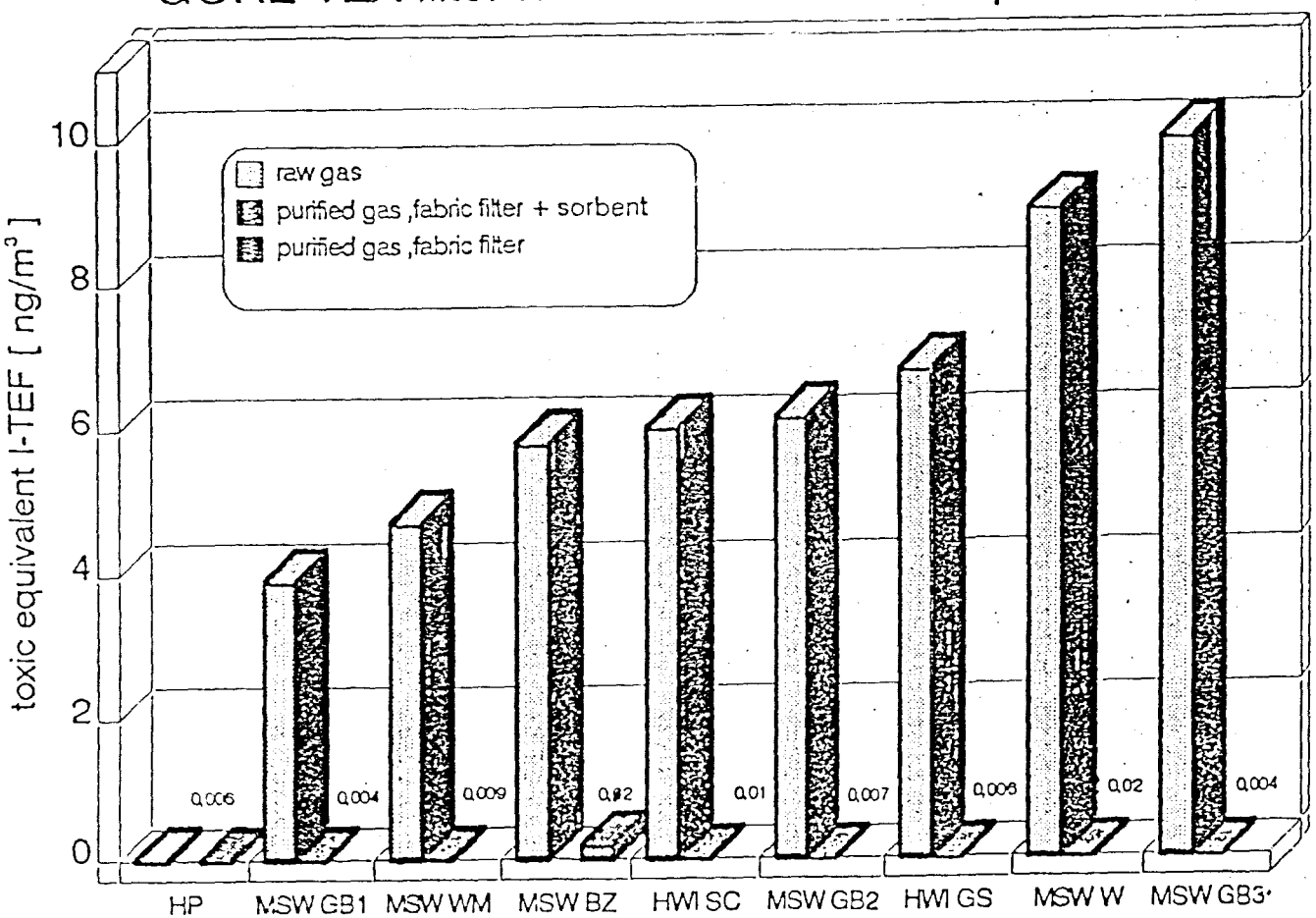


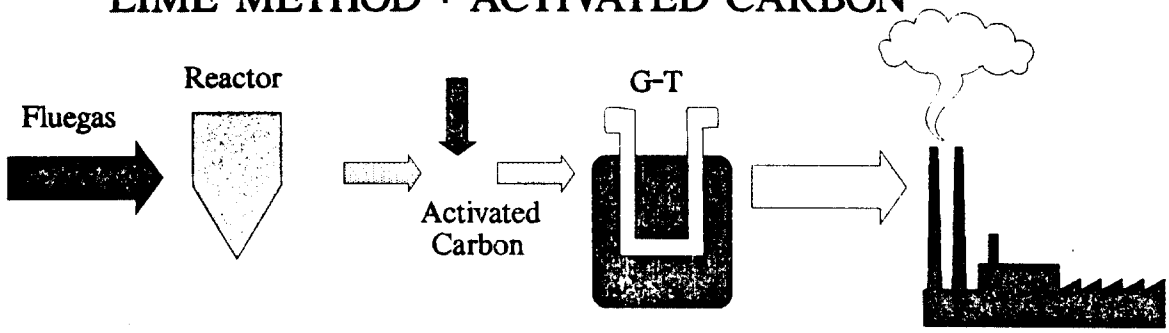

표 5. Incineration plant

PCDSYSEN.GEM

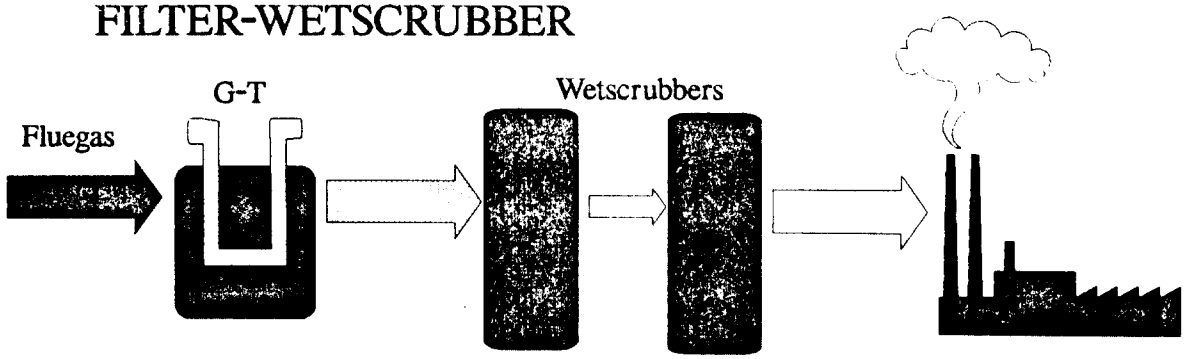
그림-2

# FLUEGAS CLEANINGSYSTEMS

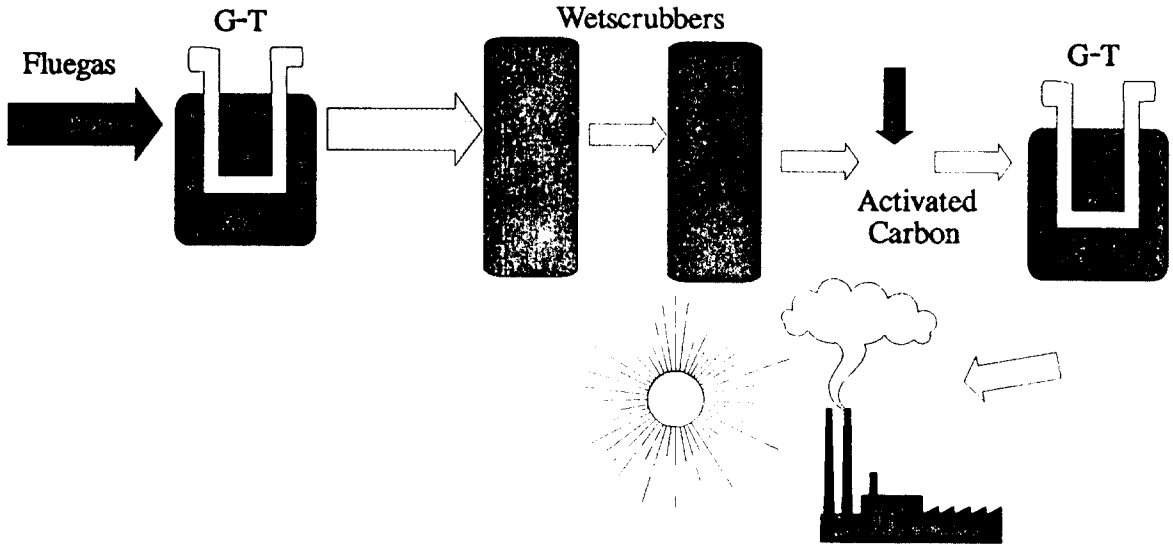
## LIME METHOD + ACTIVATED CARBON




## FILTER-WETSCRUBBER



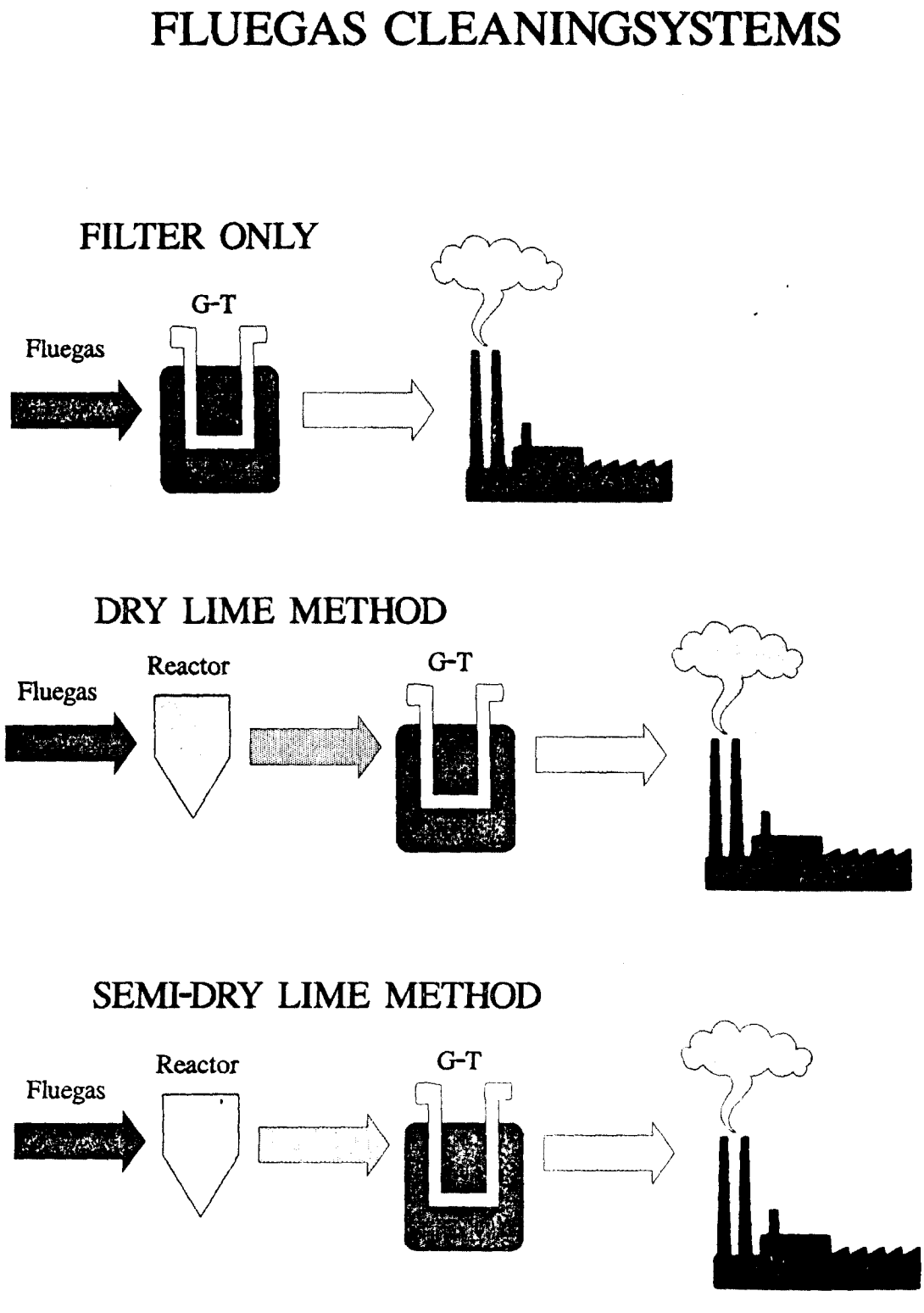

## FILTER-WETSCRUBBER-FILTER




9208

## 2. GORE-TEX MEMBRANE 여과포를 이용한 소각로 집진공정

그림-1



## 3. GORE-TEX MEMBRANE 여과포로 적용할 수 있는 각종 공정

### a. FURNACE CONFIGURATIONS

1. Rotary Kiln
2. Traveling Grate
3. Rotary Grate
4. Pulsed Hearth
5. Rotary Hearth
6. Multiple Hearth
7. Fluidized Bed Combustor
8. Overfed Incline
9. Liquid Injection

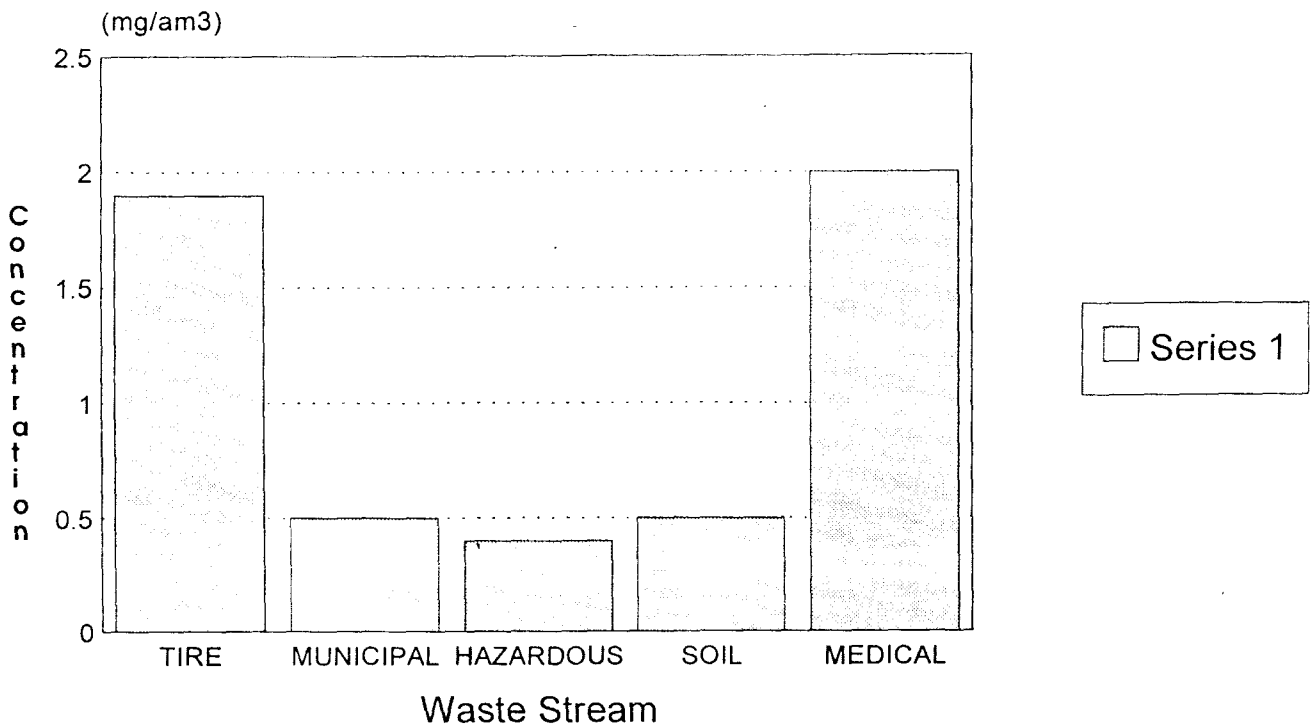
### b. AIR POLLUTION CONTROL EQUIPMENT

1. Dry Injection/Fabric Filter
2. Dry Injection/Fabric Filter/Wet Scrubber
3. Spray Dryer Absorber/Fabric Filter
4. Fabric Filter/Wet Scrubber
5. Spray Tower/Fabric Filter/Wet Scrubber
6. Esp/Dry Lime Injection/Fabric Filter/Wet Scrubber
7. Selective Catalytic Reduction

### c. SCRUBBING REAGENTS

1. Hydrated Lime ($Ca(OH)_2$)
2. Sodium Bicarbonate ($N_aHCO_3$)
3. Activated Carbon
4. Sorbalit(Lime + Lignite Coke)
5. Lime + Activated Coke
6. Ammonia ($NH_3$) / Urea
7. Recirculated Brine

# PARTICULATE MATTER EMISSION RESULTS




1 mg/am3 = 0.000044 gr/acf
Front-Half Catch
COPYRIGHT 1992 W.L. GORE & ASSOC., INC.

# < REFERENCE >

1. TORSTEN G. KREINDL AND GERNOT PRANGHOFER, "A PERFORMANCE REVIEW OF NEW APPROACHES IN INCINERATOR EMISSION CONTROL USING THE SURFACE FILTRATION CONCEPT"
93-RP-154. 04

2. KLAS GORAN FELDT, "ELECTROSTATIC PRECIPITATOR VS. FABRIC FILTER FOR DIOXIN/FURAN EMISSION CONTROL ON HAZARDOUS WASTE INCINERATOR AT SAKAB, SWEDEN" AIR&WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION 84TH ANNUAL MEETING & EXHIBITION, VANCOUVER, BRITISH COLUMBIA, JUN 1991.

3. W. STEVEN LANIER AND T. ROBERT VON ALTEN, "ASSESSMENT OF TRACE ORGANIC EMISSIONS TEST RESULTS FROM THE MONTGOMERY COUNTRY SOUTH MWC"
ENERGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH CORPORATION.
OCT 1990