클린룸 設計에 關한 基本事項

A Basic Study for Clean Room Design

1. 머리글

1980년대부터 클린룸을 필요로 하는 分野는 현저하게 늘어나고 있으며, 특히 尖端産業分野에 있어서는 그 중요성이 날로 증가되고 있다. 과거에는 클린룸이 상당히 어려운 특수한 技術分野로 취급되었으나 우리나라에 導入된지 20年 이상이 경과한 지금에 이르러서는, 空調技術의 한 분야로서 그 중요성을 더해가고 있다.

클린룸을 設計·施工하는데 있어 몇가지 유의점을 고려한다면 그 기본적 기능은 만족시킬 수 있지만, 高度의 청정도를 요구하는 슈퍼 클린룸에 있어서는 아직까지 해결되지 않은 문제점도 많고, 經驗을 통하여 얻어지는 Know-how的인 요소 또한 남아있다.

클린룸은 크게 工業用클린룸(Industrial Clean Room, I.C.R)과 바이오클린룸(Biological Clean Room, B.C.R)으로 구분할 수 있는데, I.C.R은 주로 粉塵을 대상으로 하는 것이고 B.C.R은 細菌을 중요시 하는 것이다.

對象分野를 大別하면 다음과 같다.

(1) 電子·精密産業
(2) 製藥·食品 等의 GMP(Good Manufacturing Practice)對象産業
(3) 病院의 無菌手術室
(4) 기타의 動物實驗 GLP(Good Laboratory Practice), Bio-Hazard 대책 等 안전성에 관한 것 等이 있다.

電子·精密産業에 의해 구분되는 工業用클린룸(I.C.R)의 설비투자는, 생산성의 향상에 직결되는 것으로서 특히 LSI(大規模集積回路)産業에 있어서 클린룸은 불가결한 設備이다.

바이오클린룸의 적용범위는 점차 확대되어 최근에는 바이오테크놀로지(Biotechnology)라 불리우는 첨단산업분야에까지 그 영역을 넓히고 있다.

클린룸이란
전자정밀산업, 제약, 식품등의 GMP(Good Manufacturing Practace)대상산업, 병원의 무균수술실 등 일반산업에서부터 첨단산업분야에 이르기까지 공기의 청정도를 요구하는 공간에 있어 건축설비적 측면을 고려한 설계·시공으로 고도의 공조기술을 동원하여 청정공간을 연출하는 것으로, 최근 건축물 전반에 걸쳐 클린룸에 관한 관심이 고조되고, 특히 공장등에서는 생산성의 향상에 직결되어 그 활용도가 많이 요청되고 있는 실정이다.

본 硏究論文은 본 協會에서 '90년도 연구사업으로 실시한 「인텔리젼트빌딩과 클린룸에 대한 조사연구」의 일부로 그동안 이에 대한 지식과 이해가 부족하여 소외되어온 분야에 대해 일선업무에 활용할 수 있도록 기초적이고 실제적인 면을 중심으로 요약, 정리한 연구성과물이다.

本協會 設備分科員會
(연구진행 : 조민관)

以下, 클린룸 設計의 실무적인 要点에 대하여 기술한다.

2. 클린룸의 方式

클린룸을 氣流흐름方式에 따라 분류하면, 다음과 같이 3종류로 구분할 수 있다.

○亂流式, 非層流式(Conventional, Non-Laminar-Flow)
○水平層流式(Horizontal Laminar-Flow)
○垂直層流式(Vertical Laminar-Flow)

대부분의 클린룸은 上記 方式들의 조합에 의해 이루어지는데, 이들의 조합 및 적용방법에 따라 다음과 같이 구분된다.

1) 턴널클린方式

IC, LSI공장에서 주로 채용하는 방식이며, 기류흐름방식은 亂流式이다. 空氣의 淸淨度를 클라스(class) 1천~1만 정도로 유지하며, 高淸淨度를 필요로 하는 제조라인 상부에 層流式을 적용하는 방법이다.

2) 스포트클린方式

작업공정 중에서 어느 한 부분만을 高淸淨度로 유지할 필요가 있을 경우, 局部的으로 클린화하는 방식이다.

일반적으로 스포트 이외의 作業域에 대해서는 클린度를 필요로 하지 않으며, 클린룸 자체의 클라스는 1십만~3십만 정도의 것이 대부분이다.

3) 클린튜브方式

LSI, 超LSI의 관련분야에서 주로 사용된다. 超高淸淨度를 필요로 하는 제조라인을 주위의 공간과 격리시켜 제조라인만을 超淸淨空調로 하는 방식이다.

작업자로부터 발생하여 먼지 및 주위의 오염원으로부터 차단시킬 수 있기 때문에 높은 淸淨度를 얻을 수 있다. 이 방식을 채용하기 위해서는 제조라인이 필수적으로 자동화되어야 한다. 또한, 송풍량이 적어 搬送에너지를 절감시킬 수

있으므로 에너지節約面에서 유리한 방식이다.

〈表-1〉은 氣流와 適用方法에 따라서 분류한 클린룸의 方式을 나타낸 것이다.

3. 클린룸의 內裝材와 工法

클린룸의 建設은 다음의 3가지로 크게 나눌 수 있다.

(1) 건축물 자체를 클린룸으로서 新築하는 경우

(2) 旣存의 건물내부를 改修하여 클린룸으로 하는 경우

(3) 旣存의 생산라인 일부가 小形의 獨立 클린룸을 설치하는 경우

로 나눌 수 있으나 각기 施工法, 內裝材의 選定에는 다소의 차이가 있다.

(1) 과 같이 전부를 신축할 경우에는 構造體의 구성에서부터 클린룸에 가장 적합한 형태로 설계를 할 수 있다. 즉, 無窓, 二重슬라브, 독립기초, 天障內의 保守路, 배관, 덕트스페이스의 확보 等을 충분하게 고려한 설계가 가능하다. 따라서, 건축구조체와 병행하여 공사를 진행하면 外壁內面에 클린룸내에 적합한 마감재 즉, 클린룸의 用途에 따라서 강판, 세라믹판, 도장마감 等을 자유롭게 선정할 수 있다.

칸막이벽 및 슬라브의 시공등은 표면재의 선정에 유의하면 기타의 시공은 종래의 공법과 거의 비슷하다.

(2) 의 경우와 같이 旣存建物의 改修일 경우에는 내장의 벽, 천장을 지지할 수 있는 강도가 필요하게 된다. 일반적으로 외벽, 기둥, 보와 같은 構造體는 클린룸에 적합한 구조가 아니기 때문에 내장구조는 自立强度를 필요로 하는 것이 많다. 즉, 클린룸의 주위벽과 칸막이벽은 어느 정도의 강도와 두께가 필요하며 천장은 지지대에 의한 지지로서 기본적으로 체육관 속에 건물을 세우는 감각으로 벽, 천장, 바닥을 새롭게 조립하는 工法이다.

(3) 과 같은 小形·獨立 클린룸은 일반적으로 프리패브패널方式이 적용된다.

모든 것이 공장에서 제작되므로 현장에서는 단기간에 施工을 끝낼 수 있다.

출입구, 창, 통로, 취출구, 압력제어댐퍼, 에워샤워 等도 내장재와 일체화된 상태로 搬入되며, 强度的으로는 自立構造이다.

1. 클린품에 필요한 內裝材의 條件

클린룸 內裝材에 요구되는 條件은 다음과 같은 것이 있다

(1) 벽·천장재

① 塵埃의 축적 및 침입의 원인이 될만한 균열, 흠집, 구멍 등이 없을 것

② 표면에 塵埃의 부착이 잘 안될 것

③ 마모 및 표면 剝離을 일으키지 않을 것

④ 靜電氣 發生이 없을 것

⑤ 가공이 용이할 것

⑥ 교환 및 수리가 가능할 것

⑦ 老化 및 주기적인 온도변화에 대해 안정성을 유지할 것

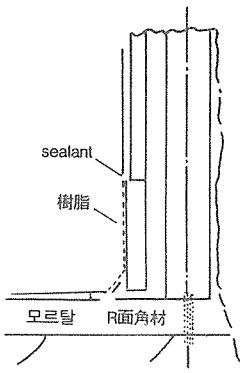
⑧ 재질이 균일할 것

(2) 바닥재

① 휘거나 깨지지 않을 것

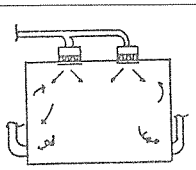
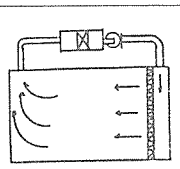
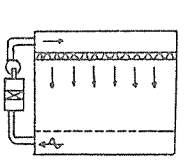
② 틈새가 없을 것(接合部가 적을 것)

③ 마모, 충격에 강한 耐久性을 가질 것

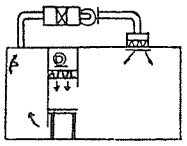
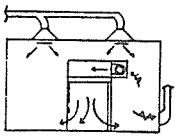
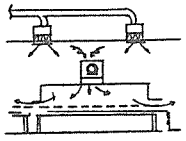


[그림-1] 樹脂塗裝의 마감

〈表-1〉氣流, 適用方法에 의한 클린룸 方式의 分類

項　目	亂流式	水平層流方式	垂直層流方式
氣流形態			
特徵과 適用	클린룸의 기본 방식으로 각 분야에서 널리 사용되고 있다. 실내에서 발생된 분진을 청정공기로 희석하여 청정도를 높히는 방식이다. 송풍량이 많을수록 청정도는 높아지나 기류가 난류이기 때문에 청정도에 한계가 있다. 클라스 1,000 정도가 한계점이다. 클린룸의 다른 방식과 겸용으로 사용된 예가 많다.	수평류의 상류에는 클라스 100정도의 청정도 유지가 가능하나 하류에는 인체 및 작업인의 발진으로 청정도는 저하된다. 실내 전역을 클라스 100으로 할 필요는 없고 어느 한 부분만을 고청정시킬 경우 적용된다. 무균수술실, 무균병실, 식품의 포장공정등 바이오 클린룸에 적용되는 예가 많다.	클린룸내 전역을 높은 청정도로 유지가 능하다. 발생한 분진은 즉시 하류로 운반되기 때문에 다른 역에 미치는 영향이 작다. 중요작업역의 상류에서 발진이 없는 한 오염이 되지 않는다. IC, LSI공장의 웨이퍼공정에 많이 채용되며 실의 규모가 1,000㎡이상의 대규모인 것도 있다.
淸淨度	클라스 1,000～100,000	클라스 100～1,000	클라스 100(全域)
換氣횟수	15～80회/h	100～300회/h	300～500회/h
吹出風速	1～3m/s	0.45～0.6m/s	0.25～0.5m/s
정압도	0.5～2.0mmH_2O	0.5mmH_2O 정도	0.5mmH_2O 정도
建設費	小	大	최대
運轉費	小	大	최대
融通性	어렵다	어렵다	용이하다
補修·管理	中	용이하다	용이하다
騷音	小	大	최대

〈표-1〉계속

項　目	턴널클린方式	스포트클린方式	클린튜브方式
氣流形態			
特徵과 適用	IC, LSI제조 공정에 주로 적용된다. 마스크, 웨이퍼등 고청정도를 요구하는 작업이 턴널내에서 이루어진다. 따라서, 작업공정과 작업원이 구분됨으로 초청정공간의 실현이 용이하다. 턴널내의 클라스 수준은 100으로서 전면수직 층류식에 비하여 설비비, 운전비가 경제적이다.	작업공정중 일부분만을 고청정도로 유지할 경우 적용된다. 작업의 종류에 따른 기기의 형상 및 작업성과 일치되도록 여러가지의 타입이 유니트화 되어 시판되고 있다. 보통 클라스 10,000~100,000의 난류식 클린룸내에 병행하여 설치된다. 국부발진을 스포트적으로 제거하기 위한 계획을 수립할 경우 배기 유닛트도 함께 선정하면 고효율의 청정화가 가능하다.	작업의 공정이 콘베이에 의해 이루어질 경우 주로 사용된다. 인체와 주위의 발진원으로부터 격리되므로 적은 급기량으로 고청정도를 얻을 수 있다. 작업의 자동화가 필수조건으로 장래의 초 LSI제조 라인에는 불가결한 것으로 생각된다. 또한, 급기량 감소로 인한 에너지 절약으로 급수보급이 활발하리라 기대된다.
淸淨度	턴널내에는 클라스 100	취출구부근은 클라스 100~1,000	클라스 100
換氣횟수	턴널내 500~1,000회/h	—	100~30회/h
吹出風速	0.3~0.5m/s	0.25~0.45m/s	—
정압도	0.5~1.0mmH_2O	—	1.0~3.0mmH_2O
建設費	大	최소	中
運轉費	大	최소	小
融通性	어렵다	약간 어렵다	어렵다
補修·管理	용이하다	中	어렵다
騷音	大	中	中

④ 청소가 용이할 것
⑤ 필요에 따라 耐水性, 耐알카리性이 있을 것
⑥ 청결하고 보행에 지장이 없을 것

2. 클린룸의 內裝材와 特徵

上記 조건을 모두 만족시키는 內裝材는 아직 개발되지 않고 있다. 보통 바닥재로는 에폭시 등으로 도장한 것이 사용되고 벽·천장재는 樹脂燒付鋼板 등이 이용되고 있다. 벽·천장의 접합부에는 보통 실리콘을 충진시켜 마감하나, 강판의 샌드위치 패널과 같이 접합부가 1㎜이하의 조립식 구조일 경우에는 특별히 실리콘을 충진시킬 필요는 없다. Bio-Hazard와 같이 고도의 밀폐성이 요구되는 경우를 제외하면, 일반적인 클린룸에 있어서는 약간의 틈새는 허용될 수 있으나, 이 경우 실내의 正壓維持에 주의를 기울여야 한다.

〈表-2〉는 벽·천장재의 특징을, 〈表-3〉은 바닥재의 특징을 나타낸 것이다.

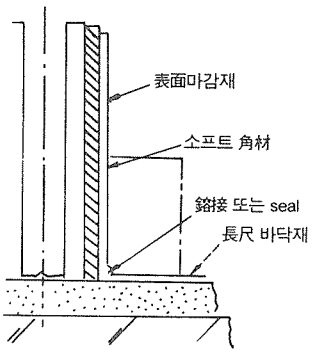
3. 內裝材의 工法

〔그림-1〕은 樹脂塗裝에 있어서 마감상태의 施工例를 나타낸 것이다. 클린룸의 바닥을 塗裝에 의해 시공할 경우 모서리 또한 같은 樹脂로 마감하여야 한다. 一般的으로 브러쉬 등을 사용하여 모서리를 도장하나 칠의 두께가 균등하도록 해야 한다.

〔그림-2〕는 벽과 벽이 만나는 모서리 부분이 직각이 아닌 곡선일 경우의 시공법을 나타낸 것이다.

기존의 바닥을 이용하여 클린룸으로 개조할 경우, 부드러운 角材(소프트 角材)를 이용하면 시공이 간단하다. 소프트 각재를 벽면에 부착시키고 바닥재와의 접촉면을 실리콘으로 충진시키거나 동일 재질로 용접한다.

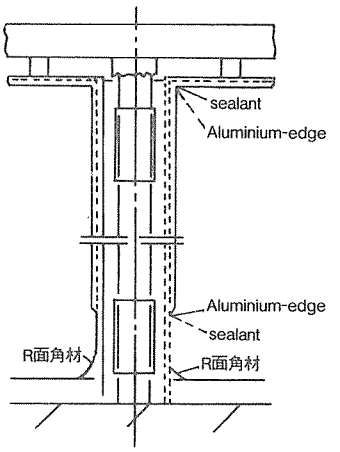
곡면이 커다란 코너부분에는 角材를 구부려 부착시키며, 曲面이 없는 경우에는 절단하여 이음매를 용접한다. 각재의 크기는 일반적으로 두께 2㎜, 높이 100㎜, 75㎜, 길이 20m 정도이다.



〔그림-2〕소프트角材의 施工

〔그림-3〕은 천장, 벽, 角材의 마감상태를 나타낸 것으로 바닥면에 부착시킨 장방형의 마감재를 각재 높이까지 같은 접착방법으로 시공한다. 특히, 모서리 부분의 시공은 그림에 표시한 바와 같이 정확하게 裁斷하여 이음부분은 반드시 용접하여 마감한다. 이 방법은 일반 클린룸에 많이 사용되고 있다.

천장과 벽의 칸막이는 동일의 것을 사용하여야 한다. 그림과 같이 표면재의 이음부분은 통상 실리콘으로 충진되기 때문에 이음부분을 수㎜정도



[그림-3]천장·벽·모서리의 마감재

띄워 놓으면 시공이 편리하다.

〔그림-4〕는 클린룸내에서 水噴霧을 행할 경우, 창틀 구조의 예를 나타낸 것으로 이와 같은 구조는 물의 排水와 청소에 편리하다. 이와같이 클린룸내의 구석진 곳은 청소하기에 편리하도록 둥굴게 하거나 면을 평활하게 하는 경우가 많다. 코너면의 시공을 용이하게 하기 위해서는 금속재 또는 프라스틱의 코너부재를 사용하는 것이 일반적이다.

4. 클린룸의 計劃

클린룸의 계획에 있어서 첫번째로 考慮할 사항은 어떠한 목적으로 사용할 것인가를 정확히 파악하여야 한다.

對象은 무엇인가, 왜 클린룸을 필요로 하는가, 어느 정도의 淸淨度를 필요로 하는가, 작업내용·실내에 설치되는 生産機器의 특징은 무엇인가, 사용자는 무엇에 중점을 두고 있는가 等이다. 먼저 목표를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 이것들에 대하여 설계자는 성능을 만족시키는 전제조건하에 과잉설계가 되지 않도록 하여야 하며 運轉費·消費에너지의 節約에 노력하지 않으면 안된다. 다음으로 考慮할 사항은 청정도의 檢收條件인데 이러한 것은 클린룸의 계획에 있어서 사용자와 충분한 협의를 거쳐 착공전에 결정하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 淸淨度는 作業時와 非作業時에 있어서 현저한 차이가 있기 때문이다.

작업내용에 따라서 發塵量이 너무 많아 淸淨空氣에 의한 稀釋效果를 얻기 어려운 경우가 있는데, 製藥工場의 粉末·散劑工程, 맥주공장의 충진공정 等이 이에 해당된다. 이와 같이 클린룸의 設計는 실내에 설치되는 製造工程, 製造裝置를 파악하는 것이 중요하다.

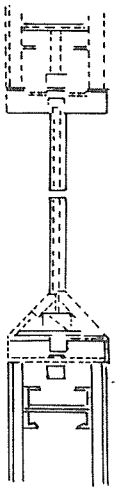
〔그림-5〕는 사용자와 협의하여야 할 사항과 이에 따른 設計檢討事項, 검토결과에 의해 결정되어야 할 사항 等을 나열한 것이다.

製造라인의 機器種類는 상당히 많기 때문에 計劃時 사용자에게 機器特徵에 관한 의견을 收斂해야 하며, 다음과 같은 점에 留意해야 한다.

① 發塵源이 되는 機器의 내용을 가능한 상세히 把握하여 發塵量을 추정한다(벨트의 軀動部, 체인, 오일미스트, 粉體 發塵源 等).

② 機器의 형상, 据付상태, 작업성 等에 따라 局部換氣 또는 全體換氣를 고려하여 機器로부터 發塵量이 상당히 많다고 예상될 경우, 특히 粉體發塵일 때에는 局部排氣를 고려해야 한다.

③ 機器로부터의 排氣가스 發生有無, 특히 이들



[그림-4]水噴霧를 고려한 창틀의 構造

〈表-2〉天障 및 벽표면 마감재의 特徵

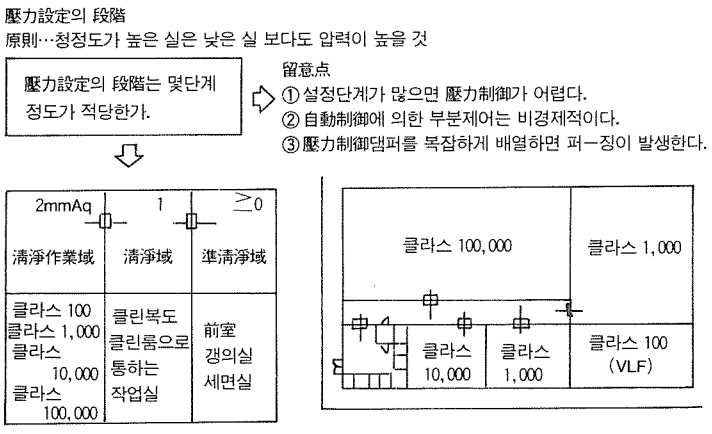
종 류	특 징
강제 칸막이 (스텐레스, 알루미늄)	일반적이다. 耐火性이다. 약간 高價이다(스텐레스, 알루미늄의 경우). 施工性이 좋다.
불연세라믹화장보드	耐火性이다. 현장가공이 용이하다. 충격에 약하다. 曲面 가공이 곤란하다.
에폭시 또는 폴리우레탄수지도장	바닥과 一體化가 가능하다. 작업자의 기능도에 따라 施工度가 다르다. 정전기가 일어나기 쉽다.

〈表-3〉바닥재의 種類와 特徵

종 류	특 징
free-access floor재 (Alumimium dicasting-,steel)	이중바닥(垂直層流型) 탄력성이 없다. 高價이다. 耐荷重에 한계가 있다.
도장 바닥재 (에폭시, 폴리우레탄, 폴리에틸렌)	工事에 숙련공이 필요하며, 공기가 길다. 접합부가 없다. 耐水性이다.
장방형 마감재	工事가 간단하다. 탄력성이 있다(보행감이 좋다). 용접이 가능하다.

〈表—4〉對象別 클린룸의 淸淨度와 換氣횟수(參考値)

업 종	구체적인 대책	클린룸청정도(클라스)	환기횟수(회/h)	비 고
전자산업 정밀기계	초LSI전반, IC마스크 공정, 로켓트의 제어장치, 인공위성, 박막회로등	100	400~500	일반적으로 수직층류를 채용 토출풍속 0.25~0.45m
	자기테이프, 필름, IC제작, 마이크로 접점, T.V브라운관, 컴퓨터, 광학기기, 정밀도장 등	1,000	30~50	바닥면 흡입의 경우에는 30회/h, 벽면·천장면 흡입일 경우에는 5회/h정도
	시계, 미사일부품, 유체소자, 렌즈, 컴퓨터, 정밀기기조립, 반도체소자, 종이테이프	10,000	15~30	제조장치의 구동부, 벨트, 체인 부근에서는 부분적으로 오염도가 크다.
	컴퓨터조립 및 사용실, 프린트기판, 전자부품, 시계, 카메라 베어링, 크린룸전실	100,000	10~20	냉방부하가 크기 때문에 좌기의 환기횟수보다 커야한다.
제 약 식품업	주사약충진, 실험용동물, Long-life, 식품세균실험	100	200~400	크린·부스를 부분적으로 적용하는 예가 많다.
	약품충진, 포장공업, 항생물질 식품포장, 맥주충진공정	1,000	50~80	분말을 취급할 경우, 발진부위를 격리시키지 않는한 클라스 1,000은 곤란하다.
	의약품準클린역, 어육2차가공	100,000	15~20	일반공조, 고성능휠타
병 원	무균수술실, 무병균실, 미숙아, 실험, 배양	100	200~400	수평층류가 많다.
	일반수술실, 회복실, 신생아실 ICU, CCU	10,000	20~30	충분한 외기량 확보, 소음방지, 주위의 청정역 확보.
	약국, 수술관련제실, 중앙재료실	100,000	10~20	일반공조, 고성능 휠타



[그림—5]壓力設定의 段階

機器의 排氣量, 臺數, 使用條件 等을 기종에 따른 排熱, 배기가스의 목적으로 환기량을 계획하여야 한다.

④ 발열양이 큰 機器가 있을 경우에는 水冷·空冷 中 어느 장치를 선정할 것인가의 판단을 하여야 한다.

일반적으로 클린룸의 空調負荷는 제조장치의 발열과 필요배기에 따른 外氣負荷로 결정된다.

클린룸內를 正壓으로 유지하기 위해서는 排氣量보다는 導入外氣量이 항상 많아야 하는데, 잉여분의 外氣量이 가압공기가 되어 항상 일정량을 실외로 유출시키는 것이다. 排氣量이 변동하면 정압의 유지가 곤란하게 되며, 경우에 따라서는 負壓이 되어 클린룸의 기능을 상실시킬 수 있다. 배기량의 변동을 제어할 수 없는 경우에는 外氣量의 自動制御가 필수조건이다.

이외에 고려할 요소로는 작업인수, 운전시간, 耐用年數, 보수작업자의 능력 等이 있다. 작업인수가 많을 경우에는 발진량 뿐만 아니라, 작업개시·종료시의 입퇴실에 필요한 시간의 에어샤워구조, 臺數의 관계에 주의를 해야 한다.

전체 공조시시템중 클린룸의 운전시간만이 다를 경우에는 獨立熱源이 필요하다. 耐用年數가 특히 짧은 試作라인의 경우는 경제적인 建築材料의 선정, 다목적용도의 Clean Unit를 채용하여 移設時 재사용이 가능토록 한다. 보수작업을 전문가가 아닌 생산라인의 작업자가 겸임할 경우에는 복잡한 조작이나 方式 等은 피하여야 한다.

5. 클린룸 設計上의 要點

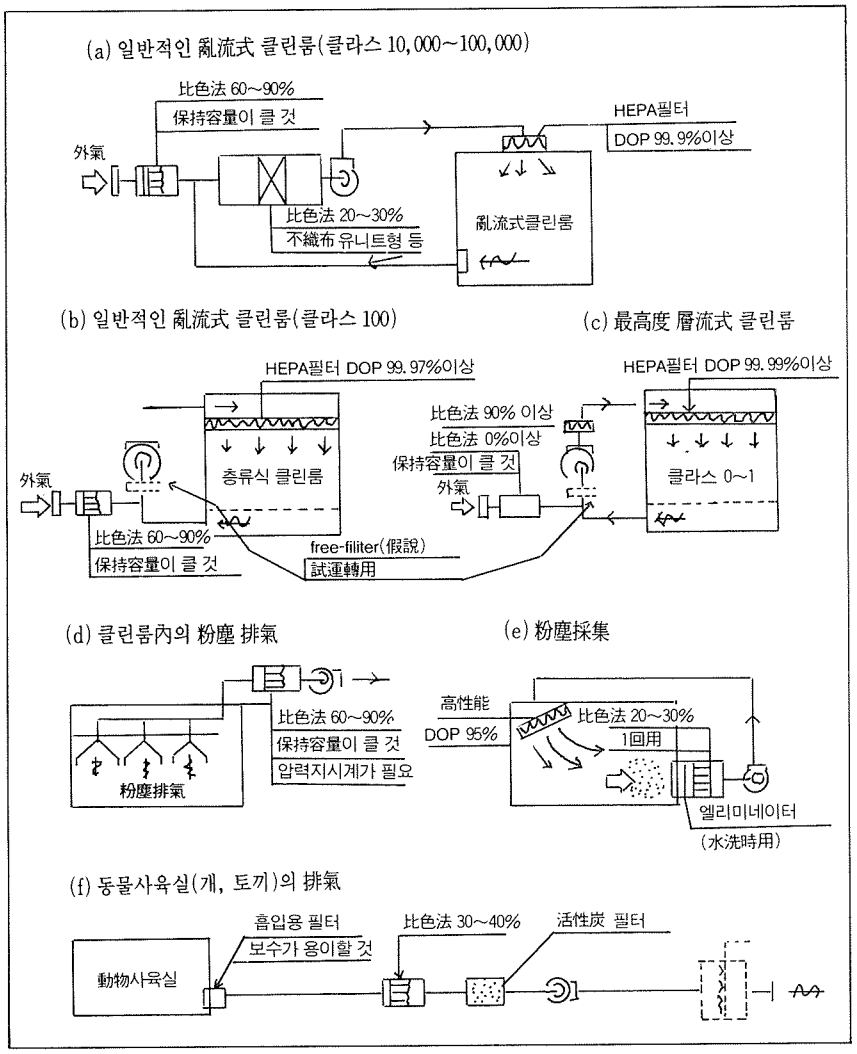
1. 亂流式 클린룸

亂流式 클린룸은 淸淨空氣에 의해 실내의 발진을 희석시켜 청정도를 높이는 방식이다. 희석시키는 淸淨空氣量이 많을수록 즉, 환기횟수가 클수록 청정도는 높아진다. 그러나, 공기의 흐름이 亂流이기 때문에 발생한 粉塵이 실내의 여러 곳으로 분산되므로 환기횟수를 증가시켜도 어느 정도 이상으로는 청정도가 향상되지 않는다. 그 한도는 클라스 1천 정도이다. 亂流式이라 하여도 발진량이 적을 경우에는 클라스 1백 정도로 떨어지는 경우가 있으나 안정적인 淸淨度를 유지하기는 어렵다. 주로 클라스 1만~1십만의 클린룸에 적용된다. 또한, 클라스 1백의 높은 청정도를 필요로 하는 클린룸에 있어서는 우선 넓은 공간을 亂流式으로 클라스 1천~1만 정도로 청정도를 유지하며 Clean-Booth을 설치하여 클라스 1백의 域을 형성하는 예가 많다.

1) 正壓의 유지

亂流式 클린룸에서 가장 중요한 것은 정압의

[그림-6] 클린룸內에 설치되는 裝置의 檢討事項



[그림-7]方式 및 用途에 따른 필터 組合의 例

유지이다. 클린룸內에 외부 공기가 침입하는 것은 외부의 공기압이 클린룸내의 공기압 보다도 높기 때문이다. 따라서, 淸淨域의 공기압은 오염역의 공기압보다도 항상 높게 유지시켜야 한다. 正壓의 유지는 클린룸에 있어서 가장 중요한 사항중의 하나이다. 正壓을 유지하기 위해서는 어느 일정량의 공기를 지속적으로 실외에 배출시키는 것이 가장 안정된 방법으로, 이를 위해서는

導入外氣量=排氣量+加壓에 필요한 공기량

을 유지해야 한다. 加壓空氣量은 클린룸의 室容積, 출입구의 數와 구조, 벽체의 틈새 및 구조 등에 따라서 달라지나 일반적인 환기횟수로 2~3회/h 정도가 필요하다.

압력의 단계는 간단히 하는 것이 좋다. 클린룸에서는 "淸淨度가 높은 실은 淸淨度가 낮은 실보다 압력이 높지 않으면 안된다"라는 원칙이 있다. 그러나, 이 원칙에 너무 집착하면 불필요하게 많은 압력단계가 필요하여, 안정된 正壓維持가 곤란하다. [그림-6]에 나타낸 것과 같이 3단계 정도로 충분히 대응할 수 있다.

2) 局部發塵의 처리

클린룸內에서 발생하는 發塵은 주로 작업자와 제조장치에서 생긴다. 인체의 발진에 대해서는 어느 정도 파악되어 無塵衣, 후드, 구두 등의 착용에 의하여 보다 유효하게 대처할 수 있으나, 製造裝置 및 作業工程에 있어서는 아직 많은 과제를 남겨 놓고 있다. 機器의 종류는 상당히 많기 때문에 발진원을 세밀히 조사하여 국부적으로 처리하는 것이 중요하다. 이들의 發塵源을 그대로 방치하면 희석법에 의한 亂流式 클린룸에서는 환기횟수를 증가시켜도 효과는 올라가지 않는다.

3) 필터의 組合

[그림-7]은 각종 클린룸에 있어서 발진에 대한 처리과정에 있어 어떠한 필터를 사용하는가의 實例를 나타낸 것이다. 필요이상의 고성능 필터를 선택하면 압력손실에 의한 送風動力의 증대로 인하여 동력의 낭비를 가져 온다. HEPA 필터의 수명은 亂流式일 경우 3년, 層流式일 경우에는 7년 정도이다. 클린룸내의 커다란 발진원, 예를 들어 제약공업의 분말·동물시설의 털 등은 국부배기 또는 프리필터(pre-filter)에 의해 처리하는 것이 바람직하다.

4) 淸淨度와 환기횟수

亂流式 클린룸의 송풍량산정은 이론적으로는 발진량과 필터의 효율에 의해 구해진다. 그러나 발진량의 예측이 상당히 어렵기 때문에 실제에는 경험적인 환기횟수에 의해 송풍량을 정하는 경우가 많다.

〈表-4〉는 청정도와 환기횟수와의 관계를 산업분야별로 나타낸 참고값이다.

2. 層流式 클린룸

層流式 클린룸의 淸淨化기구는 실내의 발진을 균일한 기류(층류라 칭함)에 의해 신속히 배출시키는 것이다. 즉, 발생된 粉塵을 항상 하부로 흐르게 하고 실의 상층부로는 흐르지 못하게 하는 것이다.

層流式 클린룸의 요점은 다음과 같다.

①HEPA 필터, 프리필터의 綜合捕集效率이 높을 것
②HEPA 필터의 Frame System의 信賴性이 높을 것
③誘引現狀을 일으키지 않을 것
④室內氣流가 均一하게 흐를 것

等이 있다. 이 중 HEPA 필터, 프리필터의 종합효율은 고성능의 필터선정에 의해 해결할 수

있으므로 나머지 3개 항목에 대해 설명을 덧붙이면,

1) 均一氣流의 확보

層流를 균일하게 하지 못하면 벽면을 따라서 誘引을 일으켜 高淸淨度의 실현을 기대하기 어렵다.

垂直層流方式의 클린룸에 있어서 균일류를 확보하기 위해서 고려할 사항은 다음과 같다.

①吹出口의 풍속이 일정할 것

②바닥면 吸出口의 풍속이 일정할 것

吹出口 풍속의 균일화는 HEPA필터 상부의 공기압이 균등하면 취출풍속은 일정하게 된다. 이를 위해서 상부의 공간을 충분히 확보해야 하며 상부공간으로 취출되는 연결덕트의 風速은 작을수록 좋다(〔그림-8〕參照). 〔그림-3〕에 있어서 연결덕트의 吹出風速은 V_1이 7~8m이하, 플리넘안에서 명확한 방향성을 갖지 않는 풍속 V_2는 3~4m 이하로 制御할 경우 吹出風俗의 균일화는 비교적 간단히 해결된다. 실제로 層流方式은 大風量으로 되기 때문에 기계실과 덕트스페이스는 작아지며 "나쁜 예"와 같이 될 경우가 크다. 이 경우 V_1은 10~15m까지 달할 경우도 많아 動壓이 집중하는 곳과 안하는 곳의 壓力分布의 차가 현저하게 나타난다. 즉, 덕트의 흡입구 근처는 HEPA필터의 토출풍량이 부족하게 되며 흡입공기의 도달점 부근에서는 토출풍량이 과다하게 된다. 따라서 가능한한 內部空間으로의 덕트 연결구를 다수확보, 분산시켜 低風速으로 하는 것이 중요하다. 이 경우 공명판을 흡입구로부터 약간의 거리를 두고 설치하는 것이 분포상 유리하다.

두번째는, 바닥흡입구의 風速均一化이다.

〔그림-9〕의 Free Access Floor에 있어서 덕트연결 최단부의 풍속 V_e는 가능한 한 낮은 것이 좋다. 이것은 吹出덕트와 같은 개념이나 吸入덕트의 경우에는 吹出보다도 복잡한 영향을 미치기 때문에 주의가 필요하다.

즉, 〔그림-9〕의 壓力線圖에서 알 수 있듯이 Free-Access내의 風速은 송풍기에 가까울수록 크게 되어 동압은 항상 정압이나 정압·전압은 흡입측의 영향을 받아 부압이 된다. 그 결과, $P_T=P_S+P_V$의 관계에 있어서 Free Access내의 정압은 풍속의 상승과 함께 급속하게 負壓度가 커지게 되어 이 부분의 바닥면에서는 흡입이 과다하게 된다. 즉, 송풍기에 가까운 바닥면에서는 흡입이 편중하여 공기의 흐름은 송풍기측으로 편류하게 된다. 이를 방지하기 위해서 과다흡입이 되는 e점, d점의 흡입면에 저항을 증가시켜 各 바닥면 a, b, c, d, e점이 同一風量을 흡입하도록 T.A.B(Testing, Adjusting and Balancing)에 의한 조절을 행하여야 한다.

調節方法으로는 e점, d점의 통기구 크기를 조절하여 通過風速抵抗을 증가시키거나, 吸入口 뒷면에 필터를 설치하는것 등이 있다. 調節時에는 천장의 토출구에 얇은 종이나 실 등을 부착시켜 이들의 움직임으로 偏流를 조절한다. Ve점의 풍속은 5m/s이하가 바람직하다. 또한 Ve는 建築構造, Utility 配管 등의 장해물에 의해 設計値보다 클 경우가 많으므로 設計時 이를 충분히 고려해야 한다.

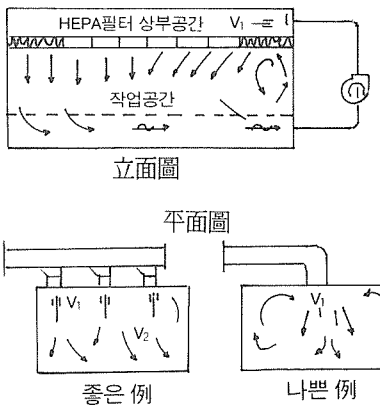
2) HEPA Filter Frame System의 信賴性

HEPA 필터 본체에서 粉塵이 누출되는 확률보다도 필터와 프레임과의 접촉부분에서 漏出되는 경우가 많다. 따라서, HEPA필터용 프레임의 신뢰성이 높은 것을 사용함으로써 層流式 클린룸의 淸淨度를 향상시킬 수 있다.

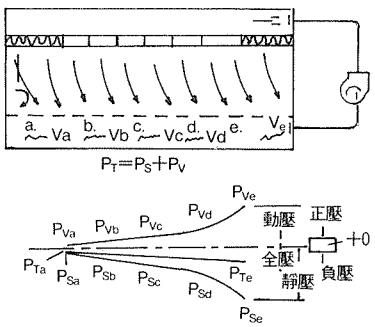
3) 誘引現狀을 일으키지 않을 것

여기서 말하는 誘引現狀이란 層流(均一流)의 흐름방향과는 다른 방향의 기류가 발생하여, 실내에서 발생된 粉塵 또는 인접오염역의 분진을 상층부까지 유인하는 현상을 일컫는다. 誘引된 粉塵은 층류에 의해 다시 하류로 운반되기 때문에 重要作業域(crifical area)에 부착할 가능성이 크다. 유인에 의한 분진수는 일반적으로 그 양이 적기때문에 발견하기 어려우며, 발견하여도 유인源을 해명하기가 쉽지 않은데 이러한 문제가 층류식 클린룸에 있어서 풀어야할 가장 어려운 과제 중의 하나이다. 따라서, 유인현상이 일어나지 않도록 균일류의 확보가 중요하다.

이상, 亂流式과 層流式에 대하여 간단히 서술하였는데 요약하면 亂流式에 있어서는 정압유지와 커다란 발진원에 대한 국부처리, 層流式에 있어서는 均一流(層流)의 확보라 할 수 있다.



[그림-8]吹出口의 例



[그림-9] free-acess內의 壓力分布와 偏流

건축사 9101 87