

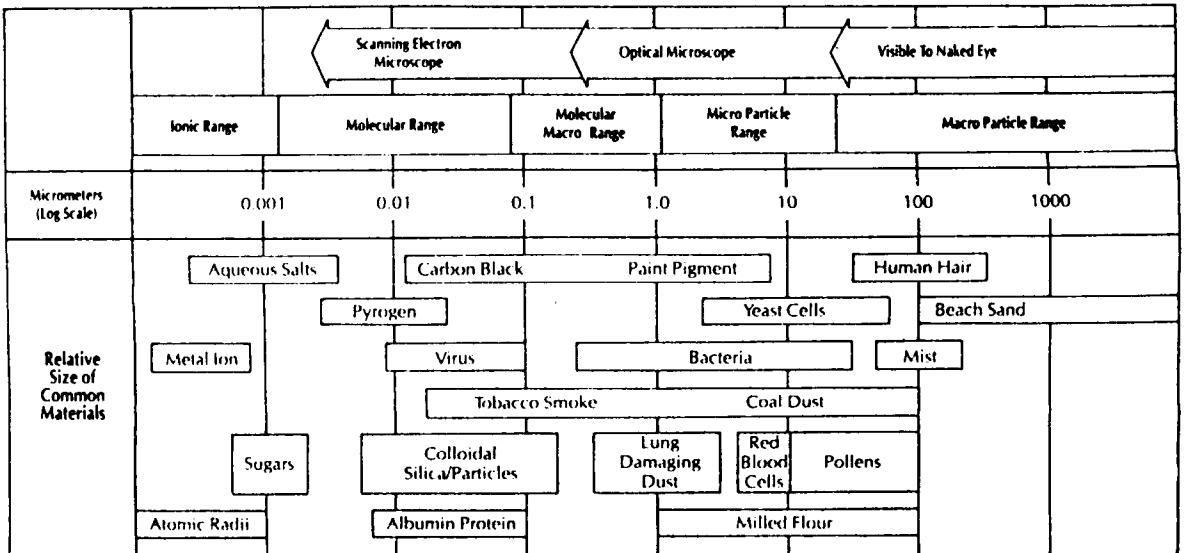
무진실의 방재대책

무진실(Cleanroom)은 제품의 오염을 방지하기 위해 거의 완벽한 공기를 필요로 하는 제조, 조립, 시험 및 포장작업을 위해 사용되는 통제된 환경을 말한다. 미리 설정된 공기의 질을 얻기 위하여 공기중의 입자, 온도 및 습도를 엄격하게 제어한다. 이러한 장소는 거의 완벽한 환경조성을 해야 하므로 적절한 방화대책을 갖추기가 어려운 경우가 많다. 어떠한 경우에는 전혀 방화대책을 하지 않아 중요한 공정을 위험한 상태로 방치해 두고 있다.

1. 무진실의 등급

- 등급 5,000,000+ : 복잡한 도시내에 있는 일반적인 사무실 건물과 동일하다. 공기 1ft³당 0.5미크론 이상의 입자가 평균 5백만개 포함되어 있다.
- 등급 500,000+ : 밝고 깨끗한 산속의 공기와 동일하며 공기 1ft³당 크기가 0.5미크론 또는 그 이상의 입자가 평균 50만개 포함된다.
- 등급 100,000 : 공기 1ft³당 크기가 0.5미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 10만개 이하 포함되어 있다.

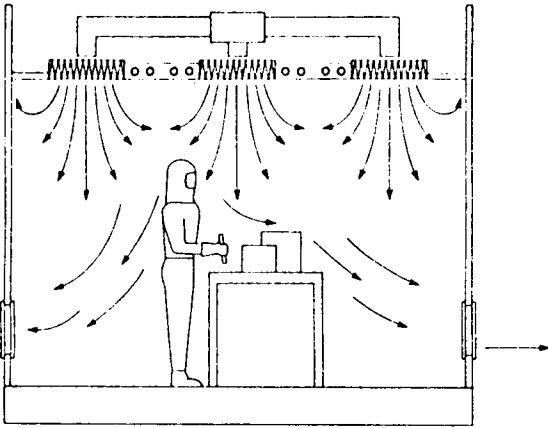
- 등급 10,000 : 공기 1ft³당 크기가 0.5미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 1만개 이하 포함되어 있다.
 - 등급 1,000 : 공기 1ft³당 크기가 0.5미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 천개 이하 포함되어 있다.
 - 등급 100 : 공기 1ft³당 크기가 0.5미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 백개 이하 포함되어 있다.
 - 등급 10 : 공기 1ft³당 크기가 0.3미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 열개 이하 포함되어 있다.
 - 등급 1 : 공기 1ft³당 크기가 0.2미크론 또는 그 이상인 입자가 평균 한개 이하 포함되어 있다.
 - 등급 0 : 일본 센다이시에 위치한 세계에서 가장 청정한 도호쿠대학교의 전자실험소임. 여기에는 체적이 35,310ft³인 전체 실험소내에 크기가 1미크론 또는 그 이상의 먼지가 오직 1개만이 포함되어 있다.
- 여기에서 다루는 서브마이크로 세계는 개념을 잡기가 쉽지 않다. 입자들은 근본적으로 눈에 보이지 않는 먼지이다. 1미크론은 1인치를 3천9백만으로 나눈 것과 같다. 여러분의 머리에 있는 머리 칼 하나가 100미크론 정도이다. 다음의 두 그림은 이들의 크기개념을 나타내는 그림이다.



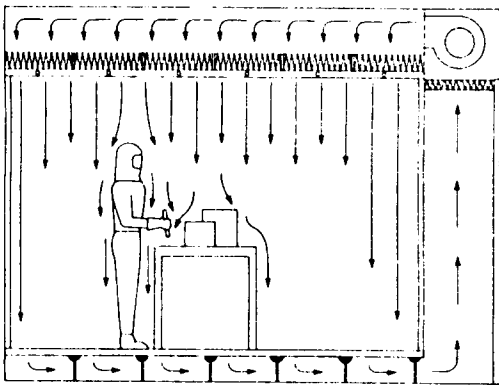
공기중의 일반적인 오염물질의 크기 비교

통하여 배출된 후 하나의 공동구를 통하여 천장으로 재순환된다. 여기서 재순환 공기는 새로운 공기와 혼합되어 필터를 통하여 다시 공급한다.

작업장의 배출은 증기배출설비를 통하여 실을 빠져 나가며 이는 외부로 배출되기 전에 증기세정설비(Fume Scrubber System)에서 세정된다. 총류무진실은 등급 100 또는 그 이하를 얻기 위해 사용한다.



난류유동 무진실(등급 10,000)



층류유동 무진실(등급 10)

5. 무진실 방화대책

건물의 고층화 및 설비의 비용, 건축에 소요되는 시간, 기계설비 혹은 이들중의 하나 또는 매우 중요한 특정 제조공정 때문에 화재발생 가능성 및 이에 따른 손실을 줄여야 하는 것은 필수적이다. 재산손실 및 기업휴지 위험성을 최소화 하기 위해서는 다음과 같은 대책이 필요하다.

가) 불연성 구조

무진실이 설치된 건물은 불연성 또는 내화구조로 하여야 한다. 목재 프레임, 목재 또는 석조 조이스트구조는 화재시 무진실에 상당한 위험이 된다. 무진실 자체는 벽, 바닥 및 천정을 불연성 구조로 하여야 한다. 모든 내장재 및 절연재와 반사는 화염전파속도와 연기발생속도가 각각 25와 50(공인시험소에 의해 측정된 결과)을 초과하지 않아야 한다. HEPA는 연기 및 화재의 전파를 방지하기 위해 미국 UL586에 의한 불연성 요건을 만족시켜야 한다.

다트화재는 다트가 완전히 연소될 때까지는 감지하기가 거의 불가능하다. 그러므로 배출다트에서의 화재는 무진실화재중 가장 치명적이다. 많은 경우의 화재가 수증가열된 플라스틱 Wet Bench로부터 시작되어 작은 플라스틱 분기다트로 확산되고 여기서 급격히 연소하여 붕괴된다.

이런 이유때문에 무진실내에는 전기수증가열기의 설치를 허용하지 않는 것이 일반적이다. 대부분이 내부식성을 위해 사용하고 있는 강화 파이버글래스 플라스틱(Fiberglass reinforced plastics) 다트는 화재시 많은 양의 연기를 발생시킨다. 이 연기는 실환경, HEPA필터, 공정작업 및 생산설비를 급속히 오염시킨다.

그러므로(특히 분기다트를 포함한) 모든 증기배출설비의 각 부분은 금속재 구조로 하여야 한다. 이러한 조치는 화재가 다트를 통하여 확산되어 무진실내로 연기가 유입될 가능성을 최소한으로 감소시키기 위한 것이다.

방화를 주된 목적으로 하는 장소의 다트 재료는 다음과 같은 조치를 하는 것이 바람직하다: (1) 금속재, (2) 인증받은 코팅금속재, 또는 스프링클러, 방화담퍼나 단류기를 필요로 하지 않는 비금속재, (3) 가연재인 경우는 다트내에 스프링클러설비 설치.

건물내의 무진실 위치선정은 외부로부터의 화재, 연기, 수재 및 기타 외부 오염원에 의한 노출위험을 최소화시키기 위해 신중을 기해야 한다. 예를 들어, 공장건물의 2층에 플레이트 제조 공정이 있다고 가정하고 이 공정작업장 바로 아래의 1층에 무진실을 설치한다면 이는 치명적인 재난을 입을 수가 있는 것이다. 플레이팅 탱크가 하나만 과열되면 무진실 전체가 손상을 입게 된다.

여러개의 무진실을 설치할 경우에는 각각의 무진실을 한시간 이상의 내화도를 갖춘 방화벽으로 구획하고 각각 별도의 배연설비를 설치한다. 재산 및

기업휴지에 의한 손실가치가 매우 높다면 최소한 3시간 이상의 내화도를 갖춘 방화벽으로 구획된 별도의 무진실에서 동일작업을 중복실시하는 것을 고려한다. 이러한 경우에 각각의 무진실에는 완전한 별도의 배연설비, 증기배출설비 및 유틸리티를 설치해야 한다.

나) 조기연기감지

스프링클러에 의해 소화작업이 이루어진다 하여도 한번 화재가 발생하면 그 결과는 치명적일 수가 있다. 그 이유는 무엇일까? 연기에 의한 피해 때문이다.

프라스타 화재에서 발생한 연기는 등급 5000억원 공기정도가 된다. 이 공기를 등급 5백만인 여과시키지 않은 공기 및 등급 100인 청정공기와 각각 비교하여 보자. 아무리 성능이 좋은 HEPA 필터로도 등급 100은 말할 것도 없고 등급 5천만 공기로도 실환경을 회복시키지 못할 것이다. 연기오염은 무진실에 큰 위협이 된다. 연기오염을 최소화시키기 위해서는 화재를 조기에 감지해야 한다.

일반적인 감지기는 실, 제품 및 설비의 연기오염이 되기 전에 연기를 감지할 만큼 감도가 좋지도 않을 뿐더러 또한 능동적이지도 못하다. 많은 기존 무진실과 신설되는 무진실에는 아직도 일반 연기감지기를 그대로 사용하고 있다. 일반 감지기에 의해 감지되는 연기는 등급 3천만 정도의 공기이다.

감지기에 의한 감지가 이루어지기 전에 이미 공기오염은 시작되어 버린다. 무진실의 오염을 감지하기 위해서는 연기감지기가 수백만 입자가 아닌 수십개의 입자를 감지할 수 있는 성능을 가져야 한다. 연기나 화염이 처음으로 눈에 보이기 시작하기 전에 연소에 의해 처음으로 발생한 입자들을 감지할 수 있는 현재의 유일한 감지기는 공기건분 적출장치 뿐이다.

공기건분 적출장치는 감지챔버로부터 실의 각 부분으로 연결되어 있는 배관판단의 포트로부터 건분공기를 연속적으로 채취하는 능동적인 감지기이다. 단위 체적당의 입자수를 측정하여 공기의 질이 실 조건보다 떨어지면 곧바로 감지기는 경보를 발한다. 경보에 따른 사람의 조치나 또는 자동설비의 작동에 의해 실오염을 방지할 수 있다.

무진실로부터 연기가 배출되지 않는다면 연기를 감지한다고 하여 무슨 의미가 있겠는가? 연기오염의 방지는 무진실 설계단계에서 시작해야 한다. 다음은 연기감지 후에 연기확산을 방지하기 위한 기본적인 몇가지 방법이다.

○가능하면 반자위나 바닥아래의 은폐공간을 두지 않는다. 이러한 은폐공간은 인접 무진실의 오염을 가져올 수 있다. 대신에 닥트를 이용한 공기재순환설비를 설치한다.

○상기의 공간이 꼭 필요하다면 각각의 무진실을 상호 구획할 수 있도록 바닥아래에서부터 윗층바닥까지 맞닿은 방화벽을 설치한다.

○증기배출용량이 충분하다면 이 설비를 배연설비로 설계한다. 자동배출모드상에서는 공기건분 적출장치에 의해 어느정도 이상의 연기가 감지되면 해당 무진실내의 모든 공기재순환 송풍기가 정지하는 구조로 한다. 공기공급이 감소되고 이 결과로 화재발생 부분의 압력이 다소 낮아지며 증기배출설비가 연기를 포착할 수 있게 된다.

○증기배출설비가 배연설비로 사용될 수 없는 경우에는 별도의 배연설비를 설치하거나 또는 공조설비가 배연설비로 전용되는 구조로 한다.

상기의 어떤 방법을 선택하던 중요한 사항은 모든 닥트가 불연재이어야 한다.

다) 조기화재진압

무진실 자체를 보호하기 위해서는 스프링클러 설비가 필수적이다. 불행한 것은 스프링클러도 연기에 의해 설비 및 작업공정이 상당한 손상을 입기전에 화재를 효과적으로 진압하지 못한다는 것이다. 반도체 산업에서 대부분의 무진실 화재가 Wet Bench에서 발생하기 때문에 Wet Bench 화재의 조기진압에 중점을 두고자 한다.

Wet Bench 방화대책은 다음과 같다.

○가스계 자동소화설비의 설치
○Bench 용기표면의 완전한 검지를 위해 화염감지기 설치

○화염감지기의 작동에 의해 자동으로 Wet Bench 가열설비의 전원차단 조치

○Bench에서와 방재실에서의 음향 및 가시적 화재경보를 발하는 설비 설치

자동스프링클러는 NFPA 13의 최근 기준에 따라 설치하고 소화급수는 면적 3,000ft²에서 0.20gpm/ft²를 확보할 수 있도록 한다.

다음 장소에는 스프링클러설비를 설치하여야 한다.

○무진실 전체부분, 하향공기유동내의 위치한 스프링클러 헤드는 인증받은 속도형 헤드를 설치한다.

○가연성 구조나 부품이 존재하는 천장상부 또는 바닥아래의 은폐공간 및 기타 모든 은폐공간.

- 최대직경이 10인치 이상인 모든 가연성 닥트(스프링클러를 설치하지 않고 사용하도록 승인받은 경우 제외)와 인화성 증기를 배출하는 모든 닥트. 가능하다면 이보다 직경이 작은 닥트에도 스프링클러 설비를 설치한다. 부식성 증기를 배출하는 닥트에는 내부식성 재질 또는 인증받은 물질로 코팅한 스프링클러와 부속품을 사용해야 한다. 스프링클러가 설치된 닥트에도 스프링클러의 상태를 검사하기 위해 배수관과 점검배관을 설치하여야 한다.
- 천상의 스프링클러로부터 미치지 않은 Wet Bench 부분과 후드부분.

- 인화성 가스를 담고 있는 가스용기 캐비닛.

방화대책을 위한 일반적인 접근방법을 그렇지 않은 무진실 용도에 적용할 수는 없다. 화재가 아니라 연기가 제 1의 적인 것이다. 먼저 연기오염으로부터 무진실을 보호한 다음에 화재에 대한 대책을 세우는 것이 무진실과 설비 및 제품의 손실을 최소화시키는 방법이며, 따라서 회사업무의 연속성을 유지하는 길이다.

*REPORT (Kemper Group 발행) 1991년 가을호의 "CLEANROOM FIRE PROTECTION"을 번역한 내용임.

“HAZARD I 컴퓨터 프로그램” 소개

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY의 NATIONAL ENGINEERING LABORATORY에서 1989년에 제작한 화재 시뮬레이션 프로그램으로, 화재시 시간경과에 따른 위험조건의 변화를 계산하고 건물내 수용인들이 피난하기 위하여 필요한 시간과 화재로 인한 인명피해를 예측한다. 이 프로그램은 미국내에서 화재로 인한 피해가 가장 큰 주택을 모델로 제작하였으나 앞으로 일반건물에 대한 모델도 개발할 것이라 한다.

위험관리부에서는 HAZARD I 프로그램을 토대로 일반건물 및 공장에서도 적용할 수 있는 독자적인 화재 시뮬레이션 프로그램의 개발을 위해 연구를 계속하고 있다.