

مشخصات فیلترهای هپا در دو استاندارد ASME AG-1 و DOE و کاربرد آن‌ها در راکتور تحقیقاتی تهران

نسترن زمانی*

پژوهشکده راکتور، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران.

*تهران، سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده راکتور، کدپستی: ۱۴۳۹۵-۸۳۶

پست الکترونیکی: n.zamani008@gmail.com

چکیده

فیلترهای هوا و به ویژه فیلتر هپا به عنوان یکی از مؤثرین تجهیزات ایمنی در حفاظت پرسنل و محیط اطراف در مقابل اثرات ناشی از پرتوهای موجود در هوا بوده و در زمان وقوع حادثه برای کارکنان و عموم مردم اهمیت حیاتی دارند. دپارتمان انرژی از طریق دو استاندارد فنی ۳۰۲۰ و ۳۰۲۵ راهنمایی‌هایی را در مورد الزامات اطمینان کیفی فیلترهای هپا در بسته‌بندی، ارسال و انبارداری و همچنین در انجام تست و بازرسی فیلترهای هپا که بر اساس بخش‌های FC و FK از کد ASME AG-1 طراحی و ماده واسط (مدیا) آنها فیبر شیشه می‌باشد، فراهم می‌نماید. استانداردهای فنی دپارتمان انرژی، بیان می‌دارند تست و بازرسی باید توسط تاسیسات مستقل و به طور ۱۰۰ درصد، قبل از نصب فیلتر و در حین کار انجام شود و این علاوه بر تست و بازرسی‌های سازنده فیلتر می‌باشد. وجود یک برنامه ۴ مرحله‌ای تست‌های اطمینان کیفی توسط تاسیسات مستقل تست (FTF) موجب شده نرخ مردودی در تست‌های چشمی به ۵-۳ درصد و در تست جریان به حدود ۲ درصد کاهش یابد. هم‌چنین همکاری‌های این دو استاندارد موجب گردیده تا کد ASME AG-1 الزامات خود را با تست و نظارت DOE اصلاح نموده و بدین ترتیب طراحی‌های دقیق‌تر بتوان بدست آورد. در این مقاله پس از معرفی ساختمان و انواع فیلترهای هپا، با برنامه DOE در تست و بازرسی‌های اطمینان کیفی فیلترها آشنا شده و در پایان نقایص سیستم فیلترهای تهویه راکتور تهران در مقایسه با این برنامه در قسمت نتایج تذکر داده می‌شود.

کلیدواژه‌گان: فیلترهای هپا، کد ASME AG-1، استاندارد DOE، تست و بازرسی QA، ذرات هوازی.

۱. مقدمه

لذا بیش‌ترین توجه در مورد این فیلترها مربوط به طراحی و عملکرد آن‌ها بوده که در مدرک (تحلیل ایمنی^۲) تاسیسات هسته‌ای باید به آن پرداخته شود.

محبوس نمودن ذرات هوازی رادیواکتیو و سمی در نواحی کنترل شده از تاسیسات هسته‌ای در سراسر دنیا، توسط فیلتر راندمان بالا ذرات^۱ (هپا) انجام می‌شود. در زمان وقوع حادثه، فیلترهای هپا برای کارکنان و عموم مردم اهمیت حیاتی داشته

²Safety Analysis Report (SAR)

¹High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter

فیلترهای هپا باید بر اساس ASME AG-1 بخش FC یا FK هر کدام که قابل کاربرد باشند و هم‌چنین بر اساس بخش ۵، "سفارش خرید فیلترهای هپا" و بخش ۶،۱، "اطمینان کیفی" از استاندارد DOE-۳۰۲۰، ساخته شوند. استاندارد ۳۰۲۰ برای فیلترهای جریان محوری و شعاعی و با ماده واسط فیبر شیشه مطابق بخش‌های FC و FK از کد ASME AG-1، قابل کاربرد هستند. کلاس‌های دیگر فیلترهای هپا با مدیا متفاوت مانند فلز، سرامیک و مواد استحکام بالا نیز در حال تست و توسعه توسط کمیته ASME AG-1 می‌باشند. این فیلترها در صورتی قابل الحاق به استاندارد DOE می‌باشند که کمیته فوق، الزامات استفاده از آن را توسعه داده باشد.

استانداردهای فنی DOE به منظور منعکس نمودن تغییرات در کد ASME AG-1 و دیگر استانداردهای عام و ملی، به طور متناوب در حال تجدید ویرایش می‌باشند. استاندارد ۳۰۲۰ در ژوئن ۲۰۱۵ به منظور روشن نمودن الزامات و به روز نمودن مقررات مربوط به مواد و ساخت فیلترهای سازگار با کد ASME AG-1، مورد تجدید نظر قرار گرفته است [۲].

۲. انواع فیلترهای هوا

فیلترهای هوا در انواع و جنس‌های مختلف طراحی و ساخته شده‌اند و رنج وسیعی از کاربردهای تجاری و صنعتی را پوشش می‌دهند. فیلترهای تجاری به سه دسته تقسیم می‌شوند. بزرگ‌ترین دسته، فیلترهای تهویه یا فیلترهای HVAC شامل یک بستر متخلخل از فیبرهای شیشه و یا پلاستیک بوده که با رزین احاطه شده‌اند و دارای قطری از ۱ تا ۴۰ میکرومتر بوده و برای تمیز کردن هوا در سیستم‌های تهویه مکانیکی استفاده می‌شوند و تقریباً همگی یکبار مصرف،

شرایط محیطی که فیلتر می‌تواند تحت تأثیر آن‌ها قرار گیرد، رطوبت، دما، فشار نسبی و میزان تشعشع می‌باشد. مسئله مهم توانایی فیلتر هپا در انجام وظیفه در طول عمر خود و به ویژه پس از وقوع حادثه و شرایط گذرا می‌باشد. هم‌چنین ساختمان فیلتر شامل پک فیلتر، جنس فریم و واشر بر توانایی فیلتر به ادامه عملکرد آن در شرایط حاد تأثیر خواهد داشت [۱].

این فیلترها شامل یک ماده واسط (مدیا) به ضخامت تقریبی ۰،۵ میلی‌متر (۰،۰۱۵ اینچ) از فیبرهای با قطر چند دهم میکرون می‌باشند. فیلترهایی که ماده واسط آن‌ها فیبر شیشه‌ای می‌باشد، در صورتی گرید هسته‌ای خواهند داشت که مطابق بخش‌های FC (فیلترهای هپا) و FK (فیلترهای خاص هپا) از کد ASME AG-1^۱، کیفیت‌سنجی شوند [۱-۲].

دپارتمان انرژی^۲ از طریق دو استاندارد فنی، راهنمایی‌هایی را در مورد فیلترهای هپا فراهم می‌نماید. استاندارد ۳۰۲۰ با عنوان: "مشخصات فیلترهای هپا مورد استفاده توسط پیمانکاران و مشتریان" شامل الزامات اطمینان کیفی^۳، بسته‌بندی، ارسال و انبارداری فیلترهای هپا می‌باشد. این استاندارد مینیمم الزامات مشخصات فنی برای سفارش را مشخص می‌سازد. استاندارد ۳۰۲۵ با عنوان: "تست و بازرسی اطمینان کیفی فیلترهای هپا" راهنمایی برای تاسیسات تست فیلتر^۴ در انجام تست و بازرسی بر اساس الزامات اطمینان کیفی فراهم می‌نماید. استانداردهای فنی دپارتمان انرژی، مشخصاً بیان می‌دارند که تست و بازرسی باید توسط تاسیسات تست مستقل، قبل از نصب فیلتر انجام شده و این علاوه بر تست و بازرسی‌های سازنده فیلتر می‌باشد.

^۱Code on Nuclear Air and Gas Treatment

^۲DOE (Department Of Energy)

^۳QA (Quality Assurance)

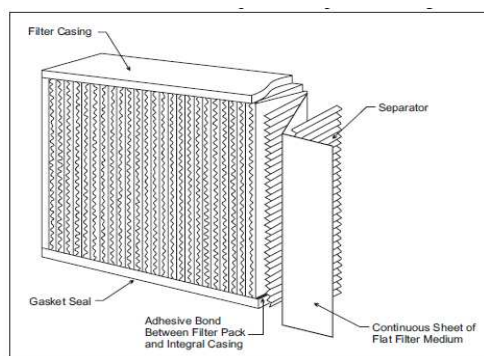
^۴FTF (Filter Test Facility)

پس از جنگ جهانی دوم، کمیسیون انرژی اتمی^۴ از فیلتر هپا به عنوان یک وسیله اصلی برای برداشت ذرات در سیستم‌های تخلیه هوا در تاسیسات هسته‌ای استفاده نمود، لذا لزوم دسته‌بندی و نشر اطلاعات مربوط به اجزاء و روش‌های ساخت فیلترهای هپا بوجود آمد. این قوانین توسط ASME استخراج و پایه‌ای برای کد AG-1 و استاندارد دیپارتمان انرژی گردیدند.

علاوه بر کد AG-1، دو استاندارد دیگر که با همکاری DOE و NRC^۵ با عنوان‌های N509 و N510 ایجاد گردیده‌اند، مربوط به صنعت هسته‌ای می‌باشند.

۱.۳. ساختمان فیلترهای هپا [۳]

بیشتر فیلترهای هپا دارای یک طول پیوسته از کاغذ فیلتر بوده که به سمت جلو و عقب در داخل چین‌خوردگی‌هایی پیچانده و فاصله‌اندازهایی^۶ بین هر پیچ قرار داده شده است. سپس مجموعه در داخل یک چارچوب صلب با سطح (رویه) باز و آب‌بندی شده، قرار می‌گیرد.



شکل ۱: فیلتر هپا با رویه باز.

اجزاء فیلتر هپا عبارتند از:

- (۱) ماده واسط (مدیا) به شدت چین خورده،
- (۲) فاصله‌اندازهایی که مسیرهای عبور هوا را ایجاد و چین‌خوردگی‌های مجاور را دور از هم نگاه می‌دارند،

دورانداختنی و شامل فیلترهای اولیه^۱ بوده که ذرات درشت‌تر گردوغبار را قبل از آن‌که هوا به فیلترهای مؤثرتر برسند، جمع‌آوری می‌نمایند.

دسته دوم فیلترهای یک‌بار مصرف و دور انداختنی هپا می‌باشند. هپا دارای یک ماده واسط (مدیا) گسترش یافته و از نوع خشک بوده که دارای خصوصیات زیر می‌باشد:

(۱) راندمان برداشت ذرات ۹۹٫۹۷ برای ذرات تا ۰٫۳ میکرومتر،

(۲) حداکثر مقاومت (افت) برای جریان ۱۰۰۰ فوت مکعب/دقیقه^۲، ۱٫۰ اینچ آب.

(۳) دارای محفظه صلب بوده که کل مدیا را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

فیلتری که مشابه فیلتر هپا بوده ولی دارای مدیا (ماده واسط) با قدرت کاهندگی ۹۹٫۹۹۹۵ برای ذرات با سایز ۰٫۱ میکرومتر باشد، فیلتر یولپا^۳ می‌باشد. مدیا فیلترهای هپا نازک‌تر، فشرده‌تر و حاوی فیبرهایی با قطر کمتر نسبت به فیلترهای HVAC می‌باشد. از فیلترهای هپا در تمام مراحل صنعت هسته‌ای استفاده می‌شود.

دسته سوم فیلترهای پارچه‌ای قابل شستشو صنعتی می‌باشند که دارای مکانیزم‌هایی برای تمیزکاری متناوب سطوح فیلتر از گردوغبار انباشته شده در سطح فیلتر می‌باشند و به منظور ایجاد فیلترینگ با راندمان بالا به کار می‌روند. این نوع از فیلتر برای فرایند استخراج سنگ معدن در صنایع هسته‌ای استفاده شده و با ذرات خشن معدنی سروکار دارد [۳].

۳. فیلترهای هپا [۳-۴]

^۴AEC

^۵Nuclear Regulatory Commission

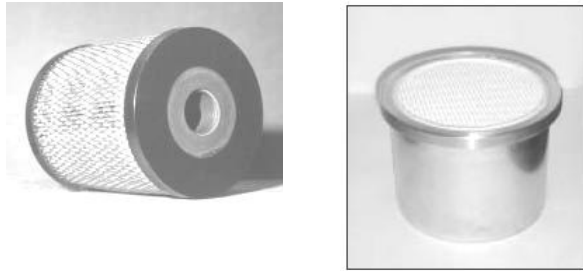
^۶separators

^۱Pre-filters

^۲cfm

^۳ULPA

با قاب استوانه‌ای مزیت‌هایی مانند قرارگیری آسان‌تر در کانال‌های دایروی، واشرگذاری آسان و امکان تعویض اتوماتیک فیلتر را داشته ولی دارای عیوبی از جمله مشکلات ساخت، هزینه‌های بالاتر و امکان نشت نیز می‌باشند.



شکل ۳: فیلتر سیلندری رویه باز. شکل ۴: فیلتر هپا با جریان شعاعی.

۳,۳. خصوصیات عملکرد [۳-۴]

۱,۳,۳. مقاومت در مقابل جریان هوا

افت فشار فیلتر هپا در ظرفیت ۱۰۰۰ cfm نباید از ۱ اینچ نسبتی آب تجاوز نماید. افت فیلترهای یولپا معمولاً بیش از فیلترهای هپا می‌باشد. یک فیلتر نو از گرید هسته‌ای با فشار ۱۰ اینچ آب به مدت ۱ ساعت تست می‌شود.

۲,۳,۳. ظرفیت نگهداری گرد و غبار

تابعی از نوع، شکل، اندازه و تخلخل فیلتر و همچنین غلظت، شکل و اندازه ذرات هوازی که فیلتر در معرض آن قرار گرفته می‌باشد. یکی از محدودیت‌های فیلترهای هپا ظرفیت کم آن‌ها در نگهداری ذرات گرد و غبار و نیاز به تعویض زود هنگام آن‌ها هنگامی که در معرض غلظت‌های ذرات هوازی قرار می‌گیرند، می‌باشد. استفاده از فیلتر اولیه عمر کاری فیلتر هپا را افزایش داده و موجب کاهش هزینه موثر در سیستم فیلتراسیون می‌گردد.

۳,۳,۳. مقاومت در برابر گرمای ناشی از آتش و انفجار

۳) محفظه صلب که مدیا شکننده را احاطه و از آن محافظت می‌نماید،

۴) وسیله آب‌بندی^۱ که دور تا دور فیلتر و محفظه قرار داشته و مسیرهای نشت بین اجزاء فیلتر را حذف می‌نماید،

۵) واشرهای متصل به محفظه فیلتر که در یک سمت یا هر دو سمت از رویه باز فیلتر قرار داشته و موجب آب‌بندی می‌شوند.

۲,۳. انواع فیلتر هپا

۱,۲,۳. فیلترهای بسته^۲ [۳]

فیلترهای هپا ممکن است کاملاً داخل یک محفظه بسته از جنس چوب یا فلز بوده و دارای بوشن‌هایی در دو سر باشند، (شکل ۲). بدنه باید الزامات برای مقاومت در برابر هوای گرم و شعله را برآورده سازد.



شکل ۲: فیلتر هپای بسته.

استانداردها و کدهایی مانند AG-1 فیلترهای بسته را تعریف نکرده‌اند، لذا این فیلترها از رده خارج شده و در صورت وجود در تاسیسات باید با فیلترهایی که دارای مشخصات ASME AG-1 می‌باشند، جانشین شوند.

۲,۲,۳. فیلترهای سیلندری [۳]

فیلترهای سیلندری به شکل جریان محوری و سطح رویه باز (شکل ۳) و یا جریان شعاعی (شکل ۴) می‌باشند. فیلترهای

¹sealant

²enclosed HEPA filters

پس از تابش اشعه گاما به میزان $6,0-6,5 \times 10^7$ rads، بتواند فشار ۶ اینچ ستون آب را تحمل نماید.

۴. تست‌های فیلتر هپا [۳]

تست‌های اطمینان از عملکرد دارای سه جزء اصلی می‌باشند:

(۱) کیفیت‌سنجی طراحی اجزاء منفرد از طریق تست‌های غیرمخرب،

(۲) اطمینان کیفی اجزاء از طریق تست‌های غیرمخرب،

(۳) تست در محل^۱ به منظور اطمینان از عملکرد سیستم تهویه.

بر اساس این برنامه فیلترهای هپا برای کاربردهای هسته‌ای چهار نوع آزمایش را باید انجام دهند:

(۱) تست تائید کیفیت طراحی توسط یک آزمایشگاه صلاحیتدار،

(۲) تست کنترل کیفی در محل کارخانه،

(۳) تست تائید الزامات DOE، و

(۴) تست نشت سیستم در محل نصب فیلتر:

سازندگان نمونه‌های پروتوتایپ فیلتر را برای انجام تست‌های کیفیت‌سنجی شامل تست نفوذ مدیا (ماده واسط) و مقاومت در مقابل جریان هوا، فشار، هوای گرم و تست شعله به بخش نظامی می‌فرستند. تست‌های کیفیت لازم است هر پنج سال تکرار شوند. پس از تائید طراحی، ASME AG-1 سازندگان را ملزم به انجام تست‌های کنترل کیفی شامل تست نفوذ و مقاومت در برابر جریان می‌نماید [۱].

۱,۴. تجهیزات تست تصدیق فیلترهای هپا [۳-۴]

استاندارد DOE-۳۰۲۰ تست‌های بیش‌تری را برای تصدیق فیلترهای هپا که در تاسیسات هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، ملزم می‌سازد. این تست‌ها باید در تاسیسات مستقل تست فیلتر^۲ انجام شده و تحویل کلیه فیلترهای هپا توسط سازندگان به این تاسیسات به منظور بررسی‌های اطمینان

حداکثر دمای توصیه شده برای فیلتر هپا ۲۵۰ درجه فارنهایت می‌باشد. فیلتر هپا ضعیف‌ترین فیلتر در دماهای بالا بوده و پوسته آن در دمای ۳۵۰ درجه فارنهایت شروع به سوختن می‌نماید.

۴,۳,۳. مقاومت در مقابل رطوبت و خوردگی

آزمایشات نشان داده‌اند که مرطوب شدن و خشک شدن تکراری فیلتر هپا موجب افت نیمی از استحکام آن می‌شود. سیستم‌های اسپری در قاب این فیلترها در تمام تجهیزات DOE برای محافظت در برابر آتش وجود داشته و با فرض این‌که صدمه‌ای به فیلتر هپا توسط اسپری آب نخواهد رسید، طراحی شده‌اند.

۵,۳,۳. رطوبت

رطوبت بالا منجر به افت فشار بالا و کاهش در استحکام جنس و ترکیب این دو منجر به صدمات ساختاری و افت راندمان فیلتر می‌گردد. آزمایشات نشان داده است بیش‌ترین ناتوانی مربوط به ازهم‌گسیختگی صفحات در پایین‌دست و در اختلاف فشارهای حدود یک سوم تا یک چهارم فشار لازم برای اضمحلال فیلتر در شرایط خشک به وقوع می‌پیوندد.

۶,۳,۳. خوردگی:

فیبرهای نازک شیشه دارای مقاومت ضعیفی در برابر اسیدها و دیگر مواد شیمیایی خورنده و مقاومت ناچیزی در مقابل آب و دیگر عوامل معتدل خوردگی دارا می‌باشند. در بعضی مواقع مواد شیمیایی موجود در جریان هوا روی مدیا فیلتر کنداس شده و به فیبرهای ظریف صدمه می‌رساند.

۷,۳,۳. مقاومت در برابر تشعشع

استحکام فیلترهای هپا پس از قرار گرفتن در معرض تشعشع $4,5 \times 10^7$ rads و در سرعت جریان هوا ۲۸,۲ فوت/دقیقه در سطح کاغذ، به میزان ۶۴ درصد و نفوذ به میزان ۴ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. کد AG-1 کاغذ فیلتری را می‌پذیرد که

^۱In-place tests

^۲FTF (Filter Test Facility)

۲) تست نشت در محل برای جاذب‌ها (فیلترهای ید) طبقاتی با استفاده از گاز قابل جذب مانند فلئوئورکربن-مبرد ۱۱،
 ۳) تست‌های آزمایشگاهی از نمونه جاذب‌ها که نشان‌دهنده ظرفیت جذب باقیمانده می‌باشد.

این تست‌ها هم‌چنین به عنوان قسمتی از روش تأیید و تصدیق تاسیسات جدید نیز می‌باشند. تست‌های نظارت فیلترهای هپا و جاذب‌ها باید در فواصل زمانی منظم پس از نصب انجام شوند. تست در محل برای تجهیزات رزرو^۴ نیز لازم است. علاوه بر آسیب دیدن اجزاء (تجهیزات)، دیگر نشانه‌های قابل توجه در تست‌های در محل عبارتند از:

پیچ‌های شل‌بست و گیره‌ها، کافی نبودن گیره و بست مانند بست‌های C شکل، وجود مواد خارجی بین واشر و فریم، سطوح ناصاف و تاب‌دار فریم‌ها، جوش‌های ترک‌دار، اتصالات جوشکاری نشده در فریم‌ها، تجهیزاتی که صحیح نصب نشده‌اند (مانند نصب ناصحیح فیلتر هپا به طوری که صفحات چین خورده آن افقی قرار گیرند)، کافی نبودن آب‌بندی بین فریم و محفظه‌ها، طراحی ضعیف فریم‌ها و بای‌پاس از داخل یا اطراف مجراها، لوله‌ها و کانال‌ها که موجب نفوذ یا بای‌پاس از فریم‌ها می‌گردد.

تست‌های در محل با ایجاد یک جریان از آبروزول در بالادست مجموعه (بانک) فیلترها، انجام شده و غلظت آبروزول در بالادست و پائین‌دست باید اندازه‌گیری شود (غلظت در بالادست ۱۰۰ درصد در نظر گرفته می‌شود و نفوذ برابر نسبت غلظت‌ها محاسبه می‌شود).

فصل‌های ۸ و ۹ از ASME N510 پیش‌نیاز تست نشت در محل برای فیلترهای هپا و در مواردی که یک بانک (مجموعه) از فیلترهای هپا به صورت سری و موازی وجود دارند، باید از فصل ۱۳ از ASME N510 تبعیت نمود.

۴.۴. فرکانس و ترتیب تست‌ها [۳]

کیفی، برای تمام تاسیسات DOE الزام می‌باشد. در تاسیسات تست، فیلترها بازرسی چشمی سختی شده و سپس تست‌های مختلف جریان (نفوذ، مقاومت در مقابل جریان و غیره) و دیگر "الزامات قابل تأیید به وسیله دیدن" را می‌گذرانند. به جز فیلترهای با ظرفیت ۱۲۵ فوت مکعب/دقیقه و کمتر، کلیه فیلترها باید در ۱۰۰ درصد و ۲۰ درصد از ظرفیتشان تست نفوذ شوند. مطابق ۹۹-۳۰۲۵-DOE ماکزیمم نفوذ ذرات ۰٫۳ میکرومتر، باید ۰٫۰۳ درصد باشد. این سرویس برای عموم مردم و دیگر کاربردها با پرداخت هزینه قابل استفاده می‌باشد.

۲٫۴. بازرسی چشمی [۳-۴]

قبل از نصب فیلترهای هپا جدید، به منظور یافتن هر نوع آسیب به قاب (فریم)، بسته‌بندی، واشر و آب‌بندی، اجزا داخلی و خارجی، فیلتر باید به طور کامل بازرسی چشمی شوند. پس از نصب نیز سیستم باید به عنوان قسمتی از تست تصدیق چک شود و چک لیست مطابق نمونه موجود در بخش ۵ از ASME N510 و N509 و یا ASME AG-1 تکمیل گردد.

۳٫۴. تست‌های در محل [۳-۴]

تست‌های در محل دو دسته می‌باشند:

۱) تست‌های تصدیق پیش از راه‌اندازی

۲) تست‌های دوره‌ای پس از شروع عملیات سیستم که شامل تست‌های نظارتی نشت فیلتر هپا و جاذب‌ها^۱ می‌باشند.

۱٫۳٫۴. تست‌های نظارت^۲ [۳-۴]

سه نوع تست نظارت وجود دارد:

۱) تست نشت از مجموعه (بانک) فیلترهای هپا با استفاده از تست تأیید آبروزول^۳،

^۱Adsorbents

^۲Surveillance tests

^۳Aerosol test

^۴standby

بخش جدیدی در کد AG-1، در حال گسترش محدودیت‌های فیلترهای هپا با مدیا فیبر شیشه در شرایط ناسازگار می‌باشد. هدف بخش جدید با مشخصه FM و با عنوان "فیلترهای هپا با استحکام بالا"، فراهم نمودن مشخصات فنی کیفیت‌سنجی فیلترهای هپا با گرید هسته‌ای بوده که دارای مدیا فیبر شیشه می‌باشند و توسط پوششی از فیبرهای شیشه مسلح شده‌اند.

در بخش جدید، فیلترها دارای استحکامی تا چندین مرتبه بیش از فیلترهای موجود می‌باشند. این فیلترها اساساً بر پایه مدیائی با لایه‌های ورقه‌ای در پائین دست جریان مسلح شده‌اند که به طور قابل توجهی استحکام کششی کامپوزیت را افزایش می‌دهد. در این طراحی هم‌چنین از جداسازهای آلومینیومی برای جدا نمودن چین‌خوردگی‌ها استفاده شده و چنانچه خوب فشرده شود، پک بسیار محکم و پایداری را ایجاد می‌نماید. تست اولیه نتایج بسیار رضایت‌بخشی را نشان داده است. استفاده از این نوع فیلتر با چنین ماتریسی در کاربردهایی که گازهای خورنده در آن‌ها وجود دارد اهمیت داشته و در دیگر موارد مورد توجه نمی‌باشد.

۶. نتایج

۱- وجود یک برنامه سخت‌گیرانه و دقیق برای تست و بازرسی و انجام تست‌های QA در تاسیسات مستقل تست فیلتر برای تمامی فیلترهای تاسیسات DOE، موجب شده تا فیلترهای هپا با راندمان بیش از ۹۹٫۹۷ درصد بدست آید. وجود نرخ‌های مردودی پایدار به میزان ۳-۵ درصد در تست‌های چشمی و حدود ۲ درصد در تست‌های جریان، نشان‌دهنده مؤثر بودن تست‌ها در تاسیسات تست فیلتر می‌باشند.

۲- بر اساس ASME AG-1 فیلترهای هپا در صورتی گرید هسته‌ای خواهند داشت که مطابق بخش‌های FC و FK از کد

برای آن‌که یک سیستم تمیزکننده هوا در شرایط قابل قبول عملکرد قرار گیرد، فرکانس و ترتیب‌های توصیه شده در ASME N510 و 1.140، NRC 1.52 کافی نبوده و استاندارد ASME AG-1, Section TA راهنمای فرکانس و ترتیب آزمایشات را فراهم می‌سازد. علاوه‌براین تست‌ها، سیستم‌ها باید حداقل هر ۵ سال یک‌بار بالانس مجدد شوند.

۵٫۴. ملاحظات حفاظت در برابر تشعشع برای برداشت

و جایگزینی فیلترهای هپا [۳-۴]

قواعد CFR 835 10 و 5400.5 با عنوان حفاظت در برابر اشعه برای محیط و عموم مردم، الزامات اصلی برای اطمینان از دز پرتو به کارکنان و عموم در سطح مقادیر ALARA را تعیین می‌نماید. علاوه‌براین، EPA در 40 CFR Part 61، پرتوگیری عموم از جریان‌های هوا در تاسیسات هسته‌ای را محدود می‌سازد.

قواعد موجود در 10CFR 835، مجموعه تاسیسات هسته‌ای را ملزم به مستندسازی یک برنامه حفاظت در برابر تشعشع^۱ و مورد تصدیق DOE می‌نماید. محتوای این برنامه باید متناسب با طبیعت فعالیت‌های انجام شده بوده و شامل پلان و امکانات ایجاد شده برای فرایند ALARA باشد.

در طراحی دستگاه‌ها و سیستم‌های جدید هواساز، فلسفه ALARA لحاظ شده است، درحالی‌که سیستم‌های قدیمی ممکن است از این مفهوم استفاده نکرده باشند. وجود یک برنامه تعمیر و نگهداری همانند آنچه در ASME N510 الزام شده، مؤلفه مهمی از برنامه ALARA می‌باشد. تمرین روی مدل آزمایشی فیلترها موجب می‌شود که کارکنان سریع‌تر و در کوتاه‌ترین زمان ممکن کار خود را انجام دهند.

۵. فیلترهای با استحکام بالا [۵]

^۱RPP (Radiation Protection Program)

۳- لازم است روش‌های تست فیلتر شامل تست‌های پیش از نصب و نظارتی مطابق روش‌های اطمینان کیفی ASME AG-1 و DOE استخراج و در راکتور تهران اجرا شوند.

۴- در این بررسی دیده شد در کد ASME AG-1 کاربرد بعضی از فیلترها مانند فیلترهای بسته، در سیستم تمیزکننده هوای تاسیسات هسته‌ای منسوخ شده است درحالی‌که در سیستم تهویه راکتور تهران هم‌چنان وجود دارند، لذا فیلترهای این سیستم باید به روز شوند [۶].

ASME AG-1 و DOE در تاسیسات مستقلی تست شوند. لذا همانند آنچه در استاندارد DOE آمده، لازم است کلیه فیلترهای سیستم تهویه راکتور تهران پس از خریداری و پیش از نصب در تاسیساتی که به منظور تست فیلترها ایجاد می‌گردد به طور کامل تست شوند. این تست‌ها شامل تست‌های در محل و نظارتی و در زمان بهره‌برداری نیز می‌شود. هم‌چنین این تست‌ها علاوه بر تست‌های کارخانه‌ای می‌باشند.

۷. مراجع

- [1] Andrew Stillo Jr, ASME AG-1 HEPA Filters; A Comparison of Configurations - February 27 - March 3, 2011 Phoenix, AZ.
- [2] Sonya A. Barnette, Relationship of the American Society of Mechanical Engineers Code on Nuclear Air and Gas Treatment with the U. S. Department of Energy Standards for High Efficiency Particulate Air Filters, NACC 2016, San Antonio, TX.
- [3] DOE Nuclear Air Cleaning Handbook, US Department of Energy, 3rd edition, 2003.
- [4] ASME, Nuclear Air and Gas treatment systems, AG-1, section FC,
- [5] Craig Rikette, REALIZATION OF PERFORMANCE SPECIFICATIONS FOR THE QUALIFICATION OF HIGH-STRENGTH HEPA FILTERS, 31st Nuclear Air Cleaning Conference.
- [۶] نقشه‌های HVAC و Mechanical Room راکتور تهران