



شرکت مادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

تصویب کننده: معاون راهبری تولید
مقام ابلاغ کننده: مدیرعامل

۱۴۰۲/۱۱/۱۸

F

دریافت کنندگان سند جهت اجرا:

- معاونین شرکت
- مدیران عامل شرکت های تولید نیروی برق
- مدیران عامل شرکت های مدیریت تولید برق
- مدیر عامل شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران
- رئیس پژوهشگاه نیرو



اسناد مرتبط:

- مستندات فنی مربوط به فیلترهای توربین گازی
- استانداردهای آزمون های مرتبط

Handwritten signature or initials at the bottom right of the page.



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

فهرست

- ۲ مقدمه
- ۲ ۱- هدف
- ۳ ۲- محدوده اجرا
- ۳ ۳- تعاریف
- ۳ ۴- مسئولیت ها
- ۳ ۵- روش اجرایی
- ۲۰ ۶- بازرگری
- ۲۰ ۷- اسناد مربوطه و پیوست
- ۲۱ ۸- کنترل سند



۱۰
تم



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

مقدمه

امروزه با رشد و توسعه فناوری، توربین های مورد استفاده برای تولید انرژی به تجهیزات پیچیده تری تبدیل شده اند، بنابراین حفاظت از این سیستم ها در سال های اخیر اهمیت بیشتری یافته است. فیلتراسیون هوای ورودی به این توربین ها یکی از روش های بسیار پراهمیت برای حفاظت توربین ها می باشد. در واقع ذرات و آلاینده های متفاوت، نمک و سایر ذرات خورنده به عنوان مشکلات بالقوه شناخته می شوند و می توانند باعث فرسایش پره ها، (تشدید خوردگی گاز داغ) و ایجاد رسوب شوند. در نهایت، این مسائل می تواند منجر به کاهش بازدهی، مصرف سوخت بیشتر و تعمیرات و تعویض مکرر قطعات با ارزش بالا شود.

توربین های گازی مختلفی که در نیروگاه های کشور نصب شده است، یکی از منابع اصلی تامین برق مورد نیاز کشور می باشند. بنابراین با توجه به اهمیت فرآیند فیلتراسیون برای تصفیه هوای ورودی توربین های گازی در نیروگاه ها و از طرفی جهت گیری صنعت برق به سوی استاندارد نمودن موارد مرتبط با این صنعت، ایجاب می نماید که نحوه بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای نیروگاهی به صورت یک دستورالعمل واحد و استاندارد تهیه و تدوین گردد.

با توجه نیاز شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی، این دستورالعمل منطبق بر طرح بازرسی و آزمون (ITP)^۱ و با هدف ارائه یک برنامه واحد و راهگشا به منظور بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای توربین های گازی نیروگاهی تدوین شده است. در این دستورالعمل ابتدا به معرفی فیلترها و ساختار آنها از جمله مدیا و قطعات آب بندی پرداخته شده و در ادامه تمامی مراحل مربوط به بازرسی و آزمون و تحویل گیری فیلترها شرح داده می شود و سپس چک لیست هایی برای بازرسی ارائه شده است. در بخش پایانی این دستورالعمل نیز دیاگرام فرآیند آورده شده است. در بخش پیوست نمونه مشخصات فنی، نمونه طرح بازرسی و آزمون (ITP)، مشخصات فنی برخی فیلترها و تأثیر مناطق جغرافیایی روی انتخاب و ساخت فیلترها، تعدادی از آزمون های تکمیلی مرتبط، روش های اندازه گیری سطح فیلتراسیون و برخی نکات در رابطه با بهره برداری و نگهداری فیلترها ارائه شده است.

۱- هدف

هدف اصلی از تدوین این دستورالعمل ارائه یک رویه واحد و مشخص برای فرآیندهای بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای توربین های گازی نیروگاهی می باشد.

^۱ Inspection and Test Plan



صفحه ۲ از ۲۳

ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

۲- محدوده اجرا

این دستورالعمل الزاماً در رابطه با بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای توربین های گازی توسط کارفرما، بازرس و سازنده (پیمانکار) باید مورد استفاده قرار گیرد. محدوده اجرای این دستورالعمل شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی و شرکت های زیرمجموعه، سازندگان/پیمانکاران تولید و تأمین فیلتر هوا، مشاوران و پژوهشگاه نیرو می باشد.

۳- تعاریف

۳-۱- شرکت مادر تخصصی: شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی است.

۳-۲- کارفرما: شرکت های زیرمجموعه شرکت مادر تخصصی، شامل شرکت های تولید نیروی برق و مدیریت تولید برق است.

۳-۳- دستگاه نظارت/ناظر: شخصیت حقوقی دارای شرایط و صلاحیت های کافی و حسن سابقه در موضوع، از حیث فنی، که بنا به تشخیص کارفرما و با هماهنگی شرکت مادر تخصصی، برای نظارت بر ساخت و تحویل گیری قطعات ساخته شده انتخاب می گردد.

۳-۴- شرکت سازنده/پیمانکار: شرکت های سازنده فیلتر که بر اساس مناقصات، ساخت/تولید فیلترها را تعهد می نمایند.

۳-۵- آزمایشگاه: منظور آزمایشگاه های معتبر و مورد تأیید شرکت مادر تخصصی، دارای گواهی تأیید صلاحیت بر اساس استاندارد ISO-۱۷۰۲۵ می باشد.

۴- مسئولیت ها

۴-۱- مسئولیت اجرای مفاد این دستورالعمل برعهده مدیران عامل شرکت های زیر مجموعه است.

۴-۲- مسئولیت نظارت بر حسن اجرای مفاد این دستورالعمل بر عهده معاون راهبری تولید شرکت مادر تخصصی می باشد.

۵- روش اجرایی

در این بخش روند انجام فرآیندهای بازرسی و آزمون و تحویل گیری فیلترها آورده شده است. به گونه ای که روش اجرایی دستورالعمل حاضر مطابق با مراحل تعریف شده در طرح بازرسی و آزمون (ITP)، ارائه شده در پیوست شماره ۱ می باشد.





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

لازم به ذکر است قبل از شروع فرآیند ساخت حتماً باید طی یک جلسه پیش بازرسی (PIM) هر دو طرف کارفرما و پیمانکار در رابطه با مفاد طرح بازرسی و آزمون (ITP) به توافق برسند.

توجه: این دستورالعمل اطلاعات کاملی در رابطه با فرآیند بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای نیروگاهی را در اختیار نیروگاهها قرار می دهد. با این وجود توصیه می گردد تا در ضمن مراحل مختلف ساخت و در مرحله تحویل گیری فیلترهای مورد نظر حتماً یک ناظر فنی مجرب و کارآزموده مورد تأیید کارفرما برای اطمینان از صحت نتایج حضور داشته باشد.

۵-۱- اصطلاحات فنی

۵-۱-۱- مدیای فیلتر (Filter media): بستر متخلخل و قابل نفوذ مورد استفاده در ساختار فیلتر که در آن ذرات آلاینده به دام می افتند.

۵-۱-۲- سطح فیلتراسیون (Filtration Area): مساحت مدیای استفاده شده در فیلتر بر حسب متر مربع که کاملاً در مسیر عبور سیال قرار می گیرد.

۵-۱-۳- بازدهی فیلتر (Efficiency): درصدی از توانایی فیلتر در جذب ذرات است. این درصد می تواند بر اساس پایش تعداد ذرات، قبل و بعد از فیلتر و یا وزن آلاینده گرفته شده توسط فیلتر بیان شود.

۵-۱-۴- اندازه ذرات (Particle size): قطر معادل یک ذره

۵-۱-۵- افت فشار (Pressure drop): اختلاف فشار ایجاد شده توسط فیلتر در مسیر جریان سیال

۵-۱-۶- آئروسول (Aerosol): ذرات جامد یا مایع معلق در هوا

۵-۱-۷- ظرفیت نگهداری گرد و غبار (Dust Holding Capacity): این مقدار برابر است با وزن گرد و غبار جمع شده در فیلتر تا زمانی که فیلتر به افت فشار نهایی مشخص شده (طبق مدارک فنی تأیید شده از طرف کارفرما) می رسد.

۵-۱-۸- افت فشار اولیه (initial pressure drop): افت فشار ایجاد شده در فیلتر تمیز در نرخ جریان هوای مشخص عبوری از آن

۵-۱-۹- افت فشار نهایی (final pressure drop): حداکثر افت فشار عملیاتی فیلتر طبق توصیه سازنده یا مدرک فنی تأیید شده از سوی کارفرما در جریان هوای اسمی

۵-۱-۱۰- Arrestance: وزن گرد و غبار حذف شده (گرفته شده) توسط فیلتر

۵-۱-۱۱- Average arrestance: نسبت کل مقدار گرد و غبار گرفته شده توسط فیلتر به مقدار کل گرد و غبار تغذیه شده (ورودی) به فیلتر تا افت فشار آزمایشی نهایی.

۱ Pre-Inspection Meeting

صفحه ۴ از ۲۳



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیتاهنگ

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

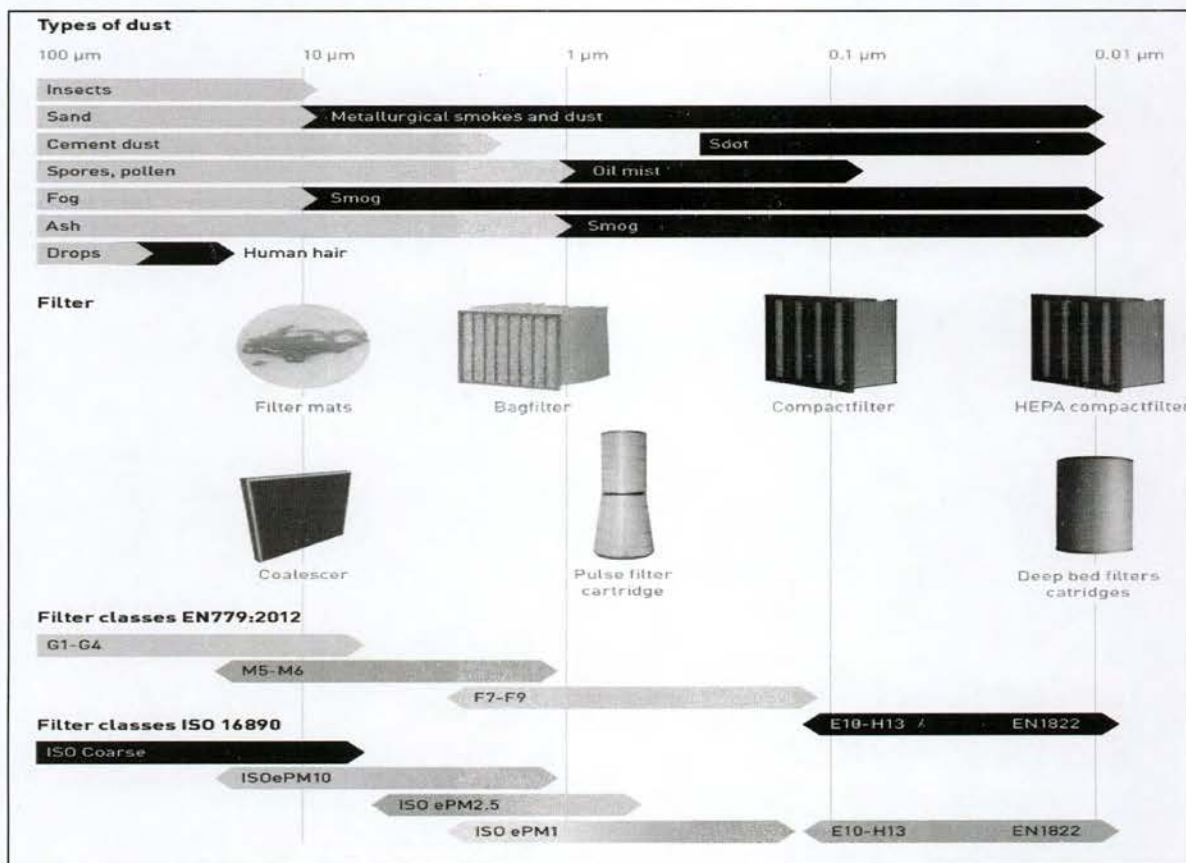
شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربینهای گازی نیروگاهی

۵-۲- فهرست نمادها و علائم

- Δp : افت فشار فیلتر
- OD: قطر خارجی (فیلترهای کارتریجی)
- ID: قطر داخلی (فیلترهای کارتریجی)
- W: عرض (فیلترهای پانلی، کیسه‌ای، پد و رول)
- L: طول (فیلترهای پانلی، کیسه‌ای، پد و رول)
- H: ارتفاع فیلتر
- E: بازدهی فیلتر
- Initial ΔP : افت فشار اولیه
- Final ΔP : افت فشار نهایی
- Thk: ضخامت



شکل ۱- طبقه‌بندی انواع فیلترهای نیروگاهی براساس نوع و اندازه ذرات آلاینده

۵-۳- سیستم‌های فیلتراسیون هوای توربین‌های گازی

فیلترهای متفاوتی در نیروگاه‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرند، در شکل (۱) طبقه‌بندی انواع فیلترهای هوای نیروگاهی براساس نوع و اندازه ذرات آلاینده آورده شده است. تأسیسات ورودی هوای تجهیزات صنعتی مانند توربین‌ها

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

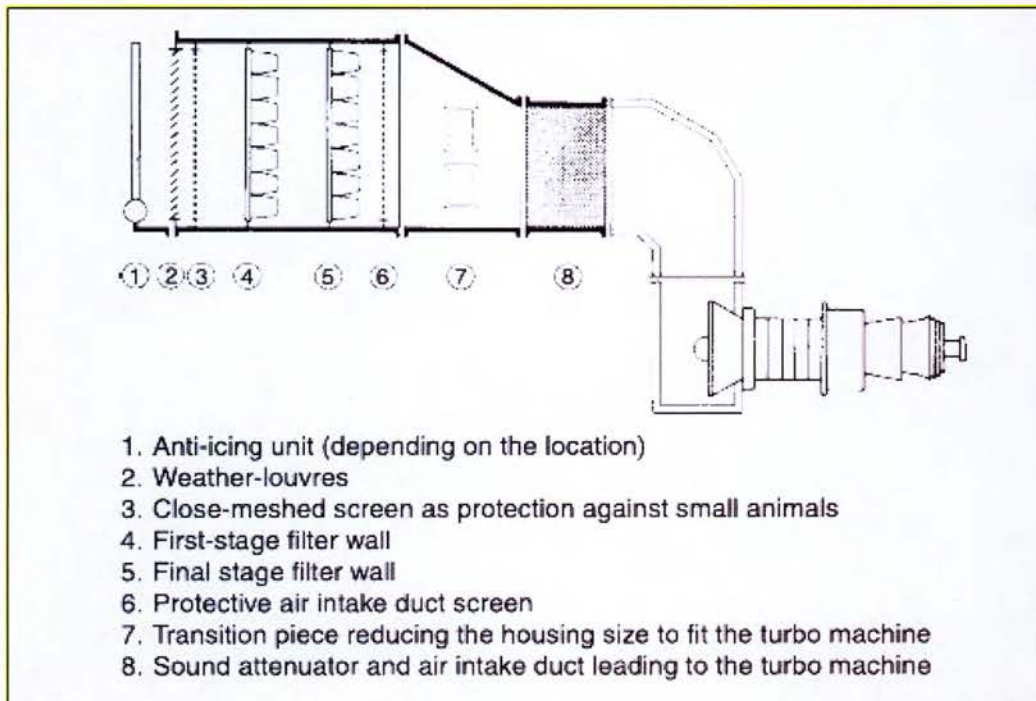
شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵
تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -
تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

اغلب به عنوان سیستم های کلیدی، متشکل از ماژول های مختلفی هستند که در یک محفظه اصلی گنجانده و عرضه می شوند.

شکل (۲) تمام هشت ماژول موجود در این محفظه مربوط به توربین را نشان می دهد. چنین سیستم هایی معمولاً برای فیلتراسیون جریان هوای ورودی به موتورهای بزرگ، توربین ها و کمپرسورها استفاده می شوند.



شکل ۲- هشت ماژول موجود در محفظه تصفیه هوای توربین

متداول ترین رویکرد برای حذف آلاینده های هوای ورودی توربین ها، استفاده از سیستم های فیلتراسیون چند مرحله ای است که معمولاً دارای دو یا سه مرحله است که هر مرحله دارای هدف و طراحی متفاوتی است. در شکل (۳) نمای کلی از فرآیند فیلتراسیون چند مرحله ای آورده شده است. البته قابل ذکر است این ترتیب برای همه موارد صحیح نیست، زیرا مراحل فیلتراسیون بسیار تحت تأثیر شرایط محیطی هستند که در آن کار می کنند. عمدتاً در این طرح ها، ابتدا می توان از پیش فیلتر یا هود هوا برای حذف ذرات درشت و فرساینده، باران و برف استفاده کرد. فیلترهای مرحله دوم ممکن است فیلتری با کارایی پایین تا متوسط باشند که شامل فیلترهایی برای حذف ذرات جامد ریز موجود یا یک



مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

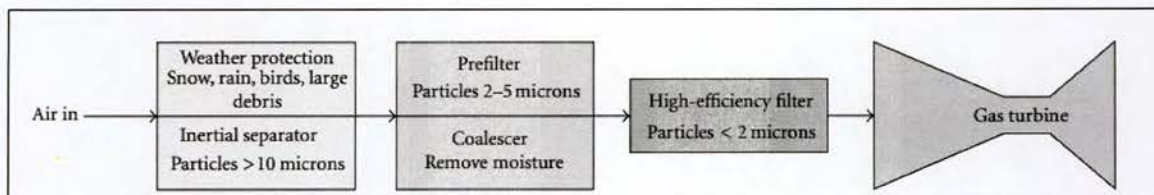
تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

کوالسرها برای حذف مایعات هستند. فیلترهای مرحله سوم معمولاً فیلترهایی با بازدهی بالا برای حذف ذرات کوچکتر با اندازه کمتر از ۲ میکرون از هوا است.



شکل ۳- شماتیک فیلتراسیون چند مرحله ای هوای توربین

۳-۵-۱- مدیاهای رایج مورد استفاده

انتخاب مدیای فیلتر به عنوان یکی از اجزای اصلی فیلترهای توربین گاز، به عوامل مختلفی از جمله شرایط محیطی، بازده مورد نیاز فیلتراسیون مطلوب، افت فشار و خواص مکانیکی بستگی دارد. انواع مدیای رایج مورد استفاده شامل سلولز، ترکیبی از سلولز و پلی استر، میکروفایبر گلاس، ترکیبی از میکروفایبر گلاس و الیاف مصنوعی و ساختارهای کامپوزیت حاوی یک لایه ملت بلون یا الکترورسی است. متها یا پدهای فایبرگلاس یا الیاف مصنوعی نیز برای کاربردهای پیش فیلتر در دسترس هستند. آنها می توانند به عنوان یک پیش فیلتر قبل از فیلترهای نهایی استفاده شوند. همچنین استفاده از مدیاهای با پوشش الیاف نانو نیز به منظور بهبود بازدهی فیلتراسیون امروزه به صورت گسترده متداول است.

۳-۵-۲- آب بندها و واشرها

سیستم آب بندی در فیلترها از جمله فیلترهای هوای توربین گاز ضروری هستند و از ورود گرد و غبار، سایر آلودگی ها به توربین گاز جلوگیری می کنند. قطعات آب بندی معمولاً می توانند شامل واشرها، چسبها و کپهای ابتدایی و انتهایی باشند. معمولاً از مواد متفاوتی برای آب بندی فیلترها استفاده می شود که در ادامه برخی نمونه های متداول در جدول (۱) آورده شده است.

مواد مصرفی	قطعات
Galvanized steel, stainless steel, materials with powder coatings or ABS plastics	درپوش های ابتدایی و انتهایی
EPDM, Polyurethane, Plastic	واشرها
PVC, Polyurethane, Epoxy	چسبها

جدول ۱- قطعات و مواد مصرفی برای آب بندی فیلترها





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

۵-۴- الزامات قبل از فرآیند ساخت فیلترها تا شروع ساخت نمونه اولیه فیلتر

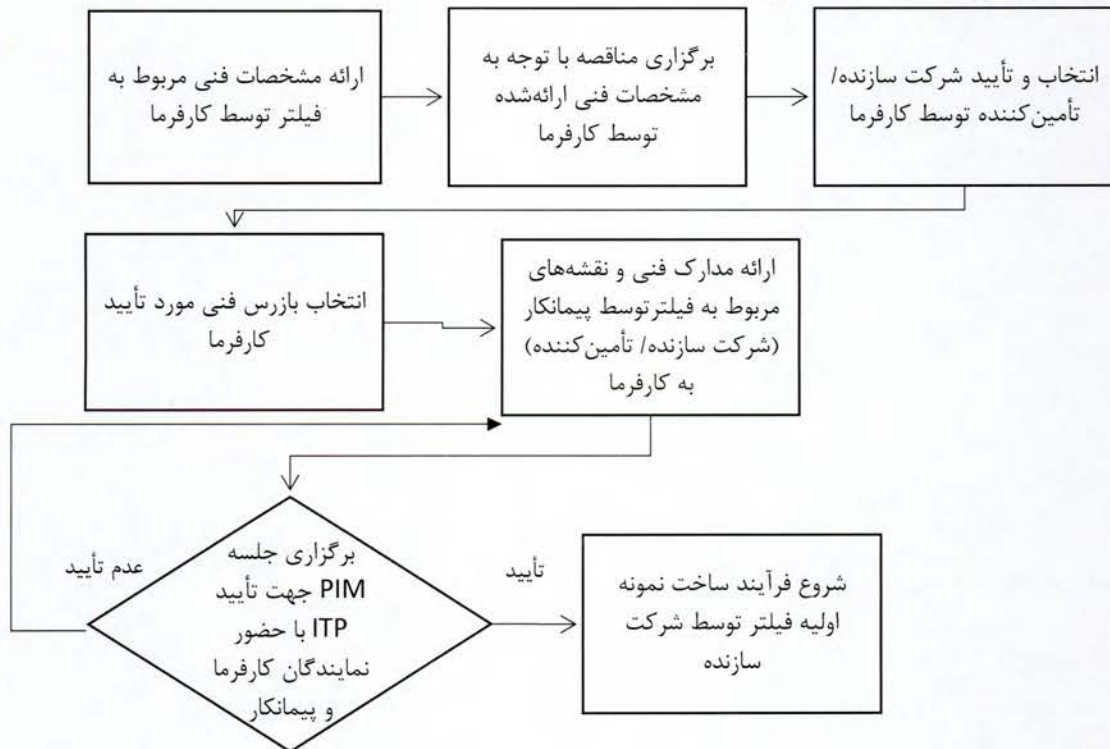
پس از برگزاری مناقصه و انتخاب شرکت سازنده/ تامین کننده فیلتر، قبل از شروع فرآیند ساخت یا تامین فیلترها حتماً باید مشخصات فنی فیلترها و نقشه های مرتبط در قالب مدارک فنی تدوین گردد. ارائه مدارک فنی و نقشه ها توسط تیم فنی و مهندسی از طرف شرکت پیمانکار (سازنده/ تامین کننده)، صورت می گیرد. در واقع هدف از تهیه مدارک فنی تعیین نمودن معیارهای لازم به منظور بررسی کنترل کیفیت فیلترها می باشد. لازم به ذکر است هر دو طرف کارفرما و پیمانکار باید در مورد این مدارک فنی به توافق برسند و پس از آن فرآیند ساخت یا تامین فیلتر شروع شود. دیاگرام فرآیند سفارش گذاری تا شروع ساخت فیلترها در شکل (۴) آورده شده است.

نمونه مشخصات فنی در جدول ۱ پیوست شماره ۲ آورده شده است. به منظور تعیین مشخصات فنی برای هر یک از فیلترهای نیروگاهی باید موارد ذیل در نظر گرفته شود:

- مشخصات فنی مورد نیاز

- تعیین مدیای مناسب

- تعیین برخی پارامترهای عملیاتی



شکل ۴- دیاگرام فرآیند (خرید) سفارش گذاری تا شروع ساخت نمونه اولیه فیلتر



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

۵-۵- فرآیند کنترل کیفیت فیلترها

کنترل کیفیت و بازرسی فنی فیلترهای هوای نیروگاهی شامل چند مرحله به شرح ذیل می باشد:

- بازرسی فرآیند ساخت نمونه اولیه فیلتر
- بازرسی نهایی فیلترهای موضوع مناقصه
- کنترل و تحویل گیری فیلترها، مدارک و گواهی ها

۵-۵-۱- بازرسی فرآیند ساخت نمونه اولیه فیلتر

این مرحله جهت تأیید و صحت اعتبار گواهینامه ارائه شده برای مدیا توسط سازنده و جلوگیری از هزینه های مالی احتمالی به علت عدم تناسب مدیا صورت می گیرد. در این مرحله سازنده فیلتر باید نوع مدیا را با توجه به مشخصات فنی مورد توافق انتخاب نماید. برای اطمینان از عملکرد مناسب مدیا در صورت درخواست کارفرما، باید آزمون تعیین گرید مدیا انجام شود و پس از تأیید نتیجه آزمون توسط بازرسی فنی، سازنده باید نمونه اولیه از فیلتر مورد نظر را با در نظر گرفتن تمامی اطلاعات موجود در مدارک فنی مورد توافق ساخته و برای اطمینان از عملکرد مناسب، باید آزمون های عملکردی متناسب با فیلتر را انجام دهد. در صورت قابل قبول بودن نتیجه آزمون ها، فرآیند ساخت فیلترها آغاز خواهد شد. در شکل (۵) دیاگرام بازرسی فرآیند ساخت نمونه اولیه فیلتر آورده شده است.

وزارت نیرو

شرکت مادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی



دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی

صفحه ۹ از ۲۳

ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

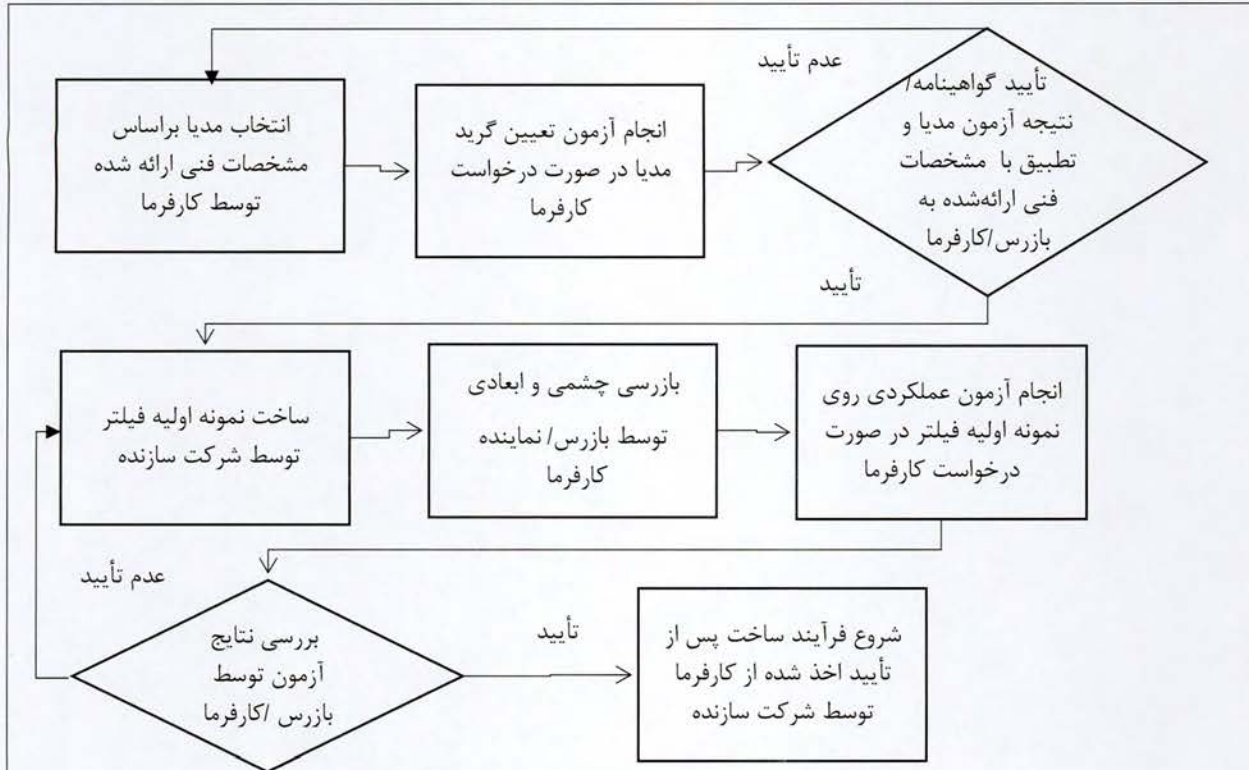
شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی



شکل ۵-دیاگرام بازرسی فرآیند ساخت نمونه اولیه فیلتر

۵-۲-۵- بازرسی نهایی فیلترهای موضوع مناقصه

این بازرسی توسط بازرس/ نماینده کارفرما پس از ساخت فیلترهای موضوع مناقصه انجام می شود. بدین منظور بازرس/ نماینده کارفرما، نمونه برداری از فیلترهای ساخته شده را انجام داده و پس از ثبت کد مشخص شده، به آزمایشگاه معتبر و مورد تأیید شرکت مادر تخصصی تحویل می دهد.

۵-۳-۵- کنترل و تحویل گیری فیلترها، مدارک و گواهی ها

۵-۳-۱- بازرسی چشمی

بازرسی چشمی فیلتر شامل شناسایی و تأیید مدیای فیلتر، اجزای فیلتر از جمله قطعات فلزی، آب بندها (چسبها، واشرها و...) و سایر مواد مصرفی است که با ارائه نتایج آزمون یا گواهینامه معتبر سازنده مدیا، توسط بازرس تأیید می شوند.





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

۵-۳-۲- بازرسی ابعادی

بازرسی ابعادی باید بر اساس نقشه های ارائه شده، انجام شود. نقشه های مربوطه شامل تمام ابعاد، محدوده های مجاز و جدول مشخصات فنی است.

۵-۳-۳- آزمون ها و معیارهای ارزیابی فیلترها

با توجه به حساسیت فرآیند فیلتراسیون هوای ورودی توربین ها، فیلترها باید دارای کیفیت مطلوب باشند و نتایج تمامی آزمون های مدیا و عملکردی دارای حداقل معیارهای اشاره شده در مشخصات فنی تعیین شده مورد توافق کارفرما و پیمانکار باشند. همچنین این آزمون ها باید توسط آزمایشگاه های معتبر و مورد تأیید شرکت مادر تخصصی انجام شوند. در جدول (۲) فهرستی از آزمون های استاندارد ضروری مرتبط، برای ارزیابی عملکرد فیلترها و مدیا آورده شده است.

قابل ذکر است آزمون های دیگری برای کنترل کیفیت فیلترها موجود می باشد که در صورت نیاز و با توجه به توافق هر دو طرف کارفرما و پیمانکار می توانند انجام شوند. از جمله این آزمون ها می توان به مواردی همچون آزمون های مربوط به مدیای فیلتر، آب بندها، نانوفیلترها اشاره نمود. لیست این آزمون های تکمیلی در جدول ۱۴ (پیوست شماره ۶) آورده شده است.

جدول ۲ - آزمون های مورد نیاز برای کنترل کیفیت فیلتر و اجزای آن

شماره استاندارد	آزمون های عملکردی
ISO ۲۹۴۶۱-۱,۲	Air intake filter systems for rotary machinery — Test methods
ISO-۱۶۸۹۰-۱,۲,۳,۴	general ventilation — Determination of the Particulate air filters for performance filtration
*EN-۷۷۹-۲۰۱۲	Air filters for general ventilation
شماره استاندارد	آزمون های مدیا
ISO ۲۹۴۶۱-۱,۲ ISO-۱۶۸۹۰-۱,۲,۳,۴ EN-۷۷۹-۲۰۱۲	Determination of filter media grade
ASTM-F۳۱۶	Standard test methods for pore size characteristics of membrane filters by bubble point and mean flow pore test.
ISO-۹۲۳۷	Textiles -- Determination of the permeability of fabrics to air.
ISO-۱۱۰۵۷	Air quality -- Test method for filtration characterization of cleanable filter media.

* با توجه به شرایط فیلترهای مورد استفاده در نیروگاه های کشور، با وجود انقضای این استاندارد، ارجاع به آن بلامانع است.





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• آزمون های عملکردی

برای ارزیابی فیلترها، آزمون های عملکردی متفاوتی متناسب با نوع فیلتر انجام می شود. این آزمون ها برای کلاس بندی و طبقه بندی فیلترها انجام می شوند. پارامترهای کلیدی که توسط این آزمون ها تعیین می شوند و مورد بررسی قرار می گیرند شامل مواردی همچون کلاس فیلتر مطابق با آزمون استاندارد، افت فشار اولیه و نهایی، متوسط و حداقل بازدهی، ظرفیت جذب و نگهداری غبار می باشد. لازم به ذکر است کارفرما و پیمانکار در خصوص انتخاب یکی از روش های آزمون عملکردی بر اساس نوع طراحی فیلتر، طبق جدول (۲) باید به توافق برسند. در ادامه به معرفی مختصر این استانداردها پرداخته شده است.

• آزمون استاندارد EN ۷۷۹-۲۰۱۲

این استاندارد مربوط به آزمون فیلترهای هوای ذرات برای سیستم های تهویه هوا می باشد و در این آزمون فیلترها براساس عملکردشان طبقه بندی می شوند. در جدول (۳) سیستم طبقه بندی براساس نسخه ۲۰۱۲ استاندارد EN-۷۷۹ آورده شده است.

جدول ۳- کلاس بندی فیلترها براساس استاندارد EN ۷۷۹-۲۰۱۲

Group	class	Final test pressure drop (pa)	Average arrestance (A_m) of synthetic dust %	Average efficiency (E_m) of $0.4 \mu m$ particles %	Minimum Efficiency of $0.4 \mu m$ particles %
coarse	G ¹	۲۵۰	$50 \leq A_m < 65$	-	-
	G ²	۲۵۰	$65 \leq A_m < 80$	-	-
	G ³	۲۵۰	$80 \leq A_m < 90$	-	-
	G ⁴	۲۵۰	$90 \leq A_m$	-	-
Medium	M ⁵	۴۵۰	-	$40 \leq E_m < 60$	-
	M ⁶	۴۵۰	-	$60 \leq E_m < 80$	-
fine	F ⁷	۴۵۰	-	$80 \leq E_m < 90$	۳۵
	F ⁸	۴۵۰	-	$90 \leq E_m < 95$	۵۵
	F ⁹	۴۵۰	-	$95 \leq E_m$	۷۰

Minimum efficiency is the lowest efficiency among the initial efficiency, discharged efficiency and the lowest efficiency throughout the loading procedure of the test

Note: The characteristics of atmospheric dust vary widely in comparison with those of the synthetic loading dust used in the tests. Because of this, the test results do not provide a basis for predicting either operational performance or life. Loss of media charge or shedding of particles or fibres can also adversely affect efficiency (see annexes A and B)

وزارت نیرو

شرکت مادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی



دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی

صفحه ۱۲ از ۲۳

ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربینهای گازی نیروگاهی

• آزمون استاندارد ISO ۱۶۸۹۰

در این استاندارد آزمونهای عملکردی و کلاس بندی فیلترها براساس بازده ذرات معلق (ePM) مطابق با جدول (۴) توصیف می شود.

جدول ۴ - محدوده اندازه قطر اپتیکی ذرات برای تعریف بازده، ePMx

Efficiency	Size range, μm
ePM _{۱۰}	۰.۳ ≤ X ≤ ۱۰
ePM _{۲,۵}	۰.۳ ≤ X ≤ ۲.۵
ePM _۱	۰.۳ ≤ X ≤ ۱

ارزیابی المنت فیلتر هوا مطابق با این استاندارد، به صورت مقادیر بازدهی ePM_۱، ePM_{۲,۵} و ePM_{۱۰} بیان می شوند. سپس المنت های فیلتر های هوا بر اساس رویه های تعریف شده مطابق با جدول (۵) طبقه بندی می شوند.

جدول ۵ - کلاس بندی فیلترها مطابق با آزمون ISO ۱۶۸۹۰

Group designation	Requirement			Class reporting
	ePM _۱ , min	ePM _{۲,۵} , min	ePM _{۱۰}	
ISO Coarse	--	--	< ۵۰ %	Initial grav. arrestance
ISO ePM _{۱۰}	--	--	≥ ۵۰ %	ePM _{۱۰}
ISO ePM _{۲,۵}	--	≥ ۵۰ %	--	ePM _{۲,۵}
ISO ePM _۱	≥ ۵۰ %	--	--	ePM _۱

• آزمون استاندارد ISO ۲۹۴۶۱

اولین استاندارد ویژه توربوماشین آلات برای فیلترهای ورودی هوا می باشد که طبقه بندی فیلترها براساس این آزمون مطابق با جدول (۶) صورت می گیرد.

جدول ۶ - کلاس بندی فیلترها براساس استاندارد ISO ۲۹۴۶۱

Class	Group	ISO ۲۹۴۶۳ (all parts) MPPS efficiency	ISO ۱۶۸۹۰ (all parts)			Initial gravimetric arrestance A _{۱۰۰}
			ePM _۱ , min	ePM _{۲,۵} , min	ePM _{۱۰}	
ISO T _۱	Coarse					۲۰ % < A _{۱۰۰} < ۵۰ %
ISO T _۲						≥ ۵۰ %
ISO T _۳						≥ ۷۰ %
ISO T _۴						≥ ۸۰ %
ISO T _۵	ePM _{۱۰}				≥ ۵۰ %	
ISO T _۶	ePM _{۲,۵}			≥ ۵۰ %		

صفحه ۱۳ از ۲۳



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

ISO T ^v	ePM _{۱۰}	≥ ۵۰ %			
ISO T ^۸		≥ ۷۰ %			
ISO T ^۹		≥ ۸۵ %			
ISO T ^{۱۰}	EPA	≥ ۸۵ %			
ISO T ^{۱۱}		≥ ۹۵ %			
ISO T ^{۱۲}		≥ ۹۹,۵ %			
ISO T ^{۱۳}	HEPA	≥ ۹۹,۹۵ %			

• آزمون های مدیا

به منظور انطباق مدیا با مشخصات فنی استانداردهای تعیین شده، سازندگان باید گواهینامه های معتبر را به کارفرما ارائه داده و آزمون های مربوطه را در صورت درخواست کارفرما انجام دهند. انجام آزمون های مندرج در جدول (۲) الزامی می باشد. آزمون هایی که به عنوان آزمون های تکمیلی در پیوست شماره ۶ این دستورالعمل در جدول ۱۴ آورده شده است، براساس شرایط و با توافق کارفرما و پیمانکار می تواند انجام شود.

۵-۳-۴- نتایج آزمون ها

گزارش ها و نتایج آزمون ها باید شامل موارد زیر باشند:

- نام و آدرس مشتری

- شماره سفارش / مشتری

- نام و آدرس آزمایشگاه آزمون

- تاریخ آزمون

- تعداد نمونه

- نوع آزمون (آزمون های مدیا، آزمون های عملکردی)

- نتایج آزمون نمونه فیلتر کدگذاری شده

۵-۳-۵- علامت گذاری

• علامت گذاری المنت فیلتر

فیلترها باید طوری طراحی و علامت گذاری شوند که از نصب اشتباه آنها جلوگیری شود. اندازه فیلتر هوا باید مطابق با سایز طراحی شده کانال ورودی هوا بوده (مطابق درخواست کارفرما) و دارای فلش نمایانگر برای جریان هوا روی قاب فیلتر باشد.

• علامت گذاری جعبه بسته بندی

هر جعبه بسته بندی باید به طور خوانا با حداقل اطلاعات زیر مشخص شود:

- نام و/یا علامت تجاری سازنده



وزارت نیرو

شرکت عادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲/۱۷/۲۳

شماره تجدید نظر: -

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربینهای گازی نیروگاهی

- نام کالا/مدل فیلتر
- آدرس سازنده
- ابعاد
- تاریخ تولید
- تعداد فیلتر
- شماره سفارش/مشتری
- ۵-۳-۶- بسته بندی

فیلترها باید در نایلون پیچیده شده و یا پس از بسته بندی، برای جلوگیری از ورود رطوبت با نایلون شریک پک شوند. فیلترها باید در جعبه های مناسب بسته بندی شده و براساس درخواست کارفرما حمل و نقل شوند. فیلترها باید بدون شکستگی و تغییر شکل دائمی انبارش شده و در انبار، تحت شرایط محیطی کنترل شده نگهداری شوند.

۵-۳-۷- مدارک و گواهی ها

جدول ۷ - چک لیست مدارک برای تحویل گیری فیلترهای هوای توربین گازی

ردیف	چک لیست مدارک تحویل گیری فیلتر	شماره مدرک: تاریخ تحویل: نام ایستگاه: نام و نوع فیلتر: بازرس:
	مدارک مورد نیاز تحویل گیری	
۱	مشخصات فنی مدیای فیلتر	
۲	گواهینامه های معتبر ارائه شده برای مدیا توسط پیمانکار (سازنده/ تأمین کننده)	
۳	گواهی آزمون های عملکردی نمونه اولیه و نمونه نهایی منطبق با مشخصات فنی مورد توافق	
۴	گواهی کالیبراسیون تجهیزات اندازه گیری شرکت سازنده (اختیاری)	
۵	دفترچه راهنمای استفاده (اختیاری)	
۶	گزارش نهایی فیلترهای موضوع مناقصه (شامل بندهای ۱ الی ۳ و نقشه های ساخت فیلتر)	





مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین‌های گازی نیروگاهی

۵-۵-۳-۸- تحویل گیری فیلترها

به منظور تسریع در فرآیند تحویل گیری فیلترها استفاده از چک لیست بازرسی توصیه می‌شود. در ادامه نمونه چک لیست‌های بازرسی و آزمون فیلترها در جدول (۸) آورده شده است. این چک لیست باید توسط بازرس / نماینده کارفرما تکمیل گردد. سپس فیلترهای مد نظر تحویل گرفته شوند. معیارهای تأیید براساس مندرجات این دستورالعمل، مشخصات فنی و نقشه‌های تدوین شده مورد توافق هر دوطرف کارفرما/ پیمانکار تعریف می‌شود. لازم به ذکر است معیارهای تأیید در چک لیست بازرسی حتماً باید در جلسه PIM بنا به الزامات واحد بازرسی، به توافق نمایندگان کارفرما و پیمانکار برسد.





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

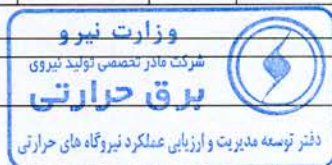
شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربینهای گازی نیروگاهی

جدول ۸ - نمونه چک لیست بازرسی و آزمون فیلترها

شماره سند:		چک لیست بازرسی نهایی فیلتر		بازرس:
تاریخ:		نوع فیلتر:		
ردیف	موضوع بازرسی	توضیحات	تأیید	عدم تأیید
نتایج				
		توضیحات	تأیید	توضیحات بازرس
۱	بازرسی چشمی	مدیای فیلتر باید فاقد هر گونه عیوب ظاهری باشد.		
		قطعات آببندی (واشرها ، چسبها و دیگر موارد مصرفی) فاقد عیوب ظاهری باشد.		
		گواهینامه کالیبراسیون تجهیزات ساخت		
		فیلتر فاقد هرگونه عیوب ظاهری در مونتاز باشد.		
۲	بازرسی ابعادی	ابعاد فیلتر باید با نقشه‌های مورد تأیید کارفرما مطابقت داشته باشد.		
۳	نتایج آزمون عملکردی	افت فشار اولیه		
		افت فشار نهایی		
		ظرفیت بارگذاری گرد و غبار (Dust capacity)		
		بازدهی اولیه (Initial efficiency)		
۴	نتایج آزمون مدیا	گرید مدیا (Media grade)		
۵	علامت گذاری	علامت گذاری المنت فیلتر		
		علامت گذاری جعبه		
۶	مدارک فنی مورد نیاز جهت تحویل گیری	مشخصات فنی مدیای فیلتر		
		گواهینامه‌های معتبر ارائه شده برای مدیا		
		گواهی آزمون‌های عملکردی نمونه اولیه و نمونه نهایی منطبق با مشخصات فنی مورد توافق		
۷	بسته بندی	گزارش نهایی فیلترهای موضوع مناقصه		





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

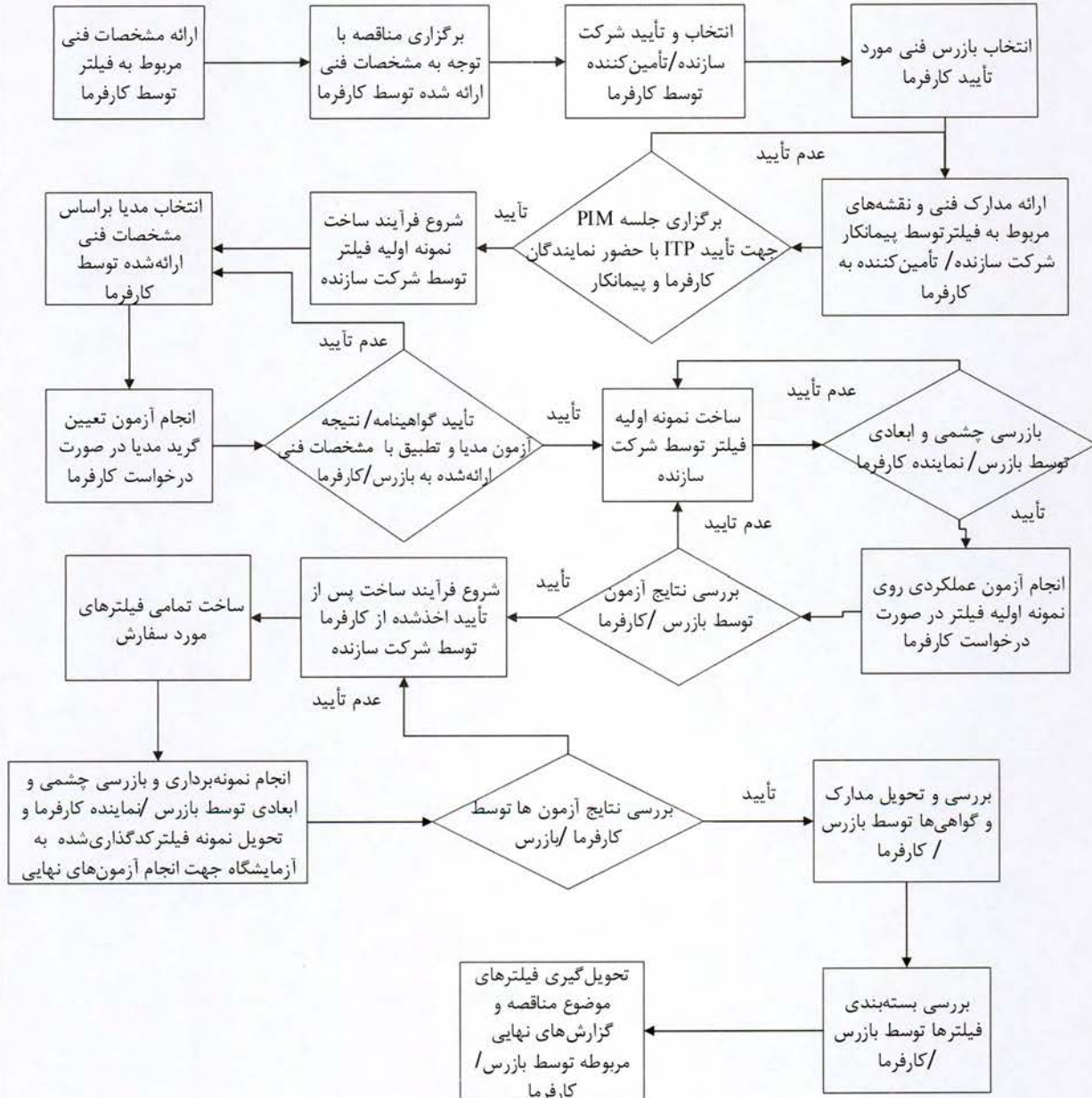
تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

در ادامه دیاگرام فرآیند بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی آورده شده است:



شکل ۶ - دیاگرام فرآیند بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترها



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

در این فرآیند، هر فیلتر باید به دقت بررسی شود و اطمینان حاصل شود که مشخصات فنی، ابعادی و کیفیت فیلتر مطابق با استانداردهای معتبر، مورد توافق کارفرما و پیمانکار می باشد. در واقع این اقدامات با هدف افزایش عمر مفید و بازدهی توربین انجام می شود. در این فرآیند به کارگیری نیروهای متعهد، مجرب و متخصص در تمامی مراحل بازرسی و آزمون اهمیت زیادی دارد.

قابل ذکر است مواردی همچون نمونه فرم مشخصات فنی پیشنهادی، تأثیر مناطق جغرافیایی در انتخاب نوع فیلترها و فرم نمونه گزارش آزمون ها مطابق استانداردهای متفاوت، در پیوست ها آورده شده است.





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

۶- بازنگری

بازنگری این دستورالعمل، به پیشنهاد هر یک از گیرندگان سند و اعلام رسمی معاون راهبری تولید، از طریق دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی انجام شده و توسط مدیرعامل شرکت مادر تخصصی تولید نیروی برق حرارتی ابلاغ خواهد شد. نسخه اصلی سند در دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی نگهداری و نسخه الکترونیکی آن در بخش مستندات ابلاغی سایت اینترنت شرکت بارگذاری می شود.

۷- اسناد مربوطه و پیوست ها

- ۱-۷- پیوست شماره ۱: نمونه طرح بازرسی و آزمون (ITP)
- ۲-۷- پیوست شماره ۲: نمونه فرم مشخصات فنی مربوط به فیلترهای هوای توربین گازی
- ۳-۷- پیوست شماره ۳: نمونه فرم گزارش آزمون
- ۴-۷- پیوست شماره ۴: مشخصات فنی برخی از فیلترهای هوای توربین
- ۵-۷- پیوست شماره ۵: تأثیر مناطق جغرافیایی
- ۶-۷- پیوست شماره ۶: آزمون های تکمیلی برای کنترل کیفیت فیلترهای هوای توربین
- ۷-۷- پیوست شماره ۷: مقایسه استانداردهای EN ۷۷۹-۲۰۱۲ و EN ۷۷۹-۲۰۰۲
- ۸-۷- پیوست شماره ۸: نحوه محاسبه سطح فیلتراسیون، نحوه تخمین سطح مؤثر مدیای فیلتر



وزارت نیرو

شرکت مادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی

صفحه ۲۰ از ۲۳

ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستور العمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی



۸- کنترل سند

۸-۱- صدور سند

سند با ضوابط آیین نامه تولید، بهره برداری و بازرنگری اسناد اداری مطابقت دارد.

مهر و امضا

کنترل کننده: مدیرکل دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی

۸-۲- ابطال سند

این سند در تاریخ: به استناد ابطال گردید.

مهر و امضا

نام و نام خانوادگی ابطال کننده: سمت:

۸-۳- تدوین کنندگان (به ترتیب حروف الفبا)

ردیف	نام و نام خانوادگی	پست سازمانی	امضاء
۱	نرگس اسماعیلی	کارشناس فنی تولید	
۲	محمد اکبرپور	کارشناس طراحی شرکت بهران فیلتر	
۳	اعظم باجقلی	مدیر بازرسی و نظارت بر اجرای استانداردهای پژوهشگاه نیرو	
۴	عبدالمتین باشقره	کارشناس دفتر فنی شرکت مدیریت تولید برق تهران	
۵	خدیجه براتی	مدیر فنی آزمایشگاه شرکت پارس آزمون راهبرد صنعت	
۶	علی بخشی	معاون پژوهشگر تولید پژوهشگاه نیرو	
۷	اردلان جانان	کارشناس مکانیک دفتر مهندسی شرکت مدیریت تولید برق لوشان	





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

	مدیر فنی شرکت کارا فیلتر آسیا	حمزه جودت	۸
	رئیس اداره بهره برداری واحد گازی نیروگاه طرشت	حامد حاجی پور	۹
	کارشناس انتقال تکنولوژی و توسعه فناوری	سید میثم حسینی اصل	۱۰
	مدیر تحقیق و توسعه آزمایشگاه فیلتراسیون شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان	فروغ خلیلی	۱۱
	مدیر بازرگانی شرکت پارس مبنا پالایه	مهرنگ خواجه نیان	۱۲
	معاون دفتر فناوری و بومی سازی نیروگاهها	حامد دشتی	۱۳
	معاون توسعه مدیریت و منابع پژوهشگاه نیرو	مجید رضایی آبادچی	۱۴
	رئیس پژوهشگاه تولید پژوهشگاه نیرو	محمد ابراهیم سربندی فراهانی	۱۵
	رئیس آزمایشگاه فیلتراسیون شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان	مجتبی سعادت پور	۱۶
	کارشناس مکانیک شرکت تولید نیروی برق شاهرود	جواد سلیمانی نیا	۱۷
	مدیر مهندسی شرکت فیلتر کاج	علی سنیک	۱۸
	مدیر عامل شرکت پارس مبنا پالایه	سید محمدرضا شاهروندی	۱۹
	کارشناس تولید شرکت تولید برق شاهرود	علی صرفی	۲۰
	رئیس گروه بومی سازی فناوری	داوود صفائیان	۲۱
	معاون فنی مدیر عامل شرکت بهران فیلتر	محمد جواد فروندی	۲۲





برق حرارتی

مدیریت تامین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: WI-۳۵۰-۰۴۵

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

	معاون مرکز توسعه فناوری نانو پژوهشگاه نیرو	حسام فلاح آرانی	۲۳
	رئیس گروه بهسازی نیروگاهها	فرزام فهیم	۲۴
	رئیس گروه شیمی و خوردگی	سیروس قهاری	۲۵
	رئیس اداره تعمیرات مکانیک آسک و فیات شرکت مدیریت تولید برق ری	رضا عابدی	۲۶
	مدیرکل دفتر فناوری و بومی سازی نیروگاهها	علی عیسی پور	۲۷
	کارشناس تعمیرات نیروگاه شهید رجائی	مسعود غلامپور	۲۸
	مدیر گروه پژوهشی مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو	حسین کوهانی	۲۹
	کارشناس تعمیرات نیروگاه شهید رجائی	مهدی نجفزاده	۳۰
	رئیس هیأت مدیره شرکت ستاره پالایه	ستاره نژادستاری	۳۱
	کارشناس ارزیابی صلاحیت	مریم نظری	۳۲
	کارشناس مسئول مکانیک شرکت مپنا	سعید وحیدی	۳۳
	مدیر توسعه، ترویج و تدوین استانداردهای پژوهشگاه نیرو	مهرنوش هور	۳۴



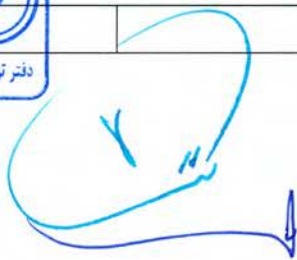
شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴ تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳ شماره تجدید نظر: ۰ تاریخ تجدید نظر: -	مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها	 برق حرارتی
دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی		

پیوست شماره ۱: نمونه طرح بازرسی و آزمون (ITP)

جدول ۱- نمونه طرح بازرسی و آزمون (ITP)

Inspection and test plan						
Item No.	Inspection subject	Description	Details	Type of Inspection activity by.		
				Manufac.	TPI	owner /Client
۱	Before Manufacture	Pre-Inspection Meeting	A. Approval of ITP			
		Visual Inspection	A. Identification and verification of filter media, B. metallic parts, adhesive and other consuming materials			
		Drawing/ Data sheet	Before manufacturing to be approved by owner/ Client Mentioned drawings shall include: A. all dimensions B. tolerances C. thickness of gaskets			
		Media Test	Determining media grade based on: EN-۷۷۹-۲۰۱۲ ISO-۱۶۸۹۰-۱,۲,۳,۴ ISO۲۹۴۶۱-۱,۲			
		Sample Filter	A. Production of sample filter with Approved media B. Performance test C. Dimensional check shall be applied based on the approved production drawings D. Before Final manufacturing Sample Filter to be approved by owner			
		Document Check	A. certificates of raw materials B. Calibration certificate of measuring equipment C. Report test (media grade test, performance test for sample filter)			
۳	After Manufacture	Visual & Dimensional Check & Test	A. Products shall be free of any visual defects. B. Dimensional check shall be applied based on the approved production drawings. C. Performance test & Material test			

وزارت نیرو
 شرکت مادر تخصصی تولید نیروی
برق حرارتی
 دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴ تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳ شماره تجدید نظر: ۰ تاریخ تجدیدنظر: -	مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها	 برق حرارتی
دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی		


۳	Test	Media Test	A. ASTM-F۳۱۶: Standard test methods for pore size characteristics of membrane filters by bubble point and mean flow pore test B. ISO-۹۲۳۷: Textiles -- Determination of the permeability of fabrics to air. C. ISO-۱۱۰۵۷: Air quality -- Test method for filtration characterization of cleanable filter media D. EN-۷۷۹-۲۰۱۲, ISO-۱۶۸۹۰-۱,۲,۳,۴: Determination of filter media grade			
		Performance Test	A. ISO۲۹۴۶۱-۱,۲: Air intake filter systems for rotary machinery — Test methods B. ISO-۱۶۸۹۰-۱,۲,۳,۴: Particulate air filters for general ventilation — Determination of the filtration performance C. EN-۷۷۹-۲۰۱۲: Air filters for general ventilation			
		Test Report	A. Name and address of the client B. Order No./Client C. Name and address of the test laboratory D. Date of tests E. Number of samples F. Type of test G. Test results			
۴	Sampling		A. Inspection sampling for each order shall be verified by client or client representative.			
۵	Marking	Marking Element	Final product shall be suitably marked with at least the following information: A. Name and/or trade mark of the Manufacture. B. Size B. Production Date C. Product name / model NO			
		Marking Element Box	A. Name and/or trade mark of the Manufacture B. Manufacturer's Address. C. Size D. Production Date. D. Order No/Client			

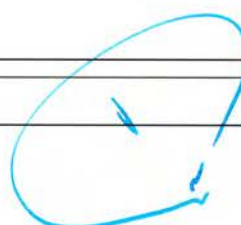


شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴ تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳ شماره تجدید نظر: ۰ تاریخ تجدید نظر: -	مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها	 برق حرارتی
دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی		

۶	Packaging	Delivery of Products	A. Filter(s) shall be wrapped in nylon and seal to prevent the entrance of moisture. B. Filter (s) shall be transported according to Purchaser/Client request.			
Release Note by the Inspector						
	Inspector	Date	Consideration		Signature	

W (Witness)	Provides a party with the opportunity to witness the inspection or test or aspect of the work at their discretion.
H (Hold Point)	A Hold Point is a mandatory verification point beyond which work cannot proceed without approval by the designated authority.
A (Approval)	A document or drawing, which is to be submitted for approval prior to proceed the activity.
R (Review)	Review means Review documents. when the TPI Inspector makes a visit for a hold or witness point, the inspector can review the related documents.







مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: .

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۲: نمونه فرم مشخصات فنی مربوط به فیلترهای هوای توربین گازی

جدول ۲- نمونه فرم مشخصات فنی برای فیلترهای هوای توربین گازی

Technical Data	
Filter shape: Cylindrical/Conical/V-Cell/V-Bag/Panel	
Fluid	Air
Cartridge dimensions	
Flow direction	Out to in <input type="checkbox"/> / In to out <input type="checkbox"/>
Flow rate (CMH)
Initial Δp (Pa)
Final Δp	Up to (Pa)
Filter Class	
Caps / Frame	Material: / Thk: mm / Coating:
Inner guard	Material: / Thk: mm / Coating:
Outer guard	Material: / Thk: mm / Coating:
Main media	Coating:
Secondary Media/Coating	No required / By order
Media support	Material:
Gasket	Material: / Thk: mm
Adhesive	Material: / Tensile strength: kPa
Deviation from the standard	



Handwritten signature in blue ink



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

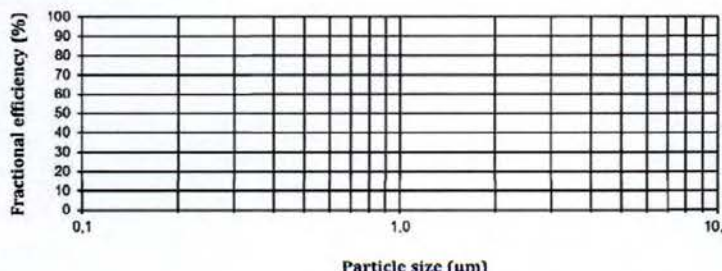
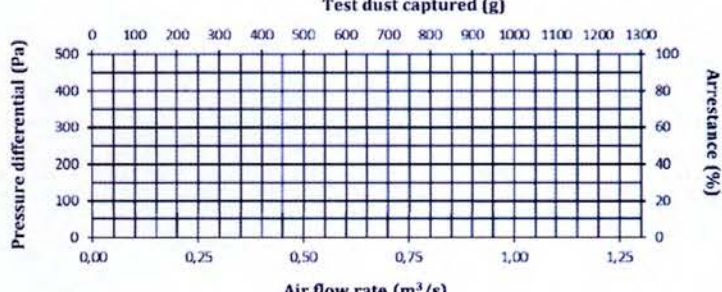
پیوست شماره ۳: نمونه فرم گزارش آزمون

جدول ۳- نمونه فرم گزارش آزمون استاندارد EN ۷۷۹-۲۰۱۲

EN 779:2012 - AIR FILTER TEST RESULTS				
Testing organisation:		Report nr.:		
GENERAL				
Test no.:	Date of test: yyyy-mm-dd	Supervisor:		
Test requested by:	Device receiving date: yyyy-mm-dd			
Device delivered by:				
DEVICE TESTED				
Model:	Manufacturer:	Construction:		
Type of media:	Net effective filtering area: m ²	Filter dimensions (width × height × depth): mm × mm × mm		
TEST DATA				
Test air flow rate: m ³ /s	Test air temperature: °C	Test air relative humidity: %	Test aerosol:	Loading dust:
RESULTS				
Initial pressure drop: Pa	Initial arresstance: %	Initial efficiency (0,4 µm): %	Test dust capacity: g / g / g	Untreated / discharged efficiency of media (0,4 µm): % / %
Final test pressure drop: Pa / Pa / Pa	Average arresstance: %	Average efficiency (0,4 µm): % / % / %	Filter class (Pa):	
Remarks:				
<p>A - Efficiency (0,4 µm), % B - Dust fed, g C - Arresstance, %</p>		<p>D - Pressure drop E - Air flow rate, m³/s</p>		
<p>NOTE The performance results are only valid for the tested item cannot by themselves be quantitatively applied to predict filter performance in service.</p>				

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴ تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳ شماره تجدید نظر: . تاریخ تجدیدنظر: -	مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها	 برق حرارتی
دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی		

جدول ۴- نمونه فرم گزارش آزمون استاندارد ISO ۱۶۸۹۰

ISO 16890 - Air Filter Test Results		Testing organisation:	
		Name Address Phone	
GENERAL			
Report no.:		Date of report: yyyy-mm-dd	
Supervisor:		Device obtained (when and how obtained)	
Test(s) requested by:			
DEVICE TESTED			
Model:	Manufacturer:	Construction:	
Type of medium:	Net effective filtering area:	Filter dimensions (width × height × depth): mm × mm × mm	
TEST DATA AND ATTACHED TEST REPORTS			
Test air flow rate: m ³ /s	Test report to ISO 16890-2		Report no.
	Test report to ISO 16890-3 (optional)		Report no.
	Test report to ISO 16890-4		Report no.
RESULTS			
Initial pressure differential: Pa	Initial arresstance: %	ePM _{1, min} %	ePM _{2,5, min} %
		ISO rating	
Final test pressure differential: Pa / Pa / Pa	Test dust capacity: g / g / g	ePM ₁ %	ePM _{2,5} %
		ISO ePM ₁ __ %	
Remarks:			
		Curve 1 Initial fractional efficiency E_i (ISO 16890-2) Curve 2 Conditioned fractional efficiency E_{0i} (ISO 16890-4) Curve 3 Average fractional efficiency E_{av} (ISO 16890-1)	
		Curve 4 Pressure differential as a function of the air flow rate (clean filter) (ISO 16890-2) Curve 5 Pressure differential as a function of the test dust captured (optional) (ISO 16890-3) Curve 6 Arresstance as a function of the test dust captured (optional) (ISO 16890-3)	
NOTE The results of this test relate only to the test device in the condition stated herein. The performance results cannot by themselves be quantitatively applied to predict filtration performance in all "real life" environments.			





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۴: مشخصات فنی برخی از فیلترهای هوای توربین

• فیلترهای مت / پد (Mat/ Pad)

پد فیلترها را می توان به عنوان پیش فیلتر در توربین ها به کار برد که عمدتاً یک راه حل پیش فیلتراسیون کم هزینه است و در ابعاد و اندازه های متفاوت طبق سفارش مشتری موجود می باشند. این پدها یکبار مصرف و دارای سطح نسبتاً کم برای فیلتراسیون هستند و از الیاف متفاوتی از جمله فایبر گلاس ساخته می شوند که بافت آن ها به تدریج از قسمت ورودی به سمت خروجی هوا محکم تر و متراکم تر می شود. این ساختار به غبار اجازه می دهد، به اعماق مدیا نفوذ کند.



شکل ۱- شماتیکی از فیلترهای مت / پد

جدول ۵- مشخصات فنی فیلترهای مت / پد

مشخصات فنی	فیلترهای مت / پد
W: up to ۲۰۰۰ L: up to ۲۰۰۰	ابعاد (mm)
Up to ۲۰۰	ضخامت (mm)
EN ۷۷۹:۲۰۱۲, and ISO ۱۶۸۹۰:۲۰۱۶	آزمون های عملکردی
G۲-M۵	کلاس فیلتر
Glass fiber, Synthetic, Polyester, PP	مدیای فیلتر
Pre filter	مرحله
Up to ۴	سطح فیلتراسیون (m ^۲)
۳۰-۸۵	افت فشار (Pa)
۱۵۰	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• فیلترهای رول (Roll filter)

این نوع فیلترها عمدتاً به عنوان پیش فیلتر برای کاربردهای مختلف از جمله توربین های گازی استفاده می شوند که در برش های متفاوتی برحسب نیاز به مشتری ارائه می شوند.



شکل ۲- نمونه هایی از فیلترهای رول

جدول ۶- مشخصات فنی فیلترهای رول

مشخصات فنی	فیلتر رول
L: Up to ۲۰ W: Up to ۳ Up to ۶۰	ابعاد (m)
EN ۷۷۹:۲۰۱۲, ISO ۱۶۸۹۰:۲۰۱۶	ضخامت (mm)
G۳-M۵	آزمون های عملکردی
Glass fiber, Synthetic, Polyester, PP	کلاس فیلتر
Pre filter	مدیا
۳۰-۸۵	مرحله استفاده
Up to ۵۰	افت فشار (Pa)
۱۵۰	سطح فیلتراسیون (m ^۲)
	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• فیلترهای کیسه ای یا پاکتی (Bag or pocket filters)

فیلترهای هوای کیسه ای یا پاکتی عمدتاً به عنوان پیش فیلتر یا فیلترهای مرحله اول در ورودی هوای فیلتراسیون توربین گاز استفاده می شوند. آنها با حذف ناخالصی های درشت از فیلترهای نهایی محافظت می کنند و در شرایط خاص می توانند به عنوان کوالسر برای حذف قطرات کوچک تر آب از جریان هوا عمل کنند. این نوع فیلترها در ابعاد و عملکردهای مختلف توسط سازندگان تولید می شوند. ولی به طور معمول دارای ابعاد و عملکردهای مشخص در سبد محصولات شرکت های متخصص قرار دارند که در جدول (۷) مشخص شده است. لازم به توضیح است ابعاد و عملکردهای خارج از این جدول ممکن است به دلیل شرایط خاص به طور اختصاصی طراحی شده باشند.



شکل ۳- شماتیکی از فیلترهای پاکتی

جدول ۷- مشخصات فنی فیلترهای کیسه ای

مشخصات فنی	فیلتر کیسه ای
۵۹۲x۵۹۲(default)	ابعاد (W x L) mm
Up to ۶۷۰	ضخامت (mm)
۶,۸,۱۰	تعداد پاکت
Galvanized steel, stainless steel and plastic	قاب
EN ۷۷۹:۲۰۱۲ and ISO ۱۶۸۹۰:۲۰۱۶	آزمون های عملکردی
G۲, G۳, G۴, m۰, m۶, F۷, F۸, F۹ / MERV ۸ □ ۱۶	کلاس فیلتر
Synthetic, glass or Hybrid Synthetic, Knitted wire mesh, metal wire mesh	مدیا
Pre filter/first stage	مرحله استفاده
۷.۵, ۱.۷, ۲.۷, ۳.۹, ۴.۱	سطح فیلتراسیون (m ^۲)
Flat gasket, Polyurethane, Neoprene	واشر
Up to ۴۵۰	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)
Up to ۴۲۵۰	جریان هوای اسمی (m ^۳ /h)





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• فیلترهای فشرده (Compact filters)

فیلترهای فشرده ، فیلترهای هوای توربین با راندمان بالا هستند که به عنوان فیلتر مرحله دوم / سوم برای توربین گاز، استفاده می شوند. نمونه هایی از این فیلترها شامل EPA and HEPA grade, hydrophobic, v-bank نوع فیلترها در ابعاد و عملکردهای مختلف توسط سازندگان تولید می شوند. ابعاد ارائه شده در جدول (۸) مطابق استاندارد می باشند و به طور معمول در سبد محصولات شرکت های متخصص قرار دارند، ابعاد و عملکردهای خارج از این جدول ممکن است به دلیل شرایط خاص به طور اختصاصی طراحی شده باشند.



شکل ۴- نمونه ای از فیلترهای فشرده

جدول ۸- مشخصات فنی فیلترهای فشرده

مشخصات فنی	فیلتر فشرده
۵۹۲ x ۵۹۲ (default)	ابعاد (W x L) mm
Up to ۶۰۰	ضخامت (mm)
Injection moulded plastic	قاب
EN ۷۷۹:۲۰۱۲, ISO ۱۶۸۹۰:۲۰۱۶	آزمون های عملکردی
M۶, F۷, F۸, F۹, E۱۰, E۱۱, E۱۲, H۱۳ (MERV ۱۱) up to H۱۳ (HEPA class)	کلاس فیلتر
Pleated water-resistant glass fiber media, Synthetic & Cellulose Nano Web	مدیا
second / Third stage	مرحله استفاده
Up to ۳۰	سطح فیلتراسیون (m ^۲)
Polyurethane	واشر
Up to ۶۰۰	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)
Up to ۴۲۵۰	جریان هوای اسمی (m ^۳ /h)



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: *

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• فیلترهای پانلی (Panel filters)

فیلترهای پانلی معمولاً به عنوان فیلترهای مرحله اول برای سیستم های ورودی توربین گاز استفاده می شوند. یک فیلتر پانلی با کارایی بالا با حذف ذرات بزرگتر مانند گرده و سایر آلاینده های درشت و همچنین قطرات آب از مراحل فیلتر پایین دست محافظت می کند. از مزایای استفاده از این فیلترها میتوان به مواردی همچون هزینه پایین، ظرفیت بالای نگه داری غبار و آلاینده، افت فشار اولیه و عملیاتی پایین، استفاده به عنوان پیش فیلتر با عمر بالا، نصب آسان اشاره نمود.



شکل ۵- نمونه ای از فیلتر پانلی

جدول ۹- اطلاعات فنی فیلترهای پانلی

مشخصات فنی	فیلتر پانلی
۵۹۲x۵۹۲(default)	ابعاد (W x L) mm
Up to ۱۲۹	ضخامت (mm)
Plastic moulded, metal	قاب
EN ۷۷۹:۲۰۱۲ and ISO ۱۶۸۹۰:۲۰۱۶	آزمون های عملکردی
G۳, G۴, M۵, M۶	کلاس فیلتر
Glass fiber, synthetic, Cellulose	مدیا
Pre filter/first stage	مرحله استفاده
۲.۳, ۱۲, ۲.۵	سطح فیلتراسیون (m ^۲)
Polyurethane	واشر
۴۵۰ Pa	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)
۴۲۵۰	جریان هوای اسمی (m ^۳ /h)

مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

• فیلترهای کارتريجی

فیلترهای هوای کارتريجی دارای انواع متفاوتی هستند که عمدتاً در مرحله دوم یا سوم به عنوان فیلتر با بازدهی بالا می باشند، و به دو صورت استاتیک و پالسی (فیلترهای خود تمیز شونده)، در طرح های عمودی یا افقی (جریان متقاطع) در دسترس می باشند. این نوع در طیف گسترده ای از مدياها و کلاس های فیلتر تولید می شوند.



شکل ۸- نمونه فیلتر Tenkay
(Square End Cap Cartridge)



شکل ۷- نمونه فیلتر
Cylindrical Cartridge



شکل ۶- نمونه فیلتر
Conical Cartridge



شکل ۹ - فیلترهای چنگه دار
(Twist Lock Cartridge Filters)

۲۰



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

جدول ۱۰- مشخصات فنی انواع فیلترهای کارتریجی

مشخصات فنی	فیلتر های کارتریجی
Galvanized steel	هسته داخلی
Galvanized steel	محافظ خارجی
Galvanized steel	درپوش ابتدایی / انتهایی
EN۷۷۹ -۲۰۱۲, ISO۱۶۸۹۰	آزمون عملکردی
F۷ or MERV ۱۳ up to EPA grade	کلاس فیلتر
Synthetic & Cellulose, Synthetic& Cellulose Nano Web, Fiberglass	مدیا
Second / Third stage	مرحله استفاده
EPDM, Silicone	واشر
Up to ۱۰۰۰ Pa	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)

جدول ۱۱- مقایسه مشخصات انواع فیلترهای کارتریجی

سطح فیلتراسیون (m ²)	کلاس فیلتر براساس EN۷۷۹	H	OD ^۲ (Outer Diameter) (mm)	OD ^۱ (Outer Diameter) (mm)	انواع فیلتر کارتریجی
۳۴.۷	F۷	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵	استوانه ای (۱) استوانه ای (۲)
۳۵	F۹	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵	
۳۴	E۱۰	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵	
۳۴.۷	F۷	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵/۳۲۴	مخروطی (۱) استوانه ای (۲)
۴۶	M۶	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵/۳۲۴	
۳۵	F۹	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵/۳۲۴	
۲۸.۳۴	E۱۰	۶۶۰	۳۲۴	۴۴۵/۳۲۴	
۱۸	-	۵۵۹	-	۳۲۴	استوانه ای
۲۱	-	۶۶۰	-	۳۲۴	
۲۲.۳	-	۷۰۰	-	۳۲۴	
۲۱.۶	-	۵۵۹	-	۴۰.۸	
۲۵	-	۸۶۵	-	۳۲۴	
-	F۷	۸۶۴	-	۳۲۴	Tenkay
-	F۹	۸۶۴	-	۳۲۴	
-	E۱۰	۸۶۴	-	۳۲۴	
۲۵	-	۸۶۵	-	۳۲۴	فیلتر چنگه دار / استوانه ای
۳۴.۳	-	۹۲۵	-	۴۰.۸/۳۲۴	فیلترهای چنگه دار / مخروطی



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

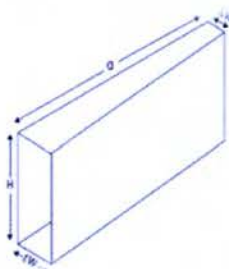
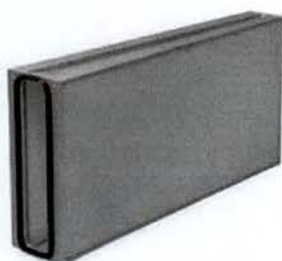
شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین‌های گازی نیروگاهی

• فیلترهای پانلی پالسی (Pulse Panel Filter/V-Cell)

این مدل فیلتر نیز عمدتاً در در مرحله دوم یا سوم فیلتراسیون هوای ورودی توربین‌های گازی با توجه به بازدهی و عملکردی که دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل فیلتر از نوع فیلترهای خودتمیزشونده بوده و در ابعاد استاندارد در شرکت‌های متفاوتی ساخته می‌شوند. البته با توجه به شرایط عملیاتی این مدل فیلترها با مشخصات فنی متفاوت می‌توانند به صورت سفارشی نیز ساخته شوند.



شکل ۱- نمونه‌ای از فیلتر پانلی پالسی

جدول ۱۲- مشخصات فنی فیلترهای پانلی پالسی (خودتمیزشونده)

مشخصات فنی	فیلتر پانلی پالسی
W: ۲۴۴, w: ۱۶۵, H: ۶۱۱	ابعاد (mm)
Up to ۱۲۲۵ (Without gasket)	ضخامت (mm)
Galvanized steel	قاب
Galvanized steel	مش داخلی
EN۷۷۹-۲:۲۰۱۲, ISO۱۶۸۹۰	آزمون‌های عملکردی
F۷, F۸, F۹, E۱۰, E۱۱, E۱۲	کلاس فیلتر
Synthetic, Synthetic Nano, Synthetic & Cellulose Nano Web	مدیا
second / Third stage	مرحله استفاده
۴۰	سطح فیلتراسیون (m ²)
Polyurethan, EPDM	واشر
۱۰۰۰ Pa	افت فشار نهایی توصیه شده (Pa)
Up to ۲۵۵۰, Recommended ۲۵۵۰	جریان هوای اسمی (m ³ /h)





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: *

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۵: تأثیر مناطق جغرافیایی

در انتخاب سیستم های فیلتراسیون در نظر گرفتن محیط عملیاتی از اهمیت بسیاری برخوردار است. تغییر فصول، دوره های بارانی طولانی مدت، طوفان های برف و طوفان های شن، تغییرات در ترکیب گرد و غبار، حشرات، مواد آلی مانند گرده، برگ ها باید در نظر گرفته شوند. همچنین شرایط محلی خاص بر طراحی و مکان فیلتر تأثیر می گذارد. برای باد، آلودگی هوای محلی، ارتفاع از سطح زمین و سایر موارد باید در فرآیند طراحی و انتخاب در نظر گرفته شوند. در جدول (۱۳) فیلترهایی که می توانند برای مناطق مختلف آب و هوایی و آلاینده های متفاوت انتخاب شوند، آورده شده اند.

جدول ۱۳- فیلترهای مورد نیاز برای مناطق و آلاینده های مختلف

شرایط محیطی	آلاینده ها	مراحل فیلتراسیون
مناطق ساحلی	نمک	پیش فیلتر/فیلتر با بازدهی بالا
	آئروسول های برج خنک کننده	کوالسر
	آلودگی زمینی	پیش فیلتر/فیلتر با بازدهی بالا
	آب (باران، مه دریا)	جداکننده پره ای، کوالسر، هود های آب و هوا ^۱
مناطق دریایی	شن	پیش فیلتر/یا فیلتر با بازدهی بالا
	نمک (مرطوب)	کوالسر، جداکننده پره ای
	نمک (خشک)	پیش فیلتر و /یا فیلتر بادهی بالا
	شن	پیش فیلتر و /یا فیلتر بادهی بالا
مناطق فراساحلی (نزدیک به ساحل)	یخ	سیستم ضد یخ: استفاده از هوای کم رسور
	آب (باران، مه دریا، امواج)	جداکننده پره ای، کوالسر، لوور آهای آب و هوا
	نمک	پیش فیلتر و /یا فیلتر با بازدهی بالا
	آئروسول برج خنک کننده	کوالسر
مناطق بیابانی (کویری)	آلودگی های زمینی	پیش فیلتر و /یا فیلتر با بازدهی بالا
	آب (باران، مه دریا)	جداکننده پره ای، کوالسر، هودهای آب و هوا
	شن	پیش فیلتر و /یا فیلتر با بازدهی بالا
	هیدروکربن، دوده و گازهای خروجی	فیلتر با بازدهی بالا
مناطق بیابانی (کویری)	طوفان یا پاشش شنی	پیش فیلتر
	شن	فیلترهای خود تمیز شونده، جداکننده های اینرسیایی
	گرده، مواد چسبنده	پیش فیلتر
	مه، رطوبت بالا	کوالسر، جداکننده محوری پره ای ^۲

^۱ weather hood

^۲ weather louvers

^۳ vane axial separator



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ

صفحه ۱۵ از ۳۰

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

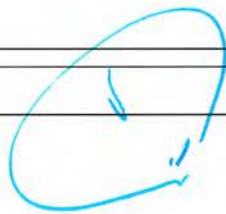
تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: *

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

مراحل فیلتراسیون	آلاینده ها	شرایط محیطی
سیستم ضد یخ، فیلترهای خود تمیز شونده	یخ	مناطق قطبی
اسکرین مخصوص حشرات	حشرات	
هودهای آب و هوایی، فیلترهای خود تمیز شونده	برف	
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	غبار تابستانی	مناطق گرمسیری (استوایی)
هود آب و هوایی، جداکننده محوری، کوالسر	آب (باران)	
اسکرین مخصوص حشرات	حشرات	
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	گرده	مناطق روستایی
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	نمک (نزدیک اقیانوس)	
هود آب و هوایی	آب (باران، برف، مه)	
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا، فیلتر های خود تمیز شونده	گرد و غبار کشاورزی	مناطق شهرهای بزرگ
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	گرده، گرد و غبار زمین و دانه ها	
اسکرین	برگ ها	
سیستم ضد یخ	یخ	مناطق صنعتی
هود آب و هوایی	آب (باران، برف، مه)	
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا، فیلتر های خود تمیز شونده	گرد و غبار کشاورزی	
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	گرده، گرد و غبار زمین و دانه ها	مناطق صنعتی
اسکرین	برگ ها	
سیستم ضد یخ	یخ	
فیلتر بازدهی بالا	دوده، گاز خروجی، دود و بخار	مناطق صنعتی
هود آب و هوایی	آب (باران، برف، مه)	
سیستم ضد یخ	یخ	
کوالسر	آئروسول برج خنک کننده	مناطق صنعتی
پیش فیلتر و /یا فیلتر بازدهی بالا	گرد و غبار زمینی	
اسکرین	برگها	
فیلتر بازدهی بالا	هیدروکربن، دوده و گاز های خروجی	





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: ۰۷۴-۰۲۵-FR

تاریخ صدور: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

مناطق ساحلی، دریایی، فراساحلی (نزدیک به ساحل):

توربین های گازی که در ساحل، درون دریا یا نزدیک به ساحل مورد استفاده قرار می گیرند، تحت عنوان ساحلی، دریایی و فرا ساحلی (نزدیک به ساحل) طبقه بندی می شوند. توربین گازی ساحلی توربینی است که بر روی زمین و در فاصله ۱۶ کیلومتری دریا نصب می شود. در فاصله بین ۱۳ تا ۱۹ کیلومتر از خط ساحلی، غلظت نمک در هوا به سطح معمول یک محیط دور از دریا می رسد. مناطق دریایی و فراساحلی (نزدیک به ساحل) در محدوده داخل دریا قرار دارند. در این طبقه بندی اگر توربین گازی حداقل ۳۰.۵ متر از سطح دریا قرار گرفته باشد، مربوط به منطقه فراساحلی (نزدیک به ساحل) و در فاصله زیر ۳۰.۵ متر، در منطقه دریایی قرار دارد.

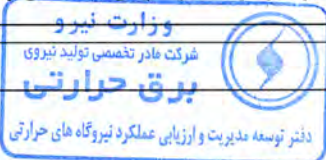
آلودگی اصلی مناطق ساحلی، دریایی و فراساحلی نمک است که می تواند منجر به رسوب و خوردگی شود. در این مناطق به دلیل وجود آب دریا، میزان نمک بالاست. در مناطق ساحلی، نمک به صورت آلودگی های خشک (مناطق با رطوبت پایین تر)، آلودگی های چسبنده (رطوبت بین ۴۰ تا ۷۰ درصد) یا آئروسول مایع (رطوبت بیش از ۷۰ درصد) وجود دارد. در مناطق فراساحلی، معمولاً نمک به صورت ذرات چسبنده یا حالت مایع وجود دارد. مناطق دریایی (نزدیک به سطح اقیانوس) نمک موجود به حالت آئروسول مایع است. در تمام این مناطق، مقدار نمک به سرعت و جهت باد و ارتفاع توربین گازی بستگی دارد.

مناطق ساحلی همچنین دارای آلودگی های محیط زمینی است که باید از هوا خارج شوند. مناطق فراساحلی دارای آلودگی های صنعتی مانند گازهای خروجی، محصولات جانبی تعمیر و نگهداری (مانند گرد و غبار ناشی از شن و ماسه) و هیدروکربن های ناشی از شعله هستند. بسیاری از این ذرات در اندازه زیر میکرون قرار دارند. بنابراین، فیلتراسیون با بازدهی بالا باید مورد استفاده قرار گیرد. مناطق دریایی اغلب آلاینده های بیشتری برای حذف از هوا ندارند. با این حال، هنگامی که یک کشتی در نزدیکی ساحل است، آلودگی های موجود در زمین نیز ممکن است وجود داشته باشند.

سیستم فیلتراسیون برای مناطق ساحلی شبیه سیستمی است که در محیط زمینی استفاده می شود. با این حال، در منطقه ساحلی، مهم است که حذف کننده های رطوبت برای حذف آب و آب نمک و فیلترهایی با بازدهی بالا برای حذف نمک وجود داشته باشند. سیستم فیلتراسیون در مناطق فراساحلی شبیه سیستم فیلتراسیون ساحلی است، اما ممکن است سرعت هوا به دلیل محدودیت اندازه و وزن افزایش یابد.

مناطق بیابانی (کویری):

بیابان به عنوان یک منطقه با آب و هوای گرم و خشک طبقه بندی می شود. در این محیط با پوشش گیاهی کم مقدار گرد و غبار زیادی وجود دارد. طوفان های شن و ماسه شایع هستند و می توانند فیلترها را سریعاً به حداکثر ظرفیت نگهداری گرد و غبار خود برسانند. مناطق اصلی جهان که می توانند به عنوان محیط بیابانی مشخص شوند، در سرتاسر صحرای آفریقا، خاورمیانه و مناطقی از آسیا هستند. اما مناطق کوچکی که دارای غلظت بالا گرد و غبار هستند هم وجود دارند. این مناطق می توانند شامل توربین های گازی نصب شده در نزدیکی معادن، دریاچه های خشک شده، مناطق صنعتی، جاده های خاکی، زمین های خشک، زمین های کشاورزی و سایت های ساخت و ساز باشند. سه شرایط معمولی در بیابان ها وجود دارند: هوای تمیز، گرد و غبار و طوفان های شن و ماسه.





برق حرارتی

مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

گرد و غبار آلاینده های اصلی مناطق بیابانی هستند. این آلاینده ها می توانند شامل شن و ماسه یا دیگر مواد ریز مانند راه های بیابانی باشند. راه بیابانی لایه ای از سنگ های بزرگ است که در کف کویر قرار دارند. در حالی که این سنگ ها در حالت جامد مضر نیستند، می توانند به راحتی توسط انسان یا حیوانات از بین بروند و به ذرات فیزیکی ریز شکسته شوند.

این ذرات می توانند از ذرات بزرگ ($500 \mu m$) تا ذرات با اندازه زیر میکرون باشند. با توجه به فقدان پوشش گیاهی و در نتیجه فقدان محافظت گرد و غبار زمین از باد، این ذرات نسبت به محیط های دیگر، بیشتر وارد هوا می شوند. این امر منجر به غلظت بالای گرد و غبار می شود. سیستم های فیلتراسیون در بیابان ها معمولاً تنها برای حذف گرد و غبار طراحی شده اند. با این حال، برخی از مناطق بیابانی دوره هایی از مه غلیظ و رطوبت بالا را نیز تجربه می کنند. این پدیده به خصوص برای بیابان های نزدیک یک منطقه ساحلی به وجود می آید. رطوبت می تواند بر روی سطوح فیلترهای کارتریجی در سیستم های خود تمیز شونده جمع آوری شده و غبار را به شکل یک روی فیلتر تشکیل دهد. این کیک گرد و غبار می تواند به طور قابل ملاحظه ای بازدهی فیلتراسیون و پالس های تمیز کننده را کاهش دهد. در صورت وجود مه و رطوبت بالا در سایت بیابان، این مسئله باید برای سیستم فیلتراسیون مورد توجه قرار گیرد.

سرعت گرد و غبار در بیابان می تواند از سرعت متوسط (باد کم) تا نسبتاً بالا (طوفان گرد و غبار) متغیر باشد. سیستم های فیلتراسیون معمولی که خود تمیز شونده نیستند، می توانند به سرعت لود شوند و به تعویض مکرر نیاز دارند. همچنین، افت فشار زیاد می تواند منجر به خاموش شدن خط شود. برای جلوگیری از تعمیر و نگهداری دائمی و کار لازم برای تغییر فیلترها، یک سیستم خود تمیز شونده مورد نیاز است. ثابت شده است سیستم های فیلتراسیون بدون فیلترهای خود تمیز شونده به علت هزینه های کار و نگهداری و هزینه های تعویض، هزینه های بیشتری دارند و گران تر می شوند.

مناطق قطبی:

منطقه قطبی با آب و هوای منجمد (کمتر از 0 درجه سانتی گراد) برای مدت زمان طولانی مشخص می شود این منطقه دیگر آلاینده های زمین را نیز دارا است که باید در طراحی سیستم فیلتراسیون در نظر گرفته شود.

یخ زدگی نگرانی اصلی در این منطقه در طول ماه های سرد است. یخ می تواند ناشی از جذب و متراکم شدن برف یا باران های یخ زده و همچنین به دلیل نزول هوای سرد خنک در سیستم ورودی باشد. قرار دادن ورودی برای سیستم فیلتراسیون، کلاهک های ورودی با دهانه های بزرگ (به عنوان کلاهک برف) و فیلتر های خود تمیز شونده برای محافظت در برابر جذب برف و باران های یخبندان کافی است. برای جلوگیری از تشکیل یخ حاصل از نزول هوای سرد، به یک سیستم ضد انجماد مانند دوباره به گردش در آوردن هوای خروجی یا هوای کمپرسور نیاز است.

علاوه بر یخ، آلاینده های فصل گرم نیز باید برای طراحی سیستم فیلتراسیون ورودی مورد توجه قرار گیرند.

مناطق گرمسیری (استوایی):

مناطق گرمسیری به واسطه آب و هوای داغ، رطوبت بالا، باد و باران های موسمی زیاد و حشرات زیاد مشخص می شوند. با توجه به پوشش گیاهی گسترده، نگرانی زیادی از بابت فرسایش وجود ندارد. این مناطق به عنوان مناطق کم گرد و غبار و دارای تنوع کم فصلی به استثناء دوره های شدید بارش تعریف می شوند. هنگام انتخاب سیستم فیلتراسیون مناسب باید تیفون ها، گرد و غبار و حشرات در مناطق استوایی در نظر گرفته شوند.



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ

صفحه ۱۸ از ۳۰



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

مهم ترین آلاینده ها در این منطقه آب (از باران)، حشرات و نمک هستند (اگر محل نزدیک به یک خط ساحلی باشد). گرد و غبار حداقل است، زیرا پوشش گیاهی بیش از حد، گرد و غبار زمین را در برابر باد محافظت می کند. البته همیشه استثناهایی نیز وجود دارد. اگر توربین گازی در یک محل ساخت و ساز نصب شده باشد، سطح گرد و غبار بالاتر از حد طبیعی خواهد بود. همچنین جاده های آسفالت نشده می توانند به ایجاد گرد و غبار در محیط کمک کنند. گرده هم می تواند یک مسئله باشد. به دلیل رطوبت و نم بالا، نمک موجود به فرم آئروسول خواهد بود.

سیستم های تصفیه برای محیط های گرمسیری به طور ویژه برای مقابله با حجم زیاد باران ساخته شده اند. کلاهک های ورودی به عنوان یک محافظت اولیه استفاده می شوند. توری های مخصوص حشرات برای جلوگیری از ورود حشرات استفاده می شوند. این توری ها دارای سرعت پایین هوا (در محدوده ۱.۳ متر در ثانیه) است، که اجازه می دهد حشرات از توری دور شوند. این امر مانع از انسداد جریان هوای ورودی می شود. به دنبال این مرحله ترکیبی از پیش فیلترها، انعقاددهنده ها و جداسازهای پره ای است. سیستم تخلیه آب باید طوری طراحی شود که بیشترین میزان جذب آب را داشته و از خوردگی جلوگیری کند. اگر این کار انجام نشود، آب قادر خواهد بود تا در سیستم فیلتراسیون ورودی پایین تر جریان یابد. هر پیش فیلتر یا فیلتر با بازدهی بالای مورد استفاده باید طوری انتخاب شوند که از عبور آب از طریق فیلتر جلوگیری کنند. اگر اجازه داده شود که آب به فیلتر نفوذ کند، آنگاه می تواند آلاینده های محلول را جذب کرده و آنها را از طریق فیلتر به داخل توربین گاز انتقال دهد. این فیلترها همچنین باید برای آلاینده های مورد انتظار مانند گرده و گرد و غبار جاده انتخاب شوند.

مناطق روستایی:

حومه مناطق روستایی یک محیط متنوع است. بسته به جایی که توربین گاز در این محیط قرار دارد، می تواند در طول سال تحت تأثیر آب و هوای گرم، خشک، باران، برف و مه قرار گیرد. در اکثر ماه های سال، یک محیط غیرخورنده با غلظت های گرد و غبار کم در محدوده (۰.۰۲ تا ۰.۱) (۰.۱ تا ۰.۰۱) تا ۰.۰۵ دانه در $۲۸,۲m^3$ وجود دارد. این مناطق می توانند در نزدیکی یک جنگل محلی و یا در نزدیکی فعالیت های کشاورزی باشد.

آلاینده ها در این محیط بسته به فصل تغییر می کنند. در طول سال، حشرات و ذرات هوایی باید فیلتر شوند. اگر توربین گازی در نزدیکی یک منطقه کشاورزی نصب شود، در طول فصل شخم و برداشت، غلظت گرد و غبار افزایش می یابد. در طی شخم، حشره کش ها و کودها نیز در هوا موجود خواهند بود. در زمان برداشت، ذرات یا غلاتی که از گیاهان قطع می شوند، به هوا منتقل خواهند شد. ذراتی که به توربین گازی انتقال می یابند، نسبتاً کوچک هستند (کمتر از ۱۰ میکرومتر) مگر اینکه بادهای قوی برای حمل ذرات بزرگ وجود داشته باشند. توربین های گازی در نزدیکی جنگل ممکن است غلظت زیادی از گرد و غبار را تجربه نکنند. شاخ و برگ جنگل از گرد و غبار زمین را از برداشته شدن توسط باد محافظت می کند. با تغییر فصل، برف، باران، مه، گرده، دانه ها و حشرات در هوا حضور خواهند داشت. این نوع آب و هوا یکی از متنوع ترین سیستم های فیلتراسیون را در مقایسه با محیط های دیگر نیاز دارد.



۱۲



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۲۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستور العمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

این سیستم ها به طور معمول شامل سه مرحله فیلتراسیون می شوند: کلاhek آب و هوا، پیش فیلتر و فیلتر با بازدهی بالا. کلاhek ها فیلتر را در برابر باران و برف محافظت می کنند. آنها هم چنین مقدار گرد و غبار ورودی به سیستم فیلتراسیون را به حداقل می رسانند. از توری های مخصوص حشرات استفاده می شود، به ویژه اگر حشرات به صورت دسته ای در بخش هایی از سال حضور داشته باشند. پیش فیلتر برای حذف هر گونه گرد و غبار فرساینده موجود در هوا استفاده می شود. این پیش فیلتر هم چنین از بارگیری بیش از اندازه و سریع فیلتر با بازدهی بالا جلوگیری می کند. فیلتر با بازدهی بالا ذرات کوچکتر را حذف می کند. اگر توربین گازی در نزدیکی یک زمین کشاورزی نصب شده است، در طراحی سیستم فیلتراسیون می توان از سیستم های خود تمیزشونده نیز استفاده کرد. این نوع سیستم در هنگام شخم زدن یا فصل برداشت مفید است، زمانی که هوا دارای غلظت بالای غبار فرساینده است. یک سیستم تمیزشونده هم چنین می تواند در یک منطقه با هوای سرد و خشک در فصل زمستان مفید باشد. این فیلتر می تواند به طور مؤثری از تشکیل یخ روی عناصر فیلتر و تحت تأثیر گذاشتن عملکرد توربین گازی نیز جلوگیری کند.

شهرهای بزرگ:

شهرهای بزرگ می توانند تمام انواع تخریب توربین های گاز را تجربه کنند: خوردگی، فرسایش و رسوب. آلاینده های به وجود آمده از بسیاری از منابع مختلف، نیاز به سیستم فیلتراسیون چند مرحله ای را می طلبد. انواع شرایط مختلف آب و هوایی می توانند در طی سال در یک شهر بزرگ رخ دهد. مقدار آلاینده ها در طی فصول مختلف، همان طور که برای مناطق روستایی مورد بحث قرار گرفت، متفاوت است. یک مثال، نمک و یا شن و ماسه ای است که در زمستان روی جاده های یخی ریخته می شود. این شهرها همچنین دود و آلودگی دارند. این مسئله می تواند در مناطق روستایی به علت بادهای زیاد نیز دیده شود، اما در شهرهای بزرگ بسیار متمرکز است. بعضی از ملاحظات دیگر برای شهرهای بزرگ مسئله سر و صدا و خرابکاران (کسانی که اموال عمومی را شکسته یا آتش می زنند) است.

این سیستم یک رویکرد چند مرحله ای با فیلترهای مخصوص نصب شده برای آلاینده های محلی را دارد. به علت تغییرات آب و هوایی همراه با تغییر فصول، در بیشتر مواقع سال از کلاhek ها استفاده می شود. این کار سیستم را از باران، برف و شرایط بادی محافظت می کند. سیستم فیلتراسیون از یک پیش فیلتر و یک فیلتر با بازدهی بالا تشکیل شده است. پیش فیلتر، ذرات بزرگتر فرساینده را حذف می کند. فیلتر با بازدهی بالا به طور معمول از نوع غیر خود تمیزشونده به صورت فیلترهای مستطیلی یا فیلترهای کارتریجی است. سیستم های خود تمیزشونده به علت وجود آئروسول های چسبنده در هوا استفاده نمی شوند. اگر شرایط انجماد مورد انتظار است، فیلتراسیون، یک سیستم ضد انجماد را نیز شامل می شود. مناطق شهری / صنعتی به طور معمول دارای غلظت بالایی از ذرات هوایی نیستند که استفاده از سیستم های خود تمیزشونده را تضمین کند، اما زمانی که این مناطق در مناطق برف سنگین و حداقل آلودگی های چسبنده هستند، سیستم های خود تمیزشونده به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار می گیرند.



۱۲



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

مناطق صنعتی:

بسیاری از توربین های گازی در مناطق صنعتی نصب می شوند. این مناطق می توانند در هریک از محیط های مورد بحث در بالا باشد، اما ملاحظات بیشتری نیاز دارند. چندین منبع انتشار آلودگی در یک محل صنعتی وجود دارد که در به وجود آمدن آلاینده ها کمک می کند و باید از بین بروند. شایع ترین آلودگی در مناطق صنعتی آلاینده های ناشی از از لوله های اگزوز (خروجی) است. این آلودگی می تواند به صورت ذرات، گازها و آئروسول ها باشد. بسیاری از ذرات منتشر شده توسط لوله های اگزوز در محدوده اندازه های زیر میکرون قرار دارند. فیلتراسیون این ذرات دشوار بوده زیرا می توانند بر روی تیغه های کمپرسور جمع شوند و باعث رسوب شوند. گازهایی که از اگزوز منتشر می شوند، می توانند مواد شیمیایی خورنده ای داشته باشند. به عنوان مثال، گازهای خروجی از کارخانه های سوخت فسیلی دارای SO_x هستند، که حاوی گوگرد است. گوگرد یکی از اجزای خورنده است که می تواند به خوردگی داغ در بخش توربین منجر شود. گاز را نمی توان با فیلتر مکانیکی حذف کرد. آئروسول ها هم چنین یک چالش را به وجود می آورند. این مواد به طور معمول در اندازه زیر میکرون بوده و فیلتر کردن آنها دشوار است. بسیاری از این آئروسول ها چسبنده هستند و هنگامی که توسط فیلترها حذف نمی شوند، به تیغه های کمپرسور، نازل ها و دیگر سطوح می چسبند. یک مثال از این مورد می تواند رسوب روی تیغه کمپرسور ناشی از بخارات روغن باشد. مناطق صنعتی هم چنین می توانند آلاینده هایی را تجربه کنند که به طور معمول دیده نمی شوند، مگر اینکه در نزدیکی یک منبع محلی. برخی نمونه های این آلاینده ها گرد و غبار حاصل از عملیات معدن، کارخانه های چوب بری، ریخته گری و سایر امکانات صنعتی می باشند. هم چنین، اگر توربین گازی نزدیک یک مجتمع پتروشیمی باشد، ممکن است هوا با مواد شیمیایی خاصی آلوده شود. این مواد شیمیایی می توانند خواص خوردگی داشته باشند. یک مسئله مشترک بین تمام نقاط صنعتی این است که ورودی سیستم فیلتراسیون تحت تأثیر انتشار گازهای کارخانه های محلی قرار می گیرد. این وضعیت به طور معمول نیازمند یک سیستم فیلتراسیون قوی تر است که بتواند ذرات ریز موجود در هوای ورودی را حذف کند. یک راه برای کاهش میزان انتشار گازهایی که در هوای ورودی جذب می شوند این است که جریان هوا ورودی را طوری جهت دهیم که دور از این منابع انتشار محلی باشند. به عنوان مثال، اگر منطقه صنعتی نزدیک یک محل ذخیره سازی باز زغال سنگ باشد، توربین گاز برای حذف گرد و غبار زغال سنگ موجود در هوا باید دارای پیش فیلتر و فیلتر با بازدهی بالا باشد. یکی از آلودگی هایی که اغلب در هوای مناطق صنعتی وجود دارد، آئروسول های چسبنده است. این آئروسول ها می توانند از بخارات روغن از سیستم های روانکاری یا هیدروکربن های ناشی که از لوله های گاز خروجی (اگزوز) خارج می شوند، باشند. خارج کردن این آئروسول ها از هوای ورودی بسیار مشکل بوده و اغلب منجر به ایجاد رسوب بر روی تیغه کمپرسور می شوند. فیلترهای با بازدهی بالا باید برای پایین آوردن اثرات این آئروسول ها در توربین گازی مورد استفاده قرار گیرند، اما یک برنامه منظم برای تمیز کردن تیغه کمپرسور و به حداقل رساندن اثر فرسایش در عملکرد توربین گاز نیز مورد نیاز است.



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ

صفحه ۲۱ از ۳۰



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۶: آزمون های تکمیلی برای کنترل کیفیت فیلترهای هوای توربین

جدول ۱۴- لیست برخی از آزمون های تکمیلی

شماره استاندارد	آزمون های مدیای اصلی
ISO ۹۲۷۷	Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption — BET method
ISO ۱۵۹۰۱	Pore size distribution and porosity of solid materials by mercury porosimetry and gas adsorption — Part ۱: Mercury porosimetry Part ۲: Analysis of nanopores by gas adsorption
ISO ۹۰۷۳	Nonwovens — Test methods
ISO ۹۲۳۷	Textiles — Determination of the permeability of fabrics to air
ISO ۹۸۶۵	Textiles — Determination of water repellency of fabrics by the Bundesmann rain-shower test
ASTM D۷۷۴	Standard Test Method for Bursting Strength of Paper
ISO ۱۱۰۵۷	Air quality — Test method for filtration characterization of cleanable filter media
ISO ۱۹۷۴	Paper — Determination of tearing resistance — Elmendorf method
ISO ۸۱۱	Textiles — Determination of resistance to water penetration— Hydrostatic pressure test
DIN ۵۳۴۳۸	Testing of combustible materials; response to ignition by a small flame; general data
شماره استاندارد	آزمون های قطعات آب بندی
ASTM D۵۱۸	Standard Test Method for Rubber Deterioration-Surface Cracking (Withdrawn ۲۰۰۸)
ASTM D۴۰۱۴	Standard Specification for Plain and Steel-Laminated Elastomeric Bearings for Bridges
ASTM D ۸۱۳	Standard Test Method for Rubber Deterioration—Crack Growth
ASTM D۶۲	Standard Test Method for Tear Strength of Conventional Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers
ASTM D۴۷	Standard Test Method for Rubber Property—Effect of Liquids
ISIRI ۹۱۱	Plastics- Determination of water absorption
ASTM D۵۷۰-۲۲	Standard Test Method for Water Absorption of Plastic
ASTM D۴۲۹	Standard Test Methods for Rubber Property—Adhesion to Rigid Substrates

وزارت نیرو

شرکت مادر تخصصی تولید نیروی

برق حرارتی

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

ISO-۴۸	Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of hardness (hardness between ۱۰ IRHD and ۱۰۰ IRHD).
ISO-۸۱۵	Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of compression set -- Part ۱: At ambient or elevated temperatures
آزمون های مربوط به نانوفیلترها	
AFM, SEM, TEM	Determination of <ul style="list-style-type: none"> • nano fiber diameter • Shape of nano fibers • Nanofiber thickness
FTIR, XRD	Type of nanofibers
XRD, DSC	Crystal structure, degree of crystallinity nanofiber
Base weight(grammage)	
TGA test	Thermogravimetric analysis
DSC Test	Differential Scanning Calorimetry
INSO ۲۱۰۰۸	Nanotechnology – Air filter media containing nanofibers for filtration of particles – Characterization, performance and test methods



۲



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۷: مقایسه استانداردهای EN۷۷۹-۲۰۱۲ و EN۷۷۹-۲۰۰۲

جدول ۱۵- کلاس بندی فیلترها مطابق با استاندارد EN۷۷۹-۲۰۰۲

class	Final test pressure drop (Pa)	Average arrestance (A_m) of synthetic dust %	Average efficiency (E_m) of $0.4 \mu m$ particles %
G ^۱	۲۵۰	$50 \leq A_m < 65$	-
G ^۲	۲۵۰	$65 \leq A_m < 80$	-
G ^۳	۲۵۰	$80 \leq A_m < 90$	-
G ^۴	۲۵۰	$90 \leq A_m$	-
F ^۵	۴۵۰	-	$40 \leq E_m < 60$
F ^۶	۴۵۰	-	$60 \leq E_m < 80$
F ^۷	۴۵۰	-	$80 \leq E_m < 90$
F ^۸	۴۵۰	-	$90 \leq E_m < 95$
F ^۹	۴۵۰	-	$95 \leq E_m$

- فیلترهای هوا طبق استاندارد EN۷۷۹:۲۰۰۲ بر اساس بازدهی متوسط آنها در طول عمر فیلتر طبقه بندی شده اند. در حالی که در EN۷۷۹-۲۰۱۲ علاوه بر بازدهی متوسط، مقادیر حداقل بازدهی برای فیلترهای با گرید F در نظر گرفته می شود.
- استاندارد تجدید نظر شده EN۷۷۹-۲۰۱۲ با معرفی حداقل راندمان برای فیلترهای ریز (F^۷-F^۹) نتایج بهتری ارائه می دهد.
- EN۷۷۹:۲۰۱۲ فقط برای فیلترهای درجه F^۷ تا F^۹ حداقل کارایی را در نظر گرفته و برای تعریف واضح تر، فیلترهایی که در استاندارد نسخه ۲۰۰۲ به عنوان F^۵ و F^۶ طبقه بندی می شوند، در استاندارد ۲۰۱۲ در یک گروه فیلتر با بازده متوسط به M^۵ و M^۶ قرار می گیرد.
- در نسخه ۲۰۰۲ یک آزمون برای تخلیه الکترواستاتیک اولیه مدیا یا فیلتر گنجانده شده است، که این نتیجه در گزارش ۲۰۰۲ ارائه شده است اما هیچ ارتباطی با گرید فیلتر ندارد.
- در نسخه ۲۰۰۲ فقط میانگین arrestance یا بازدهی متوسط طبقه بندی فیلتراسیون را تعریف کرد، نسخه ۲۰۱۲ نتیجه تخلیه الکترواستاتیکی را در بر می گیرد و فیلتر را بر اساس حداقل میانگین بازده، بازده متوسط، راندمان اولیه جدید و راندمان ابتدایی تخلیه الکترواستاتیک درجه بندی می کند.





مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

- اگرچه خروجی گزارش هر دو نسخه یکسان به نظر می رسد، اما به عنوان مثال در صورتی که فیلتری با راندمان متوسط ۹۸٪ به گرید F۹ در EN۷۷۹:۲۰۰۲ اختصاص داشته باشد و دارای initial discharged efficacy ۳۰٪ باشد، طبقه بندی جدید آن در M۶ EN۷۷۹:۲۰۱۲ خواهد بود.

جدول ۱۶- جدول مقایسه ای طبقه بندی انواع فیلتر براساس استاندارد EN۷۷۹-۲۰۱۲ و ISO ۱۶۸۹۰

Filter Classes	ePM _۱	ePM _{۲,۵}	ePM _{۱۰}	Coarse
G _۱	-	-	-	-
G _۲	-	-	-	۳۰٪-۵۰٪
G _۳	-	-	-	۴۵٪-۶۵٪
G _۴	-	-	-	۶۰٪-۸۵٪
M _۵	۵٪-۳۵٪	۱۰٪-۴۵٪	۴۰٪-۷۰٪	۸۰٪-۹۵٪
M _۶	۱۰٪-۴۰٪	۲۰٪-۵۰٪	۶۰٪-۸۰٪	>۹۰٪
F _۷	۴۰٪-۶۵٪	۶۵٪-۷۵٪	۸۰٪-۹۰٪	>۹۵٪
F _۸	۶۵٪-۹۰٪	۷۵٪-۹۵٪	۹۰٪-۱۰۰٪	>۹۵٪
F _۹	۸۰٪-۹۰٪	۸۵٪-۹۵٪	۹۰٪-۱۰۰٪	>۹۵٪

جدول ۱۷- جدول طبقه بندی براساس استاندارد ISO ۲۹۴۶۱

Class	Group	ISO ۲۹۴۶۱ (all parts) MPPS efficiency	ISO ۱۶۸۹۰ (all parts)			
			ePM _{۱, min}	ePM _{۲,۵, min}	ePM _{۱۰}	Initial gravimetric arrestance A _{۱۰۰}
ISO T _۱	Coarse					۲۰٪ < A _{۱۰۰} < ۵۰٪
ISO T _۲						≥ ۵۰٪
ISO T _۳						≥ ۷۰٪
ISO T _۴						≥ ۸۰٪
ISO T _۵	ePM _{۱۰}			≥ ۵۰٪		
ISO T _۶	ePM _{۲,۵}		≥ ۵۰٪			
ISO T _۷	ePM _۱		≥ ۵۰٪			
ISO T _۸			≥ ۷۰٪			
ISO T _۹			≥ ۸۵٪			
ISO T _{۱۰}	EPA	≥ ۸۵٪				
ISO T _{۱۱}		≥ ۹۵٪				
ISO T _{۱۲}		≥ ۹۹,۵٪				
ISO T _{۱۳}	HEPA	≥ ۹۹,۹۵٪				

وزارت نیرو

شرکت مادر تخصصی تولید نیرو

برق حرارتی

دفتر توسعه مدیریت و ارزیابی عملکرد نیروگاه های حرارتی



صفحه ۲۵ از ۳۰

ابلاغ کننده: عبدالرسول پیشاهنگ



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۳۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

پیوست شماره ۸: نحوه محاسبه سطح فیلتراسیون، نحوه تخمین سطح مؤثر مدیای فیلتر

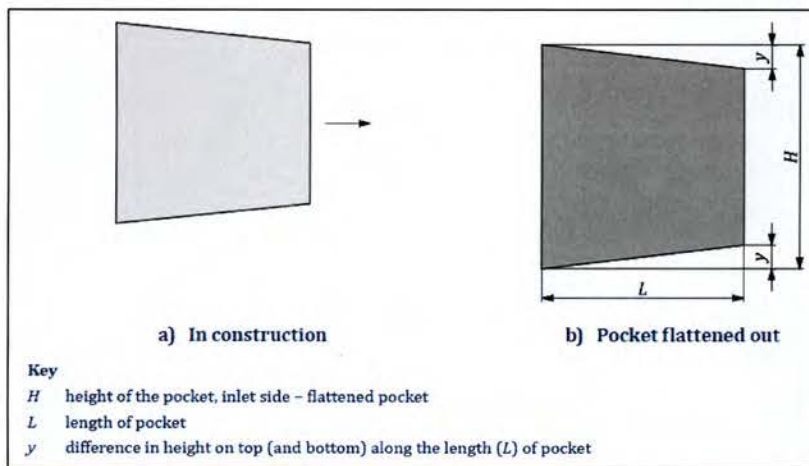
نحوه محاسبه سطح فیلتراسیون برخی از انواع فیلترها در این بخش آورده شده است.

اگر شکل کیسه ها / چین ها به طور قابل توجهی از این نقشه های شماتیک منحرف شود، باید یک تخمین اضافی متناسب با شکل استاندارد انجام شود و این موضوع باید در گزارش توضیح داده شود.

(برای اطلاعات تکمیلی به استاندارد ۱:۲۰۲۱-۲۹۴۶۱۱ ISO مراجعه شود.)

• فیلترهای پاکتی

فیلترهای پاکتی معمولاً (برای یک ماژول کامل، ۵۹۲ میلی متر × ۵۹۲ میلی متر) از مجموعه ای از پاکت ها تشکیل می شوند که به صورت عمودی در یک قاب نصب مطابق شکل (۱۱) قرار گرفته اند.



شکل ۱۱- محاسبه سطح فیلتراسیون فیلترهای پاکتی

مراحل محاسبه سطح فیلتراسیون فیلترهای پاکتی

- هر پاکت را در جهت جریان هوا بکشید تا به طول کامل خود (L) منبسط شود.
- طول هر پاکت را اندازه بگیرید.
- ابعاد پاکت را مطابق شکل اندازه گیری کنید.



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: *

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

- مساحت خالص هر پاکت را محاسبه کنید.

- خطای اندازه گیری را به عنوان محدوده تحمل ناحیه اندازه گیری شده تخمین بزنید.

مساحت خالص پاکت (i) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$A_i = 2 \times (H \times L - y \times L)$$

به دلایل عملی، اندازه گیری ارتفاع پاکت در $L/2$ مجاز است، رابطه بالا به فرمول زیر تبدیل می شود:

$$A_i = 2 \times (H_{L/2} \times L)$$

کل مساحت خالص (1 تا N) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود. که در آن N تعداد کل پاکت ها است.

$$A_{tot} = \sum_{i=1}^N A_i$$

• فیلترهای چین دار (pleated filter)

فیلترهای چین دار معمولاً با فناوری مینی چین یا با چین جداکننده (معمولاً آلومینیوم، پلاستیک یا کاغذ) ساخته می شوند. فیلتر چین دار می تواند از یک بسته چین دار تشکیل شده باشد که تمام مدیاهای فیلتر را شامل می شود، یا ممکن است از چندین بسته که در یک فیلتر کامل مونتاژ شده اند، ساخته شود.



Handwritten signature in blue ink

مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

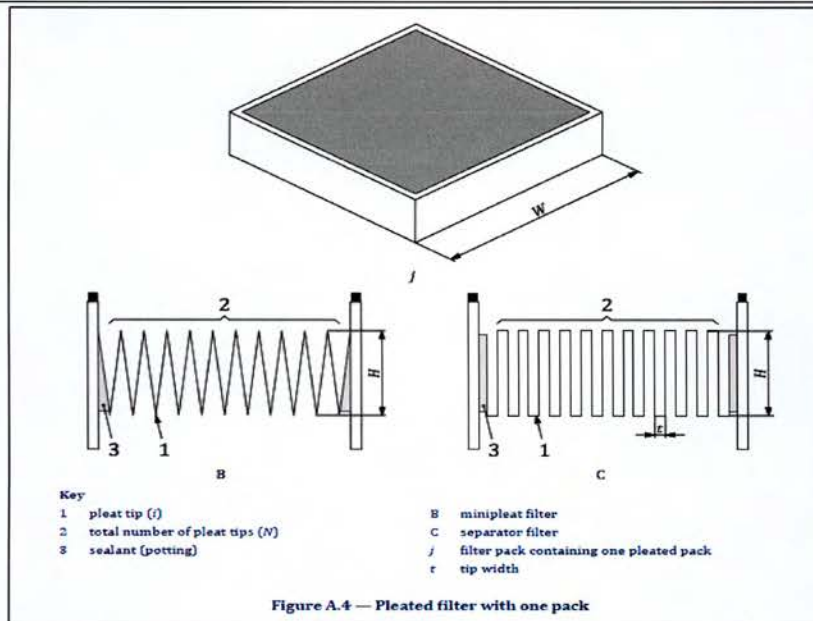
شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدیدنظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی



شکل ۱۲- فیلترهای چین دار یک بسته ای

برای اندازه گیری و محاسبه سطح خالص فیلتر از روش زیر استفاده می شود:

- عرض مؤثر (W) بسته فیلتر (هر کدام) (در جهت چین خوردگی متقاطع) را اندازه گیری کنید.
- ارتفاع (H) بسته مدیای فیلتر هوا (هر کدام) را اندازه گیری کنید. اندازه گیری این مورد می تواند به دلایل عملی دشوار باشد. به جای ارتفاع، عمق چین را می توان با یک نوار کاغذی کوچک یا دستگاه کولیس اندازه گیری کرد.
- عرض مؤثر (W) که باید اندازه گیری شود نباید شامل قطعات آب بندی که روی محیط فیلتر هوا را می پوشاند (در جایی که واضح است هیچ هوایی نمی تواند به محیط فیلتر نفوذ کند) باشد.
- تعداد نوک های چین را در طول مؤثر (جهت چین) بشمارید.
- در مورد فیلتر جداکننده (شکل چین مستطیلی) عرض نوک چین (t) را اندازه بگیرید.
- در مورد فیلتر مینی چین (شکل ۷): (t = ۰).
- در مورد فیلتری متشکل از چندین بسته، مجموع کل همه بسته ها مساحت کل فیلتر است.
- خطای اندازه گیری را به عنوان محدوده تحمل ناحیه اندازه گیری شده تخمین بزنید.

مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴

تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۷ / ۲۳

شماره تجدید نظر: ۰

تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل‌گیری فیلترهای هوای ورودی توربین‌های گازی نیروگاهی

سطح مؤثر خالص چین (i) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

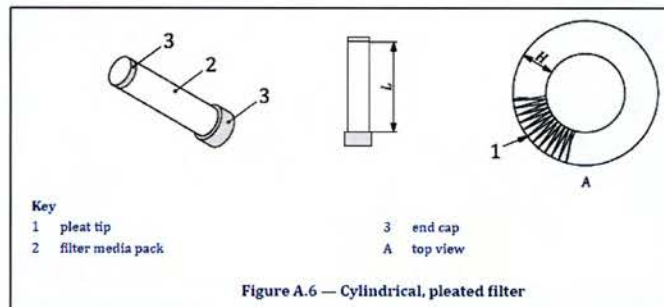
$$A_i = 2 \times (H \times W + t \times W)$$

کل مساحت خالص (1 تا N) با استفاده از فرمول (A.۳) محاسبه می‌شود. که در آن N تعداد کل چین‌ها است.

$$A_{tot} = \sum_{i=1}^N A_i$$

• فیلترهای چین‌دار استوانه‌ای

یک فیلتر چین‌دار استوانه‌ای می‌تواند از یک بسته چین‌دار تشکیل شده باشد که شامل تمام مدیای فیلتر می‌شود، یا ممکن است از چندین بسته (لوله) که در یک فیلتر کامل مونتاژ شده‌اند، ساخته شود (شکل (۱۳)).



شکل ۱۳- فیلترهای چین‌دار استوانه‌ای

برای اندازه‌گیری و محاسبه مساحت خالص فیلتر از روش زیر استفاده می‌شود.

- طول مؤثر بسته فیلتر (L) را اندازه‌گیری کنید.

- ارتفاع مؤثر (H) هر بسته را اندازه‌گیری کنید.

- تعداد نوک چین را بشمارید.

- در مورد فیلتر جداکننده (شکل چین مستطیلی) عرض نوک چین (t) را اندازه بگیرید.

- در مورد فیلتر V شکل (t = ۰)



مدیریت تأمین قطعات یدکی نیروگاهها

شماره سند: FR-۳۵۰-۰۰۷۴
تاریخ صدور: ۱۴۰۲ / ۱۱ / ۲۳

شماره تجدید نظر: -
تاریخ تجدید نظر: -

دستورالعمل بازرسی، آزمون و تحویل گیری فیلترهای هوای ورودی توربین های گازی نیروگاهی

- در مورد فیلتری متشکل از چندین بسته، مجموع کل همه بسته ها مساحت کل فیلتر است.
- خطای اندازه گیری را به عنوان محدوده تحمل ناحیه اندازه گیری شده تخمین بزنید.
- سطح مؤثر خالص چین با استفاده از فرمول ذیل محاسبه می شود.

$$A_i = 2 \times (H \times L + t \times L)$$

کل مساحت خالص ($i = 1$ تا N) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود که در آن N تعداد کل چین ها است.

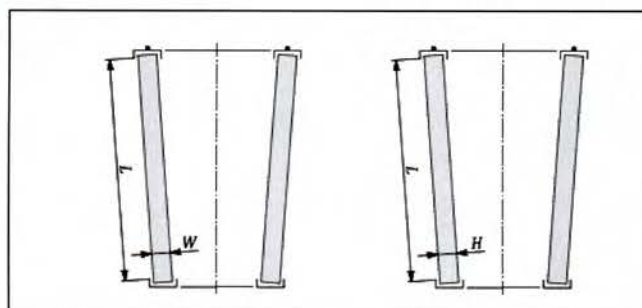
$$A_{tot} = \sum_{i=1}^N A_i$$

- فیلترهای چین دار مخروطی

فیلترهای استوانه ای شکل ممکن است در هر دو انتها قطرهای متفاوتی داشته باشند و از این رو یک شکل مخروطی تشکیل دهند. مساحت خالص فیلتراسیون توسط فرمول ذیل محاسبه می شود.

$$A = 2 \times L \times H \times N$$

که در آن N تعداد کل چین ها و ابعاد L و H بر حسب میلی متر است که در شکل (۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۱۴- فیلترهای چین دار مخروطی

