

[별첨 1]

KACA001-2009

고성능 에어필터 시험방법

(High Efficiency Air Filter of Testing)

한국공기청정협회

- 목 차 -

1. 적용 범위
2. 인용 표준
3. 정의
4. 에어필터 분류 및 종류
5. 사용자재 요구조건
6. 필터 제조 요구조건
7. HEPA/ULPA 필터 여과성능 시험
8. 시험방법

고성능 에어 필터 (HEPA and ULPA)

High Efficiency Air Filter of Testing

1. 적용 범위

이 표준은 클린룸 및 클린룸 기기, 원자력시설, 병원 등에 사용되는 에어 필터 중, 상온에서 섬유로 구성된 여과재를 사용하여 분진을 제거하는데 사용되는 고성능 에어 필터(HEPA - High Efficiency Particulate Air 및 ULPA-Ultra Low Penetration Air)의 성능 시험방법에 대하여 규정한다.

2. 인용 표준

다음에 나타내는 표준은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용 표준은 그 최신판을 적용한다.

KS A 0090 시험용 분체 및 시험용 입자

KS B 6311 송풍기의 시험 및 검사 방법

KS B 6336 광산란식 자동 입자 계수기

KS B 6740 클린룸용 에어필터 성능시험방법

KS D 3506 용융 아연도금 강판 및 강대

KS D 3615 도장 스테인레스 강판

KS D 6762 알루미늄 및 알루미늄합금의 판 및 관의 도체

KS D ISO 16162 연속 냉간압연 강판 - 치수 및 모양 허용차

KS F 3104 파티클 보드

ANSI A 208.1 Particleboard, Mat-Formed Wood

ASTM A 176 Standard Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium Steel Plate, Sheet, and Strip

ASTM A 240 Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications

ASTM A 653 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process

ASTM A 1008 Standard Specification for Steel, Sheet, Cold-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, Solution Hardened, and Bake Hardenable

ASTM B 209 Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate

ASTM C 209 Standard Test Methods for Cellulosic Fiber Insulating Board

ASTM D 1056 Standard Specification for Flexible Cellular Materials-Sponge or Expanded Rubber

ASTM F 316 Standard Test methods for Pore Size Characteristics of Membrane Filters by Bubble Point and Mean Flow Pore Test

EN 1822 High Efficiency Air Filters (HEPA and ULPA)

IEST-RP-CC001.4 HEPA and ULPA Filters / QQ-S-698 Steel Sheet and Strip, Low Carbon

IEST-RP-CC001.4 HEPA and ULPA Filters / QQ-A-250/11 Aluminum Alloy 6061, Plate and Sheet

3. 정의 표준에서 사용하는 주된 용어의 정의는 KS A 0010 및 KS A 4019에 따르고 그 외 것은 다음에 따른다.

3.1 ULPA(Ultra Low Penetration Air) 입자크기가 $0.12\mu\text{m} \sim 0.17\mu\text{m}$ 범위의 에어로졸을 사용할 경우, 최소 입자 포집효율은 99.999% 이상이어야 하며(최대 입자 투과율 0.001%, @ 5.3cm/min) 견고한 프레임 내에 건조된 필터를 포함하고 있어야 한다.

3.2 HEPA(High Efficiency Particulate Air) 정격 풍량에서 $0.3\mu\text{m}$ 의 DOP 단분산입자에 대해 99.97% 이상의 포집율을 갖는 에어필터

3.3 필터여재 (Filter medium)

플리팅, 즉 주름처럼 접지 않은 평탄한 상태의 여과재

3.4 절곡된 여재 팩 (Folded pack)

필터여재가 일정한 형상으로 절곡된 팩

3.5 필터 엘레먼트 (Filter element) 또는 필터 (Filter)

절곡된 여재 팩을 프레임으로 봉하여 만든 것

3.6 시험공기

시험할 때 청정장치(에어필터)를 통과하는 공기를 말한다. 시험공기의 온도는 $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$, 습도는 $(55 \pm 15)\%$, 농도는 대기분진 수준의 외기이어야 한다.

3.7 계수법

공기청정장치(에어필터)가 시험공기로부터 미세분진을 제거할 수 있는 능력의 척도로서 입자계수기로 측정하는 방법

3.8 압력손실 (Pressure drop)

필터의 입구 및 출구에서의 압력차, 파스칼(Pa)로 나타낸다.

3.9 투과율 (Penetration) (C_x/C_o)

시험샘플의 입구 측 농도(또는 입자 수)중에서 출구 측에서 제거되지 않고 통과된 농도(또는 입자 수)의 비를 나타낸다.

3.10 입자포집효율

시험 중인 필터에 의해 포집된 입자의 비율을 백분율로 표현한 것으로 필터의 입자포집 능력을 나타낸다.

$$\epsilon = (1 - C_x/C_o) \times 100\%$$

1) 전체 효율(Overall efficiency) : 주어진 조건에서 가동중인 필터의 전체 면적에 대한 효율

2) 국부 효율(Local efficiency) : 주어진 조건에서 가동중인 필터의 특정 위치에서의 효율

3.11 필터 표면적(Filter face area)

기류에 노출된 장치의 총면적을 말한다. 이 면적은 시험용 덕트부의 축에 대해 직각인 면으로부터 측정하거나 장치에 접근하는 기류의 특정 방향으로부터 측정한다. 모든 내부 플랜지들이 이 면적의 일부이지만 기류의 바깥쪽에 탑재된 하드웨어와 전기배관 같은 품목들은 보통 포함되지 않는다. 표면적은 유효숫자 3자리까지 표시하고, 단위는 m^2 이다.

3.12 면속도(Face velocity)

필터장치 표면에서의 공기의 이동속도(유량을 표면적으로 나눔)를 말하며, 유효숫자 3자리까지 표시하고, 단위는 m/s 이다.

3.13 필터 여재(Filter media)

분진을 제거하는 물질이며 종류로는 유리섬유와 방사한 합성섬유 등이 에어필터 여재의 대표적인 예이다.

3.14 여재면속도(Nominal filter media face velocity)

필터 여재를 통과해 움직이는 공기의 이동속도를 말한다(유량을 순수 유효 여과면적으로 나눔). 유효숫자 3자리까지 표시하고, 단위는 m/s 이다.

3.15 정격유량(Nominal air volume flow rate)

필터장치의 테스트에 사용되는 단위 m^3/sec 의 유량을 말한다. 본 표준에서는 제조업자에 의해 구체적으로 명기되어야 한다.

3.16 시험용 에어로졸(Test aerosol)

DOP(di octyl phthalate), DEHP(di-2-ethylhexyl phthalate), 또는 PAO(poly-alpha-olefin) 과 같은 입자들을 말하며, 본 표준에서 시험한 장치의 입자포집효율을 결정하는데 사용된다. 시험용 에어로졸의 발생방법은 본문에 나타내었다.

3.17 누설(Leak)

필터장치의 일부지점이 주어진 한계값보다 낮은 국부 효율 (Local efficiency) 을 갖는 것

3.18 통과하기 쉬운 입자 크기 (MPPS: most penetration particle size)

주어진 필터의 최고 통과율 (또는 낮은 효율) 에서의 Particle size ($0.12\mu m \sim 0.17\mu m$)

3.19 시험장비(Testrig)

시험용 덕트부, 에어로졸 발생기, 부하용 분진 공급기, 입자 계수기(計數器), 그리고 관련 부속품으로 이루어진 전체 조립품, 기계(기구)의 사용설치 및 장비의 모니터링 등을 말한다.

3.20 프로빙과 스캐닝(Probing and scanning)

ULPA 필터내의 누출 위치를 찾아내는 시험법은 에어로졸 광도계를 사용하여 입구에서 탐지하거나 불연속 입자 계수기를 필터의 표면으로부터 2.5cm 떨어진 위치에 놓고 검출된 누출 속도와 시험용 에어로졸의 유입 농도에 근거하여 누출 범위를 움직이면서 측정한다.

3.21 단일 입자계수기(Discrete-particle counter, DPC)

대기 중의 입자의 크기와 입자의 개수를 측정하는 장치로, 측정원리는 Light-scattering 이나 다른 원리를 사용하고, 그 결과를 기록한다.

3.22 통기도

필터 여재의 압력차를 일정하게 했을 때 단위면적을 지나는 공기량을 말한다.

4. 에어필터 분류 및 종류

4.1 에어필터의 분류

필터는 여과성능(포집효율 또는 통과율)에 따라서 등급(그룹)으로 분류된다. 본 표준에서는 (HEPA/ULPA) 필터에 대하여 표 1과 표 2와 같이 분류한다.

표 1 EN 1822 필터 등급

등급	전체 효율 (Global Values)		국부 효율 (Local Values)	
	포집효율(%)	투과율(%)	포집효율(%)	투과율(%)
H10	85	15	-	-
H11	95	5	-	-
H12	99.5	0.5	-	-
H13	99.95	0.05	99.75	0.25
H14	99.995	0.005	99.975	0.025
U15	99.9995	0.0005	99.9975	0.0025
U16	99.99995	0.00005	99.99975	0.00025

* 상기 분류는 EN 1822 표준을 인용한 것으로 공급자와 사용자와의 협의에 의하여 별도의 등급을 정할 수 있다.
 * 상기표의 국부적 효율에 대하여는 공급자와 사용자 간의 협의에 의하여 주어진 표 보다 낮을 수 있다.
 * 상기 주어진 포집효율값은 MPPS 입자 크기에서 측정된 값이다.
 - H 등급: 0.3 μ m, U등급: 0.1 μ m

표 2 IEST-RP-CC001 필터 등급

등급	입자크기	전체 효율(Global Values)		국부 효율(Local/Leak Values)	
		포집효율(%)	투과율(%)	포집효율(%)	투과율(%)
A	0.3* μ m	99.97	0.03	-	-
B	0.3* μ m	99.97	0.03	Two flow leak test	
E	0.3* μ m	99.97	0.03	Two flow leak test	
H	0.1~0.2 or 0.2~0.3 μ m	99.97	0.03	-	-
I	0.1~0.2 or 0.2~0.3 μ m	99.97	0.03	Two flow leak test	
C	0.3* μ m	99.99	0.01	99.99	0.01
J	0.1~0.2 or 0.2~0.3 μ m	99.99	0.01	99.99	0.01
K	0.1~0.2 or 0.2~0.3 μ m	99.995	0.005	99.992	0.008
D	0.3* μ m	99.999	0.001	99.99	0.01
F	0.1~0.2 or 0.2~0.3 μ m	99.999	0.001	99.995	0.005
G	0.1~0.2 μ m	>99.9999	0.0001	99.999	0.001

* 열에 의하여 발생된 에어로졸의 질량평균 직경이 실제로 0.3 μ m의 입자에 근접하더라도 0.2 μ m 이하 그리고 전형적인 HEPA필터의 MPPS의 가까운 것을 의미하는 사이즈로 간주되었음을 볼 수 있다.

4.2 에어필터의 종류

4.2.1 일반

필터 공급자와 고객 간 필터의 풍량 및 기타 성능 기준이 결정되면 필터 팩은 세퍼레이터 또는 미니프리트 타입으로 결정되게 된다. 그리고 필터 팩의 프레임에 접촉하는 모든 필터의 접촉면은 접착제로 견고하게 부착되어야 한다. 가스켓이 필요한 경우에도 접착제로 프레임에 고정되어야 한다.

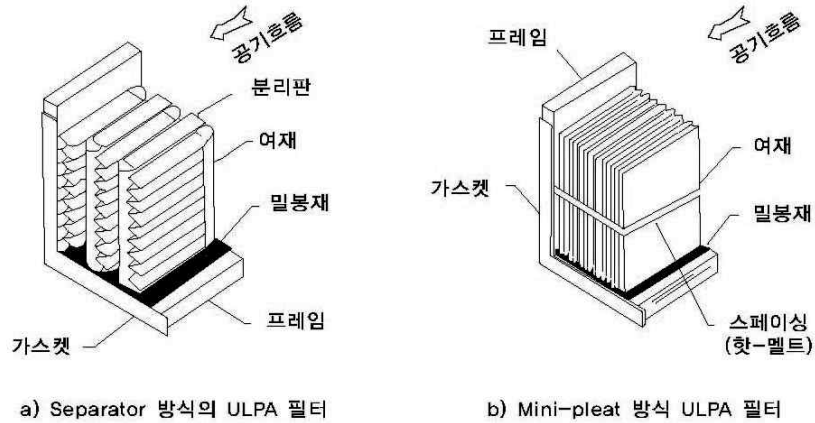


그림 1 고성능 (HEPA/ULPA) 필터 구조 및 구성도

4.2.2 세퍼레이터(Separator) 타입

세퍼레이터 타입의 필터는 상기 그림 1 a)과 같으며 필터여재를 요구되는 필터 팩의 깊이 만큼 앞과 뒤로 접으면서 만든다. 그리고 이렇게 접힌 필터여재는 주름모양이 유지되면서 분리판으로 지지된다. 필터여재는 팩을 프레임에 부착하였을 시, 반드시 프레임의 끝을 지나 튀어나오지 않아야 한다. 세퍼레이터는 프레임의 중심선과 수직이어야 하며 프레임의 상부와 하단부를 수직으로 그은 직선라인으로부터 6.4mm 를 벗어나지 않아야 한다. 갑작스런 치우침 등은 허용되지 않는다. 필터 팩은 1회만 필터여재의 이어붙임을 허용한다.

4.2.3 미니프리트(Mini-pleat) 타입

미니프리트 타입의 필터는 그림 1 b)과 같으며 팩은 여재를 밀접하게 접는다. 근접하게 접힌 필터여재는 실 또는 그라스섬유의 리본 그리고 접착제에 의하여 지지된다. 연속 또는 비연속으로 도포된 선 형태의 접착제는 여재에 도포되어 여재가 접혔을 시 접착제의 두께에 의한 간격을 만들어 분리판 역할 및 지지대 역할을 한다. 필터여재 및 지지대는 필터프레임 밖으로 튀어나오지 않아야 한다. 필터 팩은 프레임에 견고히 고정되어야 하며 필터여재에 결함이 없어야 한다.

5. 사용자재 요구조건

일반적으로 필터는 적용 목적에 적합한 원자재로 만들어져야 한다. 원자재 특성은 인화성, 유연성, 가스발생, 화학적 저항 등 그 외의 조건에 연관되며 또한, 고온 및 다습 또는 그 밖의 상태에 노출되어 품질저하로 문제가 될 수 있다. 아래 내용은 IEST-RP-CC001.4 에 제시된 내용으로 사용자재의 선택 시 기준이 되며 공급자와 사용자 상호 간의 협의 하에 별도의 표준(도면의 제시 등을 통하여)을 정하여 제작할 수 있다.

5.1 프레임 (Frame)

5.1.1 냉간압연강판(Cold-rolled steel sheet)

냉간압연강판 프레임은 ASTM A1008, KS D ISO 16162 또는 QQ-S-698에 의하여 두께는 1.6mm 이상이어야 한다.

5.1.2 아연도금강판(Galvanized steel sheet)

아연도금강판 프레임은 ASTM A653, KS D 3506에 의하여 두께는 1.6mm 이상이어야 한다.

5.1.3 스테인레스강판(Stainless steel)

스테인레스강판 프레임은 ASTM A240, A176, KS D 3615에 의하여 두께는 1.6mm 이상이어야 한다. 공급자와 고객 간의 승인에 의하여 다른 등급의 SUS 304를 사용할 수 있다.

5.1.4 합판(Plywood)

합판 프레임의 두께는 외부 적용에 적합하도록 19mm 이상이어야 한다.

5.1.5 목재 파티클 보드(Wood particle board)

목재 파티클 보드 프레임의 두께는 외부 적용에 적합하도록 19mm 이상이어야 한다. 목재 파티클 보드의 양측면은 ANSI A208.1, KS F 3104에 따라 밀도는 720kg/m^3 이상이어야 하고 등급 2-M-2에 일치하여야 한다.

5.1.6 표준 목재 파티클 보드(Standard wood particle board)

표준 목재 파티클 보드 프레임의 두께는 외부 적용에 적합하도록 적어도 19mm 이상이어야 한다. 표준 목재 파티클 보드의 양측면은 ANSI A208.1, KS F 3104에 따라 밀도는 705kg/m^3 이상이어야 하고 등급 1-M-3에 일치하여야 한다.

5.1.7 플라스틱 원자재(Plastic material)

플라스틱 원자재의 두께는 1.6mm 이상이어야 하며 구조적인 사항과 관련 적합한 강도를 가져야 한다.

5.1.8 알루미늄 합금(Aluminum alloy)

알루미늄합금 프레임은 ASTM C209, QQ-A-250/11E에 의하여 두께는 1.6mm 이상이어야 한다.

a) 판 타입 : 6061-T6, 5052-H32, 5052-H34

b) 압출 타입 : 6063-T6, 6063-T5, 6060-T51

c) 알루미늄은 공급자와 고객 간의 합의로 페인팅 또는 아노다이징 표면처리를 한다.

5.2 가스켓(Gasket material)

가스켓 원자재는 입자의 침투가 되지 않으며 적용 의도에 적합한 원자재로 만들어져야 한다. 사용 가능한 원자재는 EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer), Polyurethane, PVC (Polyvinyl Chloride), 고무, 실리콘 등이다. 겔 (Gel)과 같은 물리적 특성이 요구되는 가스켓 원자재도 사용된다.

5.3 접착제 및 밀봉재(Adhesives and sealants)

접착제 또는 밀봉재는 필터여재의 이어붙임, 필터의 보수-필터프레임에 가스켓의 부착 그리고, 프레임에 필터 팩의 실링 등에 사용된다. 원자재로는 폴리우레탄, 에폭시, 실리콘, 그리고 아크릴 등이다.

5.4 세퍼레이터(Separator)

세퍼레이터 타입의 필터는 등급 1용 (ASME AG-1 Section FC : 미군용 장비 또는 원자력 용 에어 정화용 시스템에 사용되는 필터)으로 최소 0.038mm 그리고 그 외 등급 (UL-586, UL-900 Class 1, 2, FM Listing 그리고 불을 지지하지 않는 구조의 필터))을 위한 0.032mm 의 두께의 주름진 알루미늄 합금 재질의 세퍼레이터로 필터여재의 공간을 만든다.

알루미늄은 ASTM B209, KS D 6762 또는 QQ-A-250/11 에 맞추어 합금타입 1100-H14, 1235-H14, 또는 1145-H18 이 사용된다. 공급자와 고객 간의 협의에 의하여 비닐코팅 알루미늄, 크라프트 종이, 스테인레스강판 등을 사용할 수 있다.

5.5 필터여재(Filter media)

필터여재는 필터의 특정된 성능 기준에 요구되는 입자포집효율 및 처리풍량에 대한 차압값을 가지며 또한 여재는 설치 등급에 적당하도록 요구되는 특성을 가진다. 사용 가능한 여재로는 유리섬유(Glass Fibers), 합성섬유(Synthetic Fibers) 그리고 멤브레인(Membrane) 등이 사용된다.

6. 필터 제조 요구조건

6.1 필터 팩의 견고성(Pack tightness)

조립된 필터는 필터면이 위로하여 평평한 곳에 놓는다. Test에 사용되는 나무블록은 제작되어야 하며 규격은 102mm x 152mm 로 6.4mm 두께로 바닥면에 접착제로 되어 ASTM D1056의 RE-43등급, KS M ISO 17734-1의 네오플렌고무 (Neoprene Rubber)를 가진다. 만들어진 블록은 놓여진 필터 팩의 중앙에 위치하고 블록 위에 2.7kg 의 저울추를 올려놓는다. 블록의 방향은 152mm 면이 세퍼레이터와 평행상태로 위치되도록 한다. 그리고 1.6kg 힘으로 필터 면에 평행으로 블록에 힘을 가한다. 이때 블록은 힘을 가하기 전의 최초의 위치에서 3.2mm 를 초과해서는 안 된다. 블록의 움직임이 3.2mm 보다 클 때는 필터 팩의 견고성이 없다고 판정하여 적합품으로 인정되지 않는다. 본 시험은 원통형 및 팩이 기하학적인 형상에는 적용하지 않는다.

6.2 치수 허용공차(Dimension tolerances)

6.2.1 필터의 몸체

필터의 면 치수가 305mm 미만의 경우에 대하여 허용공차는 +0, -1.6mm, 305mm 이상의 경우에는 +0, -3.2mm 이다. 깊이의 허용공차는 +0, -1.6mm 이며 필터 면의 대각길이가 762mm 까지는 전체 허용오차는 3.2mm 이하이어야 한다. 대각길이가 762mm 이상의 경우에는 전체 허용오차는 6.4mm 이하이어야 한다.

6.2.2 가스켓 (Gasket)

가스켓을 안착시킬 표면은 사각이어야 하며 사이드 프레임과 $\pm 2^\circ$ 이내여야 한다. 프레임의 면은 반드시 평평하여야 하며, 전체 허용공차는 1.6mm 이내로 평행하여야 한다.

6.3 이어붙임 그리고 쪽매붙임(Splicing and patching)

6.3.1 이어붙임(Splicing)

두개의 여재를 이어붙임에 의해 연결할 경우 각각의 여재를 접착제로 붙일 경우 겹쳐지는 부위는 12.7mm 이상이어야 한다. 그리고 이어붙임 부위는 프리트의 접혀지는 부위는 피하여야 한다.

6.3.2 쪽매붙임(Patching)

클린룸 또는 클린에어 장비에 사용되는 필터의 여재로 특정된 경우가 아닌 경우 여재 또는 접착제로 1개소의 쪽매붙임은 13cm^2 를 초과하지 않은 범위에서 가능하며 또는 쪽매붙임 면적은 전체의 1% 이내로 가능하다.

6.3.3 제한(Restriction)

오염물질 배출 또는 높은 온도(지속적인 가동온도 93°C)에서 사용되는 필터의 여재는 특정한 경우가 아닌 한 쪽매붙임을 할 수 없다.

7. HEPA/ULPA 필터 여과 성능 시험 항목

에어필터의 시험 항목은 다음에 따르며 3개 이상의 시료에 대하여 시험을 행하며 시험한 평균값으로 표시한다. 아래 시험 항목 이외의 HEPA Filter의 기밀성 시험, 점 내염성 시험, 내구성 시험, 열풍저항 시험, 내습도 시험 등의 항목에 대하여는 특수 검사항목으로 분류되며 사용자와 공급자 간의 별도의 협의에 의하여 시험할 수 있다.

- a) 입자 포집효율 시험
- b) 압력손실 시험
- c) 스캐닝 누설 시험

8. 시험방법

8.1 입자 포집율 시험

8.1.1 시험용 입자 시험용 입자는 다음에 따른다.

1) 시험용 입자의 종류는 **KS A 0090** 에 규정하는 DOP 또는 이것과 동등한 것으로 한다.

- a) DOP (DEHP) - dioctyl phthalate (di-2-ethylhexyl phthalate) (CAS#117-81-7)
- b) PAO - polyalpha olefin (e.g., 4 centistoke) (CAS#68649-12-7)
- c) DOS (DEHS) - dioctyl sebacate (diethyl hexyl sebacate) (CAS#122-62-3)
- d) Polystyrene latex (PSL)
- e) Mineral Oil

2) 시험용 입자의 입자 크기 분포는 다음과 같이 한다.

a) HEPA FILTER 시험용 입자의 입자분포는 다음과 같이 한다.

- CMD : $0.21\mu\text{m} \sim 0.32\mu\text{m}$
- σ_g : 1.43 ~ 1.83
- 측정기 : 광산란식 자동 입자 계수기 중 $0.3\mu\text{m}$ 를 포함하는 입자 크기 구분을 가지는 것을 사용한다.

b) ULPA FILTER 시험용 입자의 입자 크기 분포는 다음과 같이 한다.

- CMD : $0.12\mu\text{m} \sim 0.17\mu\text{m}$
- σ_g : 1.43 ~ 1.83
- 측정기 : $0.12\mu\text{m} \sim 0.17\mu\text{m}$ 범위를 포함하여 측정할 수 있는 광산란식 자동 입자 계수기 (계측기의 사용상 $0.1\mu\text{m}$ 의 입자로 대체할 수 있음)

8.1.2 시험에 사용하는 장치 및 기기 시험에 사용하는 장치 및 기기는 다음에 따른다.

1) 시험장치는 **그림 3** 또는 국제표준에서 규정하는 구조를 사용하며 각 부는 다음에 따른다.

1.1) 덕트부는 정압이어야 한다.

1.2) 청정용 필터에는 99.97% 이상($0.3\mu\text{m}$)의 포집효율을 가지는 것을 사용하여야 한다.

1.3) 벨 마우스, 정확대관 및 정류격자는 어느 것이나 공기의 흐름을 원활하게 하고, 시험용 입자를 균일하게 혼합 확산할 목적으로 사용하므로 **1.5 d)** 규정이 만족되어 있으면 이것들의 일부 또는 전체를 생략할 수 있다.

1.4) 상류측 시험용 입자 채취관은 채취관 부착위치를 덕트 중앙의 1점으로부터 채취하는 단공 채취관, 또는 2점 이상으로부터 채취하는 다공 채취관을 사용한다.

1.5) 상류측 시험용 입자 채취관은 시험용 입자가 균일하게 혼합되어 있는 위치에 부착하여야 한다. 시험용 입자의 혼합 상태는 시험장치의 유량범위의 상한 및 하한으로서 다음의 순서에 따라 확인해야 한다.

- a) 상류 쪽 시험용 입자 채취관 부착 위치의 덕트 단면적을 9분할 이상과 거의 같은 면적으로 분할한다.
 - b) 각 분할구 부분의 중심에서 시험용 입자 농도를 측정한다.
 - c) 각 분할구 부분의 농도의 산술 평균값을 산출한다.
 - d) 전 측정점의 시험용 입자 농도는 평균값의 $\pm 10\%$ 인 것을 확인한다.
- 1.6) 하류쪽 시험용 입자 채취관은 채취관 부착 위치의 덕트 중앙의 1점으로부터 채취하는 단공 채취관, 또는 2점 이상으로부터 채취하는 다공 채취관을 사용한다.
- 1.7) 하류쪽 시험용 입자 채취관은 시험용 입자가 균일하게 혼합되어 있는 위치에 부착하여야 한다. 시험용 입자의 혼합 상태는 유닛 중앙 부근에 모의적인 핀홀을 만들고, 시험장치의 유량 범위를 상한 및 하한에서 시험용 입자의 혼합상태를 1.5)와 같은 조작 및 확인을 해야 한다. 또한 덕트 벽 가까이에서 모의적인 누설을 만들어서 같은 조작 및 확인을 해야 한다.
- 1.8) 유닛 고정부의 유로 치수 B는 유닛의 통풍부분(틀의 판 두께를 감한 치수)의 치수와 같은 것으로 하며, 다음의 조건이 만족될 때는 이것과 달라도 좋다.
- a) 유닛의 앞면에서 시험용 입자 농도가 균일한 것.
 - b) 장치 압력 손실이 발생하는 경우는 유닛을 부착하지 않았을 때의 압력 손실(장치압력 손실)을 측정해 놓고, 유닛을 부착했을 때의 압력 손실로부터 장치 압력 손실을 감하여 올바른 압력 손실을 구한다.
- 1.9) 유량의 측정은 KS B 6311에 따른다.
- 1.10) 상류쪽 및 하류쪽의 배관은 같은 재료로서 되도록 짧게 해야 한다. 또한 곡관부를 적게 하고 배관의 기하학적 모양도 되도록 같게 해야 한다.
- 1.11) 라스킨 노즐(그림 2 참조)을 사용한 발생기에서 8.1.1 2)의 입자 크기 분포를 가지는 시험용 입자가 공급되어야 한다. 또, 시험용 입자 농도는 1.5)가 달성될 수 있는 안정성을 가져야 한다.
- 1.12) KS B 6336에 규정하는 광산란식 자동입자 계수기 중 HEPA용으로 $0.21\mu\text{m} \sim 0.32\mu\text{m}$ UPLA 용으로 $0.12\mu\text{m} \sim 0.17\mu\text{m}$ 를 포함하는 입자 크기 구분을 가지는 것을 사용한다.

(a) 라스킨 노즐을 사용한 발생기

(b) 라스킨 노즐의 확대 그림

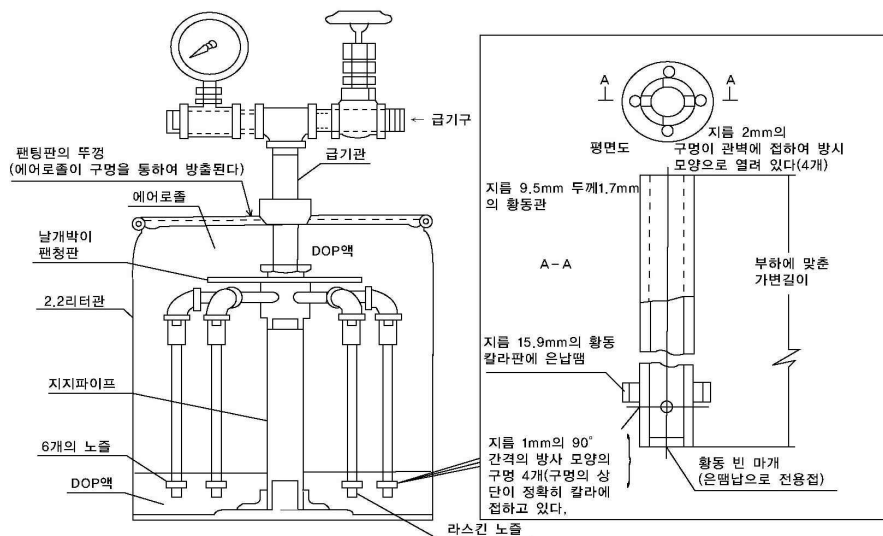


그림 2 라스킨 노즐

8.1.3 시험조건 시험에서 공기의 온도 및 습도는 다음에 따른다.

- 온도 (25±10) °C
- 습도 (55±15) %
- 상기 온도 및 상대습도는 장시간 동안 일정하게 유지 되어야 한다.

8.1.4 시험절차 절차는 다음에 따른다.

- 1) 필터 유닛을 시험장치의 유닛 고정부에 누설이 없도록 유지한다.
- 2) 송풍기를 작동시켜, 정격유량이 되도록 조절한다.
- 3) 청정공기를 공급하고 하류쪽의 입자 농도가 규정된 입자 포집효율을 유효하게 측정하는데 필요한 충분히 작은 배경값을 나타내는지를 확인한다.
- 4) 상류쪽의 시험용 입자 농도는 광산란식 자동입자 계수기의 동시 오차가 5% 를 초과하지 않고, 하류쪽의 계수값이 배경값에 비하여 충분히 큰 값을 갖는 범위에서 하고, 상류쪽의 시험용 입자 농도가 안정화된 것을 확인한 후, 상류쪽 및 하류쪽의 시험용 입자 농도를 교대로 또는 동시에 측정한다. 교대로 측정하는 경우는 상류쪽 농도의 변동에 유의하고, 동시에 측정하는 경우는 각각의 광산란식 자동입자 계수기의 각 입자 직경 구분마다 상관계수를 구해서, 그 차이가 있는 경우는 보정하여야 한다. 필터 유닛의 포집효율은 상기 8.1.1 의 2) 항의 시험용 입자에 의해 평가하고 다음 식에 의하여 산출한다.

$$\eta = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100(\%)$$

여기에서 η : 입자 포집효율(%)

C_1 : 입자 직경 구분의 중앙에 위치하는 채널에서의 필터 유닛 상류쪽(여과 전)의 계수값 (개/ℓ)

C_2 : 입자 직경 구분의 중앙에 위치하는 채널에서의 필터 유닛 하류쪽(여과 후)의 계수값 (개/ℓ)

또한 각 HEPA 및 ULPA 필터의 대상입자 직경이 입자 직경 구분의 경계가 되고 있는 광산란식 자동입자 계수기를 사용하는 경우에는 그 전후의 채널에서의 입자 투과율 (C_2/C_1)의 기하 평균값으로부터 입자 포집효율을 산출한다.

5) 상류쪽 농도가 광산란식 자동입자 계수기가 가지는 최대 농도 범위를 초과하는 경우는 입자 농도 희석장치를 사용하여도 좋다. 이 경우 희석율은 다음에 따른다. 일정 농도의 입자를 포함하는 시료 공기를 통하여 희석 전 및 희석 후의 입자농도를 광산란식 자동입자 계수기로 측정하여 그 희석율을 구하고, 설정 희석 배율의 ± 20% 이내인 것을 확인한다. 4)의 C_1 의 산출에 사용하는 희석 배율은 측정에 의하여 구한 값을 사용하여야 한다.

6) 하류쪽 계수값의 합계가 100개 이하의 경우는 표 3에 따라서 계수값의 95% 위쪽 신뢰한계를 구하여 4)의 C_2 로 하고, 포집효율의 하한(최저값)으로 한다.

표 3 계수값의 신뢰 한계(샘플링 오차만 고려한 경우)

계수값	95% 위쪽 신뢰 한계
0	3.0
1	4.7
2	6.3
3	7.8
4	9.2
5	10.5
6	11.8
7	13.2
8	14.4
9	15.7
10	17.0
15	23.1
20	29.1
30	40.7
40	52.1
50	63.3
100	118.1

8.2 압력 손실 시험

8.2.1 시험에 사용하는 장치 및 기기 시험에 사용하는 장치 및 기기는 다음에 따른다.

- 1) 시험 장치는 8.1.2에 따른다.
- 2) 유량 측정부는 8.1.2 1.7)에 따른다.
- 3) 차압계는 정수 부분의 첫째자리 압력값을 정확하게 읽을 수 있어야 한다.

8.2.2 시험 조건

시험에서의 공기의 온,습도는 8.1.3에 따른다.

8.2.3 시험절차 시험절차는 다음에 따른다.

- 1) 필터 유닛을 시험 장치의 유닛 고정부에 누설이 없도록 설치한다.
- 2) 송풍기를 작동시켜 소정의 유량에 도달하도록 조정한다.
- 3) 정압 측정구멍에 연결된 차압계에 의하여 필터유닛의 상류쪽과 하류쪽의 정압차를 측정하여 압력 손실로 한다.
- 4) 압력 손실은 정격풍량에서 측정한다.
- 5) 실험 필터를 부착하기 전에 이미 장치 자신이 가진 압력 손실이 있는 경우는 이것을 감한 값을 압력 손실로 한다.

8.3 스캐닝 누설 시험

8.3.1 시험용 입자 시험용 입자는 다음에 따른다.

- 1) 시험용 입자의 재질은 8.1.1의 1)에 따른다.
- 2) 시험용 입자의 입자 직경 분포는 8.1.1의 2)에 따른다.

8.3.2 시험에 사용하는 장치 및 기기

시험에 사용하는 장치 및 기기는 다음과 같으며 자동으로 검출작업을 위한 프로브의 이동

및 입자계수기로부터 검출된 입자 수를 기록하고 Data로 작성될 수 있어야 한다. 이는 누설 시험에 대한 신뢰성을 확보하기 위함이다.

1) 시험장치는 그림 4의 보기와 같은 구조로서 각 부는 다음에 따른다.

1.1) 덕트부는 균일한 시험용 입자 농도 및 풍속 분포가 얻어지는 구조여야 한다.

1.2) 청정용 필터는 8.1.2 의 1.2)에 따른다.

1.3) 시험 필터 부착부는 시험필터의 여재 및 여재와 바깥틀의 접촉부로부터의 누설의 유무를 시험할 수 있는 구조여야 한다.

1.4) 상류쪽 농도 측정 위치는 8.1.2 1.5)에 따른다.

1.5) 하류쪽 덕트부는 주위의 오염공기를 빨아들이지 않도록 충분한 길이를 가지고 있어야 한다.

2) 입자 발생기는 8.1.2의 1)에 따른다.

3) 광산란식 자동 입자 계수기는 8.1.1의 2)에 따른다.

4) 풍속 측정기는 필터의 시험 풍속도에 대하여 $\pm 20\%$ 의 정밀도로 측정할 수 있어야 한다. 다만, 풍속은 전 풍량을 측정하고, 그 값을 필터 정면 면적으로 나누어서 구해도 좋다.

5) 희석 장치는 8.1.4 의 5)에 따른다.

8.3.3 시험 조건

시험에서의 공기의 온도 및 습도는 8.1.3 에 따른다.

8.3.4 시험절차 시험절차는 다음에 따른다.

1) 필터를 시험장치에 장착한다. 장치와 시험필터 사이에는 누설이 없도록 확실하게 누설막을 설치한다.

2) 필터의 면 속도를 정격풍량에 맞게 조정한다.

3) 광산란식 자동입자 계수기의 검출구를 필터 하류의 청정 공기 안에 위치시키고, 측정기가 안정된 이후부터 측정한다.

4) 샘플링 프로브의 입구는 정방형으로 하고, 그 치수는 시험용 입자 농도 측정기의 샘플링 공기량에 맞추어 프로브 입구에서의 샘플링이 등속 흡입이 되도록 결정한다.

5) 샘플링 프로브의 스캐닝은 필터 하류쪽 표면으로부터 30mm 이내로 유지하고, 스캐닝 속도는 50mm/s 이하로 한다. 다만, 프로브 한번의 길이가 25mm 미만인 것은 다음 식에 표시하는 V_s 이하로 한다.

$$V_s = 2L$$

여기에서 V_s : 스캐닝 속도 (mm/s)

L : 정방형 프로브 한번의 길이(mm)

스캐닝은 프로브의 입구부를 필터 바깥틀 맞춤부 및 여재와 틀의 접합부를 포함하는 필터 전역에 걸쳐서 이동시키며 측정한다.

6) 평가방법은 광산란식 자동입자 계수기의 측정을 2초 이하의 간격으로 연속해서 한다.

누설의 평가는 다음 식에 따른다.

$$NL = \frac{N_V}{60} \times \frac{PL}{100} \times \frac{10 \times 10}{LXL}$$

$$PL = (100 - \eta_o) \times K$$

여기에서 NL : 판정 시간마다 누설 판정기준 입자 수(개/ T_j)

5 이상 되도록 N_v 및 T_j 를 설정해야 한다.

N_v : 1분마다 상류쪽 계수값(개/min)

상하류에서 다른 흡입량의 계수기를 사용하는 계수기를 사용하는 경우는 하류쪽과 같은 계수기를 사용하였다고 가정해서 환산한다.

PL : 필터의 허용 투과율, 기준값(%)

T_j : 누설판정 시간(2s 이하)

η_0 : 필터 입자 포집효율의 호칭값 또는 보증값(%)

K : 허용 배율, 사용자와의 협의로 결정하는 값,

통상은 1, 2, 10, 100, 1000 중의 어느 하나의 값을 선택한다.

누설 판정 기준값으로 전후의 입자 수가 계측되는 경우, 프로브를 그 장소에 고정하고 다시 측정을 한다. 10초 이상 측정한 산술 평균값이 NL을 초과하면 허용값 이상의 누설로 판정한다.

8.4 시험보고서

시험 결과에 대하여 성능시험보고서(그림 5 참조) 및 성능시험곡선(그림 6 참조)에 따르며 다음과 같은 사항을 기록한다.

8.4.1 품목(또는 종류)

8.4.2 모양, 치수

8.4.3 제조 번호 또는 로트 번호

8.4.4 제조자 명 또는 그 약호

8.4.5 정격 유량

8.4.6 시험 결과

1) 포집효율의 측정값

2) 압력 손실의 측정값

3) 스캐닝 누설 시험의 허용배율(K 값) 및 합격 여부 혹은 먼 풍속

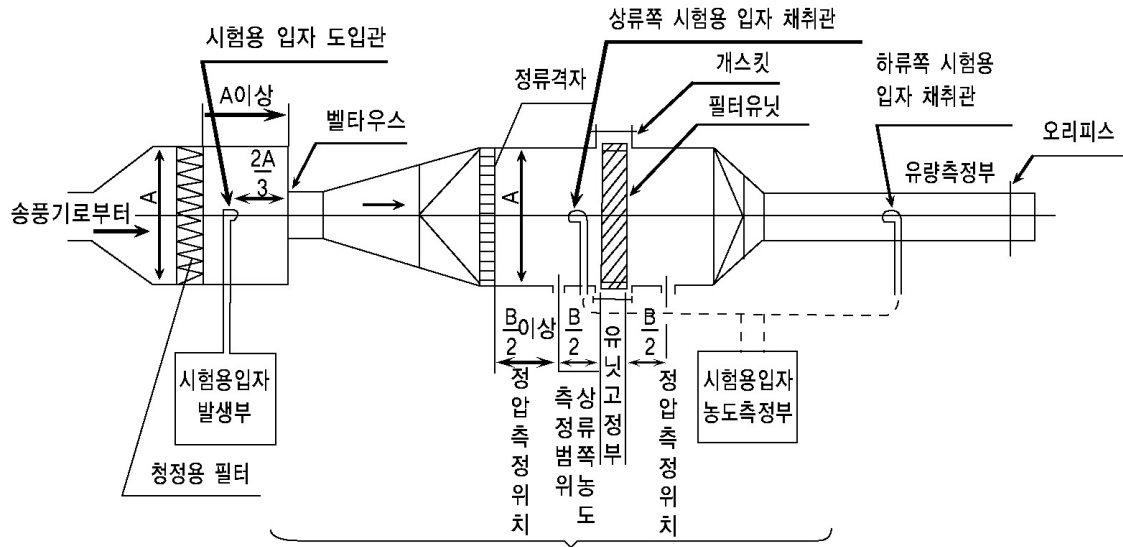


그림 3 필터 유닛의 시험 장치의 보기

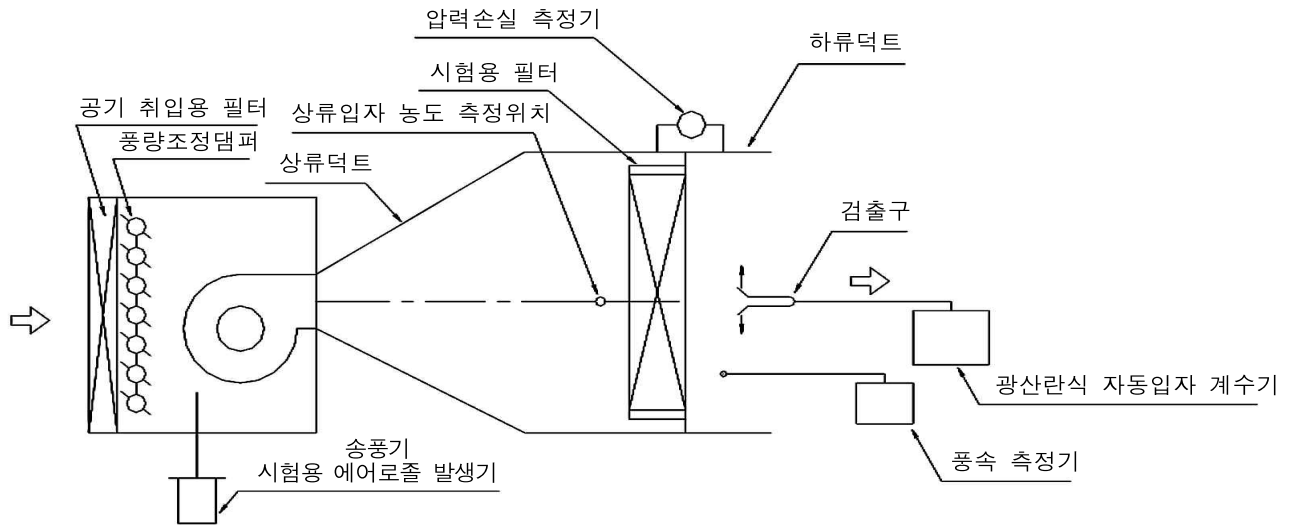


그림 4 스캐닝 누설 시험 장치의 보기

고성능 에어필터 성능 시험 보고서						
시험의뢰처				보고서 No.		
제조사				시험 No.		
시험처				페이지 No.		
시험대상필터	필터 모델명:					
치수(mm)	H		W		D	
여재종류				여과재 면적	m ²	
풍 속	m/s			풍 량	CMM	
초기압력손실	Pa			포집효율 기준	%	
측정 시험환경	온도	°C	습도	%	대기압	Pa
포집율 측정 에어로졸	입자의 종류			발생크기	μm	
	입자의 농도	개/300cc or 1CMM				
시험결과			제조번호			
입자 포집효율	%@	μm				
초기압력손실		Pa				
누설시험	에어로졸 종류					
	측정 입자 크기 (μm)					
	측정속도 (mm/s)					
	측정 Pitch (mm)					
	풍속 (m/s)					
	상류농도 (개/CMM)					
	희석비율					
	누설로 인한 재측정 조건 (개/s)					
	재측정시간 (sec)					
	합격기준 (개/10sec)					
시험장소				시험일자	년	월 일
시험자	(인)			시험책임자	(인)	

그림 5 고성능 에어필터 성능시험 보고서 양식 예

고성능 에어필터 성능 시험 곡선

보고서 No. _____ 시험 No. _____ 페이지 No. _____	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>																																								
제조사 _____ 제품명 _____	압 력 손 실 (Pa)																																								
유 량(m ³ /min)																																									
시험일 _____ 시험장소 _____	시험책임자 _____(인)																																								

그림 6 고성능 에어필터 성능 시험 곡선 양식 예