

# 일반환기에 사용되는 입자상 물질 제거용 공기청정장치를 시험하기 위한 중량측정 및 분진반점 시험법(2-1)

(Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing  
Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation  
for Removing Particulate Matter)

유 경 훈  
한국생산기술연구원  
생산설비개발센터/선임연구원

## 1. 목 적

입자상 물질제거용 공기청정장치의 성능을 평가하기 위한 시험방법을 설립하고 이 시험법을 수행하는데 요구되는 시험설비에 대한 세부항목들을 규정하고 시험데이터로부터의 계산방법들을 정의하고 얻은 결과들을 보고하기 위한 형식들을 확립하기 위함이다.

## 2. 범위

본 규격은 공기청정장치들이 표준합성분진을 포획할 때 분진을 제거하는 능력을 측정

하는 방법들을 확립한다. 분진제거능력은 두 가지 방식으로 측정된다. 첫번째는 필터가 포획한 합성분진의 중량퍼센트(ASHRAE 중량포획도)에 의한 것이고 두번째는 대기분진을 사용하여 공기청정장치의 상류 및 하류에 설치된 타켓의 흑화도를 비교함으로써 이루어진다(ASHRAE 분진반점 효율).

본 규격의 방법들은 공기청정장치의 특정 지름의 입자들을 제거하는 능력을 측정하지는 않는다.

본 규격은 98 % 초과의 ASHRAE 분진반점효율을 보이는 공기청정기들을 시험하고자 하는 것은 아니다.

### 3. 일반개요

공기청정기들의 사용자들에게 가장 관심 있는 세가지 성능특성은 기류로부터 미립자를 제거하는 공기청정기의 능력, 기류에 대한 공기청정기의 저항도, 세척 또는 교환이 필요하기 전까지의 작동시간이다.

임의의 위치에 있는 공기부유분진은 방대한 범위의 입자크기들을 가지고 있다. 예를 들어 조세분진은 편형(Finned) 냉각코일들을 결국에는 막하게 하고 미세입자들은 표면을 퇴색시킨다. 린트(Lint)는 냉각코일과 전단필터(Prefilter)를 덮어버리고 필터수명을 크게 감소시키든지 연장시킨다. 여러가지 유형의 공기청정기들이 이러한 문제를 해결하기 위해 요구된다. 본 규격은 대기부유분진중의 조세한 부분을 제거하는 공기청정기들의 능력을 측정하는 방법(ASHRAE 중량포획도)을 정의한다. 나머지 방법은 대기분진의 얼룩 잠재력을 감소시키는 공기청정기의 능력을 측정하기 위하여 정의되었다(ASHRAE 분진반점효율).

“효율”이라는 명칭은 측정방법에 상관없이 공기청정기에 의해 제거된 분진퍼센트를 일컫는데 자주 사용된다. 본 규격의 두 가지 시험방법 사이의 혼동을 피하기 위하여 본 규격에서는 서로 다른 명칭들을 채택하였다. 본문에서는 이 명칭들을 “포획도”와 “효율”로 간략화시켰다. “공기청정기”와 “에어필터”라는 명칭들은 동일한 의미를 가진다.

포획도 측정에서는 비교적 조세한 합성 시험오염물이 필터로 공급되어 기류로부터 제거되는 이 오염물의 중량퍼센트가 측정된다. 이 시험분진의 평균입경과 농도는 전형적인

대기분진들의 경우보다 상당히 더 크고 높다.

분진반점효율시험에서는, 본 규격이 시험 덕트입구에서의 대기분진을 사용한다. 에어필터에 의해 포집된 분진은 에어필터의 성능을 변화시킨다. 일반적으로 어떤 주어진 유량에서 더 많은 분진이 포집될수록 필터를 가로지르는 압력강하가 더 높다. 대부분의 압력강하(저항도)는 필터가 교환되거나 세척되는 시점을 결정하기 때문에 필터의 중요한 특성이다. 본 규격에서는 분진적재에 의한 성능변화의 특성을 기술하는 시도가 이루어진다. 포획도 측정에 사용되는 동일한 합성오염물이 저항도의 변화를 결정하기 위하여 공급된다. 이러한 공급은 공급된 분진의 중량, 저항도, 분진반점효율, 포획도를 측정하기 위하여 주기적으로 중단된다. 적재를 위해 사용되는 합성오염물은 자연대기분진을 대표하는 것이 아니므로 필터에 대한 영향이 동일한 양의 대기분진과 다를 수도 있다. 적재시험값은 필터를 평가해서 어느정도의 서열을 매기기 위함이다. 본 규격에 의해 얻은 성능값들은 특정한 환기공기의 공기청정도나 설치된 필터의 사용수명을 예측하기 위하여 독자적으로 사용될 수 없다.

본 규격은 통일된 시험장치, 시험방법들, 보고사항들을 정의한다. 성능시험방식에 대해 사용자들이 혼동할 수 있는 가능성이 있기 때문에 본 규격은 그 필터유형에 적용할 수 있는 모든 성능시험들이 수행되어져서 각각의 성능특성값들이 보고되도록 규정하고 있다. 본 규격은 낮은 분진반점효율을 가진 필터들은 그 시험을 수행할 필요없이 “20 % 미만의 ASHRAE 분진반점효율”을 가지는 것으로 보고되는 것을 허용하고 있다.

#### 4. 정 의

- 유량(Airflow)

유효자리수 세 개의 정확도로  $m^3/s$  또는  $ft^3/min(cfm)$ 으로 표현되는 단위시간당 공기 청정 장치를 지나가는 시험공기의 체적.

- ASHRAE 포획도(ASHRAE Arrestance)

공기청정장치가 시험공기로부터 ASHRAE 분진을 제거하는 능력의 척도. 어떤 시간구간 동안 공급된 ASHRAE 분진의 중량과 공기청정장치를 지나가는 분진의 중량이 먼저 측정된다. 그리하여 포획도는 유효자리수 2개의 정확도로 표현되는 공기청정장치에 의해 포획된 분진의 퍼센트이다. 본 규격의 본문내에서는 지면을 절약하기 위하여 “ASHRAE”라는 말이 생략되지만 다른 곳에서는 본 규격에 의해 이루어진 것임이 확실한 시험에 의한 경우들은 완전한 표기를 해야한다.

- ASHRAE 대기분진반점효율(ASHRAE Atmospheric Dust-Spot Efficiency)

공기청정장치가 시험공기로부터 대기분진을 제거하는 능력의 척도. 공기청정장치의 상류와 하류에서 공기를 샘플링하여 만들어진 종이타켓들상의 얼룩에 의한 광도전달량을 비교함으로써 측정된다. 대기분진반점효율은 퍼센트단위로 2자리 유효자리수로 보고된다. 본 규격의 본문에서는 “ASHRAE”와 “대기”라는 말이 지면절약을 위해 생략되나 다른곳에서는 본 규격에 의한 것으로 여겨지는 경우에는 완전한 표기를 해야한다.

- ASHRAE 합성포획도 분진(ASHRAE Synthetic Arrestance Dust)

중량으로 72 %의 표준화된 공기청정기용 미세시험분진과 23 %의 탄소가루, 5 %의

No. 7 무명린트로 이루어진 혼합시험분진. 이 성분들에 대한 세부사항들은 본 규격의 6.1절에 제시되어 있다. 이 분진은 포획도 측정과 필터적재량 측정에 사용된다. 이 용어는 본 규격의 본문에서는 “ASHRAE 분진”으로 간략히 표현된다.

- 대기분진(Atmospheric Dust)

시험덕트로 공급되는 공기내에 자연적으로 존재하는 입자상 물질.

- 평균 ASHRAE 포획도(Average ASHRAE Arrestance)

적재시험동안 한 개의 단일필터에 대해서 얻은 포획도들의 평균값으로서 연속된 포획도 측정간에 그 필터로 공급된 분진량들을 가중시켜 평균을 얻는다.

- 평균 ASHRAE 대기분진 반점효율(Average ASHRAE Dust-Spot Efficiency)

적재시험동안 한 개의 단일필터에 대해서 얻은 분진반점효율들의 평균값으로서 연속된 분진반점시험간에 그 필터로 공급된 분진량들을 가중시켜 평균을 얻는다.

- 집진전극들(Collection Electrodes)

평판형 전기식 공기청정기의 경우에 이온화부내의 것도 포함하여 분진이 포집되는 모든 금속판들.

- 장치(Device)

본 규격의 본문 전체에 걸쳐 사용되고 있는 “장치”라는 말은 일반 환기에 사용되는 입자상 물질제거용 공기청정장치로서 특히 시험되고 있는 장치를 의미한다.

- 처분형 에어필터들(Disposable Air Filters)

지정된 성능범위 동안만 작동한 후 처분, 교환되도록 설계된 필터들. 카트리지 필터를 예로 들 수 있다.

• 분진유지용량(Dust-Holding Capacity)

처분형 및 수동재생형 장치의 경우, 그램 단위까지 측정한 공급된 ASHRAE 분진량이 곱해진 평균포획도. 아래 조건들 중 하나가 달성될 때까지 분진이 공급된다.

- (a) 장치의 저항도가 정격 최종저항도에 도달할 경우.
- (b) 두 개의 연속한 포획도 측정값들이 전체 시험중에 측정된 최대 포획도의 85 %보다 작은 경우. 이 경우에는 분진유지용량에 포획도가 최대값의 85 % 미만으로 떨어진 구간 중에 또는 후에 포획된 분진량을 포함시켜서는 안된다.
- (c) 포획도가 최대 포획도의 75 %보다 작을 경우.

• 사이클당 분진유지용량(Dust-Holding Capacity Per Cycle)

장치의 성능특성이 초기상태들로 복원되도록 설계된 재생메카니즘을 가진 청정장치의 경우에는 사이클당 분진유지용량이 정상상태 조건이 달성될 때까지 분진을 공급함으로써 결정된다. 사이클당 분진유지용량은 적어도 네 개의 사이클에 걸쳐 평균되어진다. 그 결과는 일의 자리수까지 g/cycle로 표현된다.

• 단위면적당 분진유지용량(Dust-Holding Capacity Per Unit Area)

처분형 및 수동재생형 장치의 경우, 이것은 정미 유효필터링면적으로 나누어진 분진유지용량이다. 자체재생형 장치의 경우에는 몇 개의 사이클내에서 정상상태가 달성될 때까지 분진공급이 계속된다. 그리고나서 단위면적당 분진유지용량은 그 정상상태 구간동안 공급된 분진량이 곱해진 평균포획도를 동일구간 동안 소비한 여재의 면적으로 나눈 값이다.

단위면적당 분진유지용량은  $\text{g}/\text{m}^2(\text{g}/\text{ft}^2)$ 으로 표현된다.

• 분진증분(Dust Increment)

적재과정의 일정부분동안 공급된 분진량. 예를 들어 120 g의 총공급량은 4 개의 30 g 단위의 분진증분들로 나누어질 수 있다.

• 분진반점 흐화도(Dust-Spot Opacity)

타켓상의 분진적재로 인해 유발된 분진반점 샘플링타겟의 상대 광도전달량에서의 감소퍼센트.

• 정면면적(Face Area)

기류에 노출된 장치의 총면적. 이 면적은 시험덕트의 축에 수직한 면에서 측정되거나 청정장치로 접근하는 정해진 기류방향에 수직한 면에서 측정된다. 모든 내부플랜지들이 이 면적에 포함되어지지만, 보통의 경우 기류의 외부에 설치되는 탑재부품이나 전기배선 등을 포함되지 않는다. 정면면적은 3자리 유효자리수의 정확도로  $\text{m}^2(\text{ft}^2)$ 으로 측정된다. 이 면적을 계산하는 신뢰성있는 방법은 한 개의 필터정면면적을 구하기 위하여 병렬로 연결된 다중 필터뱅크내에서 이웃한 필터들의 중심축들간의 수평 및 수직 거리를 결정하는 것이다.

• 정면속도(Face Velocity)

유효자리수 3 개의 정확도로  $\text{m}/\text{s}$  또는  $\text{ft}/\text{min}(\text{fpm})$ 으로 표현되는 공기청정장치의 정면에서의 공기의 평균이동율(유량을 정면면적으로 나눈 값).

• 종단필터(Final Filter)

포획도 시험동안 공기청정장치를 통과한 ASHRAE 분진을 포집하는 데 사용하는 필터.

• 일반환기(General Ventilation)

공기를 어떤 공간 내부로 또는 근처로 이동시키거나 그 공간으로부터 공기를 제거시키는 프로세서. 환기공기의 공급원은 그 공간의 외부의 공기, 재순환된 공기, 이들의 혼합공기일 수 있다.

- 초기저항도(Initial Resistance)

자신의 정격유량에서 작동할 때 분진적재가 없는 장치의 저항도.

- 광도전달량(Light Transmission)

분진반점시험에 사용된 투광성 샘플링필터(타켓)를 통과한 입사광의 퍼센트.

- 하한 운전저항도(Lower Operating Resistance)

Pa (In of Water)로 표현되는 정상상태에서 작동하는 차체 재생청정장치의 시험전 설립된 하한저항도.

- 여재(Media)

섬유형 에어필터의 경우, 실제로 분진을 제거하는 부분. 유리섬유천 및 종이가 에어필터 여재의 예이다.

- 여재속도(Media Velocity)

필터여재를 통과하는 공기이동 평균변화율(정미 유효필터링면적으로 나누어진 유량). 이 말은 평판형 전기식 공기청정기의 경우에는 무의미하다. 여재속도는 유효자리수 세개의 정확도로 m/s(fpm)으로 측정된다.

- 정미유효필터링면적(Net Effective Filtering Area)

일반적으로 먼지가 포집되는 청정장치에서의 총면적. 섬유여재를 사용하는 청정장치의 경우에는, 이 말은 그 여재의 면이나 일반표면에서 측정되는, 기류에 노출된 여재의 정미 상류면적이다. 정미 유효면적에는 밀봉부속, 플랜지, 지지대에 의한 면적은 제외시킨

다. 전기식 공기청정기에서는 분진 집진에 사용되는 전극들의 총노출면적이며 이온화부에서의 접지전극도 포함하지만 지지대, 구멍, 절연물 등은 제외한다. 정미유효필터링면적은 세자리의 유효자리수 정확도로  $m^2(ft^2)$ 으로 측정된다.

- 비자체 재생공기청정기(Non-Self-Renewable Air Cleaners)

지정된 성능범위에 걸쳐 작동하고 나서 공기청정기 자체에 포함되지 않은 장비에 의해 수동으로 세척되거나 개량되도록 설계된 청정장치. 세척가능형 확장금속필터가 그 예이다.

- 흑화도(Opacity)

분진반점 흑화도를 참조하라.

- 흑화도 지수(Opacity Index)

일정한 분진축적율에서의 흑화도 증가의 비선형성을 보정한, 분진반점 샘플링타겟상의 상대분진 축적도를 나타내는 숫자.

- 정격유량(Rated Airflow)

제조업체가 지정한 것으로 고려중인 공기청정장치가 일반적으로 작동하는 유량.

- 정격 최종저항도(Rated Final Resistance)

제조업체가 추천한 것으로, 공기청정장치가 교체되거나 재생되어야 하는 최대 운전저항도.

- 상대 광도전달량(Relative Light Transmission)

투광기준이 되는 광도전달량에 대한 분진반점 샘플링타겟의 상대적인 광도전달량.

- 저항도(Resistance)

지정된 유량에서 작동하는 청정장치에 의해 야기된 정압손실로서  $\pm 2 Pa(\pm 0.01 In of Water)$ 의 정확도로 Pa(In of Water)로

표현된다.

- 자체재생 공기청정기(Self-Renewable Air Cleaner)

거의 일정한 수준 또는 미리 설정된 제한치내에서 성능을 유지시키기 위한 수단을 가지고 있는 공기청정장치. 룰필터, 진공정화시스템을 가지고 있는 필터, 자동세척 전기식 공기청정기가 그 예이다. 자체재생작용은 청정장치 자체내에 결합되어 있는 수단에 의해 수행된다. 실행은 수동 또는 자동으로 이루어질 수 있다.

- 정상상태조건(Steady-State Condition)

자체재생 공기청정기의 균일한 재생사이클이 근본적으로 일정한 성능을 유지할 때 존재하는 조건. 청정장치가 예를들어 두 개의 저항도 수준사이에서 순환되어 균일하게 반복되는 방식으로 운전하고 있을 때 도달된다.

- 시험공기(Test Air)

시험되고 있는 청정장치를 통과하는 공기. 분진반점효율 측정동안 시험공기는 그 시험 때의 일반적인 온도, 습도, 압력, 대기분진농도를 가진 외기이어야 한다. 포획도 및 분진유지용량 측정에 필요한 시험공기는 실내 대기공기일 수도 있다.

- 참고

제조업체가 제한된 대기조건 범위내에서만 사용되기를 추천한 청정장치는 시험보고서 및 이 보고서를 인용한 선전용 문헌에 그것을 규정하도록 해야한다. 이러한 경우에는, 공기가 지정된 제한조건 내에 있을 때만 그 공기청정장치를 시험해야 한다. 만약 시험공기가 이러한 제한치들을 만족시키도록 조절된다면 이 조절에 의한 대기분진 함유량의

변화는 없어야 한다.

- 상한 운전자항도(Upper Operating Resistance)

정상상태에서 운전하는 자체 재생청정장치의 사전설립된 저항도의 상한치로서  $Pa$ (In of Water)로 표현된다.

## 5. 시험장치

### 5.1 필수조건과 자유조건

시험장치의 임계 제원 및 배치가 5장 및 6장의 그림들내에 도시되어 있다. 시험설비가 본 규격을 따른 것이라고 간주될 수 있을려면 달리 지시되지 않으면 도시된 모든 제원들이 지켜져야 한다. 각 그림마다 허용오차들이 제시되어 있다. SI 또는 I-P 단위계를 설비의 임의 요소에 적용할 수 있다. 도시된 단위는 달리 지시되지 않으면 mm(in.)이다. 송풍기, 전공펌프, 외부배관 등과 같은 비젠풍 품목들은 자유롭게 선택할 수 있으나 지정된 요구조건들을 제공하는 데 있어 충분한 용량을 가져야 한다.

### 5.2 시험덕트

시험덕트는 그림 5-1과 5-2에 정의되어 있다. 동일한 덕트를 포획도, 저항도, 분진유지용량, 분진반점효율 시험에 사용할 수 있다. 송풍기, 분진공급기, 덕트입구의 구조는 각 시험에 따라 약간 다르다. 그러나 모든 구조에서 시험덕트로 유입된 시험공기는 실외로 또는 시험덕트 입구와 완전히 차단된 실내공간으로 배출되어야 한다. 출구과 입구 위치는 시험덕트 출구에서 입구로의 재순환

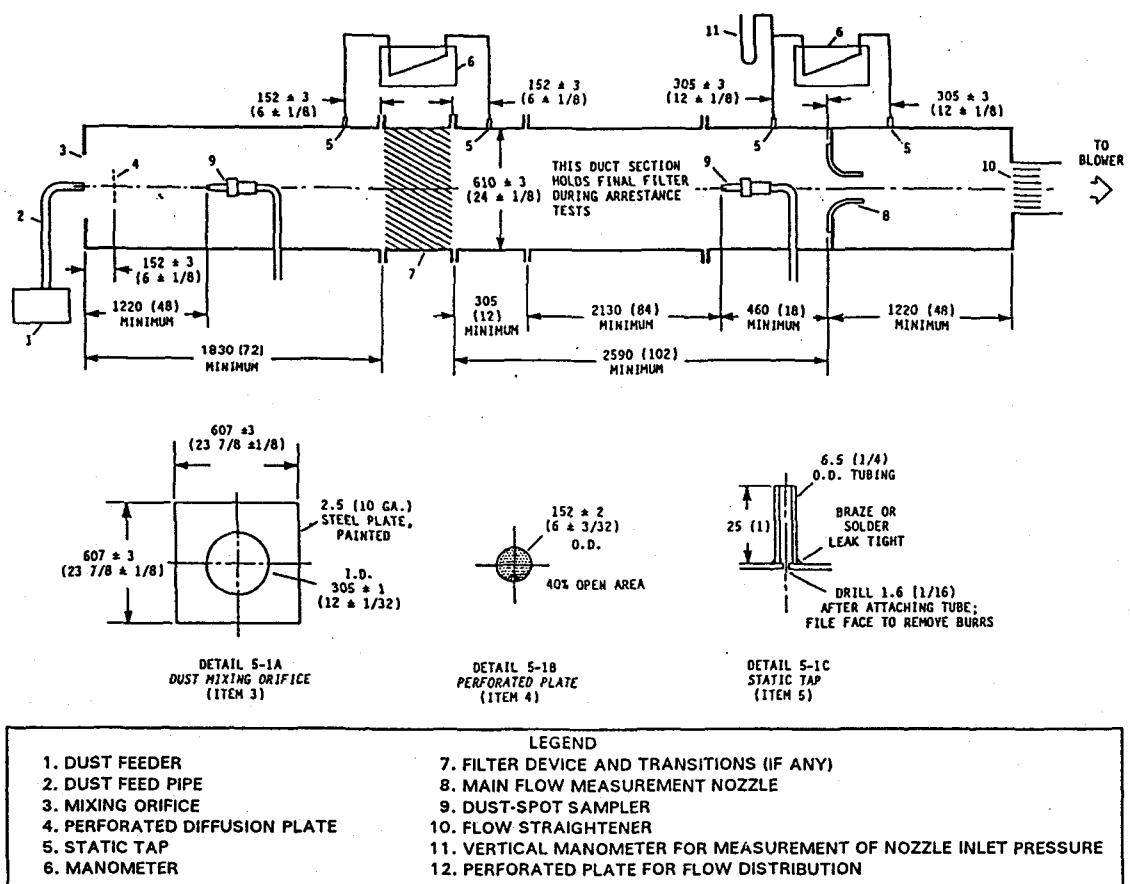


그림 5-1 ASHRAE 에어필터 시험덕트와 시험필터 하류의 송풍기

이 발생치 않도록 해야한다.

### 5.2.1 시험덕트의 포획도 시험구조

시험덕트는 시험될 청정장치의 하류(그림 5-1) 또는 상류(그림 5-2)에 주 송풍기를 설치할 수 있다. 송풍기가 시험청정장치의 하류에 위치한다면 분진혼합 오리피스의 상류에 ASHRAE 분진 공급장치만을 가지고 있는  $1830 \text{ mm} \times 1830 \text{ mm} \times 1830 \text{ mm}$  ( $6 \text{ ft} \times 6 \text{ ft} \times 6 \text{ ft}$ ) 이상의 제원을 가진 플레넘 챔버가 있어야 한다. 만약 송풍기가 시험청정

장치의 상류에 위치한다면 그림 5-2에 도시된 것 이상의 제원을 가진 직사각 플레넘이 분진혼합 오리피스의 상류에 설치되어야 한다. 송풍기는 분진혼합 오리피스가 있는 면을 제외한 임의의 면을 통하여 플레넘 챔버 내로 방류할 수 있다. 송풍기 방류는 그림 5-2에 도시된 바와 같이 분진혼합 오리피스로부터 적어도  $1220 \text{ mm}$  (48 in)만큼 떨어져야 한다.

송풍기 방류방향이 시험덕트의 축과 일치한다면 40 % 개공율의 금속판이 송풍기로부터

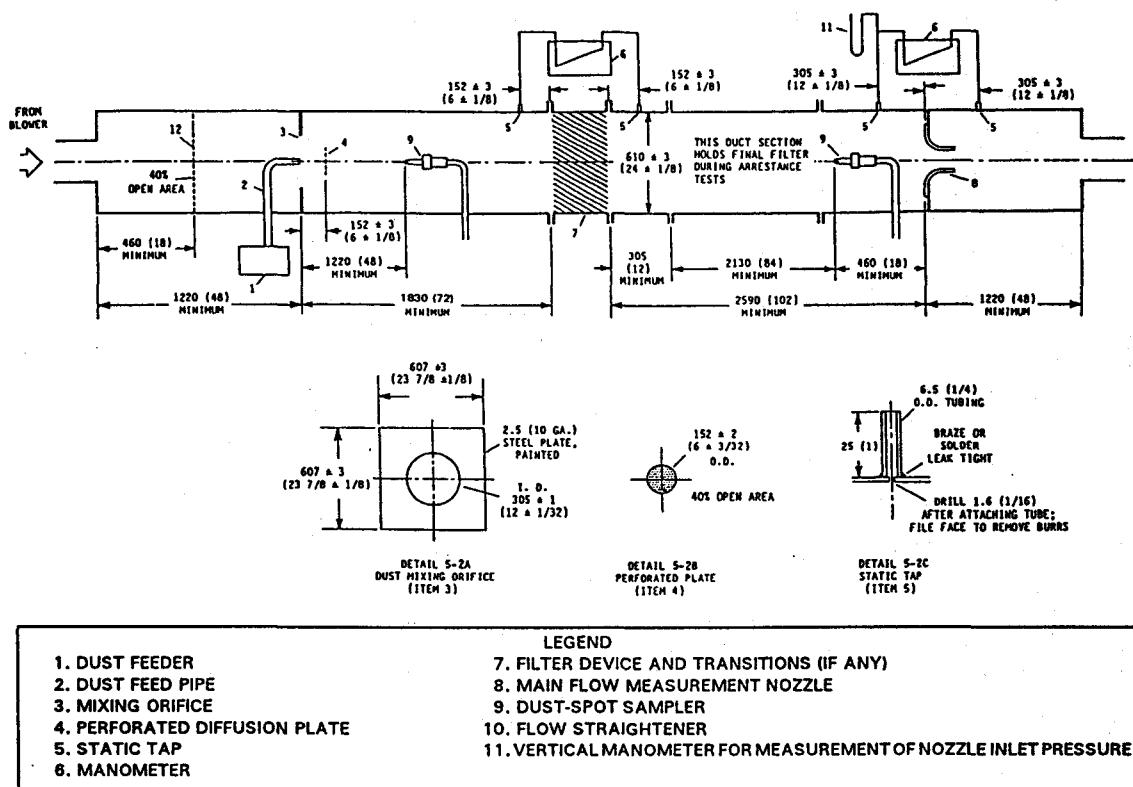


그림 5-2 ASHRAE 에어필터 시험덕트와 시험필터 상류의 송풍기

터 하류로 460 mm (18 in) 이상되는 지점에 방류 중심선에 수직하면서 전체 덕트 횡단면을 채우도록 설치되어야 한다(그림 5-2를 보라). 이 판의 목적은 송풍기로부터 방출되는 제트를 분쇄하여 입구기류형태에서의 유동구조들을 어느정도 유사하게 하는 것이다.

ASHRAE 분진 공급기에서 분진혼합 오리피스의 중심까지 인도해주는 분진공급튜브는 시험덕트의 중심축과 일치하고 있는 혼합오리피스의 중심축을 따라 방류해야 한다.

시험덕트는 송풍기나 다른 진동발생장비에 의해 야기된 진동의 영향을 받아서는 안된다.

본 규격은 610 mm × 610 mm (24 in × 24

in)의 정격 정면크기를 가지는 청정장치를 시험하는 것이 주 목적이다. 청정장치 조립품은 시험될 청정장치의 정면면적에 근접되어야 한다. 정규 덕트횡단면의 60 %에서 150 %까지의 정면면적을 가지는 청정장치에 변환되어 적용될 수 있다. 이 변환수준은 그림 5-3a와 5-3b에 도시된 상세치들 이내에 있어야 한다. 정규 덕트횡단면의 60 % 보다 작은 정면면적을 가지는 청정장치는 가능하다면 수개의 유니트로 이루어진 뱅크로 시험될 수 있다. 이러한 조건들을 만족시킬 수 없는 청정장치에 대해서는 이 조건을 만족하는 정면면적을 가진 더 큰 혹은 더 작은 유

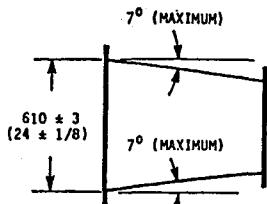


그림 5-3a 시험덕트보다 작은 시험필터에  
대한 연결덕트(비대칭도 허용)

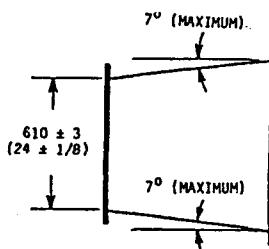


그림 5-3b 시험덕트보다 큰 시험필터에  
대한 연결덕트(비대칭도 허용)

나트의 작동구조를 가지는 특별한 복제 필터가 시험에 사용될 수 있다. 시험필터의 형태와 관계없이 시험필터의 상류에 있는 덕트부를 지나는 유량은  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (1000 cfm)보다 작아서는 안되며  $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (4000 cfm) 보다 커서는 안된다.

시험덕트는 환기덕트내에서 정상적인 설치시에 설치되지 않는 부속품들을 제외하여 공기청정장치를 완전히 감싸야 한다. 시험설비는 정상적인 다중필터 설치시에 제공되는 것들을 초과하여 공기청정장치 지지물을 제공해서는 안된다. 무정형 확장표면필터를 시험할 때 그림 5-3c에 도시된 시험덕트부를 사용할 수 있다. 이 덕트부는 이런 유형의 정격  $610 \text{ mm} \times 610 \text{ mm}$  ( $24 \text{ in} \times 24 \text{ in}$ ) 필터들을 시험할 때  $610 \text{ mm} \times 610 \text{ mm}$  ( $24 \text{ in} \times 24 \text{ in}$ ) 덕트보다 다중필터 뱅크들의 저항도에 더 근접하는 저항도를 제공함이 판명되었

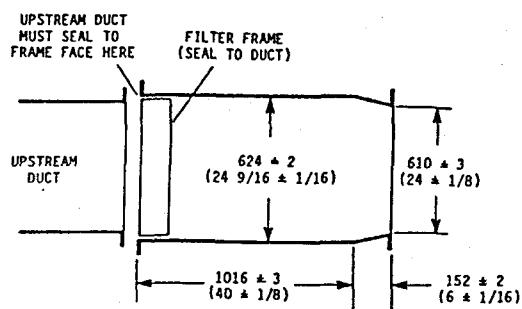


그림 5-3c 무정형 필터에 대한 특수덕트부  
(반드시 대칭)

다. 세가지 유형의 종단필터가 허용된다. 이에 대한 세부사항들은 그림 6-2, 6-3, 6-4에 제시되어 있다.

### 5.2.2 시험덕트의 분진반점효율 시험구조

5.2.2.1 그림 5-1과 5-2에 도시된 덕트는 대기분진 반점효율을 측정하는데 사용된다. 이 덕트에 공급되는 시험공기는 전형적인 대기에도로줄을 함유하도록 설계된다. 따라서 몇가지 제한조건들이 입구의 설계와 시험공기의 특성에 있어 필요하다. 시험공기 자체에 대한 세부사항은 정의 부분(4절)에 제시되어 있다. 입구 플레넘으로의 공기의 공급은 아래의 방식들 중 하나로 이루어질 수 있다.

(a) 실외로부터 분진혼합 오리피스의 바로 상류에 있는  $1830 \text{ mm} \times 1830 \text{ mm} \times 1830 \text{ mm}$  ( $6 \text{ ft} \times 6 \text{ ft} \times 6 \text{ ft}$ ) 이상의 제

원을 가진 플레넘 챔버로 배관을 하는 방식.

(b) 분진혼합 오리피스로부터 5 m 이하의 거리에 실외로 통하는 통로를 제공하는 방식. 이 통로의 면적( $m^2$ )은 청정장치의 정격유량( $m^3/s$ )을 1.53으로 나눈 값 이상 되어야 한다. ( $ft^2$ 으로 표현되기를 희망한다면 이 면적은 cfm으로 표현된 정격풍량을 300으로 나눔으로써 얻을 수 있다.)

외기는 일반적인 실외조건을 가능한 한 대표할 수 있는 곳으로부터 얻어져야 한다. 잦은 바람, 산업배출물, 지역교통조건 등에 의한 교란은 실험실 건물의 여러 높이나 측면 벽으로부터 외기를 유입함으로써 해결되어야 한다. 외기 입구에는 기상루버가 정착될 수 있으며 안개, 비, 진눈깨비, 눈이 시험덕트로 유입되지 않도록 예방책이 강구되어야 한다. 이를 넘어선 대기분진 반점시험에 사용되는 공기의 처리는 허용되지 않는다. 어떠한 경우에서도 이 시험을 위한 공기가 상기 (b)에 기술된 것이외의 상점, 사무실, 실험실영역, 다른 실내공간으로부터 유입되어서는 안된다.

### 5.3 공기청정장치 유량측정

그림 5-1과 5-2에 도시된 것과 같이 설치된 정압탭이 있는 그림 9-1의 ASME 장반경 유량노즐(참고문헌 7)을 이용함으로써 유량을 측정한다. 시험공기의 온도, 절대압력, 상대습도는 (되도록이면 유량측정 오리피스의 바로 상류의) 덕트 유동내에서 측정된다. 이 값들은 유량계산에 사용되나 제어될 필요는 없다.

### 5.4 ASHRAE 포획도분진 공급기

ASHRAE 분진공급기의 일반설계도 및 임계제원이 그림 5-4 및 5-5에 제시되어 있다. 공급기에 의한 분진분산의 성공도는 압축공기의 특성, 흡입기 조립부의 형상, 흡입기를 통한 유량에 의존한다. 흡입기 벤튜리는 흡입된 분진으로부터 마모를 당하게 되고 이 마모에 의해 벌어지게 될 것이다. 따라서, 벤튜리의 제원이 그림 5-5에 제시된 허용공차를 만족하는지를 확인하기 위하여 주기적으로 모니터되어야 한다. 또한, 분진공급기 파이프로부터 나오는 유량이  $6.8 \pm 0.2$  L/S ( $14.5 \pm 0.5$  scfm) 인지를 확인하기 위해 주기적으로 모니터되어야 한다. 이 유량은 대기압에서 유지되는 분진공급기 파이프의 방출류를 이용하여 결정한다. 이를 측정하기 위한 측정장치는 그림 5-6에 도시되어 있다. 압축공기 공급장치는  $1.7^\circ C$  ( $35^\circ F$ ) 이

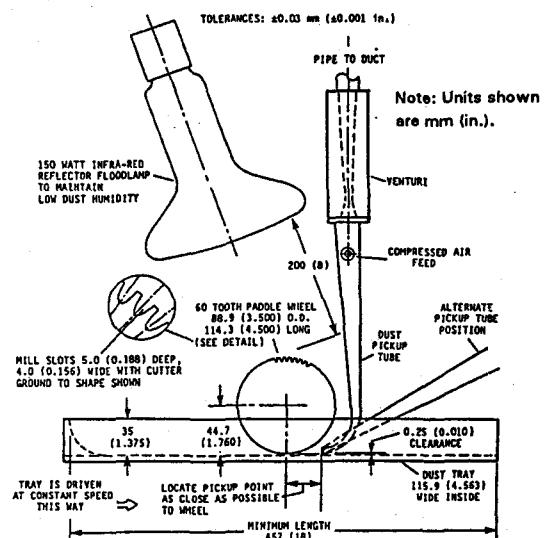


그림 5-4 ASHRAE 포획도분진 공급기

-조립품 임계제원

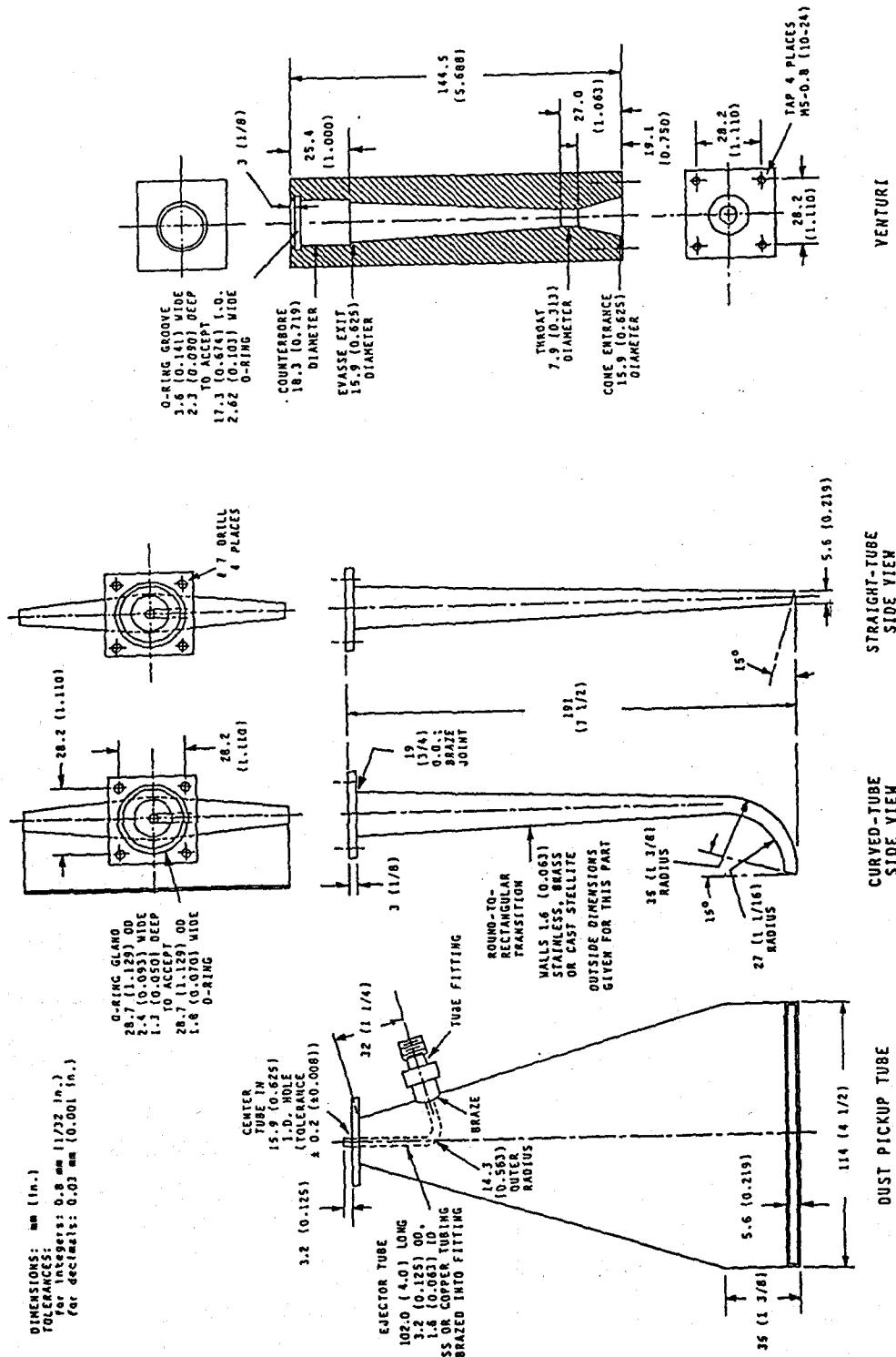


그림 5-5 ASHRAE 포획도분진 공급기-분사기/벤츄리 및 흡입튜브 상세도

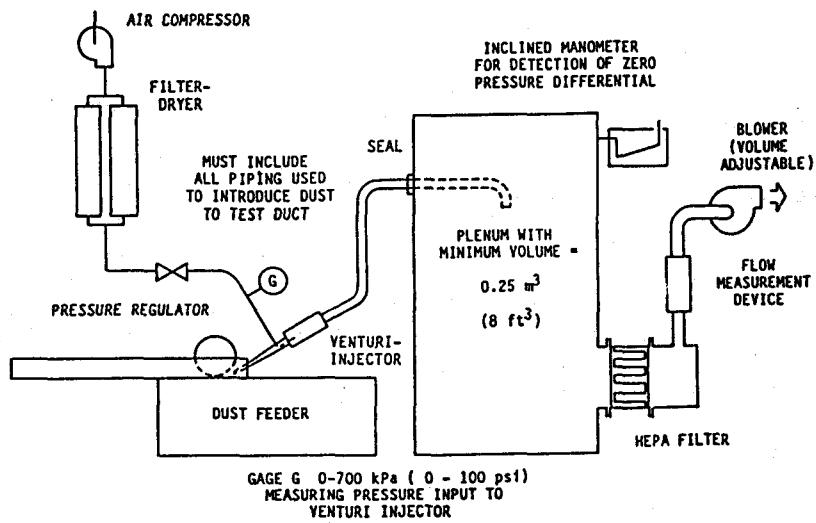


그림 5-6 ASHRAE 포획도분진 공급기-분진공급기의 벤츄리 보정기

하의 이슬점율을 가지는 오일이 없는 청정공기 를 제공하기 위해 필터건조시스템이 장착되어 있다.

### 5.5 분진반점 시험장치

분진반점시험에 사용될 샘플링 부품들이 그림 5-7과 5-8a에 상세히 기술되어 있다. 이 샘플러를 지나가는 샘플링 유량은 그림 5-9a에서 보이는 임계유량 벤튜리에 의해 자동제어된다. 벤튜리 목에서의 절대압력이 벤튜리 입구 절대압력의 53 % 보다 작은 한, 목에서의 유동은 음속을 넘지 않게 된다. 벤튜리 목 뒤에 있는 확대콘은 (보통 임계유동으로 불리는) 음속유동조건과 간섭하지 않으면서 약간의 압력을 회복시켜준다. 이런 이유로해서 이 유량은 전체 벤튜리 압력강하가 20 kPa(60 in Hg) 이상일 때 거의 일정하게

유지된다.

본 샘플링 시스템의 경우에는 두 개의 샘플러를 통한 절대유량들은 자신들의 상대유량들보다 중요하지 않다. 한 개의 단일 시험덕트에서의 사용을 위해서 가능한 한 한쌍의 벤튜리가 서로 일치하도록 해야한다. 이 벤튜리들은 추가적인 상류 제한조건 없이 특정한 입구 밀도 및 온도에 대하여 지정되고 보정되었음을 명심해야 한다. 타켓종이가 장착된 샘플러를 지나가는 절대유량은 보정된 노즐 유량보다 약간 작지만 상대 유량들은 거의 동일하게 유지 될 것이다. 그림 5-9b에도 시된 장치나 유사한 정확도의 장치를 가지고 보정된다.

분진 반점시험에서는 두가지 방법이 혼용된다.

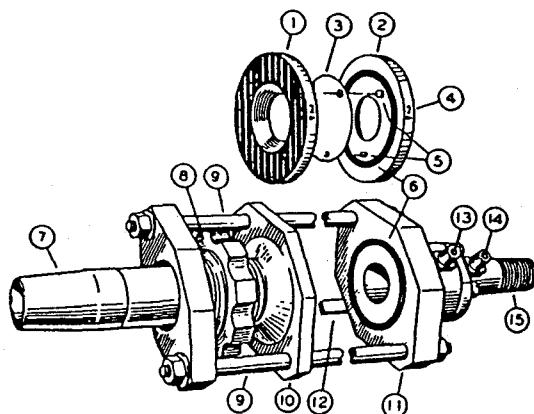
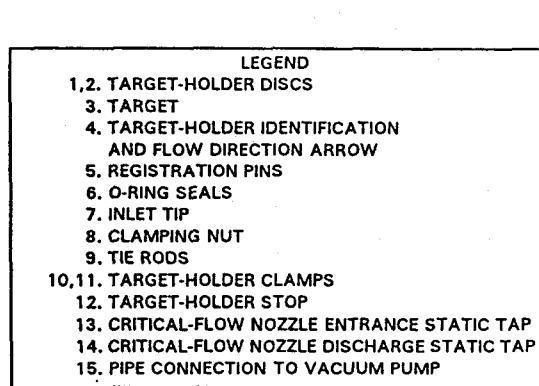


그림 5-7 분진반점 샘플러-조립품

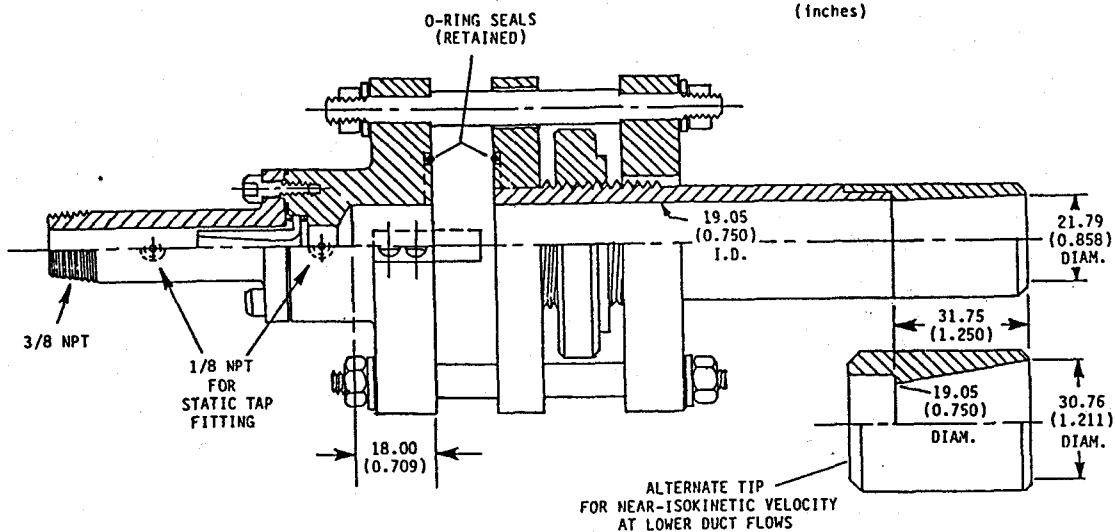
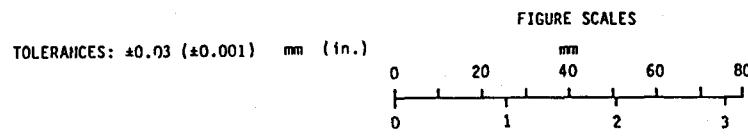


그림 5-8a 분진반점 샘플러-임계제원

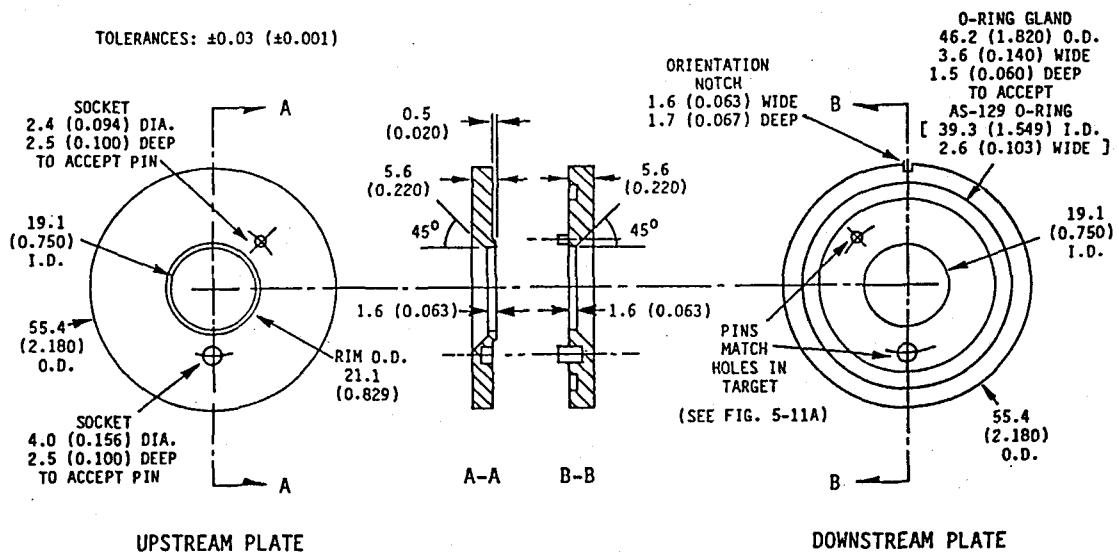


그림 5-8b 분진반점 샘플러-타겟홀더 원판

(a) 첫 번째 방법에서는 하류의 경우보다 작은 시간동안 상류에서 샘플링함으로써 상류와 하류 타겟상에 동일한 얼룩 강도를 만들도록 한다. 상류 샘플링시간은 예를 들어 90% 효율을 가진 필터의 경우 매 60초 중 6초의 소구간들로 분할된다. 이러한 사이클링은 그림 5-10a와 그림 5-10b에 도시된 배관, 솔레노이드 밸브, 타이머 시스템을 통하여 자동적으로 수행될 수 있다. 분진반점효율 시험동안 양쪽 샘플러들에 대한 총 ON 시간을 측정하는 데 0.1분의 판독가능 눈금을 가진 경과시간계들을 사용한다.

(b) 두 번째 방법에서는 양쪽 샘플러들이 동일한 유량으로 연속적으로 작동된다. 따라서 하류 타겟상의 얼룩이 상류 타겟상의 얼룩보다 연하다. 타겟 광도전달량과 타겟상의 에어로졸 양 사이에는

비선형 관계가 존재하기 때문에 에어로졸 농도에 대한 타겟 광도전달량의 변화율에 대한 변환공식이 필요하다. 연속샘플링방법(그림 5-10c)에 대한 배관시스템의 경우에는 개폐밸브가 양쪽 샘플러들에 대한 전공접속을 동시에 제어하게 된다.

분진반점 샘플러들은 그림 5-11a에 도시된 제원을 가진 유리섬유종이 타겟들을 장착하고 있다. 이 타겟들은 그림 5-8b의 홀딩디스크 사이에 있는 샘플러내에 장착된다. 분진반점 타겟들의 광도전달량은 그림 5-12와 5-13에 정의되어 있는 흑화도 계측기로 판독된다. 흑화도 계측기의 반응도는 그림 5-14에 도시된 광도전달표준을 사용함으로써 일정수준으로 유지된다.

모든 제원들은 달리 지시되지 않으면 mm 단위이고 팔호내에 인치로 표시되어 있다.

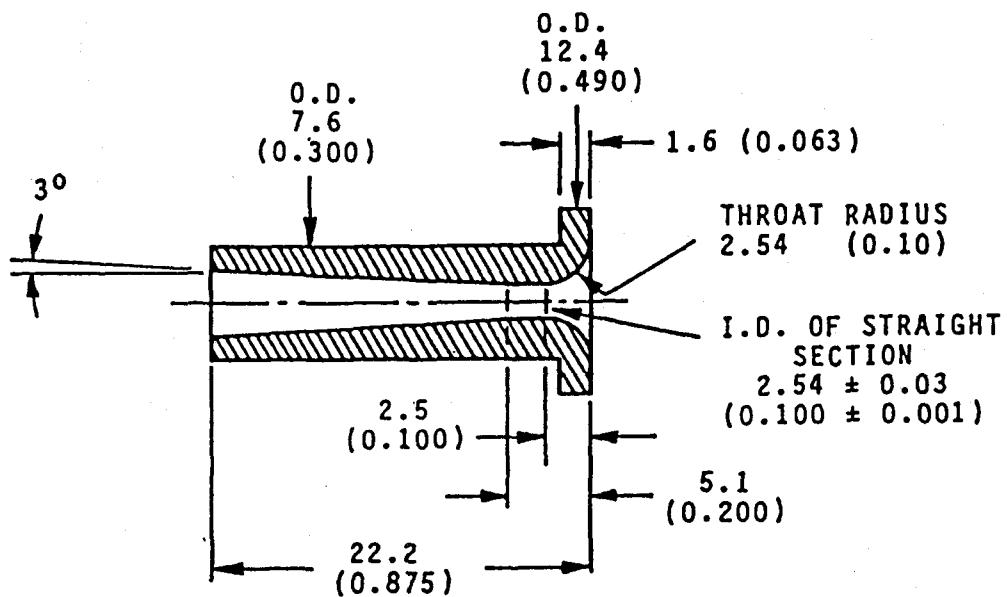


그림 5-9a 임계유량 벤츄리

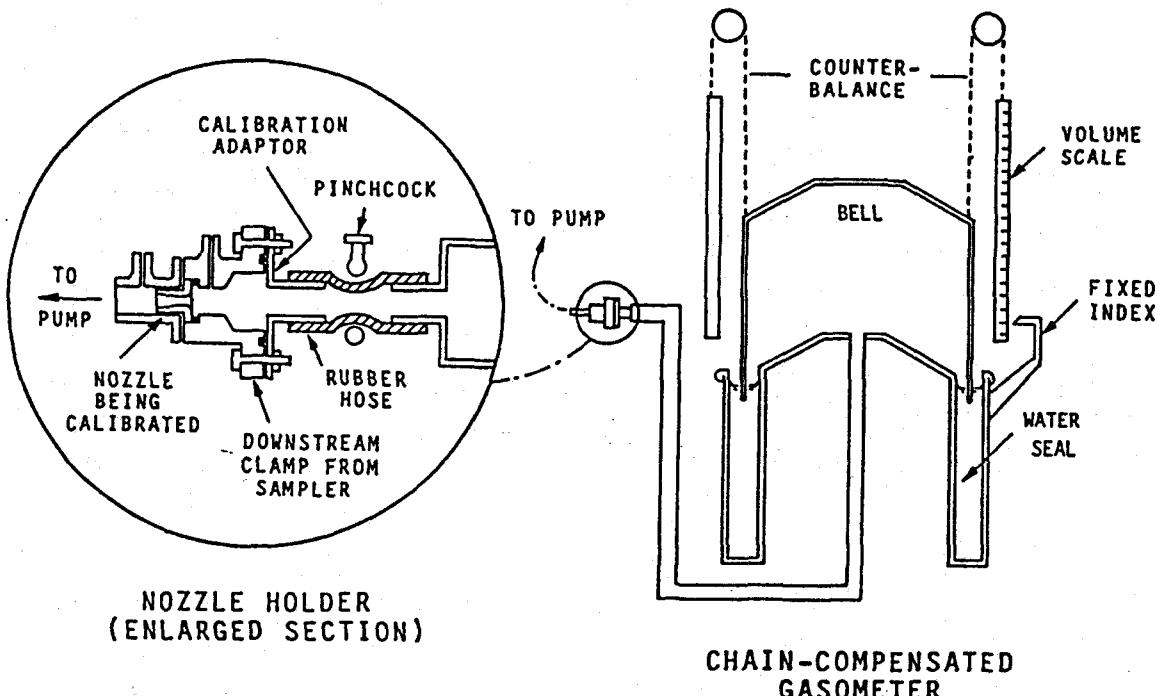


그림 5-9b 임계유량 벤츄리 보정장치

SYMBOLS:	
S1, S2	Samplers (Figure 5-7)
SV1, SV2	Solenoid valves (mount as close to samplers as possible)
VG	Vacuum gauges, range 0-50 kPa (0-15 in. Hg)
CV	Check valve to prevent backflow
VP	Vacuum pump

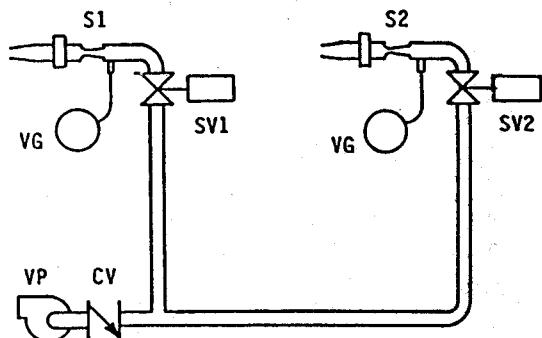


그림 5-10a 분진반점 샘플러 배관도

ESSENTIAL COMPONENTS	
S1	Power switch (starts and stops a run)
ET1	Upstream elapsed time meter, 120 min in 0.01 min units
ET2	Downstream elapsed time meter, 120 min in 0.01 min units
PT	Proportional timer, 0-100%, 1 min. recycle
PT1	Contacts on proportional timer
SV1	Upstream solenoid valve
SV2	Downstream solenoid valve

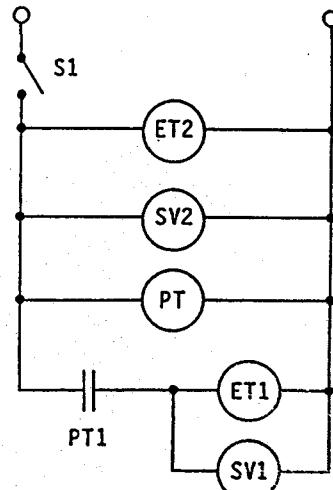


그림 5-10b 분진반점 타이머 시스템(간헐유량법의 경우)

ESSENTIAL COMPONENTS	
S1	Power switch (starts and stops a run)
ET1	Upstream elapsed time meter, 120 min in 0.01 min units
ET2	Downstream elapsed time meter, 120 min in 0.01 min units
PT	Proportional timer, 0-100%, 1 min. recycle
PT1	Contacts on proportional timer
SV1	Upstream solenoid valve
SV2	Downstream solenoid valve

OPTIONAL COMPONENTS	
RT	Recycling timer, 0-120 min adjustable period
RT1, RT2	Contacts on recycling timer
A	Annunciator to indicate end of test

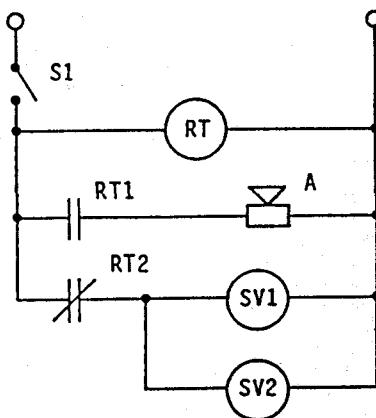
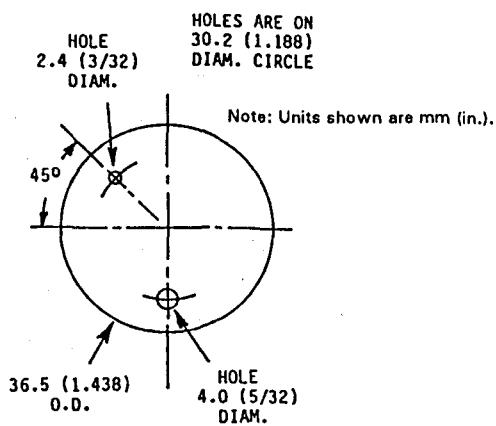


그림 5-10c 분진반점 타이머 시스템(연속유량법의 경우)



TARGET PUNCHED  
(AIR ENTERING SIDE SHOWN)

그림 5-11a 분진반점 샘플러 타겟종이 제원

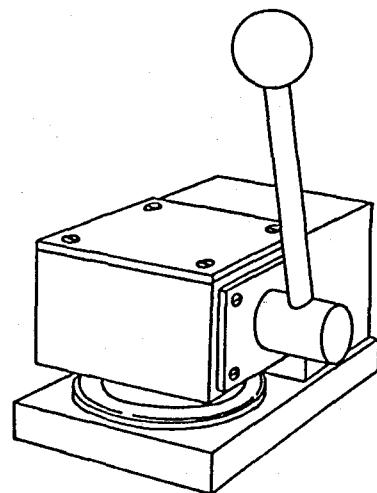
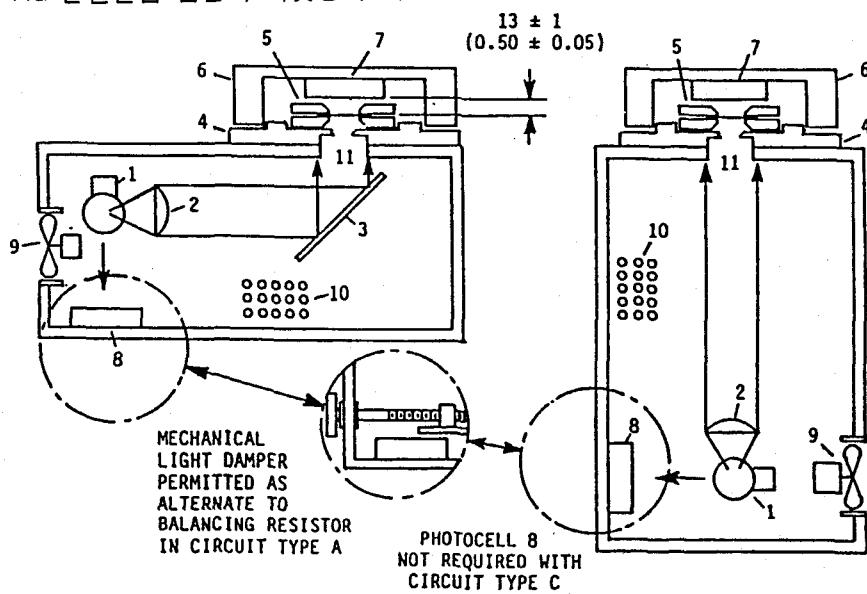


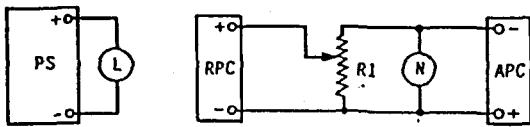
그림 5-11b 분진반점 타겟펀치



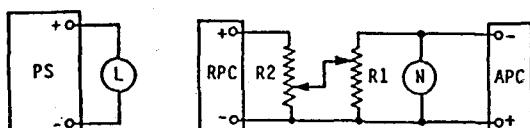
LEGEND

1. EXCITER LAMP, PROVIDING A COLOR TEMPERATURE OF  $2760 K \pm 250 K$  AND LINEAR OPERATION FOR PHOTOCELLS (1) AND (8) AT THE VOLTAGE SUPPLIED BY THE DC POWER SUPPLY (PS) IN FIGURE 5-13.
2. CONDENSER LENS, MINIMUM 25 MM (IN.) DIAMETER
3. FRONT-SURFACE MIRROR
4. TARGET HOLDER SUPPORT/POSITIONING PLATE
5. TARGET HOLDER
6. ACTIVE PHOTOCELL HOUSING/LIGHT TRAP
7. ACTIVE PHOTOCELL
8. REFERENCE PHOTOCELL (SAME TYPE AS ACTIVE PHOTOCELL)
9. COOLING FAN
10. VENT HOLES
11. CIRCULAR LIGHT-STOP, I.D.  $12.7 \pm 0.1$  MM ( $0.5 \pm 0.005$  IN.)

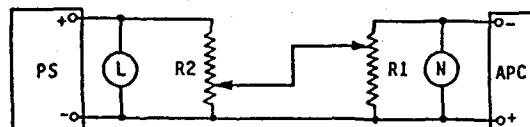
그림 5-12 분진반점 흑화도측정기—두가지 허용 배치도



TYPE A. REFERENCE CELL WITH LIGHT DAMPER



TYPE B. REFERENCE CELL, REFERENCE CURRENT  
ADJUSTED BY RESISTORS



TYPE C. NO REFERENCE CELL, REFERENCE CURRENT  
FROM POWER SUPPLY

LEGEND	
PS:	DC POWER SUPPLY, $\pm 0.05\%$ VOLTAGE REGULATION FOR $\pm 10\%$ INPUT VOLTAGE VARIATION; CURRENT AND VOLTAGE CAPACITY ADEQUATE FOR EXCITER LAMP AND NULL DETECTOR/BIDGE SIMULTANEOUSLY.
N:	NULL DETECTOR, PROVIDING CLEARLY VISIBLE INDICATION OF 0.1% CHANGE IN SETTING OF POTENTIOMETER R3 (E.G., 1-MM DEFLECTION OF AN ANALOG METER, 1 COUNT ON DIGITAL METER, OR SWITCH FROM "HIGH" TO "LOW" LIGHT-EMITTING DIODE INDICATORS).
L:	EXCITER LAMP, PROVIDING LIGHT INTENSITY APPROPRIATE FOR LINEAR OPERATION OF PHOTOVOLTAIC CELL.
APC:	ACTIVE (PHOTOVOLTAIC) PHOTOCELL, PEAK RESPONSE AT APPROXIMATELY 550 NM (CLOSELY MATCHING HUMAN-EYE RESPONSE).
PCC:	PHOTOCONDUCTIVE CELL, PEAK RESPONSE AT APPROXIMATELY 550 NM.
RPC:	REFERENCE PHOTOCELL, SAME AS APC.
R1,R2:	WIREWOUND 10-TURN POTENTIOMETERS.
R3:	WIREWOUND FEEDBACK RESISTOR.
A:	LOW-OFFSET-VOLTAGE OPERATIONAL AMPLIFIER, NONINVERTING MODE.

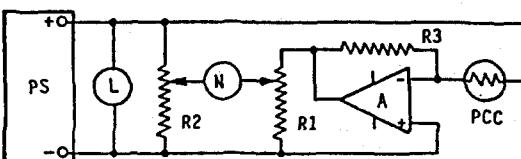
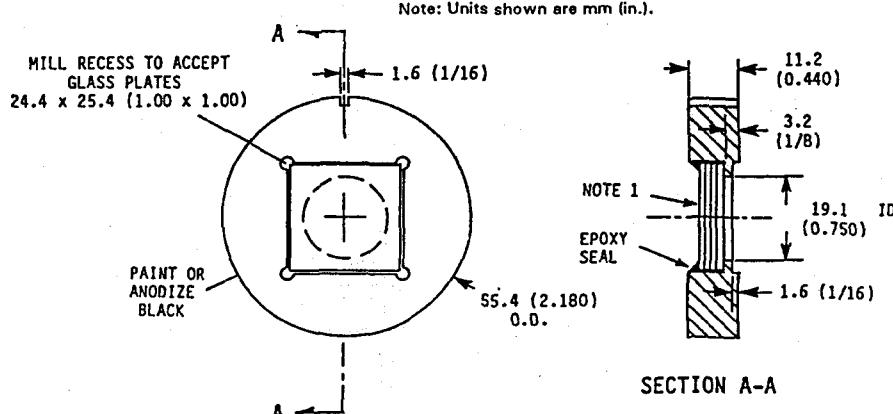


그림 5-13a 분진반점 흑화도측정기-광전압셀의 회로도

그림 5-13b 분진반점 흑화도측정기-광전도셀의 회로도



- (1) SUFFICIENT LAYERS OF FINELY-GROUND PHOTOGRAPHIC SLIDES COVERS TO PROVIDE DIFFUSE LIGHT TRANSMISSION EQUAL TO THE AVERAGE LIGHT TRANSMISSION OF A DUST-SPOT TARGET PAPER  $\pm 5\%$ . THIS AVERAGE SHALL BE DETERMINED BY MEASUREMENTS ON 10 TARGETS.

그림 5-14 분진반점 흑화도측정기-광도전달표준

## 5.6 저 울

아래 목록에 있는 항목들을 기술된 정밀도 내로 무게를 재기 위하여 저울이 필요하다. 수록된 질량치들은 지침만을 위한 근사값들이다.

종단필터(평판형, 그림 6-2),  $500 \pm 0.1$ g

종단필터(교체가능형, 그림 6-3),  $500 \pm 0.1$ g

종단필터(카트리지형, 그림 6-4),  $3000 \pm 0.$

1g

ASHRAE 분진(혼합물만),  $1000 \pm 1$ g

ASHRAE 분진(공급준비물),  $200 \pm 0.1$ g

공기청정장치(필수는 아님),  $10\text{kg} \pm 1$ g

## 6. 시험재질

### 6.1 ASHRAE 합성시험분진

(“ASHRAE 분진”으로 불리는) 이 분진은 중량으로 72 %의 표준화된 공기청정기 미세 시험분진과 23 % 탄소분말, 5 % 무명린터로 구성된다.

6.1.1 표준화된 공기청정기 (미세) 시험분진은 아리조나 주의 사막지역에서 수집한 분진에서 분류된 것이다. 주로 실리카이며 약  $7.7 \mu\text{m}$ 의 질량평균지름, 약 3.6의 기하표준편차, 약 2.7의 비중을 가지고 있다.

6.1.2 린터는 Wiley 연마기에서 연마되어 연마기내의 4 mm 스크린을 통과한 No. 7 무명린터이다.

6.1.3 탄소분말은 분말형태의 카본블랙으로서  $27 \pm 3 \text{ m}^2/\text{g}$ 의 ASTM D3765 CTAB(참고문헌1) 표면,  $0.68 \pm 0.7 \text{ cm}^3/\text{g}$ 의 ASTM D3765 CTAB (참고문헌 2) 흡착도,  $43 \pm 4$ 의 ASTM D3265 (참고문헌 3) 색조강도를 가

지고 있다.

6.1.4 그림 6-1에 도시된 배합기는 아래의 방법에 의해 2 kg 짜리 시험분진을 혼합하는데 사용된다.

(a)  $104^\circ\text{C}$ ( $220^\circ\text{F}$ )의 오븐에서 30분동안 약 1500 g의 표준화된 공기청정기 미세 시험분진을 건조시킨다. 1440 g의 분진을 달아서 깨끗한 병에 담는다.

(b)  $104^\circ\text{C}$ ( $220^\circ\text{F}$ )의 오븐에서 30분동안 약 600 g의 카본블랙을 건조시킨다. 460 g의 건조된 카본블랙을 달아서 표준화된 공기청정기 미세시험분진이 있는 병에 담는다.

(c) 그림 6-1에 도시된 배합기를 분당 1100 회전수로 5분동안 회전시켜 혼합한다. 병은 각 1분마다 1회 회전시킨다. 이 병은 혼합하는 동안 수평으로 기운 상태로 있어야 한다.

(d)  $82^\circ\text{C}$ ( $180^\circ\text{F}$ )의 오븐에서 30분동안 약 125 g의 무명린터를 건조시킨다. 100 g의 린터를 들어내고 약 20 g을 14매쉬 ASTM E437 (참고문헌 4) 스크린으로 체를 쳐서 병에 담는다. 그 분진과 린트 혼합물을 2분동안 배합기로 혼합시킨다. 전체 100 g의 린트가 분진 혼합물에 혼합될 때까지 20 g 린트단위로 추가하면서 배합과정을 반복한다.

### 6.2 종단필터

포획도의 측정동안 또는 원한다면 분진용량 시험동안 시험청정장치를 통과하는 분진을 포획하는 종단필터는 서로 다른 세가지의 유형이 있다. 첫 번째 유형은 필터여재로 된 평판으로서 밀봉 플랜지들 사이에서 고정되

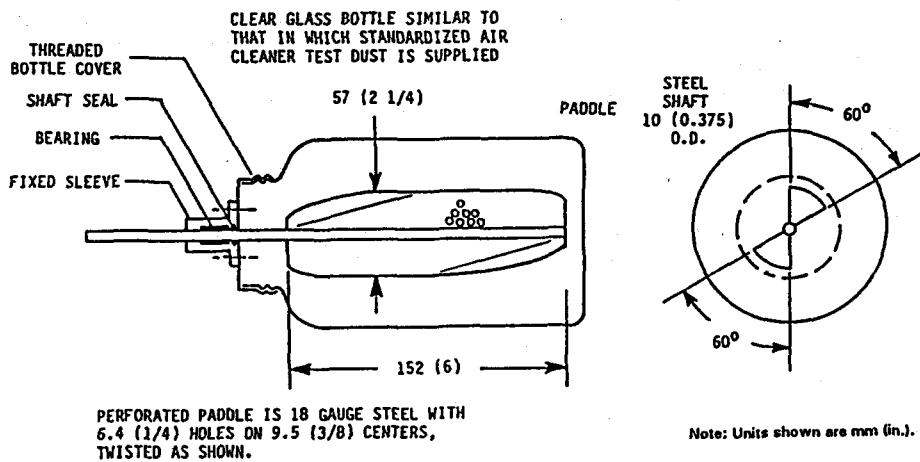


그림 6-1 포획도 시험분진 혼합기

어 있고 와이어 스크린으로 지지되어 있다. 이런 유형의 예가 그림 6-2에 도시되어 있다. 두 번째 유형에서는 필터여재가 시험덕트의 횡단면 보다 더 넓게 여재를 사용할 수 있도록 해주는 주름형태로 지지플레임내에 삽입된다. 세 번째 유형에서는 소모성 카트리지 필터가 사용된다. 포획도 측정을 위해 무게를 재는 종단필터의 부분(세 번째 유형에서는 소모용 카트리지 전체이고 다른 두 가지 유형에서는 여재부분만)을 “검량 부분”이라고 부른다. 모든 유형에서 검량부분을 삽입, 제거, 취급하는 데 있어 여재로부터의 분진 손실이 최소이고 여재자체의 손상 및 손실이 없도록 해야만 한다. 모든 경우에서 필터여재는 아래의 조건들을 만족해야 한다.

#### 6.2.1 종단필터여재는 분진접착용 코팅이 없는 건식 섬유여재이어야 한다.

6.2.2 종단필터의 검량부분은 어떠한 포획도 시험중에도 손상, 섬유손실, 습도변화에 의해서 1 g을 초과하여 무거워지거나 가벼워져서는 안된다.

#### 6.2.3 종단필터의 초기포획도는 적어도 98

% 이상이어야 한다. 90 % - 95 %의 평균 ASHRAE 분진반점효율을 가지는 필터들이 일반적으로 이 조건을 만족한다.

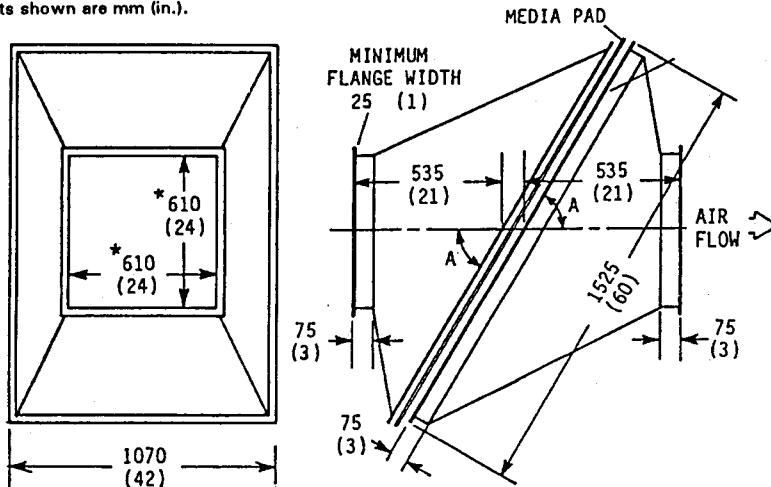
6.2.4 종단필터와 이것의 필터여재에 대한 설계는 상기의 조건을 만족하는지를 증명하기 위하여 본 규격에 따른 시험에 의해 검증되어야 한다.

두 번째와 세 번째 유형의 종단필터들은 일반적으로 구할 수 있는 품목들이지만 그림 6-3, 6-4에 주어진 제원들을 맞춰주어야 한다. 조건 6.2.2가 만족될 수 있고 실용적인 저울이 사용되어질 예정이라면 이 필터들은 검량부분내에 구조용 재질들을 최소한으로 포함해야 한다.

#### 6.3 분진반점타겟종이

타겟종이는 US 군사명세 MIL-F-51079 (참고문헌 5)에 지정된 것으로  $0.40 \pm 0.05$  mm( $0.015 \pm 0.002$  in)의 두께를 가진 유리 섬유필터여재이어야 한다. 이것은 널리 사용되는 고효율 분진필터여재(HEPA 필터여재)이다.

Note: Units shown are mm (in.).



1. MEDIA PAD AND GRID/FLANGE DIMENSIONS ARE MANDATORY MINIMA, EXCEPT FOR THOSE MARKED WITH ASTERisks (\*), WHERE THE TOLERANCES ARE  $\pm 3$  ( $\pm 1/8$ ).
2. LONGER AND WIDER PAD LENGTHS ARE PERMISSIBLE. MAXIMUM BACKUP GRID WIRE SPACING IS 51 MM (2 IN.).
3. PAD ORIENTATION MAY BE CHANGED; ANGLE "A" MAY RANGE FROM 9° TO 90°.

그림 6-2 종단필터 : 평판형 여재형태

Note: Units shown are mm (in.).

1. MAXIMUM BACKUP GRID WIRE SPACING IS 51 MM (2 IN.).
2. TOLERANCES ARE  $\pm 3$  ( $\pm 1/8$ ).

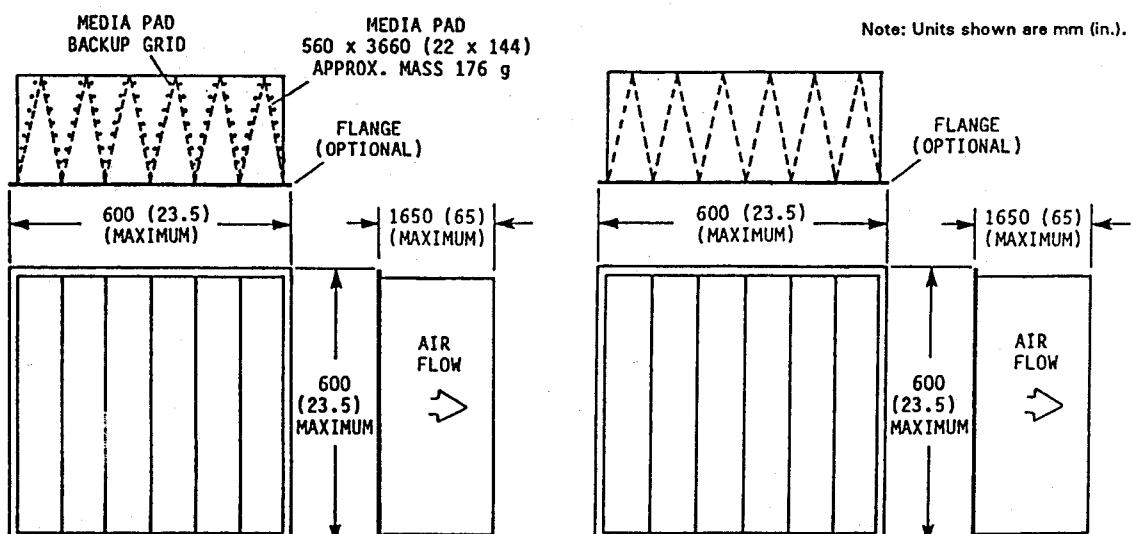


그림 6-3 종단필터 : 주름있는 교체성 여재형태

그림 6-4 종단필터 : 카트리지형태

## 7. 공기청정장치의 준비

7.1 시험될 청정장치는 제조업체의 권고사항들에 따라 준비되어야만 한다. (전기식 공기청정기의 파워팩과 같은) 외장 부속품들이 필요한 청정장치는 현장에 사용되는 것과 동등하고 시험되는 제원의 유니트에 알맞은 특성을 가지고 있는 부속품들로 작동되어야 한다.

7.2 필요하다면 g 단위로 공기청정장치의 무게를 쟁다 (필수조건은 아님).

7.3 청정장치는 자신을 지나가는 유동의 중심이 시험덕트를 지나가는 기류의 중심과 일치하도록 시험덕트내에 설치되어야 한다.

7.4 청정장치와 시험덕트 간의 가장자리 누설 및 분진축적을 최소화시키기 위하여 (수직 지지대를 포함하여) 상류측면상에서 청정장치를 시험덕트에 밀봉시켜야 한다.

## 8. 시험절차 개요

8.1 각 청정장치에 대한 성능시험들의 측정순서는 다음과 같아야 한다.

8.1.1 9장에서 서술되는 깨끗한 청정장치에 대한 유량에 따른 저항도.

8.1.2 20% 이상의 평균 분진반점효율이 요청된다면 10장에서 기술되는 초기 분진반점효율.

8.1.3 11장에서 기술되는 초기포획도. 분진은 시험중에 필터내에 포집되기 때문에 초기포획도는 실제로 포획된 분진의 첫 번째 부분이다.

8.1.4 12장에서 기술되는 분진적재량. 여기

서는 분진적재시험과 추가적인 포획도 측정들을 함께 수행하고 20% 이상의 평균 분진반점효율이 요청되는 경우 추가적인 분진반점효율 시험을 수행하게 된다. 청정장치가 자체재생형이라면 12.3을 수행하고 그렇지 않으면 12.2를 수행한다.

## 9. 유량에 따른 저항도의 측정

9.1 시험덕트내에 청정장치를 설치한 후에 마치 효율측정을 하는것처럼 이동형 하류 분진반점 샘플러 덕트조립부를 제 위치에 둔다.

9.2 사용되는 모든 부속장비의 작동조건들을 기록한다.

9.3 (그림 9-1에 도시된) 유량노즐로 측정한 유량값들이 안정되어지면 기록한다. 본 표준규격의 용도에는 아래의 식들로 유량이 정의된다.

$$Q = 1.0996 \times 10^{-6} C D^2 (\Delta P / (\rho(1 - \beta)))^{0.5}$$

(SI 단위계)

$$Q = 5.9264 C D^2 (\Delta P / (\rho(1 - \beta)))^{0.5}$$

(I-P 단위계)

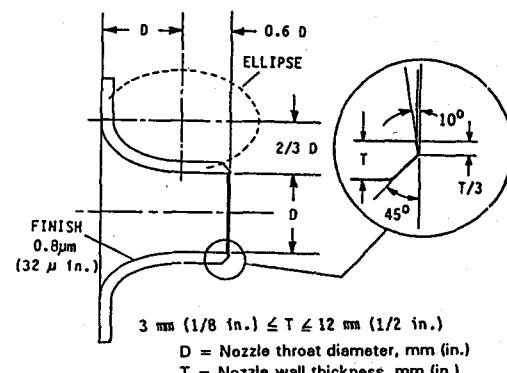


그림 9-1 ASME 장반경 유동노즐 제원

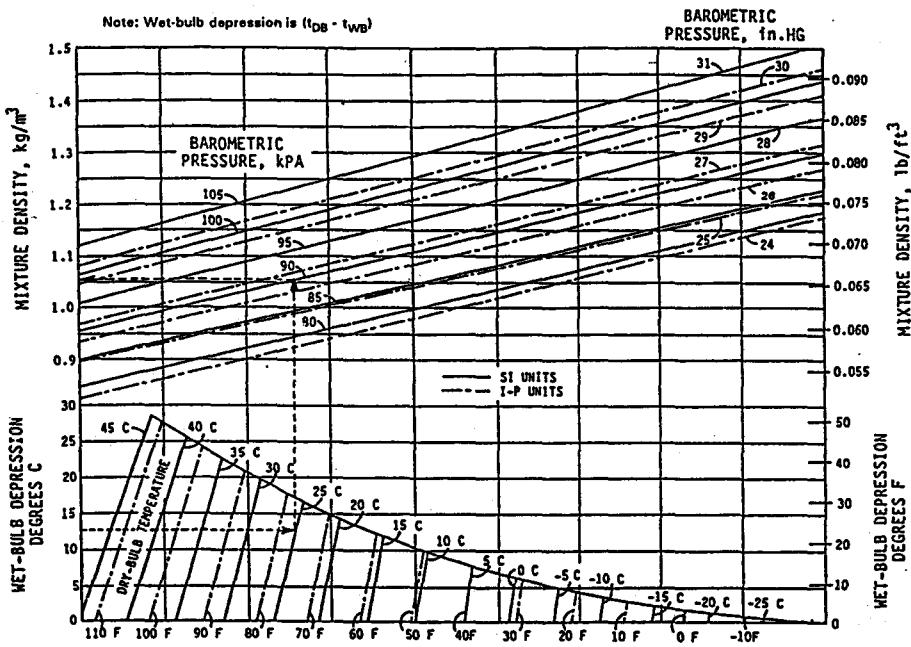


그림 9-2 습공기밀도선도

여기서,

$Q$ =시험유량,  $\text{m}^3/\text{s}$  (cfm) ;

$C$ =방류계수= $0.9975 - 6.53 \text{ Re}^{-0.5}$ ;

$D$ =노즐목지름, mm (in) ;

$W$ =덕트폭, mm (in);

$\beta=D/W$  ;

$\Delta P$ =노즐압력강하, Pa (In of Water) ;

$\rho$ =습공기 밀도 (그림 9-2 참조),  $\text{kg}/\text{m}^3$  ( $\text{lb}/\text{ft}^3$ ) ;

$\mu$ =습공기 점성계수 ;

$Re=K\rho Q/\mu D = KR\rho Q/D$ .

$\mu=1.817 \times 10^{-5} \text{ Ns}/\text{m}^2$  ( $1.22 \times 10^{-5}$  lbm/ft's)

을 이용하면,

$KR=5.504 \times 107$  (SI 단위계),

$KR=16393$  (I-P 단위계)

이 식들은 ASME 표준규격 MFC-3M-1985로부터 유도되었다. 노즐을 통한 압력강하가 정격유량에서 100 Pa(0.4 In of Water) 보다 작아서는 안되며 노즐위치와 정압탭들은 그림 5-1을 따라야 한다.

9.4 최소한도로 4가지의 유량, 즉 정격유량의 50%, 75%, 100%, 125%에서 청정장치의 저항도를 측정하여 기록한다. 저항도는 그림 5-1과 5-2에 도시된 바와 같이 위치되어 있는 정압탭들 사이에서 측정되어야 한다. 이 측정들이 끝나는 순간 시험덕트 송풍기의 전원을 끈다.