

Sơ lược về phòng sạch

Ngô Đức Thế, G12 8QQ, UK



Nếu ai đó từng xem quảng cáo của hãng Intel, thế nào cũng từng thấy cảnh quảng cáo các kỹ sư của Intel mặc bộ đồ kín từ đầu đến chân nhảy múa trong phòng, trông như các phi hành gia nhảy múa trên tàu vũ trụ. Và nếu có một chút yêu thích về kỹ thuật, thế nào bạn cũng tò mò tự hỏi họ mặc bộ quần áo ấy để làm gì, và nếu yêu thích hơn chút nữa, thế nào bạn cũng từng mơ có ngày mặc bộ đồ ấy để làm việc như họ, một công việc thật thú vị? Xin thưa, đó là các bộ quần áo bảo hộ khi làm việc trong phòng sạch (ví dụ như phòng sạch về công nghệ bán dẫn của Intel chẳng hạn), và khi làm việc phải mặc nó cũng chẳng dễ chịu gì đâu. Bạn sẽ hỏi tiếp, thế phòng sạch là gì? Tại sao phải có phòng sạch? Hi vọng bài viết này sẽ giúp cho bạn có những hiểu biết ban đầu về phòng sạch.

1. Phòng sạch là gì?

Nếu cần nói một cách đơn giản, ta có thể trả lời rằng "phòng sạch" là một phòng rất sạch. Phòng sạch (tiếng Anh là cleanroom - một danh từ ghép), theo định nghĩa bởi tiêu chuẩn ISO 14644-1 là: *"Là một phòng mà nồng độ của hạt lơ lửng trong không khí bị khống chế và nó được xây dựng và sử dụng trong một kết cấu sao cho sự có mặt, sự sản sinh và duy trì các hạt trong phòng được giảm đến tối thiểu và các yếu tố khác trong phòng như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất đều có thể khống chế và điều khiển"*. Nguyên văn tiếng Anh: *"A room in which the concentration of airborne is controlled, and which is constructed and used in a manner to minimise the introduction, generation and retention of particles inside the room and in which other relevant parameters, e.g. temperature, humidity, and pressure, are controlled as necessary."* [1]

Nói một cách đơn giản, phòng sạch là một phòng kín mà trong đó, lượng bụi trong không khí, được hạn chế ở mức thấp nhất nhằm tránh gây bẩn cho các quá trình nghiên cứu, chế tạo và sản xuất. Đồng thời, nhiệt độ, áp suất và độ ẩm của không khí cũng được khống chế và điều khiển để có lợi nhất cho các quá trình trên. Ngoài ra, phòng còn được đảm bảo vô trùng, không có các khí độc hại đúng theo nghĩa "sạch" của nó.

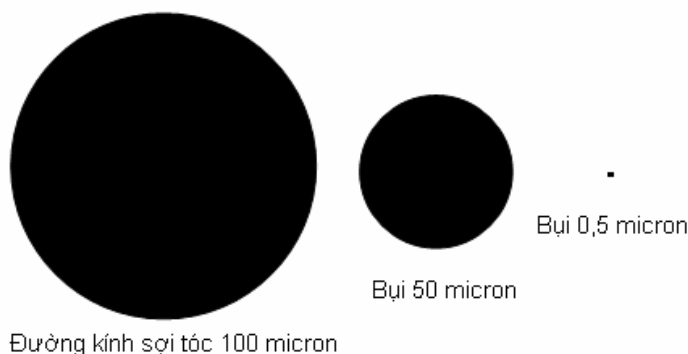
2. Lịch sử của phòng sạch, sự cần thiết của phòng sạch

Phòng sạch được sử dụng lần đầu tiên là trong lĩnh vực y tế. Mở đầu là các công trình nghiên cứu của Pasteur, Koch, Lister và các nhà sinh học tiên phong khác đã chỉ ra rằng sự nhiễm khuẩn là nguyên nhân của nhiều căn bệnh, mà một trong những nguyên nhân của sự nhiễm khuẩn là sự mất vệ sinh trong môi trường. Lần đầu tiên vào những năm 1860, [Joseph Lister](#) (một giáo sư ở Đại học Tổng hợp Glasgow) đã thiết lập một hệ thống phòng khép kín nhằm hạn chế bụi bẩn, chống sự nhiễm khuẩn ở Viện xá Hoàng gia Glasgow (Royal Infirmary, là một Viện xá thành lập bởi ĐH Glasgow, ngày nay mang tên là Glasgow Western Infirmary). Đây chính là phòng sạch sơ khai đầu tiên [1].

Và hệ thống phòng sạch sử dụng cho sản xuất được bắt đầu sử dụng vào thời gian chiến tranh thế giới thứ hai để cải tiến các súng ống, vũ khí quân sự. Cho đến lúc này, phòng sạch mới chỉ ở mức sơ khai là làm sạch bằng cách hệ thống hút bụi và hút ẩm đơn giản, khác xa so với ngày nay. Tiếp đến, phòng sạch được phát triển thêm một bước nhờ sự thúc đẩy từ các ngành nghiên cứu về hạt nhân, sinh và hóa dẫn sự ra đời của các hệ thống lọc không khí. Các phòng sạch với dung tích lớn, hệ thống lọc không khí tốt bắt đầu phát triển mạnh từ năm 1955. Công ty điện tử Western Electric Company (Winston-Salem, Mỹ) gặp phải các vấn đề trực trặc với các sản phẩm sai hỏng do sự có mặt của các hạt bụi trong không khí. Yêu cầu đặt ra cho họ là các phòng sạch không nhiễm bụi, và từ đó hệ thống phòng sạch được phát triển, với các hệ thống lọc, các hệ thống điều khiển, các quần áo bảo hộ nhằm chống bụi bẩn cho phòng... được phát triển như ngày nay. Và hiện nay, phòng sạch được sử dụng cho nhiều lĩnh vực: y tế, khoa học và kỹ thuật vật liệu, linh kiện điện tử, lý, hóa, sinh, cơ khí chính xác, được...

3. Phòng sạch tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn đầu tiên của phòng sạch là hàm lượng bụi, tức là hàm lượng các hạt bụi lơ lửng trong không khí được khống chế đến mức nào (tất nhiên là bụi bám càng phải làm sạch rồi). Nếu ta so sánh một cách hình tượng, đường kính sợi tóc người vào cỡ 100 μm , hạt bụi trong phòng có thể có đường kính từ 0,5 đến 50 μm (xem hình ảnh so sánh).



Hình 1. So sánh các kích thước bụi [1].

Các tiêu chuẩn về phòng sạch lần đầu tiên được đưa ra vào năm 1963 ở Mỹ, và hiện nay đã trở thành các tiêu chuẩn chung cho thế giới. Đó là các tiêu chuẩn quy định lượng hạt bụi trong một đơn vị thể tích không khí. Người ta chia thành các tầm kích cỡ bụi và loại phòng được xác định bởi số hạt bụi có kích thước lớn hơn 0,5 μm trên một thể tích là 1 foot khối (ft^3) không khí trong phòng.

a) Tiêu chuẩn Federal Standard 209 (1963) [1]

Tiêu chuẩn này lần đầu tiên được quy định vào năm 1963 (có tên là 209), và sau đó liên tục được cải tiến, hoàn thiện thành các phiên bản 209 A (1966), 209 B (1973)..., cho đến 209 E (1992).

Bảng 1. Giới hạn bụi trong tiêu chuẩn 209 (1963).

Số hạt/ ft^3					
Loại	$\geq 0,1 \mu\text{m}$	$\geq 0,2 \mu\text{m}$	$\geq 0,3 \mu\text{m}$	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	$\geq 5,0 \mu\text{m}$
1	35	7,5	3	1	- (*)
10	350	75	30	10	-
100	-	750	300	100	-
1000	-	-	-	1000	7
10000	-	-	-	10000	70
100000	-	-	-	100000	700

(*) chỉ số - là không xác định

b) Tiêu chuẩn Federal Standard 209 E (1992) [2-3]

Tiêu chuẩn này xác định hàm lượng bụi lơ lửng trong không khí theo đơn vị chuẩn (đơn vị thể tích không khí là m^3). Sự phân loại phòng sạch được xác định theo thang loga của hàm lượng bụi có đường kính lớn hơn 0,5 μm . Dưới đây là bảng tiêu chuẩn FS 209 E.

Bảng 2. Giới hạn bụi trong tiêu chuẩn 209 E (1992).

Tên loại		Các giới hạn									
		$\geq 0,1 \mu\text{m}$		$\geq 0,2 \mu\text{m}$		$\geq 0,3 \mu\text{m}$		$\geq 0,5 \mu\text{m}$		$\geq 5,0 \mu\text{m}$	
		Đơn vị		Đơn vị		Đơn vị		Đơn vị		Đơn vị	
SI	English	m^3	ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3	m^3	ft^3
M1		350	9,91	757	2,14	30,9	0,875	10,0	0,283	-	-
M1.5	1	1240	35,0	265	7,50	106	3,00	35,3	1,00	-	-
M2		3500	99,1	757	21,4	309	8,75	100	2,83	-	-
M2.5	10	12400	350	2650	75,0	1060	30,0	353	10,0	-	-
M3		35000	991	7570	214	3090	87,5	1000	28,3	-	-
M3.5	100	-	-	26500	750	10600	300	3530	100	-	-
M4		-	-	75700	2140	30900	875	10000	283	-	-
M4.5	1000	-	-	-	-	-	-	35300	1000	247	7,00
M5		-	-	-	-	-	-	100000	2830	618	17,5
M5.5	10000	-	-	-	-	-	-	353000	10000	2470	70,0
M6		-	-	-	-	-	-	1000000	28300	6180	175
M6,5	100000	-	-	-	-	-	-	3530000	100000	24700	700
M7		-	-	-	-	-	-	10000000	283000	61800	1750

c) Tiêu chuẩn ISO 14644-1 [3,4]

Tổ chức Tiêu chuẩn Quốc tế (International Standards Organization - ISO) đã quy định các tiêu chuẩn về phòng sạch tiêu chuẩn quốc tế. Tiêu chuẩn ISO 14644-1 được phát hành năm 1999 có tên "*Phân loại độ sạch không khí*" (*Classification of Air Cleanliness*). Các loại phòng sạch được quy định dựa trên biểu thức:

$$C_n = 10^N \times \left[\frac{0,1}{D} \right]^{2,08}$$

với:

C_n là hàm lượng cho phép tối đa (tính bằng số hạt/m³) của bụi lửng không khí lớn hơn hoặc bằng kích thước xem xét.

N là chỉ số phân loại ISO, không vượt quá 9 và chỉ số cho phép nhỏ nhất là 0,1

D là đường kính hạt tính theo μm

0,1 ở đây là hằng số với thứ nguyên là μm .

Như vậy, có thể dễ dàng xác định các giới hạn hàm lượng bụi từ công thức trên và dễ dàng phân loại từng cấp phòng sạch (bảng 3).

Bảng 3. Các giới hạn hàm lượng bụi trong tiêu chuẩn ISO 14644-1 [1,4].

Loại	Giới hạn nồng độ cho phép (hạt/m ³)					
	0,1 μm	0,2 μm	0,3 μm	0,5 μm	1 μm	5 μm
ISO 1	10	2	-	-	-	-
ISO 2	100	24	10	4	-	-
ISO 3	1000	237	102	35	8	-
ISO 4	10000	2370	1020	352	83	-
ISO 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO 7	-	-	-	352000	83200	2930
ISO 8	-	-	-	3520000	832000	29300
ISO 9	-	-	-	35200000	8320000	293000

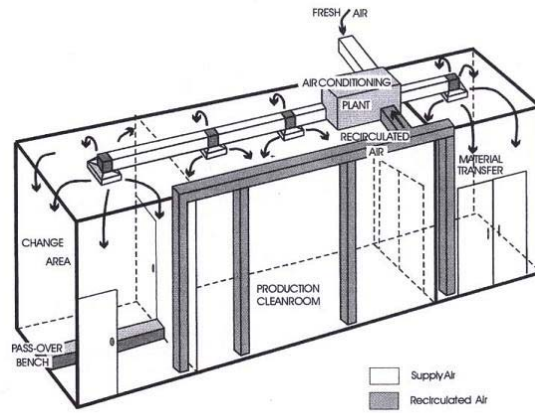
Cần chú ý rằng, mức độ nhiễm bẩn không khí trong phòng còn phụ thuộc vào các hạt bụi sinh ra trong các hoạt động trong phòng, chứ không chỉ là con số cố định của phòng. Chính vì thế, trong các tiêu chuẩn của phòng, luôn đòi hỏi các hệ thống làm sạch liên hoàn và còn quy định về quy mô phòng và số người, số hoạt động khả dĩ trong phòng sạch.

Ngoài các tiêu chuẩn này, mỗi ngành còn có thể có thêm các đòi hỏi riêng cho mình, ví dụ như làm về công nghiệp vi mạch bán dẫn đòi hỏi khác với ngành y... Ta nhớ là công nghiệp bán dẫn thao tác với các phân tử vật liệu tới cỡ micron, vì thế mà yêu cầu rất khắt khe về hàm lượng bụi nhỏ, trong khi ngành y tế lại đòi hỏi cao về mức độ sạch và điều hòa không khí nhằm chống nhiễm khuẩn...

4. Các thiết kế phòng sạch

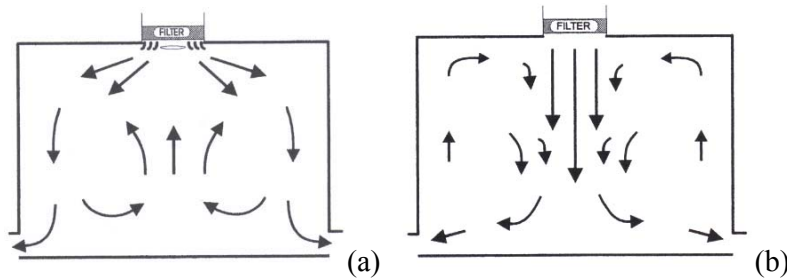
4.1. Kiểu phòng thông hơi hỗn loạn (*Turbulently Ventilated Cleanroom*) [4]

Nguyên lý thông hơi của phòng sạch kiểu này cũng tương tự như hầu hết các phòng điều hòa không khí phổ thông như văn phòng hay cửa hàng. Không khí (sạch) được cung cấp bởi máy điều hòa không khí được tỏa đi qua hệ thống khuếch tán trên trần nhà (hình vẽ).



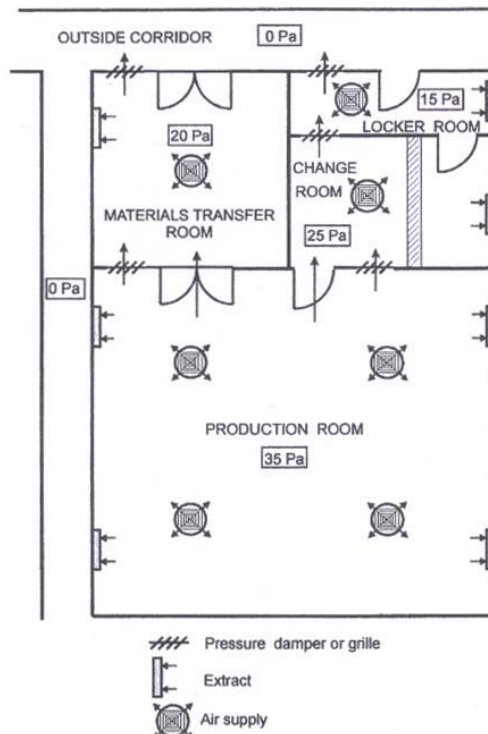
Hình 2. Phòng sạch kiểu "thông hơi hỗn loạn".

Người ta gọi là "thông hơi hỗn loạn" là do không khí di chuyển một cách ngẫu nhiên và hỗn loạn trong phòng nhờ hệ thống khuếch tán (hình 3a) hoặc nhờ hệ thống "phun" (hình 3b).



Hình 3. Các kiểu di chuyển không khí trong phòng sạch kiểu thông hơi hỗn loạn: di chuyển qua bộ khuếch tán (a) và sự phun nhờ một hệ thống phun hơi (b).

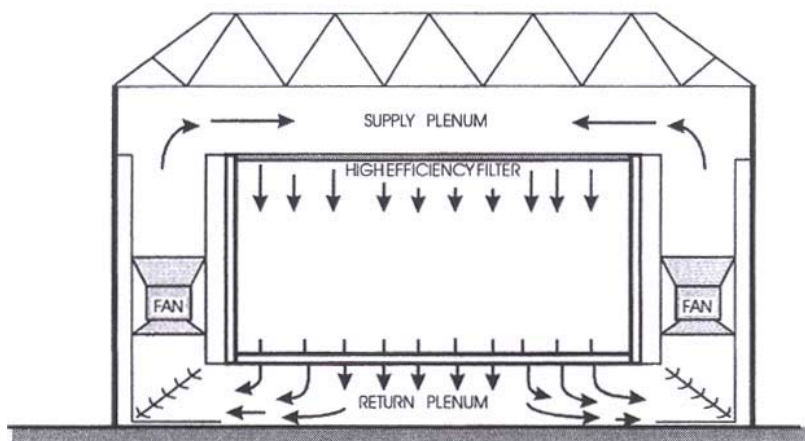
Hệ thống "phun" không khí (hình 3b) thường bắt gặp trong các hệ thống phòng sạch thông hơi hỗn loạn truyền thống. Hệ thống kiểu này thường cho các dòng khí thẳng và có khả năng kiểm soát tốt quá trình nhiễm bẩn dưới bộ lọc. Hệ thống phun này có thể mang lại các điều kiện khả dĩ hơn bên dưới khi vực cung cấp, nhưng do đó lại làm kém đi cho các vùng xung quanh trong phòng (hình 4).



Hình 4. Một sơ đồ đơn giản về phân bố áp suất dòng khí trong phòng sạch với hệ thống phun khí.

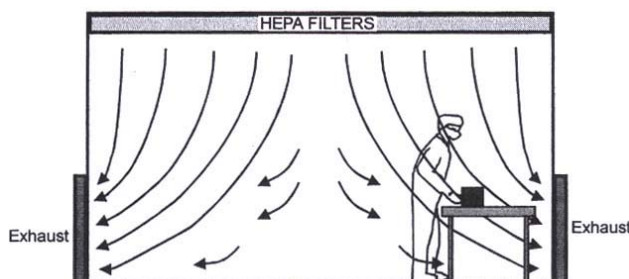
4.2. Phòng sạch kiểu định hướng hoàn toàn (Unidirectional Cleanroom) [4]

Hệ thống phòng sạch với kiểu thông hơi tán loạn thường chỉ đạt được các độ sạch tiêu chuẩn tới cấp ISO 6 trong quá trình sản xuất. Để đạt được các điều kiện tốt hơn thế trong suốt quá trình hoạt động, điều cần thiết là phải làm loãng sự sản sinh các hạt. Điều này có thể đạt được bằng cách dùng dòng không khí hoàn toàn thẳng (hình 5).



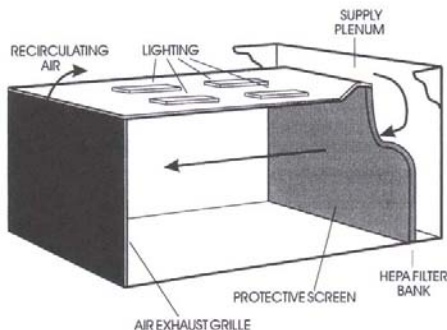
Hình 5. Hệ thống phòng sạch kiểu dòng không khí thẳng đứng.

Hình 5 là mặt cắt của một thiết kế phòng sạch với dòng không khí lưu chuyển theo chiều thẳng đứng và được vận hành khép kín theo kiểu như các piston. Do đó, dòng không khí này giúp cho việc đẩy bay các nhiễm bẩn. Khi được lưu chuyển ra cửa, dòng không khí này sẽ vận chuyển theo dòng và lại được lưu chuyển khép kín qua các hệ thống lọc. Hệ thống này tiên tiến hơn hệ thống thoát khí hỗn loạn rất nhiều bởi khả năng khử các nhiễm bẩn nhanh chóng. Vận tốc dòng khí thường dùng từ 0,3 m/s đến 0,6 m/s. Tuy nhiên, loại phòng sạch kiểu này có giá thành và chi phí vận hành cao hơn rất nhiều so với phòng sạch thông khí hỗn loạn.



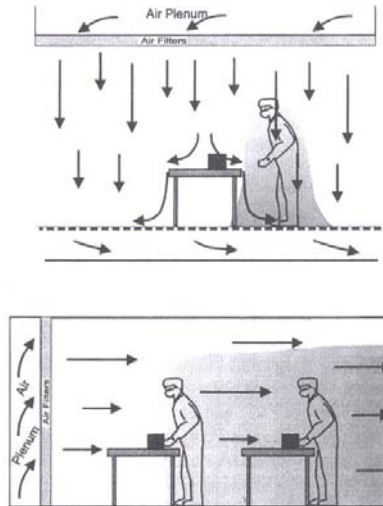
Hình 6. Hệ thống thoát khí thẳng đứng với các cửa thoát khí bổ sung 2 bên.

Một kiểu khác của hệ thống phòng sạch định hướng là hệ thống dòng khí nằm ngang (hình 7), với cách thức là dòng khí đi vào từ một vách bên này qua hệ thống lọc với hiệu suất cao và thổi qua phòng, rồi được quay ngược lại sau khi đập vào vách đối diện. Vì diện tích của vách tường thường nhỏ hơn nhiều so với diện tích trần nhà vì thế chi phí của loại phòng này cũng thấp hơn so với kiểu dùng dòng không khí thẳng đứng.



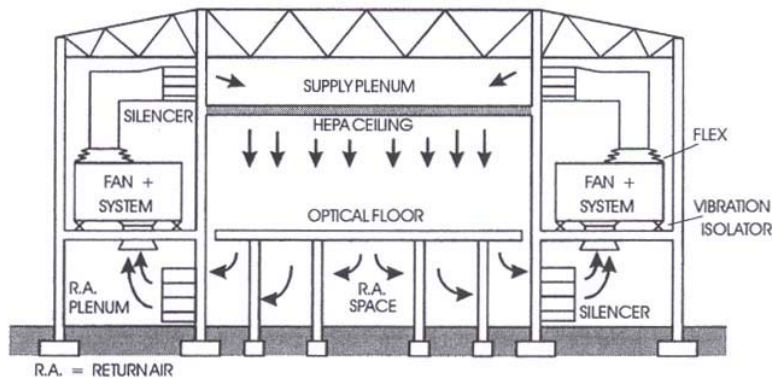
Hình 7. Hệ thống phòng sạch với dòng không khí nằm ngang.

Hệ thống lưu chuyển không khí kiểu nằm ngang không phổ biến bằng hệ thống thẳng đứng dù nó rẻ hơn với lý do liên quan đến sự nhiễm bẩn (so sánh qua hình 8). Hình 8 so sánh cho ta 2 cách làm loãng sự nhiễm bẩn ở 2 loại phòng nằm ngang và phòng thẳng đứng. Ở phòng có dòng lưu chuyển thẳng đứng, các bụi bẩn sẽ bị đẩy theo chiều thẳng đứng xuống sàn, và thổi bật xuống các vị trí thoát khí và không gây nhiễm bẩn từ vị trí này sang vị trí khác cũng như từ người này sang người khác. Còn hệ thống lưu chuyển khí nằm ngang có thể dẫn tới việc bụi bẩn bị thổi từ vị trí này sang một vị trí nằm ngang khác, hoặc từ người phía trước (chiều khí lưu chuyển) bay vào người phía sau (hình 8).



Hình 8. So sánh 2 kiểu giảm nhiễm bẩn ở dòng không khí thẳng đứng và nằm ngang.

Hệ thống phòng sạch với dòng không khí lưu chuyển thẳng đứng được sử dụng phổ biến cho công nghiệp bán dẫn và công nghệ vật liệu (hình 9) trong một số năm gần đây. Trong công nghệ linh kiện bán dẫn và công nghệ vật liệu, không khí được lọc với độ sạch rất cao và được thổi theo chiều từ trên trần nhà xuống.

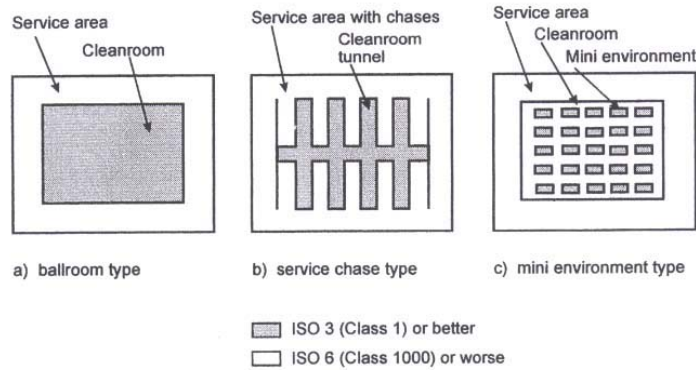


Hình 9. Kiểu thiết kế phòng sạch cho công nghệ vật liệu (linh kiện điện tử bán dẫn...) - kiểu thiết kế này được gọi là kiểu phòng ballroom.

Các phòng có thể được bố trí theo nhiều kiểu khác nhau tạo thành các kiểu phòng sạch. Kiểu như hình 9 gọi là "ballroom" vì ta sẽ có một phòng sạch lớn (không gian toàn xưởng như một phòng trong quả bóng). Kiểu phòng này có trần là một bộ lọc khí hiệu năng cao cung cấp khí khổng cho toàn xưởng cho dù máy móc đứng ở vị trí nào. Trên thực tế, không khí chất lượng nhất chỉ thực sự cần thiết ở tại nơi mà sản phẩm xoay về hướng có thể nhiễm bẩn bụi và ở các vùng khác có thể chấp nhận không khí kém chất lượng hơn chút xíu.

Với thực tế này, người ta có thể tạo ra các phòng sạch ít đắt tiền hơn và một kiểu khác là kiểu thành các phòng nhỏ theo một ống trục - kiểu này có tên là service chase (hình 10b). Mỗi phòng con sẽ có độ sạch tiêu chuẩn cao, còn các vùng bên ngoài có thể có độ sạch thấp hơn. Các phòng con nằm dọc

theo một đường hầm (đây là kiểu phòng sạch mà tôi đang làm việc). Kiểu phòng sạch này có giá thành hoạt động rẻ hơn rất nhiều so với kiểu ballroom.

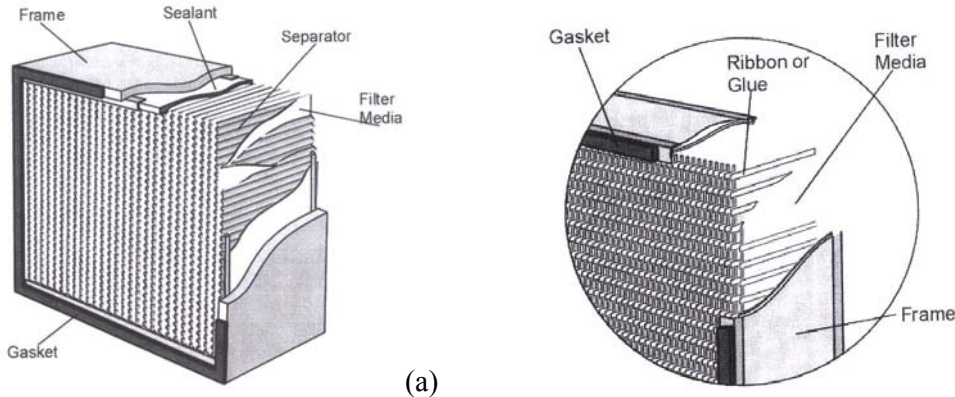


Hình 10. Ba kiểu phòng sạch hay dùng cho khoa học và công nghệ vật liệu.

Người ta cũng có thể chia phòng kiểu ballroom thành các phòng chức năng nhỏ (hình 10c) và đương nhiên, trong mỗi phòng nhỏ sẽ có độ sạch cực cao và các khu vực xung quanh (service area) sẽ có độ sạch thấp hơn.

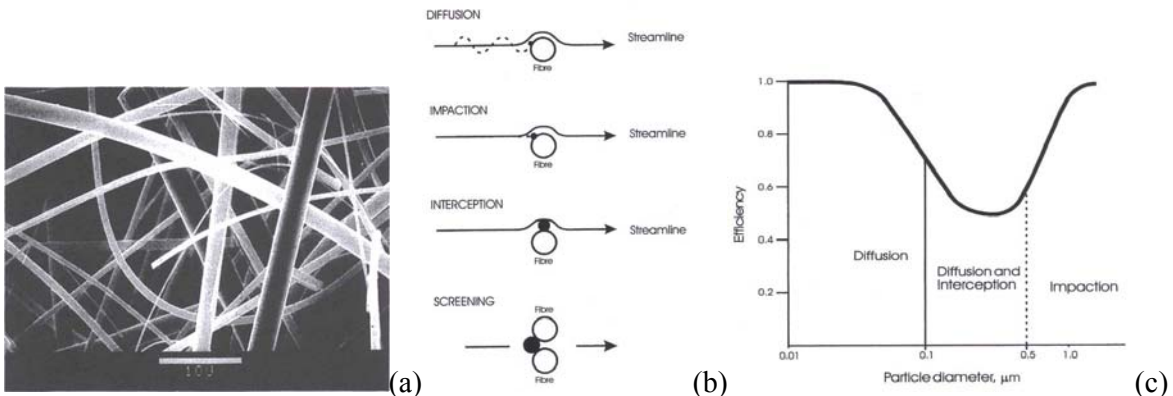
* Hệ thống lọc không khí cho phòng sạch [1,4]

Không khí trong phòng sạch phải đạt các yêu cầu về mức độ các hạt bụi vì thế luôn cần có các hệ thống lọc bụi. Kể từ năm 1980, một hệ thống lọc được sử dụng rộng rãi mang tên High Efficiency Particle Air (HEPA - Hệ thống lọc hạt hiệu năng cao). HEPA là một hệ thống có khả năng lọc hạt bụi tới trong không khí với hiệu suất 99,97% cho bụi nhỏ tới 0,3 μm . Ngày nay, HEPA còn được bổ sung các tính năng lọc vi khuẩn và các hạt trơ.



Hình 11. Một bộ lọc HEPA kiểu các nếp gấp sâu (a) và các nếp gấp nhỏ (b).

Không khí được lọc qua các cuộn giấy lọc cuộn từng lớp thành các media lọc có độ rộng từ 15 đến 30 cm và được ngăn cách bởi các lá nhôm mỏng. Để ngăn cản các hạt bụi nhỏ, người ta sử dụng media lọc là các dây micro xếp thành các lưới siêu nhỏ (hình 12a) và do đó cho không khí đi qua, đồng thời cản các hạt bụi.



Hình 12. Vi cấu trúc tấm lọc (a) và cơ chế lọc bụi của tấm lọc (b) và hiệu suất lọc (c).

5. Trang bị cần thiết cho phòng sạch

Con người làm việc trong phòng sạch là một nguồn tạo ra bụi bẩn cho phòng. Khi con người di chuyển, có thể sản sinh tới 100000 hạt (kích thước lớn hơn $0,5\text{ }\mu\text{m}$) và hàng ngàn hạt bụi cỡ micron mang theo người mỗi phút. Do vậy, với mỗi phòng sạch, người ta đều có giới hạn số người làm việc tương ứng với quy mô của phòng. Và để đảm bảo cho môi trường trong phòng, ngoài các máy móc trang bị cho các công việc thiết yếu trong phòng sạch, thì trang bị cho con người là rất cần thiết để giảm thiểu lượng bụi sản sinh.

Các trang thiết bị cần thiết cho người làm việc gồm:

- Quần áo bảo hộ: Thường là áo và quần liền một khối.
- Mũ bảo hộ để trùm đầu (ta nhớ tóc người cũng là nguồn bắt bụi)
- Giày vải trùm kín chân
- Mặt nạ trùm mặt, có thể có cả bộ lọc khí thở ở mặt nạ, kính bảo vệ mắt, găng tay

Quần áo, mũ, mặt nạ, giày thường làm bằng vải, có bên ngoài là bề mặt trơn, không bắt bụi, đồng thời đảm bảo cho con người dễ dàng di chuyển và hoạt động (hình 13).



Hình 13. Một nhân viên làm việc trong phòng sạch, mang đồ bảo hộ: áo, mũ, mặt nạ, găng tay.

Trong ngành vật lý, khoa học vật liệu, phòng sạch thường dùng cho các công nghệ chế tạo vật liệu đòi hỏi độ sạch cao như: quang khắc, công nghệ màng mỏng (MBE, sputtering, CVD...), công nghệ linh kiện bán dẫn, linh kiện điện tử, các hệ thống vi cơ điện tử (MEMS, NEMS), các phép phân tích tinh thể, các xử lý lý hóa... Đến đây, chắc bạn đọc tự trả lời được câu hỏi "*Tại sao phải dùng phòng sạch?*", nếu chưa trả lời được, hãy tưởng tượng, công nghệ chế tạo các linh kiện kích thước chỉ cỡ micromet đến nanomet, chỉ cần một lượng bụi nhỏ bám vào có thể làm thay đổi hoàn toàn tính chất của sản phẩm.



Hình 14. Khu vực trung gian thay đồ để vào phòng sạch [2].

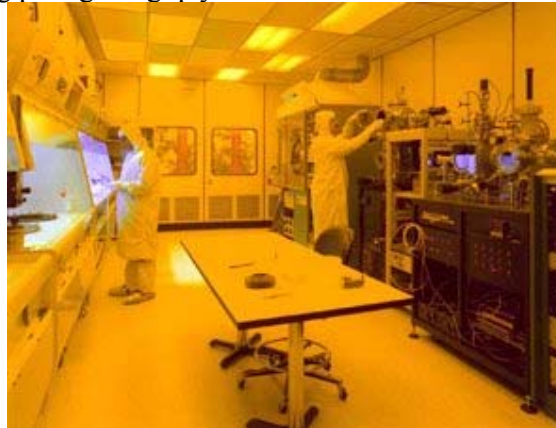
Khu vực đầu tiên khi bạn bước vào phòng sạch sẽ là khu vực thay đồ (hình 14). Đây là một khoang trung gian trước khi đến các phòng chức năng, có độ sạch không cao. Ở đó, bạn sẽ phải mặc đồ bảo

hệ theo đúng quy trình và đảm bảo không làm bẩn khu vực này rồi mới bước vào khu làm việc. Sau khi kết thúc công việc, trước khi ra khỏi phòng sạch, người làm cũng phải cởi bỏ đồ bảo hộ theo đúng tiến trình và ra khỏi phòng.

6. An toàn trong phòng sạch

Trong phòng sạch, ngoài việc độ sạch không khí được khống chế, còn các yếu tố khác là độ ẩm phải điều khiển ở mức đủ thấp, áp suất, nhiệt độ... được duy trì ở mức độ thích hợp, đảm bảo vô trùng. Vì thế, điều đầu tiên mà mỗi người làm việc trong phòng sạch đều phải tuân thủ đó là các quy tắc an toàn lao động để đảm bảo an toàn. Ở các nước phát triển, mỗi người trước khi vào làm ở phòng sạch đều được học rất cẩn thận các quy tắc làm việc trong phòng sạch, mà ban đầu luôn là các quy tắc an toàn lao động:

- Thoát ra khỏi phòng sạch như thế nào khi có các tai nạn đột xuất (cháy, nổ, chập điện...); các xử lý cần thiết cho các tai nạn này.
- Làm thế nào để giảm thiểu các tai nạn và đảm bảo an toàn lao động bằng các quy tắc sử dụng cũng như làm việc trong phòng một cách khoa học và chính xác.
- Các quy tắc để không làm nhiễm bẩn phòng: bỏ các vật dụng có thể dễ bắt bụi như áo len, mũ, găng tay ẩm, áo khoác...
- Sử dụng, di chuyển, và bỏ các hóa chất, các vật dụng thí nghiệm đúng quy tắc.
- Sử dụng các thiết bị trong phòng đúng quy trình.



Hình 15. Làm việc trong phòng sạch ở NASA [2].

Chúng ta hãy tưởng tượng việc làm sai quy tắc trong phòng sạch, ngoài việc sẽ làm nhiễm bẩn phòng (sẽ rất hại cho hệ thống làm sạch), đồng thời có thể rất dễ xảy ra các tai nạn, hỏng hóc và gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Ở nước Anh (tôi không rõ các nước khác thế nào), trước khi vào làm việc độc lập trong phòng sạch, người lao động phải trải qua khóa học về an toàn lao động, ký xác nhận tuân thủ các quy tắc an toàn và vượt qua kỳ kiểm tra các quy tắc này nhằm đảm bảo an toàn cho phòng sạch.

Còn một điều khó chịu nữa là khi làm việc trong phòng sạch, hãy chịu khó nhịn các "nỗi buồn" của bản thân, vì trong phòng sạch không thể cho phép bạn tạo ra các chất bẩn đó.

7. Kết luận

Phòng sạch là một hệ thống làm việc cực kỳ tinh vi và hiện đại, và nó chẳng xa lạ gì ở các nước có nền khoa học và công nghệ tiên tiến. Ở Việt Nam, do điều kiện kinh tế và nền khoa học còn kém phát triển, phòng sạch vẫn còn rất xa lạ, và dù đã có đơn vị khoa học có trang bị phòng sạch, nhưng cá nhân tôi tin là các phòng sạch đó chẳng thể hoạt động được do nó đòi hỏi kinh phí hoạt động (running cost) quá cao so với điều kiện kinh tế của các đơn vị. Chính vì thế, có lẽ phòng sạch ở Việt Nam ta vẫn còn mang tính chất "*trang trí*" nhiều hơn là mang lại hiệu quả nghiên cứu (hi vọng nhận xét này của tôi là sai). Là một người làm nghiên cứu và cũng phải làm nhiều công đoạn trong phòng sạch, cá nhân tôi vẫn mong sao phòng sạch sẽ sớm trở nên phổ thông hơn ở Việt Nam ta để dân nghiên cứu có cơ hội phát triển và cả cá nhân tôi sau này trở lại đất nước có cơ hội sử dụng những kiến thức đã được học ở nước ngoài.

Tài liệu tham khảo

- [1] W. Whyte, A short course on cleanroom technology: Fundamentals of design, testing and operation (Handout of University of Glasgow), Glasgow, 2006.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Clean_room
- [3] http://www.rockwellautomation.com/anorad/guide/cleanroom_criteria.html
- [4] W. Whyte, Clean room Technology: Fundamentals of design, testing and operating a room, John Wiley and Sons Inc., (2001).