

# اصول طراحی معماری اتاق تمیز در صنعت داروسازی



فصلنامه علمی تخصصی  
مهندسی و مدیریت ساخت  
سال دوم، شماره اول  
شماره پیاپی پنجم، بهار ۱۳۹۶

نویسنده مسئول:  
لیلا میرسعیدی

آدرس ایمیل:  
lmirsaeedy@yahoo.com

لیلا میرسعیدی\*

استادیار گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبد کاووس

## چکیده

اتاق تمیز پدیده نوینی است که در صد سال اخیر پا به عرصه ظهور گذاشته است. این فناوری از فناوری هایی است که امروزه در صنایع مختلف کاربرد بسیاری دارد. یکی از صنایعی که به طور گسترده از اتاق های تمیز استفاده می کند صنعت داروسازی است. دما، رطوبت، فشار هوا و ... در این فضا حائز اهمیت هستند و کنترل می شوند. به دلیل حساسیت صنعت دارو به ویژه از لحاظ آلودگی، ساخت و نگهداری این فضاها هزینه زیادی دارد. اگرچه استانداردهای کاملی برای طراحی مکانیکی و الکتریکی این فضاها وجود دارد، اما در خصوص چگونگی طراحی معماری اتاق تمیز کمتر اطلاعاتی وجود دارد. مسائلی مانند جانمایی، دسترسی و سیرکولاسیون فضا، ویژگی های ابعادی و هندسی فضا، چیدمان داخلی و ویژگی های مصالح و اجزای ساختاری سازنده فضا، مواردی هستند که در کنار مسایل متعدد اتاق تمیز قابل توجهند و طراحی بهینه آن ها می تواند تاثیر بسیاری بر بهینه سازی کارکرد فضا، صرفه اقتصادی و صرفه جویی در مصرف انرژی داشته باشد. روش تحقیق در این پژوهش روش توصیفی - تحلیلی است. در ابتدا با مرور منابع و استانداردهای مربوط به اتاق های تمیز، عوامل موثر بر طرح معماری تعیین گردید و سپس این عوامل به طور دقیق تر مورد مطالعه قرار گرفته و دسته بندی شده و با بررسی نمونه های موردی مرتبط اصول طراحی معماری استخراج و جمع بندی شدند. در نهایت ملاحظات معماری در طراحی اتاق تمیز به صورت ویژه برای صنایع داروسازی ارائه شده است که می تواند در طراحی معماری این فضا مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: اتاق تمیز، صنایع داروسازی، اصول طراحی معماری.

## Principles of clean room design in the pharmaceutical industry

Leila Mirsaedy\*

Assistant Professor, Department of Architecture, Islamic Azad University, Gonbad-e-Kavos Branch



Volume 2 , Issue 1,  
Spring 2017

Corresponding author:  
Leila Mirsaedy

Email address:  
lmirsaeedy@yahoo.com

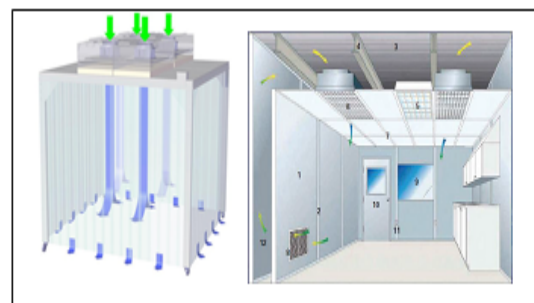
## ۱- مقدمه

با توجه به ماهیت صنعت داروسازی و نوع محصولات، یکی از صنایعی که به طور گسترده از اتاق های تمیز استفاده می کند، این صنعت است. انواع و دسته های مختلف اتاق های تمیز در این صنعت مورد استفاده قرار می گیرند و بر اساس استانداردهای صنعت داروسازی چگونگی کارکرد این فضاها بسیار مهم و حیاتی است. هر چند استانداردهای تقریباً یکسانی در صنایع مختلف مورد استفاده است اما به دلیل حساسیت صنعت دارو به ویژه از لحاظ میزان آلودگی، اعتباردهی به این فضاها همواره موضوع چالش برانگیزی است و ساخت، اعتباربخشی و نگهداری و کاربرد این فضاها همواره هزینه های هنگفتی را برای شرکت ها و صنایع مربوط در بر دارد. علاوه بر موضوعات بسیار مهم طراحی و نگهداری تاسیسات در این فضاها، در طراحی معماری نیز می توان با استفاده از راهکارهایی که در ابتدای طراحی شاید ساده و حتی بدون هزینه باشند می توان کارکرد و اعتبار این فضاها را بهتر کرد و کمک شایانی به تسهیل روند اعتباربخشی و کاهش هزینه های بهره برداری در آینده نمود.

اتاق تمیز پدیده نوینی است که در صد سال اخیر ایجاد شده است. تاریخچه اولین اتاق تمیز در جهان به یک بیمارستان باز می گردد. لرد لیستر کسی در دهه ۱۸۶۰ لیستر با استفاده از اسپری کردن محلول ضد عفونی کننده در هوای اتاق جراحی برای از بین بردن باکتری های معلق در هوا توانست آلودگی های عفونی در اتاق عملش در بیمارستان رویال را به طور باورنکردنی کاهش دهد. این موضوع پایه ای برای اولین اتاق تمیز شد. بعد از آن با توجه به نیاز صنعت این تکنولوژی در قسمت های مختلف صنعت مورد استفاده قرار گرفت و استانداردها و مراجع معتبری در این زمینه تهیه و تدوین شدند [۱]. اتاق تمیز اتاق یا محیطی بسته است که از نظر عوامل مختلف مانند ذرات، دما، فشار هوا و ... کنترل شده است. مهم ترین ویژگی اتاق تمیز تمیز بودن آن و یا کنترل آلودگی است و بر همین اساس در کاربری ها و صنایعی که نیاز به فضای دور از آلودگی دارند کاربرد آن لازم و حیاتی است. تعاریف متعدد و متنوعی از اتاق تمیز در استانداردهای مختلف وجود دارد که البته وجه اشتراک آن ها ویژگی های اساسی اتاق تمیز است. در استاندارد ۱۴۶۴۴-۱ به صورت زیر تعریف شده است: (ISO) اتاق تمیز از سوی سازمان بین المللی استاندارد اتاقی که در آن غلظت ذرات موجود در هوا کنترل شود و به عنوان شیوه ای برای به حداقل رساندن ورود و تولید و نگهداری ذرات در داخل اتاق ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد و در آن دیگر پارامترهای مربوطه از جمله دما، رطوبت و فشار به میزان مورد نیاز کنترل می شود [۲].

همچنین در تعریفی دیگر اتاق تمیز به عنوان مکان ویژه ساخته شده و با محیط کنترل شده و به صورت فضای بسته ای تعریف شده است که ذرات موجود در هوا، دما، رطوبت، فشار هوا، الگوهای جریان هوا، حرکت هوا، ارتعاش، سر و صدا، موجودات زنده، روشنایی و ... در آن کنترل می شود. کنترل ذرات شامل کنترل ذرات و آلودگی میکروبی، غلظت ذرات و پراکندگی آن هاست [۳]. همچنین بر اساس استاندارد ۲۰۹E Federal Standard اتاق تمیز به اتاقی گفته می شود که در آن غلظت ذرات موجود در هوا به حدود مشخص کنترل شده باشد [۳].

در استاندارد انگلیسی British Standard ۵۲۹۵ اتاق تمیز به اتاقی گفته می شود که در آن با کنترل آلودگی ذرات، اتاق ساخته شده و برای به حداقل رساندن ورود تولید و نگهداری ذرات در داخل اتاق که در آن دما، رطوبت، الگوهای جریان هوا، حرکت هوا و فشار هستند کنترل شده باشد [۳].



تصویر (۱) نمونه هایی از اتاق تمیز [۱]

## ۲- روش تحقیق

روش تحقیق به کار رفته در این پژوهش روش توصیفی- تحلیلی است. در ابتدا با مرور منابع و استانداردهای مربوط به اتاق های تمیز، عوامل موثر بر طرح معماری تعیین گردید و سپس این عوامل به طور دقیق تر مورد مطالعه قرار گرفته و بررسی و دسته بندی شده و با بررسی نمونه های موردی مرتبط اصول طراحی معماری استخراج و جمع بندی شدند. در نهایت ملاحظات معماری در طراحی اتاق تمیز به صورت ویژه برای صنایع داروسازی ارائه شده است که می تواند در طراحی معماری این نوع کاربری ها مورد استفاده قرار گیرد.

## ۳- کاربردها و ویژگی های اتاق تمیز

اتاق های تمیز مصارف و کاربردهای مختلفی دارند از جمله در صنایع: مکانیک دقیق، میکروالکترونیک، صنایع فضایی، نظامی، تحقیقاتی، پزشکی، کشاورزی، لبنیاتی، بیمارستانی، دارویی، اپتیک، فرآورده های شیمیایی، بیولوژی، فیلم و ... [۱].

ویژگی اصلی و اساسی اتاق تمیز کنترل آلودگی در آن است و همان گونه که در تعاریف و استانداردها آمده است دما، رطوبت، فشار هوا و ... نیز در این فضا کنترل می شوند. به این ترتیب مهم ترین عوامل تاثیرگذار در اتاق تمیز را می توان موارد زیر دانست:

- تعداد دفعات تعویض هوا
- محدوده فشار مثبت
- دما
- رطوبت

صنایع مختلف نیازمند هوا با درجات تمیزی مختلف می باشند و هوای تمیز با درجه تمیزی های مختلف تعریف شده است. این کلاس بندی در استانداردهای مختلف متفاوت است. در استاندارد GMP که مهم ترین استاندارد مورد استفاده است و ادامه معرفی خواهد شد انواع اتاق تمیز به گروه های A تا D تقسیم بندی شده است. این دسته بندی معمول ترین دسته بندی اتاق های تمیز در صنایع مختلف است. نمونه هایی از عملیات انجام شده در کلاس های مختلف به شرح زیر در جدول (۱) آورده شده است [۴].

جدول (۱) نمونه عملیاتی برای کلاس های مختلف اتاق تمیز [۴]

کلاس	نمونه عملیاتی برای اتمام محصول استریل شده
A	انباتن و پرکردن محصولات با ریسک بالا
C	آماده سازی محلول ها با ریسک بالا پرکردن محصولات
D	آماده سازی محلول ها و اجزا برای پر کردن در زمان دیگر
B	نمونه هایی از عملیات آماده سازی برای استریل کردن
A	آماده سازی برای استریل کردن و پر کردن
C	آماده سازی محلول ها برای فیلتر شدن
D	بارگیری و تخلیه قطعات بعد از تستشو

## - اصول طراحی معماری اتاق های تمیز

با توجه به ماهیت و ویژگی های اساسی اتاق تمیز که در زمینه کنترل هوا و دما و ... است، به موضوع طراحی و اجرای اتاق تمیز بیشتر از لحاظ تاسیسات الکتریکی و مکانیکی پرداخته شده است. در کنار مسایل تاسیسات الکتریکی و مکانیکی، چگونگی معماری اتاق تمیز و دسترسی به آن و ارتباط با بخش های دیگر نیز در عملکرد آن و بهینه سازی و کاهش مصرف انرژی مصرفی می تواند بسیار تاثیرگذار باشد. با افزایش تقاضا برای اتاق تمیز زیستی دارویی به دلیل افزایش میزان اکتشافات داروهای جدید با پایه بیوتک به نظر می رسد به طور قطع آینده طراحی اتاق تمیز از چند گرایش پیروی نماید. نیروهای بازار برای ورود سریع تر محصولات به بازار و با صرف هزینه کمتر موضوع را به سمت کاهش زمان تحویل پروژه هدایت می کنند [۵].

در اکثر اتاق های تمیز کنترل درجه حرارت جهت ایجاد شرایط پایدار برای مواد، ابزار، و آسایش پرسنل و همچنین کنترل رطوبت برای جلوگیری از خوردگی، تراکم در سطوح کار، از بین بردن الکتریسیته ساکن و آسایش پرسنل لازم است، فراهم شود [۵]. بسیار مهم است که همه پرسنل مربوطه از تولید، کیفیت، تدارکات، و بخش های تعمیر و نگهداری و نیز مهندسی در مراحل اولیه طراحی درگیر باشند. این موضوع

جدول (۲) دستورالعمل توصیه شده مورد استفاده در اتاق تمیز، براساس رده بندی A/C [4]

راهنمای اولیه برای طراحی اتاق تمیز	۱	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
کلاس Fed209 D	۱	۱۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
اندازه ذرات $\geq 0.5\mu m$ میکرون	۳۵۳	۳۵۳	۳۵۳۰	۳۵۳۰۰	۳۵۳۰۰۰	۳۵۳۰۰۰۰
تغییرات هوا در ساعت	۶۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۴۰۰-۱۲۰	۲۰۰-۱۰۰	۱۰۰-۵۰
فشار اتاق	۱۵ پاسکال	۱۵ پاسکال	۱۵ پاسکال	۱۵-۱۰ پاسکال	۱۰-۵ پاسکال	۵-۱۰ پاسکال
میزان درسد ورود هوای پاک نسبت به بخش پیشی سقف	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪	۲۰-۵۰٪	۱۰-۲۰٪	۵-۱۰٪
سقف ارتفاعی از دیوار	سقف					
سقف AHU	سقف					
بخشی از دیوار	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین
محل ورودی هوای تمیز	سقف					
محل فیلتر	سقف					
محل هوای برگشتی	زمین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین	سخت پایین
سرعت ورودی هوای پاک/شیر آب/تایپر	۰.۲۵					
سرعت هوای برگشتی (شیر آب/تایپر)	۲/۵		۰.۵-۱	۱-۲.۵		۲.۵
تامن هوایند	بله					
مساحت هر بخش (مترمربع)	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	۵	۵
تجهیزات اتاق	حداقل					
ارتفاع اتاق	۲/۵		حداقل ۳	حداقل ۲.۷۵	حداقل ۲.۲۵	حداقل ۲.۲۵

**ب- دسترسی و کنترل ورود:** یکی از مسایل بسیار مهم در طراحی معماری اتاق های تمیز دسترسی و کنترل ورود و خروج آن است. ورود به اتاق تمیز اغلب از طریق فضاهای جانبی (اتاق های تعویض لباس) و مواد اولیه و محصول از طریق دریچه ها (P.B.T.B) صورت می گیرد. به هر حال باید ورود مواد و افراد به شیوه ای باشد که امکان کنترل آلودگی و کمترین احتمال ورود آلودگی وجود داشته باشد. در ادامه تعدادی از روش های کنترل آلودگی در ورود معرفی شده است.

پرده هوا در اتاق تمیز: پرده هوای یک جریان نازک دایمی هوا است که در سطح درب ارتباطی فضای دارای تهویه مطبوع هوا را سیرکوله می کند. این پرده هوا از نفوذ هوای خارج با شرایط نامطبوع به داخل به وسیله ایجاد یک لایه جریان هوای اجباری روی تمام دهانه درب که سرعت و ضخامت لایه با توجه به شرایط درب تعیین می شود جلوگیری می کند [۱].



تصویر (۲) استفاده از پرده هوا در اتاق تمیز [۱]

سدهای هوایی اتاق تمیز: برای جلوگیری از نفوذ و ورود هوای آلوده خارج به اتاق تمیز و همچنین جلوگیری از کاهش فشار مثبت اتاق تمیز در اثر رفت و آمد افراد، فضاهای واسطه ای به نام سدهای هوایی یا ایرلاک در نظر گرفته می شود. ایرلاک ها به صورت اتاق هایی در میان اتاق تمیز و خارج در نظر گرفته می شود که فشار هوای ایرلاک فشاری بین فشار مثبت اتاق تمیز و فشار هوای محیط در نظر گرفته می شود، که سدهای هوایی نامیده می شود [۱].

اتاق تمیز فرعی کمکی: در اطراف اتاق تمیز اصلی اتاق تمیز فرعی دیگری نیز وجود دارد و نوع آن ها با توجه به نوع محصول تولید شده در اتاق تمیز و پیچیدگی کار متغیر است. برای مثال اتاق رختکن پرسنل که برای در آوردن و پوشیدن لباس هایشان به هنگام ورود و خروج به اتاق تمیز اصلی است. گاهی از سدهای هوایی Air Lock و یا Air Shower نیز در بین اتاق ها استفاده می شود [۱].

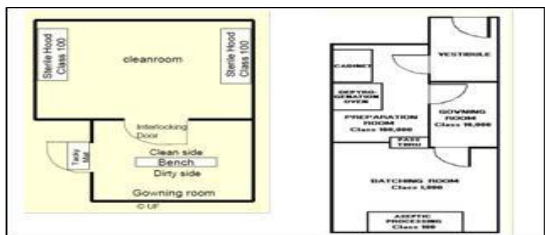
از کار دوباره در جزئیات طراحی در آینده جلوگیری می کند و به دلیل بهره مندی از نظرات مفید گروهی بزرگتر، ایرادات مالی را به حداقل می رساند. این تیم مشخصات اولیه نیازمندی های کاربر را مشخص می کند، فرایندها، تجهیزات، عملیات، ظرفیت ها و معیارهای محیطی برای طراحی اتاق های تمیز را تعریف می کنند. در URS طراحان نیازمند به بررسی جریان حرکت اطراف اتاق تمیز به منظور ارزیابی گزینه بهینه برای پیروی از مقررات، عملکرد کارآمد و به حداقل رساندن آلودگی هستند. این فرایندها اغلب برای جلوگیری از عبور آلودگی از طریق استفاده از راهروهای مشترک برای عبور ضایعات، افراد، مواد اولیه و محصولات تمام شده استفاده می شوند. گونه های مختلف طراحی اتاق تمیز نیازمند به قواعد متفاوتی جهت طراحی و طرح بندی این فرایند است. در تاسیسات دارویی پیشرفته، خدمات معماری یا مکانیکی مقدم هستند. طرح بندی فضاهای معماری و هوا مهم ترین مسایل تولید هستند که در آن محصولات و افراد به حاشیه منتقل شده اند. در تاسیسات زیست دارویی هر دو موضوع فرایند و معماری مهم و اساسی هستند. تولید یک راه حل جامع، در نتیجه فرایند تجهیزات و طرح بندی اتاق و جریان حرکت افراد به همان اندازه در فرایند طراحی مهم هستند. تعدادی از مسایل مهم در طراحی و اجرای اتاق های تمیز موارد زیر هستند:

- فشار مثبت و منفی - دما و رطوبت
- تعداد دفعات تعویض هوا و کنترل ذرات حجم دار
- روشنایی ها
- پوشش نیروی کار و حرکت آن ها
- مواد و مصالح مورد استفاده در ساختمان
- چیدمان ماشین آلات و تجهیزات مورد نیاز
- پیش ورودی ها و الزامات آن ها

همان گونه که مشخص است تعدادی از مسایل به حوزه تاسیسات الکتریکی و مکانیکی مربوط است و گروه هایی نیز مربوط به حرکت، رفتار و پوشش کاربران می باشد. عوامل معماری نیز در کنار سایر عوامل نقش مهمی در طراحی بهینه اتاق تمیز دارند. عوامل معماری را می توان در بخش های زیر بررسی کرد:

- جانمایی فضا
- دسترسی و کنترل ورود
- ویژگی های ابعادی فضا
- ویژگی های هندسی فضا
- سیرکولاسیون داخلی و خارجی فضا
- چیدمان تجهیزات
- مواد و مصالح سازنده فضا
- ویژگی های اجزای ساختاری فضا (درها، پنجره ها، دریچه ها و ...)

**الف- ویژگی های ابعادی فضا:** هر چند ابعاد فضای اتاق تمیز وابسته به نوع کاربرد و همچنین تجهیزات مورد استفاده و ابعاد آن هاست اما بر اساس نوع اتاق تمیز و کلاس آن نیز محدودیت های ابعادی به لحاظ مکانیکی و تامین ویژگی های مورد انتظار وجود دارد. در جدول (۲) نیز به دستورالعمل هایی برای طراحی اتاق تمیز بر اساس دسته بندی استاندارد (D Fed ۲۰۹) اشاره شده است.



تصویر (۳) فضاهای جانبی در کنار اتاق تمیز [۶]

- دوش هوا: دوش هوا در نقاط ورود به اتاق تمیز، آلودگی ذرات لباس پرسنل از بین می برد. اتاق ممکن است شامل فیلترهای هپا، درب به هم پیوسته، یک سیستم هوا دوباره در گردش، و نازل هوا در الگوهای مختلف که از طریق آن فیلتر هوا بر روی پرسنل در حمام دمیده می شود، باشد. جابجایی جریان هوا اطراف کارگران آلودگی ذرات ناشی از لباس کارگران را برطرف می کند [۳].

**ج- ویژگی های هندسی فضا:** اتاق تمیز باید یک فضای هندسی ساده (مربع یا مستطیل) با کمترین میزان گوشه ها و لبه ها باشد. از این رو فضاهایی با هندسه پیچیده به هیچ عنوان قابل قبول نیستند. حتی شیوه چیدمان تجهیزات و مبلمان باید کم ترین گوشه و فضاهای مرده را ایجاد کند و در همه نقاط امکان جریان هوا وجود داشته باشد [۵].

حذف نقاط مرده فضایی اتاق تمیز اهمیت بسیار زیادی دارد. یکی از مهم ترین مسایل در طراحی یک اتاق تمیز کاهش یا حذف هر گونه نقاط مرده فضایی در آن است. برای رسیدن به این منظور باید وسایل و لوازم به گونه ای باشد که اولاً خود وسایل دارای کم ترین هوای مرده باشند و دوم چیدمان آن ها تا جای ممکن طوری باشد که جلوی جریان هوا را نگیرد. به عبارت دیگر یک مسیر مشخص از ورودی به خروجی در اتاق تمیز وجود داشته باشد [۱].

**د- مصالح و تکنولوژی ساخت:** چهار نوع اصلی روش ساخت و ساز اتاق تمیز وجود دارد: مزایا و معایب هر یک در جدول (۳) خلاصه شده است. اگر ساخت و ساز سریع و انعطاف پذیری حائز اهمیت است معمولاً انواع ۳ و ۴ انتخاب خواهد شد. اگر مساله اقتصادی مهم و اساسی است معمولاً انواع ۱ و ۲ گزینه های بهتری هستند. اما این موارد زمان بیشتر و انعطاف پذیری کمتر در مرحله ساخت و ساز دارند. به دلیل تاثیر بر هزینه کل پروژه، جدول زمانی، و مهندسی و هزینه جزئیات نوع ساخت دیوار لازم است در مراحل ابتدایی در پروژه تعریف شود [۵].

جدول (۳) مزایا و معایب مصالح مورد استفاده در ساخت اتاق تمیز [۵]

نوع	توصیف	معایب	مزایا
۱	گچ پلوک کاری لرنگ	عدم انعطاف پذیری و سرعت پایین در ساخت و سخت بودن تعمیر بخش آسیب دیده در طول ساخت یا بهره برداری	هزینه کم، امکان استفاده از روش های مختلف در نازک کاری
۲	تخته گچی لاریست لرنگ	سرعت بالاتر نسبت به بلوک دیواری، سخت بودن تعمیر بخش آسیب دیده در طول ساخت یا بهره برداری	هزینه کم، امکان استفاده از روش های مختلف در مرحله نازک کاری، انعطاف پذیری بیشتر و سرعت بیشتر در نصب نسبت به دیوارهای بلوکی
۳	پانل های یک لایه حازک کاری آماده کارخانه ای و رنگ	هزینه ساخت کمی بالاتر نسبت به تخته گچی یا بلوک دیواری. در طرح های بزرگ تر و کلی تر این تفاوت هزینه کاهش می یابد.	سرعت ساخت و تکمیل پوشش اتاق تمیز، سادگی چابگری بخش های آسیب دیده در طول ساخت و ساز و یا بهره برداری
		هزینه ساخت بالاتر نسبت به پانل های بلوکی تکی، تخته گچی یا بلوک دیواری، در طرح های بزرگ تر و کلی تر این تفاوت هزینه کاهش می یابد. پایداری در تعداد تولید کنندگان	سرعت ساخت و تکمیل پوشش اتاق تمیز، سادگی چابگری بخش های آسیب دیده در طول ساخت و ساز و یا بهره برداری، امکان حذف یک پانل جهت انجام خدمات در فضاهای مجاور بدون نیاز به حذف تمام قطعات

اتاق تمیز باید با استفاده از مصالح صیقلی، یکپارچه، قابل نظافت، مقاوم در برابر تراشه با حداقل مفاصل و درز و هیچ گونه شکاف یا با گچ سفید ساخته شود. بهتر است از ورق وینیل و پلاستیک و یا محصولات اپوکسی پوشش داده شده استفاده شود و همه درها، پانل، و غیره باید تراز شوند یا از تاب های شیب دار استفاده شود [۳]. همچنین در ادامه اجزای مختلف فضایی بررسی می شوند:

### ه- ویژگی های اجزای ساختاری فضا

- پانل های شفاف / پنجره ها: دید وسیع به مجموعه می تواند به بازدید کنندگان جهت درک سریع فرایند بدون نیاز به ورود به اتاق تمیز کمک کند که مزایای عملیاتی زیادی خواهد داشت. ویژگی های کلیدی قابل توجه در زمان تعیین محل پنجره ها و پانل های دید در مجموعه اتاق تمیز موارد زیادی را در بر می گیرد. از جمله تعداد مورد نیاز (برای کمک بیشتر جهت کاهش خطرات برای کارکنان تنها که در عین حال هزینه کلی ساخت را افزایش می دهد). تا محل قرارگیری آن ها (نصب و راه اندازی آنها باید در قسمت هایی قرار گیرند که تماسی با تجهیزات مکانیکی و الکتریکی ساختمان نداشته باشند) یا توسط تجهیزات فرایند مسدود شده باشند). علاوه بر این، عواملی نظیر اندازه و تراز کردن اتصالات نیازاست تا در نظر گرفته شود [۵].

- درها (بازنوها): انواع مختلفی از درها از نظر اندازه و پوشش وجود دارد و انتخاب آن ها بستگی به فرایند تولید دارد. انواع مختلف آن ها شامل: پوشش لمینیت؛ پوشش کبوسولی؛ پوشش فلزی. شیشه های پلاستیکی GRP تقویت شده است. همه این موارد نیازمند به حفاظت از آسیب در برخورد تجهیزات هستند، و ممکن است از بازنگه دارنده در جهت کاهش آسیب کمک گرفته شود. انتخاب اولیه درها و اتصالات که آنها بخش بزرگی از هزینه های دیواری / کف / پوشش سقف است و از این جهت اهمیت خاص دارد [۵].

- پوشش های دیوار، کف و سقف: انواع مختلفی از پوشش های دیوار را می توان انتخاب کرد و انتخاب آن ها بستگی به تجهیزات مورد استفاده آنها دارد. وینیل، رنگ اپوکسی و رنگ امولسیون در تمام سایت معمولاً پس از کار نصب و راه اندازی کامل استفاده می شود و بسته به استفاده غالب از اتاق تمیز انتخاب می شوند. پانل ها یا دیوارهای (جی.آر.پی) به صورت پیش ساخته هستند و نیاز به کارهای تکمیلی در سایت دارند و در مراحل اولیه برنامه ساخت نصب می شوند. پوشش های کف بسته به تجهیزات مورد استفاده و میزان عبور و مرور بر روی آن ها انتخاب می شوند. گزینه های قابل استفاده تنوع زیادی داشته و شامل وینیل، رنگ اپوکسی، ملات اپوکسی یا فولاد ضد زنگ هستند که هر کدام هزینه های خود را دارد. کلید موفقیت در ساخت کف مناسب و بدون مشکل در طولانی مدت انتخاب درست، آماده سازی اصولی پایه و بستر کف سازی و همچنین کاربرد درست پوشش هاست.

"امکان پیاده روی در سقف" گزینه ای پر هزینه برای سقف خواهد بود. این می تواند یک پلت فرم دسترسی در طول ساخت و ساز برای نصب چراغ، توری (چلوپنجره) و اتصالات ارائه دهد، و می تواند امکان سرویس دهی و تغییرات در فیلترها و لامپ ها را در آینده بدهد و در نهایت می تواند یک گزینه بلند مدت مقرون به صرفه باشد.

پلاستر برد به همراه پوشش رنگ می تواند گزینه مناسب و به صرفه ای باشد و طیفی از پوشش ها قابل استفاده هستند از جمله رنگ امولسیون، رنگ اپوکسی، پوشش (جی.آر.پی)، یا وینیل. از جمله معایب بسیار مهم نیاز به دسترسی از طریق پانل ها برای رسیدن به دریچه های HVAC است. صفحات فلزی مشبک دسترسی مناسبی برای تعمیر و نگهداری در سقف را ایجاد می کنند اما در صورت وجود فشار مثبت در اتاق تمیز نیاز به درزبندی دارند. در مجموع صفحات پلاستر برد با پوشش بی.وی. سی به صورت مشبک راه حل مقرون به صرفه دیگری است و سهولت دسترسی به سقف برای تعمیر و نگهداری را نیز فراهم می کند. اما این مورد نیز در صورت وجود فشار مثبت یا منفی در اتاق تمیز نیاز به درزبندی دارد [۵].



تصویر (۴) پوشش دیوار، کف و سقف

انواع کفپوش ها در اتاق های تمیز بسته به سطح تمیزی مورد استفاده قرار می گیرند. کفپوش هایی که برای کنترل آلودگی استفاده می شوند، ممکن است در پایان رنگ و رو رفته به گرد و غبار زیاده های دیگر از چرخ و کفش باشد. کفپوش هایی که برای دسترسی مورد استفاده قرار می گیرند، متشکل از پانل های جامد و یا سوراخ ویا با فاصله از کف است. هوا می تواند از طریق پانل دیواری و در مساحت طبقه به اتمام رسیده در جریان باشد. برای جلوگیری از تجمع آلودگی در کفپوش های وینیل درزها باید درزگیری شوند. این مواد مناسب برای سایت های تولید با کیفیت بالا در نظر گرفته شده.

رایج ترین ورق مورد استفاده در اتاق های تمیز، ورق وینیل است که از کنترل بالاتری برخوردار است. بدلیل همگن بودن مواد این ورق، وینیل جامد نسبت به سایر کفپوش ها ترجیح داده می شود. در واقع این مواد به صورت رول و در خدمت عرضه به منظور کاهش مفاصل، ترک و شکاف قرار می گیرد. با استفاده از مواد اتلافی (پخش کننده) یا سانا مانند کف های لاستیکی مقاوم در برابر مواد شیمیایی آزاد از بی وی سی، آزیست و هالوژن می توان آسیب های ناشی از تخلیه الکترواستاتیکی را کنترل نمود. به طور کلی تعداد مفاصل، ترک و شکاف باید کاهش یابد. می توان از کفپوش مناسب برای پر کردن مفاصل / ترک / شکاف استفاده کرد [۳].

