

# 클린룸 성능시험 (TESTING CLEAN ROOMS)



I. E. S.

RECOMMENDED PRACTISE

IES-RP-CC-006-84-T

November 1984

## 1. 적용 범위

1.1. 이 규정은 클린룸 (Clean Room: 이하 CR로 표기)의 성능을 결정하기 위한 측정방법을 규정하는 것이다. 설계자, 제작자와 구매자들이 CR의 세부사양을 결정하는데 도움을 주고 CR운전에 만전을 기하고자 함이다. 측정은 3 종류의 CR과 3 종류의 운전상태에 대해 행해진다. 이것들을 표 1에 나타내었고, 이 측정은 CR시스템의 전체 성능을 평가하고 규정한다.

측정방법에서는 필요한 측정장비와 측정순서가 제시된다. CR종류에 따라 다른 측정방법이 쓰일때에는 따로 규정하였다. 어떤 경우에는 여러가지의 다른 장비와 방법을 소개하기도 하였다. 이 다른 방법들이 모두 동등한 것은 아니다. 구매자는 계약시 가장 적합한 방법을 선정하여야 한다. 성능의 허용한계도 계약시 명시하여야 한다. 이 규정은 성능의 허용한도를 제시하는 것이 아니라 이 허용한도를 규정하는 표준방법을 제시하는 것이다.

1.2. CR설계에 있어서 성능시험의 방법에 영향을 미치는 3종류의 CR형태를 정의하면

- a) 층류식 CR (Laminar Airflow CR)
- b) 난류식 CR (Turbulent Airflow CR)
- c) 혼합식 CR (Mixed Airflow CR)

1.3. 성능시험 결과에 중대한 영향을 미치

는 시험시의 운전상태도 3 종류로 나눈다.

- a) 제작완료시 (As-Built Facility)
- b) 정지시 (At-Rest Facility)
- c) 정상가동시 (Operating Facility)

주) CR의 설계계약시에는 제작완료시의

성능검사가 보통 명시된다. 정지시나 가동시에 대한 CR의 성능시험은 설계자나 제작자의 권한밖일 경우가 대부분이다. 따라서 정지시나 가동시의 성능시험이 필요할 경우에는 명시하여야 한다.

표 1. CR형태에 따른 성능시험

규정된장	시 험	총류식유동	난류식유동	혼합식유동
4.	속도 / 균일도	1	—	0
5.	필터 누설	1	1	1
6.	평행도	1,2	—	0(1,2 only)
7.	회 복	1,2	1,2,3	1,2
8.	입자계수	1,2,3	1,2,3	1,2,3
9.	입자낙하	0	0	0
10.	유 입	1,2	1,2	1,2
11.	양 압	1,2,3	1,2,3	1,2,3
12.	급기용량	1	1	1
13.	조명도	1	1	1
14.	소음도	1,2	1,2	1,2
15.2	온 도	1,2,3	1,2,3	1,2,3
15.3	습 도	0	0	0
16.	진 동	0	0	0
주 :				
0	공정 요구사항에 따른 임의 시험			
1	제작완료시 적합한 시험			
2	정지시 적합한 시험			
3	정상가동시 적합한 시험			

## 2. 관련 규정

아래의 문서들은 현재 발간되어 사용되고 있으며 본 규정제정과 관련된 규정들이다.

- 2.1 AMCA Publication 203: "AMCA Fan Applications Manual—Field Performance Measurements"
- 2.2 ANSI/ASME N510-1980: "Testing of Nuclear Air-Cleaning Systems"
- 2.3 ANSI S2.17-1980: "Techniques of Machinery Vibration Measurement"
- 2.4 ANSI S12.2 (Proposed): "Procedure for Measuring and Rating Steady-State Room Noise"
- 2.5 ASHRAE "Guide and Data Book"
- 2.6 ASTM F24-65: "Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces"
- 2.7 ASTM F25-68: "Sizing and Counting Airborne Particulate Contamination in Clean Rooms and Other Dust-Controlled Areas Designed for Electronic and Similar Applications"
- 2.8 ASTM 50-83: "Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust-Controlled Areas Using Instruments Based on Light-Scattering Principles"
- 2.9 Federal Standard 209B: "Clean Room and Work Station Requirements, Controlled Environment"
- 2.10 Recommended Practice IES-RP-CC-001-83-T: "HEPA Filters"
- 2.11 Recommended Practice IES-RP-CC-002-83-T: "Laminar Flow Clean Air Devices"
- 2.12 (IESNA) IES "Lighting Handbook, Application Volume"

2.13 NEBB "Procedural Standards for Measuring Sound and Vibration"

2.14 Buffalo Forge Company "Fan Engineering"

각 규정의 제작기관 및 주소는 다음과 같다.

AMCA—  
Air Movement and Control Association  
30 West University Drive  
Arlington Heights, IL 60004

ANSI—  
American National Standards Institute, Inc.  
1430 Broadway  
New York, NY 10018

ASHRAE—  
American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers  
1791 Tullie Circle N.E.  
Atlanta, GA 30329

ASTM—  
American Society for Testing and Materials  
1916 Race St.  
Philadelphia, PA 19103

Federal Standard—  
General Services Administration,  
Specifications Activity, Printed  
Materials Supply Division  
Bldg. 197, Naval Weapons Plant  
Washington, DC 20407

IES—  
Institute of Environmental Sciences  
940 East Northwest Highway  
Mount Prospect, IL 60056

IESNA—  
Illuminating Engineering Society of North America  
345 East 47th Street  
New York, NY 10017

NEBB—  
National Environmental Balancing Bureau  
8224 Old Courthouse Road  
Vienna, VA 22180

Buffalo Forge Company—  
465 Broadway  
Buffalo, NY 14240

### 3. 용어정의

#### 3.1. 클린룸

연방규격 209B나 그보다 최근의 규격에 따라 규정된 청정도를 만족할 수 있도록 공기부유입자 농도를 통제하기 위하여 공기의 공급, 배분, filtering, 제작재료 및 운전 조건들이 제어된 공간.

#### 3.2. CR의 종류

##### 3.2.1. 층류식 CR

여과된 공기가 최소한의 난류영역을 만들면서 평행한 방식으로 작업공간을 통해 한 방향으로 통과하는 CR. 층류식 CR은 천정(수직식유동)이나 한쪽 벽면(수평식유동)의 80%이상이 HEPA 필터로 덮여야 함.(필터여재의 노출면적이 총면적의 80% 이상)

##### 3.2.2. 난류식 CR

여과된 공기가 비균일성의 난류형태로 공급되는 CR. 실내공간에 불균일하고 변칙적인 기류분포를 나타낸다.

##### 3.2.3. 혼합식 CR

한 실내에 층류식과 난류식이 동시에 존

재하는 복합방식의 CR.

#### 3.3. CR의 운전방식

##### 3.3.1. 제작완료시

제작이 완료되어 정상가동이 가능하나 생산설비나 작업인원이 배치되지 않은 상태.

##### 3.3.2. 정지시

제작이 완료되고 생산기기등도 설치되었으나 작업인원이 없는 상태.

##### 3.3.3. 정상가동시

생산기기와 작업인원을 포함하고 정상가동중인 상태.

주) 위의 세가지로 엄밀히 규정할 수 없는 상태가 있을 수 있다. 따라서 측정조건은 계약시 명시되어야 한다.

#### 3.4. HEPA(High Efficiency Particulate Air) 필터

0.3  $\mu$ m DOP나 이에 상응하는 입자에 대한 최소효율 99.97%이며 정격풍량에서의 최대 압력손실 수주 1인치(2.54cm)인 건식 필터. IES-RP-CC-001-83-T "HEPA Filters"에 의거하여 형태를 A, B, C, D, E로 나누며 등급도 1, 2로 나눈다.

#### 3.5. Probing 또는 Scanning

HEPA필터의 누설을 찾아내기 위하여 필터표면에서 1인치(2.54cm)이내의 평면을 10ft/min (3.05 m/min) 이하의 속도로 입자계수나 에어로졸 photometer의 노출을 움직이는 방법.

### 3.6. 공기발생식 에어로졸

실온에서 DOP나 유사한 액체에 공기를 불어넣음으로써 발생시키는 에어로졸. Las-kin type 의 노즐을 이용하였을때 광산란에 의한 입자분포는 다음과 같다.

99 + % 3.0  $\mu\text{m}$  이하

50 + % 0.7  $\mu\text{m}$  이하

10 + % 0.4  $\mu\text{m}$  이하

### 3.7. 광산란식 입자계수기

ASTM50-83에 규정된 대로 개개 입자의 크기와 수효를 광산란방식에 의하여 측정하고 기록하는 기기.

### 3.8. 에어로졸 Photometer

광산란식 질량측정기. 0.3  $\mu\text{m}$  DOP에 기 준 최소측정  $10^{-3} \mu\text{g}/\ell$  및 최소치의  $10^5$  배의 최대측정범위를 가진 기기로 scan test에 적합하다.

### 3.9. 등속 Smoke 발생기

주위 공기유속보다  $\pm 5\text{ft}/\text{min}(24\text{cm}/\text{sec})$  이내의 속도제어가 가능한 정밀 metering 밸브를 부착한 smoke 발생기 (air-generated source 이용). 튜브의 출구직경은 1/4인치 (6.4 mm) 이내.

### 3.10. 작업공간

CR내에서 청정작업이 행해지며 따라서 측정이 필요한 지역공간. 그 공간은 공기유동

의 수직인 입구평면 (상류)과 출구평면 (하류)에 의해서 구분된다 (층류식의 경우).

### 3.11. 교정된 기기

제조업자나 기타 기관의 기준에 의해 교정된 기기.

### 3.12. 평행유동

등속 Smoke 발생기등에 의한 측정결과 확산각  $14^\circ$  이내의 유동.

### 3.13. 균일유동

층류식 CR의 전 작업공간에 걸쳐서 풍속이 평균풍속  $\pm 20\%$  이내인 지역에서의 단일 방향의 유동형태.

## 4. 풍속 및 균일도 측정

층류작업공간내에서의 평균풍속의 균일성을 측정한다. 작업공간이란 청정작업을 위해 마련한 층류유동장을 일컬으며 구매자에 의해 결정된다. 작업공간은 청정공기의 공급원으로부터 30 cm이내의 거리에 있는 유동에 수직인 평면에 의해서 특성이 결정된다. 이 평면의 면적은 공기유동에 수직한 작업공간의 수평 단면적을 말한다.

### 4.1. 장 치

4.1.1. Hot wire 나 vane type 의 anemometer 로서 측정범위에 걸쳐  $\pm 3\%$  이내의 정확도를 가져야 한다.

4.1.2. 적절한 지지대

4.2. 방법

4.2.1. 작업평면을 등간격의 격자로 나눈다. 한 격자의 면적은 4ft<sup>2</sup> (0.37 m<sup>2</sup>) 이 내이어야 한다.

4.2.2. 각 격자점에서의 풍속을 측정하고 기록한다. 방해물이 있어서는 안됨.

4.2.3. 최소한 5초이상의 측정치를 취하여 그 평균값을 측정치로 한다. 측정자의 몸이나 팔에 의해 오차가 생기지 않도록 풍속계 (anemometer) 를 적절한 지지대위에 고정시킨다.

4.3. 보고서 작성

4.3.1. 작업평면을 나타내는 도면위에 각 격자점을 표시하고 측정치를 기입한다.

4.3.2. 모든 격자에 대한 산술평균을 취하여 전체의 평균풍속으로 하고 ft/min 또는 m/sec 의 단위로 표시한다.

4.3.3. 평균풍속의 ± 20 %인 풍속을 균일풍속 범위로 한다.

4.3.4. 풍속이 균일범위 이내 속한 격자의 수효로부터 균일범위내에 들어가는 면적의 %를 계산한다.

4.4. 평가

4.4.1. 작업평면내에서의 허용 최대 및 최소풍속은 구입자와 제작자 사이의 합의에 의한다.

4.4.2. ± 20 %의 균일도 범위에 들어가는 풍속의 최소 %는 구입자와 제작자 사이의 합의에 의한다.

5. HEPA 필터 누설 시험

HEPA 필터의 설치에 의한 누설여부와 필터자체의 내부결함이나 구멍의 유무를 측정한다. 이것은 등급 100 이상의 청정도가 필요한 증류식이나 혼합식 CR에 특히 중요하다.

이 시험은 HEPA 필터 상류에 에어로졸을 도입하고 필터와 프레임의 바로 하류에서 scanning 한다. 이 시험은 필터여재의 결함이나 구멍, 프레임과 개스킷에서의 누설, 그리고 필터 bank의 누설을 측정한다. 두가지의 입자도입방법과 두가지의 측정방법에 의한 두 종류의 다른 시험방법을 규정한다.

5.1. 공기발생식 에어로졸 도입과 에어로졸 Photometer - 하류측 필터 scan 시험방법.

이 방법은 특정한 에어로졸 도입농도를 만족시킬 수 있는 작은 증류식 CR에 국한된다.

5.1.1. 장치

5.1.1.1. 3.6에 설명된 공기발생식 에어로졸 발생기.

5.1.1.2. 3.8에 설명된 바와 같이 흡인량 1 ± 0.1 cfm 이고 대수식 또는 직선식

의 readout 을 가진 photometer. Probe 입구면적은  $1.2 \sim 1.4 \text{ in}^2 (7.8 \sim 9.2 \text{ cm}^2)$  이어야 한다.

#### 5.1.2. 방법

이 방법에서는 DOP나 유사입자를 필터의 상류에 도입하고 하류에서 photometer 로 scanning 함으로써 시행한다. 시험이전에 정격풍속을 유지해야 한다.

5.1.2.1. 모든 HEPA 필터의 전체면적에 걸쳐 균일하게 에어로졸이 공급되도록 해야 한다.

5.1.2.1.1. 제작시 가능하다면 필터를 한번에 하나씩 측정할 수 있는 시설을 갖추는 것이 좋다. 필터의 바로 상류에서 입자의 농도를 측정한다. 균일한 분포를 갖도록 에어로졸이 공급되어야 한다.

5.1.2.1.2. 여러개나 전체의 필터에 에어로졸을 공급할 수 밖에 없을 때에는 송풍기의 입구등에서 에어로졸을 공급하여 모든 필터에 균일하게 분포되도록 한다. 필터의 바로 전방에서 농도를 측정하여 균일도를 확인한다.

5.1.2.1.3. 에어로졸 발생기의 공기압은 최소 20psig 이다. Photometer 의 측정범위내의 농도에 도달할 때까지 수개의 Laskin 노즐을 동시에 가동시킨다.

5.1.2.2. 직선식 또는 대수식 photometer 스케일을 사용하여 상류측 농도를 측정한다.

5.1.2.2.1. 직선식 readout 의 ph-

otometer 인 경우에는 상류측 농도가  $10 \sim 20 \mu\text{g}$  이 되도록 Laskin 노즐의 수를 조절한다.

5.1.2.2.2. 대수식의 photometer 인 경우에는 1 스케일 reading 보다  $10^4$  배의 농도를 나타내도록 기기교정곡선을 사용하여 상류측 농도를 조절한다.

5.1.2.3. 필터면과 필터 pack 주위를 조금씩 겹치도록 probe 를 이동하면서 scan 한다. Probe 는 시험해야 할 면에서 약 1 인치 (2.5 cm) 정도 떼어 놓는다. 필터 pack 과 프레임 사이의 본드를 따라 전체 필터의 주변과 필터와 기기사이의 밀봉된 부분은 따로 scan 한다. 이때 scan 속도는 10ft/min (3 m/min) 보다 크지 않게 한다.

주) 너무 장시간 필터를 DOP 에 노출시키지 말아야 한다.

#### 5.1.3. 보고서 작성

아래에 제시한 이상의 농도를 갖는 누설은 모두 기록한다.

a) 직선식 photometer : 상류에 도입된 에어로졸 농도의 0.01 % 이상의 측정치

b) 대수식 photometer : 1 스케일 이상의 농도를 갖는 측정치

#### 5.1.4. 허용한도

5.1.4.1. HEPA 필터는 다음과 같은 경우는 수리를 해도 무방하다.

a) 수리면적이 각 필터면의 5 % 이내일 경우

b) 한번 수리할 때의 길이가 1.5 인치

(3.8 cm) 이하일 경우, 그렇지 않을 경우는 제작자와 구매자 사이의 합의에 따른다.

5.1.4.2. 필터설치에 의한 누설을 수리할 경우는 제작자와 판매자가 합의할 수 있는 절차를 따를 수 있다.

### 5.2. 대기입자 에어로졸 도입과 입자계수기-하류측 필터 scan 시험방법

#### 5.2.1. 장 비

1.0 ft<sup>3</sup>/min(0.028 m<sup>3</sup>/min) 이상의 흡인량을 갖고 0.5 μm 이하의 크기를 측정할 수 있는 입자 계수기

#### 5.2.2. 방 법

5.2.2.1. HEPA 필터 상부의 plenum 에 입자계수기를 설치한다. 만약 상류측 농도가 0.5 μm 이상의 입자가 10<sup>4</sup> 개/ft<sup>3</sup> (3.5 × 10<sup>4</sup> 개/m<sup>3</sup>) 농도보다 작으면 여분의 공기나 적절한 에어로졸을 필터 상류측에 도입하여 농도를 맞춘다.

주) 1.0 ft<sup>3</sup>/min(0.028 m<sup>3</sup>/min)의 유량을 갖는 광학입자계수기는 10<sup>6</sup> 개의 농도에서 coincidence loss가 클수도 있다. 그러나 작은 흡인량을 갖는 입자계수기는 개별적인 작은 누설에 대해 측정강도가 작게되어 본 목적에 부적합하다. 오히려 이런 경우에는 상류측 도입농도를 설정할 때 적절한 회석방법이 쓰여야 한다.

5.2.2.2. 필터하면의 중심에 probe 를 놓는다. 계수기의 측정치가 100 개/ft<sup>3</sup> 이하가 될때까지 기다린다.

5.2.2.3. 계수기 probe 입구의 속도가

필터를 통과한 풍속 이상이 되도록 probe 의 단면크기를 결정한다.

5.2.2.4. 5.1.2.3 과 같은 방법으로 scan 한다.

#### 5.2.3. 보고서 작성

상부농도의 10<sup>-4</sup> 이상이 되는 모든 누설을 기록한다.

#### 5.2.4. 허용한도

5.2.4.1. 5.1.4.1 과 같다.

5.2.4.2. 5.1.4.2 와 같다.

### 5.3. 공기발생식 에어로졸 도입과 에어로졸 Photometer-총누설 시험방법

HEPA 필터에 직접 접근할 수 없는 난류식 CR에 적합하다.

#### 5.3.1. 장 비

5.3.1.1. 3.6 의 공기발생식 입자발생기

5.3.1.2. 직선식 readout 과 흡인량 1 ± 0.1 ft<sup>3</sup>/min(0.028 ± 0.03 m<sup>3</sup>/min) 을 갖는 에어로졸 photometer. Probe 의 입구 면적 1.2 ~ 1.4 in<sup>2</sup>(7.8 ~ 9.2 cm<sup>2</sup>)

#### 5.3.2. 방 법

이 시험은 CR에서 멀리 떨어진 덕트에 설치된 HEPA 필터의 상류측에 DOP나 적절한 대용입자를 도입하여 행한다. 덕트로부터 CR로 들어오는 여과된 공기농도를 측정하면 상류측 농도와 비교하여 필터설비의 전체 포집효율을 결정한다.

5.3.2.1. 운전정격풍속 ± 20 %이내의



풍속에서 필터와 그 설비를 시험측정한다.

5.3.2.2. 필터전면에 균일하게 분포되도록 에어로졸을 도입한다. 에어로졸은 기기의 100% reading이 되도록 5.1.2.2.1에 맞게 발생시킨다.

5.3.2.3. ANSI/ASME N510-1980에 따라서 HEPA 필터 하류측 덕트에서 에어로졸 농도를 측정한다.

5.3.2.4. 덕트벽면에서 1인치 이내의 둘레를 따라 여러 점에서 농도를 측정한다.

주) 5.3.2.3에서의 샘플농도가 5.3.2.3에 따른 모든 샘플의 대수평균치로부터  $\pm 5\%$  이상의 변화를 보일때나 5.3.2.4에 따른 벽면측 샘플농도가 벽을 따라서 높은 농도를 가르킬때에는 이 방법을 쓸 수 없다. 다만 mixing baffle이 설치되어 균일하게 혼합되거나 샘플추출점이 균일성을 보일 수 있도록 선정될 경우에는 이 방법도 가능하다.

### 5.3.3. 보고서 작성

5.3.3.1. 하류농도의 산술평균을 ANSI/ASME N510-1980에 의해 계산한다.

5.3.3.2. 대수평균치의 표준편차도 ANSI/ASME N510-1980에 따라 계산한다

5.3.3.3. 필터bank의 평균효율도 ANSI/ASME N510-1980에 의해 계산한다.

### 5.3.4. 허용한도

제작자와 구매자의 다른 합의가 없을때에는 필터의 지시효율이 99.97% 이상이어야 한다. 누설은 5.2.4에 서술된대로 보수될 수 있다.

## 6. 기류의 평행도 시험

이 시험의 목적은 작업공간내에서의 기류의 평행도와 내부적으로 생성되는 오염의 확산을 제한할 수 있는 CR의 성능을 증명하기 위한 것이다.

이 검사는 필요하다고 생각되어질때 구매자의 자유선택에 따라 행하여질 수 있으며 층류식 CR에만 적용될 수 있다.

이 시험은 4장의 기류의 균일도 시험이 완료된 후에 행한다.

### 6.1. 장 비

6.1.1. 등속 Smoke 발생기

6.1.2. 추나 알코올 수준기

6.1.3. 줄 자

6.1.4. Pointer와 지지대

### 6.2. 방 법

6.2.1. 작업공간의 상부평면과 하부평면을 등면적의 격자로 나눈다. 격자의 크기는  $3m \times 3m$ 로 하거나 구매자의 요구에 따른다. 상부와 하부평면간의 최소거리는 3ft (0.9m) 이상이어야 한다.

6.2.2. 분출노즐이 유동방향을 향하도록 smoke 발생기를 설치하고 상부평면상의 격자 중앙에 분출노즐이 오도록 한다.

Smoke 발생기는 격자외부에 놓이도록 한다.

6.2.3. 추나 알코올 수준기를 이용하여

출구평면상에 수직하게 투영되도록 발생기의 수직 및 수평위치를 설정한다.

6.2.4. 등속 및 등온으로 smoke 를 분출시킨다.

6.2.5. 지지대에 설치된 pointer가 작업구역 출구평면에 오도록하고 그 끝을 눈으로 보아 smoke 유선의 중심점에 놓는다.

6.2.6. 6.2.3에서 결정된 투영점과 6.2.5에서 측정된 점 사이의 오차거리를 측정한다.

6.2.7. 각 격자에 대해 상기의 검사를 완료한다.

### 6.3. 보고서 작성

6.3.1. CR도면상에 각 격자시험점을 표시한다.

6.3.2. 각 시험점과 smoke 유선사이의 오차거리를 기록하고 화살표로 오차의 반경 방향을 표시한다.

6.3.3. 오차각이 14° (예를들면 36 in (90 cm) 거리에서 9 in(22.5 cm. 오차)를 초과하는 모든 점을 기록한다.

### 6.4. 허용한도

조정작업이나 14°를 넘는 오차의 허용한계 등은 구매자와 제작자 사이의 합의에 의한다.

## 7. 회복 시험

### 7.1. 장 비

7.1.1. 등속 Smoke 발생기

7.1.2. 최소흡인량 1ft<sup>3</sup>/min(0.028 m<sup>3</sup>/sec)를 갖고 0.5 μm보다 작은 입자크기를 측정할 수 있는 광산란식 입자계수기.

### 7.2. 방법 (총류식의 경우)

7.2.1. 실내나 작업영역을 10ft × 10ft (3 m × 3 m)보다 작은 시험공간으로 분할한다.

7.2.2. 6.2.1과 6.2.2에 의하여 smoke 발생기를 설치하고 1~2분간 분출한 후 정지시킨다.

7.2.3. 1분간 기다린 후에 입자계수기의 샘플링튜브를 작업구역 출구 평면의 smoke 소스의 바로 직하방에 놓고 입자수를 측정하여 기록한다. 입자수가 100 개 /ft<sup>3</sup> (3.5 개 /m<sup>3</sup>) 이상이면 100 개이하가 될때까지 매 30초마다 측정을 계속한다.

### 7.3. 방법 (난류식의 경우)

7.3.1. 방의 배기구에서 정지시의 입자 농도를 측정한다.

7.3.2. 공기 급기구에서 연기를 분출하여 배기구에서의 농도가 정지시보다 아주 높을 때까지 smoke 를 발생시키고 발생기를 정지한다.

7.3.3. 매 1분마다 10 초씩 입자수를 측정하고 정지시의 농도까지 떨어지는데 소요되는 시간을 기록한다.

**7.4. 방법 (혼합식의 경우)**

7.4.1. 혼합식중 총류식 부분에 대해 7.2의 시험을 수행한다.

7.4.2. 혼합식중 난류식부분에 대해 7.3의 시험을 수행한다.

**7.5. 보고서 작성**

7.5.1. 총류식의 경우, 매 격자마다 smoke 발생기 정지시로부터 입자수가 100 개 /ft<sup>3</sup> (3.5 개 /m<sup>3</sup>) 이하로 감소하는데 소요된 시간을 기록한다.

7.5.2. 난류식의 경우, smoke 분출정지로부터 정지시 (at-rest) 농도로 입자가 감소할 때까지 걸리는 시간을 기록한다.

7.5.3. 혼합식의 경우에는 총류식과 난류식에 대한 시간을 7.5.1과 7.5.2에 의거하여 기록한다.

**7.6. 허용한도**

총류식 CR의 경우에 회복시간은 유속, 균일도 및 평행도의 함수이다.

난류식 CR의 경우에는 실내체적과 HEPA 필터로 청정된 공기의 체적과 분포에 따라 변한다. 혼합식의 경우에는 총류식과 난류식의 어떤 조합에 따른다. 회복시간 기준치는 합의에 따른다.

**8. 공기부유입자 계수**

이 시험은 제작된 청정설비가 요구하는 청

정도를 만족시키는가를 검사하기 위한 것으로서 일상적인 측정과는 다른 것이다.

**8.1. 장 비**

0.5 μm크기 이상의 입자측정 능력이 있는 입자계수기. 다른 크기의 입자 구분은 제작자와 구매자의 합의에 따른다.

**8.2. 방 법**

8.2.1. 정상작동을 위해 필요한 모든 CR시스템 (공조기기, 필터시스템, 벽, 천정, 바닥 등)의 완성여부와 CR형태에 따른 요구 사항에 부합되게 정상적으로 작동하는지를 확인한다. 이때의 요구사항은 구매자와 판매자의 합의에 따른다.

8.2.2. 사용자의 요구사항을 만족하고 CR형태와 작동모드에 적합한 작업장소에 시험 격자점을 설정한다. 이것도 구매자와 제작자의 합의에 따른다.

8.2.2.1. 격자의 수효, 위치, 크기 등은 요구되는 신뢰도를 달성할 수 있도록 청정도 및 중요한 지점의 수효 등에 의하여 결정되어야 한다. 총류식 CR은 그 특성상 난류식보다 많은 측정 격자가 필요하다. 격자의 면적은 청정도 등급의 제품근보다 클 수 없다. 예를들면 등급 10,000의 경우에는 100ft<sup>2</sup> (9.3 m<sup>2</sup>), 등급 100의 경우는 10ft<sup>2</sup> (0.93 m<sup>2</sup>) 등이다.

8.2.2.2. 샘플링시 측정기거나 측정자로부터 발견된 입자가 유입되지 않도록 해

야한다. 즉 작업공간으로 유입되는 공기를 측정하여야 한다. 일반적으로 작업높이보다 높은 곳이나 상류측이어야 한다.

8.2.2.3. 측정위치나 수효는 사용자의 통계적인 요구를 만족시켜야만 한다. 그 선정에는 다음의 사항을 고려한다.

a) 사용될 입자계수기의 입자 측정범위와 샘플흡인량

b) 방의 크기, 배치, 기구들 및 주요 오염원 등.

8.2.3. 구매자와 제작자 사이의 별다른 명시가 없으면 입자의 수는  $1ft^3$  당의  $0.5 \mu m$  크기 이상의 모든 입자수를 의미한다.

주) 모든 측정은 일반적인 주변조건하에서 이루어진다. 특별히 도입되는 조건변화는 없다.

8.2.4. 각 샘플점에서 측정개수와 각 측정에서의 공기샘플체적은 다음 사항을 고려해야만 한다.

- a) 요구되는 통계적인 신뢰도와 정도
- b) 요구되는 공기유속 및 청정도

### 8.3. 보고서 작성

8.3.1. 각 격자점에서의 평균 입자수를 기록한다.

8.3.2. 요구된 청정도를 초과하는 모든 측정을 표시한다.

### 8.4. 허용한도

어떤 CR이 전체적으로 어떤 청정도를 만

족한다고 하기 위해서는 모든 측정점에서의 입자수가 요구정도를 넘지 않아야 한다.

CR내 작업공간의 청정도는 최대 허용 입자농도로 표시한다. 추가로 제작시, 정지시 및 가동시의 시설 모드에 따라 다르게 정의할 수도 있다. 이러한 구분에 관한 요구사항은 제작자와 구매자의 합의에 명시되어야 한다.

## 9. 입자낙하 계수 (임의시험사항)

이 시험은 광학입자계수기로 효과적으로 측정할 수 없는 큰 공기부유 입자들을 측정하기 위해 행한다. 입자낙하측정은 CR내에서 침강하는 자연상태의 입자를 포집할 수 있는 작은 시험판(witness plate)으로 얻어진다. 이 시험판 위의 입자들은 표면입자 측정기로 측정해서 입자침강율을 결정한다. 입자낙하 시험은 제작완료시, 정지시, 정상 가동시의 설비에 있어 주변입자의 포괄적인 상태를 알려주는 공기부유입자 계수를 보완한다. 이러한 시험의 유무와 사용될 측정장비, 시험결과와 해석 등은 구매자와 제작자의 합의에 따른다.

### 9.1. 장 비

시험검증판(witness plate)의 재질은 사용될 표면입자측정장치의 형태에 부합하는 것으로 선택해야 한다. 적합한 시험검증판과 입자측정기기의 조합은 표 2와 같이 하면 좋을 것이다.

이 시험을 위해 사용되는 방법과 기기를 선정하는데 있어서, 생산되는 특정제품에 관련된 입자크기범위를 측정할 수 있는가의 가능성을 고려해야 한다. 또 다른 고려사항으로는 샘플해석에 소요되는 시간과 선정된 시험절차의 주관성 등이 포함될 수 있다.

선정된 시험검증판 재질에 침강한 최소크기 5 μm 이상의 입자를 측정하기 위해서는 현미경측정장치를 설치해야 한다. 실리콘웨이

퍼 표면입자측정기의 최소측정한계는 선정된 모델에 따라 다르지만 통상적으로 0.5 ~ 2 μm의 측정범위를 갖는다. 적절한 교정절차도 매 시험에서 얻어지는 결과의 정확성을 사용자에게 확신시켜 주기 위해서 확립되어야 한다.

수동현미경계수는 ASTM F24-65에 따라서 이루어져야 한다.

표 2.

Surface Particle Detection Instrument	Suitable Witness Plate
Manual microscope or Automatic microscope and image analyzer	Blank silicon wafers Microscope slides Membrane filters Glass Photomask substrates Petri dishes
Automatic silicon wafer surface particle detector	Blank silicon wafers

9.2. 방 법

9.2.1. 정상작동을 위해 필요한 모든 CR시스템(공조기기, 필터시스템, 벽, 천정, 바닥 등)의 완성여부와 CR형태에 따른 요구사항에 부합되게 정상적으로 작동하는지를 확인한다.

9.2.2. 사용자 요구사항을 만족하고 CR형태와 작동모드에 적합한 작업장소에 시험

격자점을 설정한다.

9.2.3. 각 시험검증판을 구별할 수 있게 한다.

9.2.4. 배경농도("before" count)를 측정하고 시험검증판의 단위면적 (cm<sup>2</sup>) 당 평균입자수를 기록한다.

$$\frac{\text{평균입자수}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{시험검증판 위의 총입자수}}{\text{시험검증판의 면적(cm}^2\text{)}}$$

주) 박막필터(membrane filter)를 제외한 모든 시험검증판은 배경입자 농도를 줄이기 위하여 사전에 세정한다.

9.2.5. 주변환경을 측정하거나 control로 사용하기에 충분한 갯수의 시험검증판을 준비한다. 최소한 3개이상의 시험검증판이 입자제어를 위해서 사용되어야 한다. Control은 주변환경에 노출되지 않는다면 다른 시험검증판과 동일하게 취급되어진다.

9.2.6. Control을 포함한 모든 시험검증판은 CR시험장소로 이동할 때까지 청결한 보관함속에 보관한다.

9.2.7. 시험검증판은 그 포집표면이 시험지점에 수평하게 노출될 수 있도록 어떤 물체나 지지구조물위에 놓는다. 지지표면에 놓기 바로 직전에 시험검증판을 싸고 있는 덮개를 열어 놓는다.

9.2.8. Control을 잠시 열어서 지지표면위에 노출하고 즉시 덮개를 하여 입자계수를 시행한다. 이 입자수는 시험검증판 취급시에 추가되는 입자를 나타낸다.

9.2.9. 시험검증판은 최소 4시간에서 48시간 정도 주변환경에 노출시킨다. 이 노출시간은 CR형태와 작동모드, 사용되는 시험장비 등에 따라 달라질 수 있으며 사용자의 요구사항을 만족할 수 있는 충분한 입자샘플량을 가질 수 있도록 조정되어야 한다.

9.2.10. 각 격자점에서 최소 3회 이상의 입자낙하시험을 행한다.

9.3. 보고서 작성

다음과 같이 입자침강율을 계산하고 기록한다.

9.3.1. 다음 공식을 이용하여 각 control 웨이퍼에 추가되는 입자수를 결정한다.

$$\frac{AC - BC}{A} = \text{단위면적당 입자수 (개/cm}^2\text{)}$$

여기서

AC = "After" count

BC = "Before" count

A = cm<sup>2</sup>로 표시한 control의 면적

9.3.2. 앞서 각 control 당 계산된 입자수를 모두 더하고 총 control의 갯수로 나누어서 평균한다. 이 값을 '평균 control 추가수' 이라고 부른다.

9.3.3. 각 시험검증판에서의 입자수는 다음의 공식으로 결정한다.

$$\frac{AC - BC}{A} - ACA = NP(\text{개/cm}^2)$$

여기서

AC = "After" count

BC = "Before" count

ACA = 평균 control 추가수

NP = 순수침강입자수

A = cm<sup>2</sup>로 표시한 시험검증판의 면적

9.3.4. 앞서 계산한 단위면적당 순수침강입자수를 시험장치가 주변환경에 노출되었던 시간으로 나눈다. 이 값이 단위면적·단위시간당 정규입자침강율이 된다.

9.3.5. 모든 개별적인 측정을 기록한다.  
 각 격자점에서의 평균입자수를 얻기 위해서 3회 측정 (또는 그 이상)의 평균을 구한다. 실내면적의 함수로 입자낙하정도를 보여줄 수 있는 격자도를 만들고 평균입자수를 기록한다.

#### 9.4. 허용한도

허용가능한 입자침강율은 구매자와 제작자 사이의 합의에 의해 설정되어야 한다.

### 10. 실내 유입 누출 시험

이 시험은 비청정공기가 접합부나 균열등을 통하여 실내로 유입됨으로써 청정작업공간의 오염을 유발하는지의 여부를 측정하는 것이다.

#### 10.1. 장 치

10.1.1. 공기식 입자발생기 또는 유사품

10.1.2. 흡인량 최소  $1.0\text{ft}^3/\text{min}$  ( $0.028\text{m}^3/\text{min}$ ) 이상, 최소측정크기  $0.5\mu\text{m}$  이하의 성능을 갖는 광산란식 입자계수기.

#### 10.2. 방 법

10.2.1. 평가되어야 할 문통로나 표면에서 가장 근접한 CR외부 주변공간의 입자농도를 측정한다. 이 입자농도는 적어도  $10^5$  개/ $\text{ft}^3$  ( $3.5 \times 10^3$  개/ $\text{m}^3$ ) 이상이어야 한다. 만약 이보다 농도가 작게되면 입자발생기를

이용하여 농도를 증가시킨다.

10.2.2. 구조물 접합부의 누설검사를 위해서는 접합부에서  $2 \sim 4\text{in}$  ( $5 \sim 10\text{cm}$ ) 떨어진 지점에서 약  $10\text{ft}/\text{min}$  ( $3\text{m}/\text{min}$ )의 속도로 scan 한다.

10.2.3. 문등의 누입검사에는 열린문으로부터  $1 \sim 10\text{ft}$  ( $0.3 \sim 3.0\text{m}$ ) 떨어진 실내에서 측정한다.

주) 측정점의 수와 위치는 구매자와 제작자의 합의에 따른다.

#### 10.3. 보고서 작성

외부 농도의 0.1%이상되는 점을 모두 기록한다.

#### 10.4. 허용한도

누입이 있는 설비의 허용은 구매자와 제작자가 합의하는 절차에 의해 만족할만한 수리가 이루어질 수 있는가에 달려있다.

### 11. 실내양압 시험

이 시험의 목적은 CR내에서 특정한 양압을 유지할 수 있는 CR시스템의 성능을 확인하기 위한 것이다. 이 시험은 CR 시설이 7장에서 10장의 기류속도, 균일도, 평행도 그밖의 적용되는 시험에 대한 허용기준을 만족하는 것이 완료된 후에 실시한다.

#### 11.1. 장 비

경사형 차압계나 기타 압력계

### 11.2. 방 법

모든 문을 닫고 행한다.

11.2.1. 전실이 있다면 CR과 전실의 차압과 전실과 외부주위사이의 차압을 측정하고 기록한다.

11.2.2. 전실이 없다면 CR과 외부주위사이의 차압만을 측정하고 기록한다.

11.2.3. CR이 여러개의 구분된 공간으로 나뉘어져 있으면 제일 내부와 그 다음공간, 그리고 그 다음공간 등 차례로 마지막공간과 외부에 이르기까지 차압을 측정한다.

### 11.3. 보고서 작성

0.01in(0.25 mm) w.g. 까지 모든 측정값을 기록한다.

### 11.4. 허용한도

양압의 정도와 허용한도는 구매자와 제작자의 합의에 따른다.

## 12. 주공기량과 보충공기량 및 여유용량 시험

이 시험의 목적은 CR에 송풍되는 주공기량과 보조공기 처리시스템에 의해 공급되는 보충공기량, 그리고 필터부하 조건에 따른 공기처리시스템의 여유용량을 결정하기 위한 것이다.

## 12.1. 장 비

12.1.1. Hot-wire나 vane-type 풍속계 (anemometer)

12.1.2. Pitot 튜브

12.1.3. 경사차압계나 기계식 압력계

12.1.4. Tachometer

## 12.2. 방 법 - 주공기량

주공기처리시스템에 의해 송풍되는 공기량은 다음과 같이 결정한다.

12.2.1. AMCA Publication 203의 절차에 따른 팬성능곡선으로부터 주공기처리시스템의 각 송풍기의 scfm 설계 송풍량을 결정한다.

12.2.2. 다음에 제시된 방법중 적어도 한가지 이상의 방법(두가지 또는 세가지가 적합)으로 실내에 송풍되는 실제 scfm을 결정한다.

12.2.2.1. 4장에서의 작업구역 평균 측정속도에 작업구역면적을 곱해서 청정공간의 scfm 송풍량을 결정한다.

주) 송풍량을 계산하기전에 AMCA Publication 203에 따라 표준조건(70 °F와 29.92 inHg)에 맞게 평균측정속도를 교정한다.

12.2.2.2. AMCA Publication 203에 따라 속도와 면적측정에 의해서 주공기필터 bank의 scfm 송풍량을 결정한다.

12.2.2.3. AMCA Publication 203에 따라 속도와 면적측정에 의해서 주공기 prefilter bank의 scfm 송풍량을 결



정한다.

12.2.2.4. AMCA Publication 203에 따라 직선 덕트길이(팬입구 또는 팬출구, 순환공기덕트 또는 공급덕트에서)에서의 속도와 면적측정에 의해서 각각의 주공기처리팬의 scfm 송풍량을 결정한다.

### 12.3 . 방법 - 보충공기급기량

다음과 같이 보충공기처리시스템에 의해서 송풍되는 공기량을 결정한다.

12.3.1. AMCA Publication 203에 따라 제작자 팬성능곡선으로부터 각 보충공기팬의 scfm 설계송풍량을 결정한다.

12.3.2. 대안으로 다음에 제시된 방법중의 하나에 따라서 보충공기처리시스템에 의해 송풍되는 공기량을 결정할 수 있다.

12.3.2.1. AMCA Publication 203에 따라 직선덕트길이(팬입구 또는 팬출구에서)에서의 속도와 면적측정에 의해서 각각의 보충공기처리팬의 scfm 송풍량을 결정한다.

12.3.2.2. AMCA Publication 203에 따른 속도와 면적측정에 의해서 각각의 보충공기 최종필터 bank의 scfm 송풍량을 결정한다.

12.3.2.3. AMCA Publication 203에 따른 속도와 면적측정에 의해서 각각의 보충공기 prefilter bank의 scfm 송풍량을 결정한다.

12.3.2.4. 보충공기덕트출구에서의 속

도와 면적측정에 의해서 각각의 보충공기시스템의 scfm 송풍량을 결정한다.

### 12.4. 방법 - 여유평기 처리용량

이 시험의 목적은 시간이 지남에 따라 필터부하 증가로 발생하는 시스템저항 상승을 보정하기 위해서 주공기처리에서의 초과설계용량을 결정하기 위한 것이다. 여유평기처리용량은 in.w.g.로 표시하고 다음과 같이 결정될 수 있다.

12.4.1. AMCA Publication 203에 부합되게 공기처리기의 외부정압을 측정한다.

팬속도를 RPM으로 측정한다. 모터상표에 표시된 팬모터마력을 기록한다. 12.2 절에 서술된 주공기급기량을 결정한다. 적절한 팬성능곡선에 운전점을 도시한다.

12.4.2. 여유평기시스템용량은 다음 두가지 방법중 하나로 계산될 수 있다.

12.4.2.1. 팬성능곡선에 실제 RPM과 최소허용시스템풍속에서의 점을 도시한다. 이러한 조건에서의 외부정압을 결정한다. 이 값과 실제측정의외부정압과의 차이가 in.w.g.로 표시되는 여유평기용량이 된다.

12.4.2.2. 측정된 풍속값에서 공기처리모터의 BHP를 초과하지 않는 정압을 도시한다. 이 정압과 측정된 외부정압과의 차이가 in.w.g.로 표시되는 여유평기용량이 된다.

### 12.5. 보고서 작성

12.5.1. 측정 또는 계산된 주공기급기량

과 보충공기량을 총 scfm, 작업구역면적당 scfm, 시간당 환기수로 거의 10 scfm (0.03  $\text{m}^3/\text{min}$ ) 또는 0.1 환기 / hour 까지 보고한다.

12.5.2. 계산된 여유공기처리용량을 정압으로 거의 0.01in(0.25 mm) w.g. 까지 보고한다.

### 12.6. 허용한도

12.6.1. 구매자와 제작자의 합의에 의해서 최소허용 주공기급기량을 작업구역 단위 면적 ( $\text{ft}^2$ ) 당 scfm, 또는 단위시간당 환기수로 표시할 수 있다.

12.6.2. 구매자와 제작자의 합의에 의해서 공정배기손실을 보충하기 위한 총 scfm 과 (또는) 새로운 공기순환을 위한 작업구역 단위면적 ( $\text{ft}^2$ ) 당 scfm으로 보충공기량을 표시할 수 있다.

12.6.3. 구매자와 제작자의 합의에 의해서 가변급기팬 시스템에서는 설계 풍량 요구조건에서의 in.w.g. 정압증가로, 또는 고정급기팬 시스템에서는 규정된 감소풍량 요구조건에서의 in.w.g. 정압증가로 여유공기처리용량을 표시할 수 있다.

## 13. 조명도 및 균일성 시험

본 시험의 목적은 실내의 규정된 조명도와 조명균일성을 검증하기 위한 것이다.

### 13.1. 장 치

Illuminating Engineering Society Lightning Handbook 에 부합되는 현장 측정을 위해 공인된 이동형 광전자식 조도계.

### 13.2. 방 법

13.2.1. IESNA Lighting Handbook “현장측정(Field Measurement)” 절에 따라 조명기구의 적절한 조절을 하기 위해서 이 시험에 앞서 형광조명으로 적어도 100 시간 (또는 백열조명으로 20 시간)의 예비 운전이 선행되어야 한다.

13.2.2. CR이 적어도 2시간이상 운전된 후 또는 온도평형에 필요한 시간이 경과한 후에 모든 측정을 행한다.

13.2.3. IESNA Lighting Handbook 에 나오는 현장측정절차에 부합되게 바닥면 위 작업이 이루어지는 곳에서의 조명도를 측정한다.

### 13.3. 보고서 작성

13.3.1. 실내도면위에 측정위치를 표시하고 측정된 조명도를 기록한다.

13.3.2. IESNA 절차에 따라 총합 평균 조명도를 계산한다.

### 13.4. 허용한도

IESNA 절차와의 상이점과 규정조명도는 구매자와 제작자 사이의 합의에 따른다.

## 14. 소음도 시험

이 시험의 목적은 CR내와 근접한 외부 사용공간에서의 기본 CR기계 및 전기 시스템에 의해서 발생하는 부유음압도를 측정하고 그 성능이 구매자의 요구사항에 부합되는지를 검증하기 위한 것이다.

### 14.1. 장 비

교정된 Octave Band Analyzer

### 14.2. 방 법

시험방법은 ANSI S12.2에 부합되어야 한다. 이 시험은 octave band 해석을 사용한 음압도측정과 지침서로서의 소음기준을 위한 절차를 확립한다.

### 14.3. 허용한도

ANSI S12.2와 다른 것은 구매자와 제작자 사이의 합의에 따른다.

## 15. 온도균일도 및 습도 시험

본 시험의 목적은 구매자 규정 범위내에서 온도균일도와 습도를 조절할 수 있는 시스템 능력을 나타내기 위한 것이다.

### 15.1. 장 비

15.1.1. 온도변위  $0.1^{\circ}\text{F}(0.2^{\circ}\text{C})$  눈금을 가진 두개의 온도계

### 15.1.2. 상대습도계 또는 건구온도계

### 15.2. 방법 - 온도균일도

15.2.1. 이 시험은 공기유동균일도 시험을 마친 후에 실시한다. 시험이 시작되기 전에 공조시스템을 24시간 가동한다.

15.2.2. 각 온도조절공간을 약  $10\text{ft} \times 10\text{ft}(3\text{m} \times 3\text{m})$  크기를 갖는 동일면적의 격자로 분할한다. (온도조절공간의 수는 온도조절장치 / 밸브 조합의 수와 동일하다)

15.2.3. 공조시스템이 정상조건하에서 운전되게 하면서 실내의 동일 지점에서 두개의 온도계가 같은 값을 갖도록 교정한다.

15.2.4. 하나의 온도계는 한 격자중앙의 작업높이에 고정시키고 다른 하나의 온도계로는 모든 다른 격자에서의 온도를 측정하여 매번 두 온도계의 값을 동시에 읽어서 기록한다.

### 15.3. 방법 - 습도

15.3.1. 15.2.1 절을 참조한다.

15.3.2. 공조시스템이 정상운전조건으로 운전되는지를 확인한다.

15.3.3. 습도계를 온도조절공간 중앙의 작업높이에 놓고 습도와 온도를 측정한다. 나머지 공간에서도 이같은 측정을 반복한다.

### 15.4. 보고서 작성

15.4.1. 측정데이터점의 위치를 표시한 도면을 준비한다. 각 점에 대해서 이동온도

계와 고정온도계 사이의 온도차를 기록한다.

15.4.2. 도면에 습도측정치를 기록한다.

**15.5. 기타 시험**

보충공기유닛나 냉장시스템을 포함하는 다른 시험은 NEBB, ABC, 또는 SMACNA 에 의해 제안된 기업표준을 따라 구매자가 규정할 수도 있다.

**15.6. 허용한도**

온도균일도와 습도조절 요구사항은 구매자와 제작자 사이의 합의에 의한다.

**16. 진동 시험**

이 시험의 목적은 CR구조와 그 부속물에 있어서의 진동수준이 구매자 규정에 의한 기

준치 안에서 제어되는 가를 확인하기 위한 것이다.

**16.1. 장 비**

적합한 가속도계 (accelerometer)

**16.2. 방 법**

16.2.1. 시험방법과 기록절차는 “음향과 진동측정”에 대한 NEBB Procedural Standards 에 서술되어진 대로 한다.

16.2.2. 운전기계와 관련된 특정 진동데이터가 요구되는 곳에서는 ANSI S2.17 - 1980 에 서술된 시험방법이 앞서 언급한 방법 대신으로 쓰일수도 있다.

**16.3. 허용한도**

각기 인용된 표준과의 다른점은 구매자와 제작자의 합의에 의한다.



IES-RP-CC-006-84-T

# CLEAN ROOM TESTING REPORT

ROOM DESIGNATION: \_\_\_\_\_

ROOM TYPE:  Laminar Airflow      ROOM STATUS:  As-Built Facility  
 Turbulent Airflow       At-Rest Facility  
 Mixed Airflow       Operating Facility

ROOM SIZE: \_\_\_\_\_ HEPA FILTER LOCATION: \_\_\_\_\_

SPECIAL CONDITIONS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

AIRFLOW VELOCITY AND UNIFORMITY  
Ref. Section 4

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

- Anemometer: Type \_\_\_\_\_  
Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
- Measurements taken at \_\_\_\_\_ inches from HEPA filters.
- A diagram of room with the Work Zone located, Measurement Grid indicated, and individual measurement values recorded must be attached.
- Were corrections required to the airflow system as a result of this test?  Yes  No
- If yes, describe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**BUYER-SPECIFIED VALUES:**

Average Velocity, fpm \_\_\_\_\_ Max.  
 \_\_\_\_\_ Min.

Uniformity Range:  $\pm$  \_\_\_\_\_ %

Minimum percentage of readings within uniformity range \_\_\_\_\_ %

**TEST VALUES:**

Average Velocity, fpm \_\_\_\_\_

Uniformity Range, fpm \_\_\_\_\_ Max.  
 \_\_\_\_\_ Min.

Percent of readings within uniformity range \_\_\_\_\_ %

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

AIRFLOW PARALLELISM  
Ref. Section 6

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

- Work Zone: Measurement Grid, \_\_\_\_\_ ft. x \_\_\_\_\_ ft.  
 Entrance Plane (A) = \_\_\_\_\_ in. from HEPA  
 Exit Plane (B) = \_\_\_\_\_ in. from HEPA  
 Total Dist. (B - A) = \_\_\_\_\_ in.
- Maximum Offset Dist. (B - A)  $\tan \alpha \times$  \_\_\_\_\_ in.  
 ( $\tan 14^\circ = .25$ )
- Attach room measurement grid with measured offset distance and direction  $\rightarrow$  recorded. Identify all readings which exceed established limit.
- Were corrections required to room airflow balance because of this test?  Yes  No
- If yes, describe: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- If yes, is velocity and uniformity retest required?  Yes  No

**BUYER-SPECIFIED VALUES:**

Maximum Offset Angle  $\alpha$  \_\_\_\_\_

**TEST RESULTS:**

Offset Range \_\_\_\_\_ to \_\_\_\_\_

Percent of measurements within limits \_\_\_\_\_ %

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

HEPA FILTER INSTALLATION LEAKAGE  
Ref. Section 5

TEST METHOD:  Per 5.1  Per 5.2  Per 5.3  Not Req:  
 Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

- TEST METHOD 5.1, AEROSOL CHALLENGE AND PHOTOMETER
  - Photometer: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_  
 Linear Readout  Logarithmic
  - Upstream Challenge Reading \_\_\_\_\_
  - Maximum Downstream Leakage Reading \_\_\_\_\_
- TEST METHOD 5.2, AMBIENT PARTICLE AND PARTICLE COUNTER
  - Particle Counter: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_  
 Flow Rate \_\_\_\_\_, Min. Part. Size \_\_\_\_\_
  - Upstream Particle Count \_\_\_\_\_ PPCF, \_\_\_\_\_  $\mu$ m & Larger
  - Maximum Downstream Count \_\_\_\_\_ PPCF, \_\_\_\_\_  $\mu$ m & Larger
- TEST METHOD 5.3, TOTAL LEAKAGE
  - Photometer with linear readout:  
 Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
  - Upstream Challenge Reading \_\_\_\_\_ %
  - Average Downstream Penetration \_\_\_\_\_ %
  - Standard Deviation \_\_\_\_\_
  - Average Filter Bank Efficiency \_\_\_\_\_ %
- Were repairs required as a result of this test? \_\_\_\_\_
- If yes, describe repair method \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**BUYER-SPECIFIED VALUES:**

Filter Bank Leakage Less than \_\_\_\_\_ %  
 per Aerosol/Photometer Method.  
 or  
 Filter Bank Particle Penetration Less  
 Than \_\_\_\_\_ % per Ambient/Particle  
 Counter Method.  
 or  
 Filter Bank Efficiency \_\_\_\_\_ % min. per  
 Total Efficiency Method.

**TEST RESULTS:**

Filter Bank Leakage meets minimum re-  
 quirements  Yes  No  
 Comments: \_\_\_\_\_

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

RECOVERY TEST  
Ref. Section 7

Test Required:  Yes  No  
 Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

- Particle Counter: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_  
 Flow Rate \_\_\_\_\_, Min. Part. Size \_\_\_\_\_
- For Laminar Airflow, Number of Test Points: \_\_\_\_\_
- For Turbulent Airflow, At-Rest Level: \_\_\_\_\_ PPCF  
 Number of Test Points: \_\_\_\_\_

**TEST RESULTS:**

Average Recovery Time \_\_\_\_\_

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

INDUCTION LEAK  
Ref. Section 10

Test Required:  Yes  No  
 Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

- Particle Counter: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_  
 Flow Rate \_\_\_\_\_, Min. Part. Size \_\_\_\_\_
- External Count \_\_\_\_\_ PPCF
- Maximum Allowable Internal Count \_\_\_\_\_ PPCF
- Were corrections required because of this test? \_\_\_\_\_
- If yes, describe locations and correction method \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**TEST RESULTS:**

All areas tested meet minimum require-  
 ments  Yes  No  
 Comments: \_\_\_\_\_

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**AIRBORNE PARTICLE COUNT**  
Ref. Section 8

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Particle Counter: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_  
Flow Rate \_\_\_\_\_, Min. Part. Size \_\_\_\_\_
2. Total Number of Test Points \_\_\_\_\_
3. Number of Samples per Test Point \_\_\_\_\_
4. Attach room measurement grid with the Average Particle Count recorded at each location. Identify all readings which exceed cleanliness requirement.

**BUYER-SPECIFIED VALUES:**

Air Cleanliness Class \_\_\_\_\_

**TEST RESULTS:**

- No counts exceed cleanliness requirement.  
\_\_\_\_\_% of counts exceed cleanliness requirement.

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**PARTICLE FALLOUT COUNT**  
Ref. Section 9

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Witness Plate Description: \_\_\_\_\_
2. Detection Equip. \_\_\_\_\_, Min. Part. Size \_\_\_\_\_
3. Total Number of Test Points \_\_\_\_\_
4. Number of Samples per Test Point \_\_\_\_\_
5. Exposure Time per Sample \_\_\_\_\_
6. Attach room measurement grid with the Average Particle Count recorded at each location.

**TEST RESULTS:**

Attach report listing Average Particles per Sq. cm. per Hour and particle size distribution data.

**ACCEPTED FOR BUYER**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**ROOM PRESSURIZATION**  
Ref. Section 11

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Test Gauge: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
2. Attach list of rooms showing both the design and measured pressure differential with respect to ambient or with respect to adjacent room.
3. Were corrections required because of this test? \_\_\_\_\_
4. If yes, describe \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**TEST RESULTS:**

- Room Pressurization meets design requirements

Comments: \_\_\_\_\_

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**LIGHTING**  
Ref. Section 13

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Instrument: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
2. Lamp Seasoning Period prior to test: \_\_\_\_\_ Hours
3. Attach room diagram showing test locations and measured illuminance reading.

**TEST RESULTS:**

Ave. Illuminance: \_\_\_\_\_

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**NOISE LEVEL**  
Ref. Section 14

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Instrument: Mfr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
2. Attach room diagram showing measurement points and measurement values.

**TEST RESULTS:**

Maximum NC Sound Level: \_\_\_\_\_  
Attach measured NC curve of plotted values

**ACCEPTED FOR BUYER:**

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

MAIN AIR SUPPLY AND MAKEUP AIR SUPPLY  
Ref. Section 12

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Attach all fan curve data sheets, calculation sheets, and list of equipment used to obtain system data listed below.
2. Initial (clean filter) Performance
  - a. Calculated Main Air Supply Volume: (sum of all individual fans)
  - b. Calculated Makeup Air Supply Volume:
  - c. Measured Main Air Supply Volume: (per 12.2.2.1, 12.2.2.2, etc.)
  - d. Measured Makeup Air Supply Volume:
  - e. Initial Main Air Supply Static Load:
  - f. Initial Makeup Air Supply Static Load:
3. Main Air Supply Filter Loading Capacity
  - a. For adjustable fan delivery systems, fan h.p. and drive adjustment available to maintain the design airflow velocity at a max. filter static of:
  - b. For fixed fan delivery systems, fan capacity is available to achieve a max. filter static of: at a min. airflow velocity average of:
4. Makeup Air Supply Filter Loading Capacity
  - a. Fan system capable of maintaining adequate makeup air volume at a max. filter static of:

TEST RESULTS OR CALCULATIONS:

- a. \_\_\_\_\_ scfm
- b. \_\_\_\_\_ scfm
- c. \_\_\_\_\_ scfm
- d. \_\_\_\_\_ scfm
- e. \_\_\_\_\_ inch w.g.
- f. \_\_\_\_\_ inch w.g.
- a. \_\_\_\_\_ inch w.g.
- b. \_\_\_\_\_ inch w.g.  
\_\_\_\_\_ fpm
- a. \_\_\_\_\_ inch w.g.

ACCEPTED FOR BUYER:

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

TEMP. AND HUMIDITY  
Ref. Section 15

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Temp. Indicators: \_\_\_\_\_  
Humidity Indicators: \_\_\_\_\_
2. Attach room measurement grid with temperature differential values and RH values recorded.
3. No. of Temp. Test Points \_\_\_\_\_, RH Points \_\_\_\_\_
4. Were corrections required because of this test? \_\_\_\_\_
5. If yes, describe \_\_\_\_\_

BUYER-SPECIFIED VALUES:

Temp. Uniformity:  $\pm$  \_\_\_\_\_ °F  
Humidity Range: \_\_\_\_\_ % RH

TEST RESULTS:

Max. Temp. Diff. \_\_\_\_\_ °F  
Humidity Range: \_\_\_\_\_ to \_\_\_\_\_ % RH

ACCEPTED FOR BUYER:

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

VIBRATION  
Ref. Section 16

Test Required:  Yes  No

Tested By: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

1. Instrument: Mr. \_\_\_\_\_ Model \_\_\_\_\_
2. Attach room diagram with measurement points and measurement values recorded.

TEST RESULTS:

Maximum Vibration Level at \_\_\_\_\_ cps  
Disp \_\_\_\_\_ mils  
Accel \_\_\_\_\_ g peak  
Vel. \_\_\_\_\_ in/sec peak

ACCEPTED FOR BUYER:

By \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_