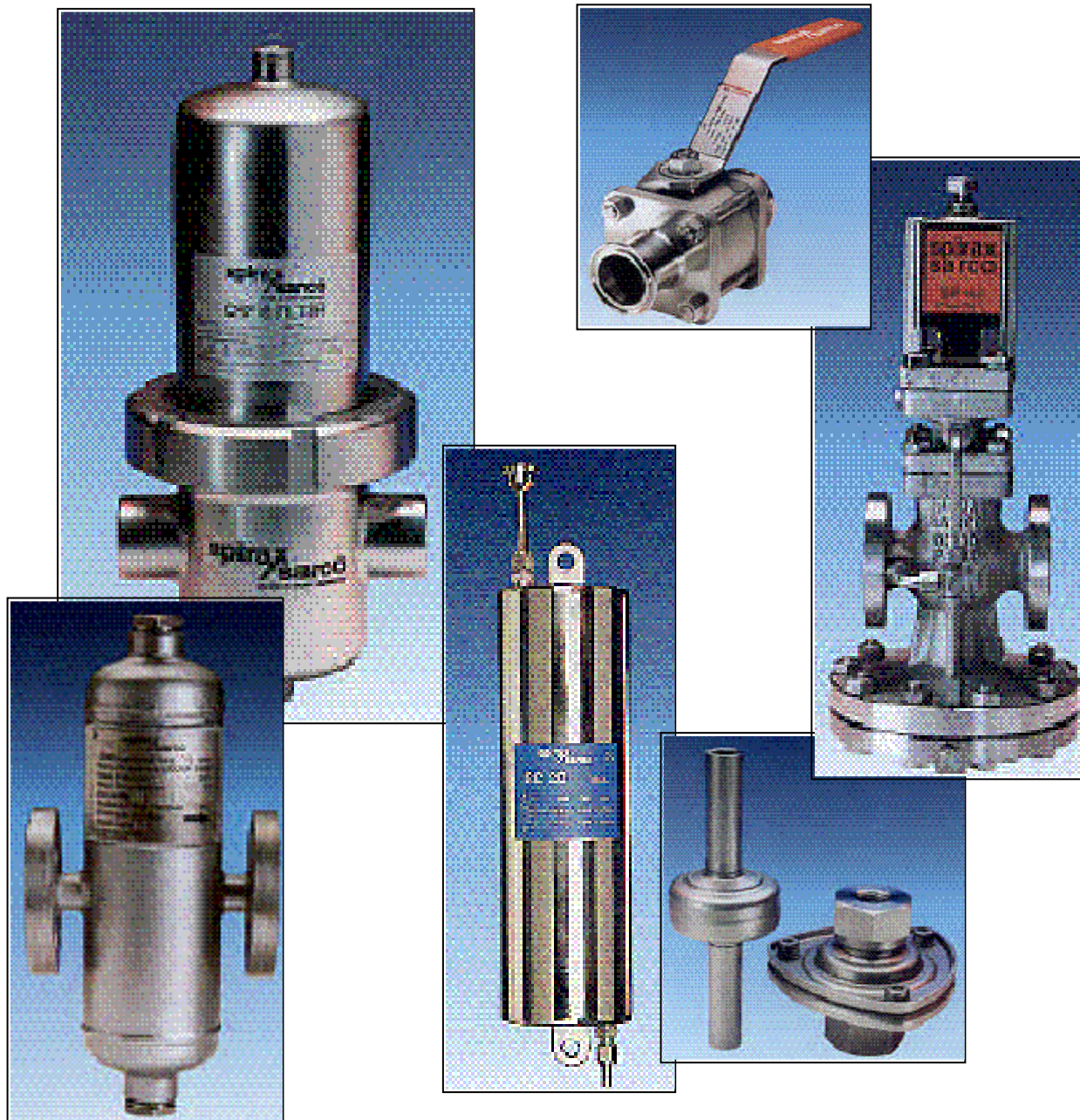


VM Brasil Eng. e com. Ltda.



Guia prático para utilização de vapor sanitário em
Autoclaves Hospitalares

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	3
TIPOS DE VAPOR LIMPO	4
QUALIDADE X PUREZA DO VAPOR	5
O VAPOR EM AUTOCLAVES DE ESTERILIZAÇÃO	7
ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE VAPOR LIMPO	8
NORMAS INDUSTRIAIS	9
NECESSIDADES DO SISTEMA DE VAPOR “LIMPO”	11
CORROSÃO E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	11
ACABAMENTO SUPERFICIAL	12
CONEXÕES	13
DRENAGEM DE CONDENSADO	13
INTERCONEXÕES DE SISTEMAS	15
REUTILIZAÇÃO DO CONDENSADO	15
PONTOS BAIXOS	15
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE MATERIAIS	16
SEPARADORES DE ÚMIDADE	16
VÁLVULAS DE BLOQUEIO	16
FILTROS DE LINHA	17
VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO	17
MANÔMETROS	17
RESFRIADORES DE AMOSTRA	18
PURGADORES	18
FILTROS SANITÁRIOS	19
INSTALAÇÃO TÍPICA	24

INTRODUÇÃO

O vapor é hoje o principal meio de transporte de calor para processos industriais, desde indústrias de bebidas e laticínios até biotecnológicas e farmacêuticas.

O vapor é usado para aquecimento de processos, para esterilização de produtos e equipamentos e ainda para umidificação de ambientes.

Para muitas destas aplicações, a presença de resíduos químicos do tratamento da água de alimentação da caldeira e os detritos arrastados da tubulação, corrosão, sujeira, são perfeitamente aceitáveis no vapor. No entanto, existe um crescente número de aplicações na indústria onde o vapor e outros fluidos de processo devem ter um alto grau de pureza para minimizar o risco de contaminação. O vapor com esta característica é conhecido como vapor “limpo”, que engloba diversos graus de pureza, tais como o vapor puro livre de pirogêneos, para indústria de biotecnologia e farmacêutica, e vapor culinário para indústria de laticínios e alimentícia em geral.

As indústrias que atualmente utilizam vapor limpo incluem:

- Hospitais,
- Biotecnologia,
- Farmacêutica,
- Química fina,
- Alimentícia,
- Laticínios,
- Bebidas,
- Equipamentos eletrônicos.

Nestas o vapor é geralmente utilizado para:

- Operação de autoclaves e esterilizadores,
- Esterilização de equipamentos de processo,
- Esterilização de reatores, tanques e tubulações de sistema,
- Manutenção de barreiras de esterilização em sistemas de bloqueio e sangria,
- Injeção direta e cozimento,
- Pasteurização,
- Umidificação de ambientes.

TIPOS DE VAPOR LIMPO

Existem basicamente três tipos de vapor “limpo”:

- Vapor filtrado,
- Vapor limpo,
- Vapor puro.

As propriedades e características de cada tipo depende principalmente do método de geração deste vapor.

1. O vapor filtrado é gerado em uma caldeira convencional ou por um gerador de vapor dedicado e filtrado por meio de um filtro de altíssima eficiência. Especificações típicas determinam a utilização de filtros com capacidade de remover 100% das partículas maiores que 1 micron e até 99,7% das partículas maiores que 0,2 micra, incluindo sólidos e gotículas líquidas.
2. O vapor limpo é obtido em um gerador de vapor ou através de um destilador de múltiplos estágios, sendo produzido a partir de água deionizada e destilada.
3. O vapor puro é muito similar ao vapor limpo, porém é sempre produzido a partir de água destilada ou deionizada livre de pirogêneos, normalmente definida pela sigla ‘WFI’*.

* *WFI = Water for injection, que significa ‘água para injeção’.*

A água com esta característica, poder ser injetada na corrente sanguínea de um ser humano sem trazer qualquer risco à sua saúde.

Muitas vezes, o termo vapor “limpo” é utilizado para referenciar qualquer um dos três tipos de vapor vistos acima.

É portanto, muito importante saber qual dos três está sendo usado em cada aplicação, uma vez que as características e necessidades técnicas do sistema podem diferenciar muito entre sistemas de vapor filtrado, limpo e puro.

Notem que no decorrer do texto, a expressão vapor “limpo” será utilizada para denotar um ou todos os três tipos básicos, onde a diferenciação entre eles não se fizer necessária.

QUALIDADE X PUREZA DO VAPOR

Neste estágio é importante definir a diferença entre qualidade e pureza. Conforme as normas ANSI/AAMI ST-25-1987 as definições são:

Qualidade do vapor (Título do Vapor):-

“É a razão entre o peso do vapor saturado seco e o peso do vapor saturado seco e da umidade contida na mistura. Por exemplo, se a qualidade do vapor está determinada para ser 95%, então a mistura vapor/água gerada na caldeira será composta de 5 partes em peso de água, geralmente na forma de gotículas, e 95 partes em peso de vapor saturado seco. Da mesma maneira, se a qualidade do vapor é determinada para 100%, não há umidade no vapor gerado na caldeira; 100% do vapor enviado ao processo é saturado seco.”

Conclusão, título do vapor é um indicativo da quantidade de umidade contida no vapor saturado, sendo que quanto menor o valor percentual, maior será a quantidade de umidade contida no vapor.

Pureza do vapor:-

“É a medida quantitativa de contaminação do vapor causada por sólidos dissolvidos, volatilizados ou particulado arrastado no vapor ou nas gotículas contidas no vapor úmido.”

Consequentemente os três tipos de vapor “limpo” (filtrado, limpo e puro) terão diferentes características, resumidas na tabela a seguir.

Características do vapor

	TÍTULO DO VAPOR	PUREZA	
		Partículas	Aditivos da caldeira
Filtrado	entre 85 e 90%	menores que 0,2 micra	Normalmente presente ² .
Limpo	Variável ¹ .	Variável ³ .	Presença limitada ² .
Puro	Variável ¹ .	Variável ³ .	Nenhum ² .

Notem que:

1. A qualidade do vapor filtrado será normalmente maior, porque as gotículas de água maiores serão removidas do vapor através do elemento filtrante. Sistemas de vapor limpo e puro terão a qualidade relacionada com as características de operação do gerador, comprimento e detalhes de instalação do sistema de distribuição de vapor, isolamento, pontos de drenagem, etc.
2. Aditivos da caldeira podem bem estar presentes no vapor filtrado e possivelmente no vapor limpo, mesmo que em quantidades limitadas. Por exemplo, a FDA restringe o uso de certos aditivos, incluindo aqueles para separação de oxigênio dissolvido da água de alimentação, em qualquer vapor que entre em contato direto com produtos alimentícios.
3. Considerando que o sistema de geração e distribuição de vapor foram projetados e instalados corretamente, as partículas contidas no vapor puro serão compostas somente de água. Dependendo do tipo de água de alimentação, o mesmo pode ser assumido para sistemas de vapor limpo.

O VAPOR EM AUTOCLAVES DE ESTERILIZAÇÃO

Equipamento essencial na Central de Materiais Cirúrgicos dos hospitais, as autoclaves de esterilização são responsáveis pela completa eliminação de microrganismos vivos, esporos e vírus, evitando assim, a transmissão de doenças e infecções aos pacientes do hospital.

Para cumprir esta importante função dentro dos procedimentos da Central de Materiais, as autoclaves à vapor têm se desenvolvido muito ao longo dos anos, tornando-se mais eficientes que as autoclaves elétricas ou outros processos de esterilização, tais como à óxido de etileno.

As autoclaves de esterilização podem ser divididas em dois grandes grupos, as autoclaves de remoção de ar por gravidade e as autoclaves de pré-vácuo pulsante.

Em ambos os processos o importante é garantir a retirada de todo o ar do interior da câmara, permitindo que o vapor atinja todas as regiões da câmara e do interior dos pacotes. Isto confere uma temperatura homogênea e consequentemente um menor tempo de exposição dos instrumentos, ao calor.

O vapor, sendo o meio de transporte de calor e umidade, para o processo de esterilização, deve ter as características necessárias ao ótimo desempenho do processo, evitando assim:

- Pacotes molhados, por vapor de baixa qualidade, que impedem o processo de esterilização.
- Diminuição da vida útil dos instrumentos, devido ao longo tempo de exposição dos instrumentos à alta temperatura do vapor.
- Esterilização incompleta, quando utilizamos vapor com baixíssimo percentual de umidade.
- Formação de pontos de oxidação, por impurezas contidas no vapor, que geram alto custo de afiação e reposição de instrumentos danificados por oxidação.

Notamos que o ponto de partida para uma eficiente esterilização em autoclaves a vapor, é o cuidado no projeto, especificação e instalação do sistema de vapor, sendo este proveniente de uma caldeira de vapor ou de um gerador de vapor dedicado.

ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE VAPOR LIMPO

As necessidades básicas para um sistema de vapor “limpo”, com relação ao meio de geração utilizado, podem ser muito bem resumidas desta maneira:

É essencial a distribuição do vapor até o ponto de utilização, com a qualidade e pureza exigida pelo processo.

Para atingir este objetivo, devemos dividir um sistema de vapor “limpo” em três partes de grande importância:

- Geração do vapor
- Distribuição do vapor
- Ponto de utilização do vapor

Projeto do sistema, tubulações, componentes, etc. em todas estas três partes irão influenciar a qualidade do processo ou produto final.

É essencial considerar primeiramente as necessidades do processo, respondendo as seguintes questões:

O vapor deve ser livre de pirogêneos ?

É permitida a presença de aditivos da caldeira ?

Produtos de corrosão podem danificar o processo ou o produto ?

Deve-se prevenir totalmente o risco de contaminação biotecnológica ?

É necessária uma alta qualidade (título) do vapor ?

Através da resposta destas, e talvez outras, questões, podemos estabelecer qual o tipo de vapor a ser utilizado e como serão os aspectos técnicos da geração, distribuição e utilização deste vapor.

Para todos os casos, existem inúmeras práticas a serem consideradas para promover a melhor eficiência do sistema de vapor “limpo”, como veremos adiante.

NORMAS INDUSTRIAIS

Existem diversas normas que tratam do assunto vapor “limpo”, trataremos a seguir das normas mais relevantes,

- 3-A Normas Sanitárias / Guia de recomendações. As normas 3-A foram desenvolvidas para a indústria alimentícia e laticínios principalmente, e tratam do projeto do equipamento em conjunto com um guia de recomendações. A norma 3-A número 609-00 para Métodos de Produção de Vapor de Qualidade Culinária, trata com todos os detalhes e recomendações o projeto de uma estação de filtragem de vapor. Notem que o filtro não vai remover substâncias volatilizadas do processo de tratamento de água da caldeira tais como filmes de aminas.
- FDA (USA Food and Drug Administration). O FDA é o órgão americano regulamentador que controla a produção e comercialização de produtos farmacêuticos, alimentícios e de cosméticos nos Estados Unidos da América. Este também é ativo em muitos outros países, tais como aqueles que produzem para venda aos EUA, que devem obter a certificação da FDA quanto aos sistemas de controle da qualidade. Portanto, o FDA não aprova simples produtos que compõem um sistema, tais como um purgador ou filtro, mas sim concentra sua atenção no sistema de produção como um todo.

Genericamente falando, as regulamentações da FDA são mais enquadradas como guias práticos, que do ponto de vista da engenharia, dependendo muito da interpretação do fabricante de produtos farmacêuticos e também do inspetor da FDA. O que é aceito por um inspetor não é necessariamente aceito por outro inspetor em outra parte do mundo, ou então no mesmo país.

As seções de regulamentações que afetam diretamente as aplicações de produtos para sistemas de vapor são:

Código de regulamentações federais CFR documento 21, parte 210 - (CGMP) Práticas para fabricação, processamento, embalagem e transporte de drogas; parte 211 - (CGMP) Práticas para fabricação para fins farmacêuticos. Mesmo neste parágrafo que tratam de equipamentos que podem estar relacionados com nossos produtos, somente é dito que os equipamentos devem ser construídos e mantidos, limpos e sanitizados para não alterar “... a segurança, identidade, resistência, qualidade ou pureza de drogas além do permitido por lei ou por outras regulamentações.”

Outras seções da FDA que poderiam ser relevantes são aquelas que tratam de materiais de construção e utilização que podem entrar em contato direto com o produto. Estas seções geralmente referem-se a elastômeros, tratamento químico da água da caldeira, etc.

- ANSI/AAMI. A norma ANSI/AAMI ST25-1987: “Guia para indústrias de esterilização a quente de equipamentos médicos”, detalha o fornecimento de vapor para esterilizadores.

A seguir algumas extrações feitas desta norma:

4.2.2.1 Vapor

“... purgadores devem ser instalados para remover o condensado da linha de alimentação do esterilizador.”

“... vapor limpo é mais agressivo no ataque aos materiais de construção... Portanto, considerações devem ser feitas para os materiais dos geradores de vapor limpo, câmaras esterilizadoras, tubulações e outros componentes que entram em contato com o vapor limpo.”

4.2.3.1 Tubulação de distribuição

“... considerações adicionais incluem... de alguma maneira deve-se minimizar a retenção de água no sistema e o desenvolvimento de contaminadores.”

Corrosão e Materiais de Construção

Vapor limpo ou puro produzido a partir de água extremamente pura é altamente corrosivo, ou “faminto por íons”. A natureza corrosiva é melhor explicada pela concentração de íons dissolvidos e pela resistividade teoricamente muito próxima do valor máximo de 18.25 megohm/cm à 25 °C. Desta maneira para restabelecer o balanço iônico, o vapor vai atacar os materiais geralmente utilizados em instalações de vapor. Para combater isto, tubulações, acessórios, válvulas e purgadores devem ser construídos em materiais resistentes à corrosão. Tipicamente, o condensado do vapor limpo tem resistividade entre 2-15 megohm/cm, resultando em rápido ataque à componentes de baixa qualidade.

Um problema comum encontrado em sistemas de vapor limpo ou puro na indústria é o da “oxidação”, que é uma fina camada de ferrugem dos componentes e tubulações. Isto é frequentemente observado em sistema que utilizam aço inox de baixa qualidade, e também por corrosão devido a efeitos galvânicos quando componentes com diferentes ligas estão presentes no mesmo sistema. A menos que tomemos os devidos cuidados com a seleção dos materiais do sistema, a corrosão será o maior problema em termos de:

Contaminação do sistema com o produto da corrosão, que são indesejáveis e mesmo perigosos para o processo ou produto.

Redução brusca na vida útil dos componentes do sistema, aumentando as paradas para manutenção, custo com peças de reposição e prejuízos do sistema inoperante.

Para prevenir estes problemas, o material recomendado é o aço inox AISI 316L/316 (também 316Ti) ou melhor, em todo o sistema, passivado para aumentar a resistência a corrosão.

Mesmo em aplicações de vapor filtrado, tais como em centrais de esterilização de hospitais e indústrias farmacêuticas e laticínios, certos inibidores de corrosão podem ter seu uso vetado no sistema de geração de vapor. Novamente, o condensado pode ser bastante agressivo e devemos considerar este fato na seleção dos materiais. A norma 3-A 609-00 recomenda o uso de aço inox austenítico após a estação de filtragem.

Conclusão:

Instalações de vapor puro, limpo ou filtrado (neste caso, principalmente após a estação de filtragem) devem utilizar aço inox AISI 316L ou de melhor qualidade para prevenir a formação de substâncias da corrosão metálica.

Acabamento Superficial

Nas muitas indústrias que utilizam vapor limpo, tubulações equipamentos e produtos associados devem apresentar um particular acabamento superficial. Este acabamento é especificado pela rugosidade, medida em microns (R_a = unidade de medida de rugosidade) ou expressa pelo número de grit, por exemplo 180 grit. Os seguintes fatores devem ser observados em relação ao acabamento superficial em sistemas de vapor “limpo”:

Área superficial reduzida. Uma superfície polida, apresenta microscopicamente uma área, disponível para corrosão, muito menor. Note que a usinagem e o polimento mecânico geram inúmeras irregularidades na superfície do material, criando diferenças de potencial elétrico, que irão resultar em pontos de corrosão.

Eletropolimento. O eletropolimento (após o polimento mecânico) irá aumentar a resistência à corrosão, por passivação, pela deposição de uma camada de óxido de cromo na superfície do material. Este processo também melhora o polimento da superfície pois remove algumas irregularidades (picos e vales) deixadas pelo processo de polimento mecânico.

Controle de qualidade. Uma superfície com boa qualidade não deve apresentar defeitos, então deve-se prever um sistema de controle de qualidade eficiente.

Facilidade de limpeza. Uma das razões de especificar acabamentos superficiais polidos em sistemas de processo é permitir que o produto ou outro fluido seja facilmente removido da superfície do equipamento e para reduzir as áreas potenciais de estagnação e desenvolvimento de microorganismos. Na maioria das aplicações e em muitas partes dos sistemas, isto não é relevante quando nos referimos ao vapor “limpo”, isto porque o produto não está em contato direto com o sistema de geração e distribuição de vapor. No entanto, onde os componentes de uma linha de vapor tais como um purgador, estão em contato direto com o processo, por exemplo em uma barreira de esterilização ou um sistema de bloqueio e sangria, isto torna-se relevante, pois certamente o produto entrará em contato direto com este componente em algum estágio do processo produtivo. Veremos este assunto com mais detalhes adiante.

Conclusão:

Quando consideramos todos estes fatores, fica claro que a especificação do acabamento superficial será um balanço feito entre o custo adicional, a área de aplicação, a pureza do vapor, a qualidade necessária e muitos outros fatores. Em geral, para sistemas de distribuição o acabamento superficial deve apresentar um mínimo de 150 grit, muitas vezes com eletropolimento. Para pequenos componentes específicos que provavelmente não entrarão em contato com o processo, esta especificação pode ser menos exigente.

Conexões

Onde o fornecimento de vapor para certas partes do sistema ou equipamentos será provavelmente pouco frequente, existe o risco de desenvolvimento de microorganismos em sulcos tais como os das conexões roscadas. Para estas aplicações devemos evitar as conexões roscadas e preferir o uso de conexões de solda de topo, uniões sanitárias ou flangeadas.

Drenagem de Condensado

- A correta e efetiva drenagem de condensado de qualquer sistema de distribuição de vapor é imprescindível para reduzir os riscos de corrosão, erosão, golpes de aríete e ainda incrementar a troca térmica. Isto torna-se ainda mais importante em sistema de vapor “limpo”, onde a ineficiente drenagem do condensado do sistema de distribuição ou do equipamento pode resultar em rápida corrosão dos componentes do sistema e também, sob certas condições, aumentar o risco de contaminação biológica. Consideremos os pontos a seguir:
- A tubulação deve apresentar um inclinação, na direção do fluxo, de no mínimo 2.5 cm a cada 3 m, e ser devidamente ancorada para prevenir deformações na instalação.
- Pontos de drenagem em locais adequados devem ser previstos, por exemplo em finais de linha, a montante de válvulas de controle, e ao longo da linha de distribuição. Ao longo da linha deverá existir um ponto de drenagem a cada 30 m.
- Botas coletoras não devem ser utilizadas, uma vez que permitem o acúmulo de condensado e portanto apresentam um local propício para o desenvolvimento de bactérias, quando o sistema está inoperante.
- O condensado deve ser livremente descarregado pelos purgadores usando gravidade e respiros coletores. Estes coletores devem ter no mínimo 2” ou o dobro do diâmetro da tubulação, o que for maior. Quando o purgador descarrega para um sistema de manifold, o respiro do coletor deve ser colocado na saída do manifold ou o mais próximo possível da saída. Onde o respiro do coletor está em uma sala “limpa” devemos prevenir os riscos de contaminação causados pelo vapor reevaporado que sai do coletor, uma câmara de expansão na saída do manifold e um filtro de descarga.
- Para prevenir o risco de contaminação, a conexão da linha de vapor “limpo” diretamente com a linha de retorno de condensado deve ser evitada.

- Onde o risco de biocontaminação precisa ser minimizado, então devemos especificar produto que apresentem características de auto escoamento. Isto é mais importante em aplicações onde o fornecimento de vapor é frequentemente cessado, e onde os produtos estão conectados a linhas de processos sanitários. Nestas condições, o desenvolvimento de micróbios seria possível em qualquer ponto de acúmulo de condensado ou fluido de processo. No entanto, onde o fornecimento ininterrupto de vapor é garantido, esta necessidade deixa de ser estrita.
- Nunca utilize drenagem coletiva. Sempre utilize um purgador para cada linha de processo, equipamento, etc. Se isto não for observado, invariavelmente haverá refluxo de condensado para o sistema.
- Embora utilizados algumas vezes, purgadores tipo placa de orifício, válvulas manuais parcialmente abertas ou válvulas pneumáticas on/off pulsantes não são métodos aceitáveis de drenagem de condensado.

Placas de orifício foram desenvolvidas para trabalhar com uma específica pressão e vazão de vapor. Se estas grandezas sofrerem variações, teremos o alagamento do sistema ou desperdício de vapor. Ambas as situações podem ser prejudiciais ao processo, uma vez que o alagamento do sistema impede a correta esterilização e a descarga de vapor vivo terá um alto custo, especialmente em se tratando de um sistema de vapor puro. Além disso, a descarga de vapor vivo vai resultar em condensação sobre superfícies frias, aumentando o risco de contaminação biológica.

O maior problema com placas de orifício ou válvulas manuais é que devido a baixa taxa de condensação, típicas de processos de esterilização em autoclaves, o orifício deve ser muito reduzido, facilitando o entupimento do mesmo por algum detrito do processo. Isto irá causar o alagamento do sistema e impedirá a perfeita esterilização.

Também pelo fato de ter um orifício muito pequeno, estes equipamentos são péssimos eliminadores de ar. Portanto, o aquecimento inicial do processo pode ser muito demorado e se o ar não for totalmente removido, pode causar pontos de baixa temperatura e portanto esterilização incompleta.

Pelo que conhecemos profundamente, na descarga de condensado, os mesmos argumentos acima são utilizados para o uso de válvulas de bloqueio, com atuadores automáticos, colocadas no lugar de purgadores. Neste caso, outras desvantagens ocultas são o alto custo da automação do sistema e o rápido desgaste da válvula, principalmente se esta for do tipo diafragma.

Interconexões de Sistemas

Um sistema de vapor “limpo” *não* deve ter comunicação com outro sistema que não apresente características de um sistema sanitário. Por exemplo, o sistema de vapor “limpo” não deve ser conectado diretamente à linha de retorno de condensado do sistema de vapor de geração convencional. Esta prática evita o risco de refluxo e contaminação do sistema assim com o risco de corrosão do condensado do vapor “limpo”.

Reutilização do Condensado

O condensado gerado a partir do vapor limpo ou vapor puro *não* deve ser diretamente reaproveitado como água de alimentação para geradores de vapor limpo/puro. O condensado contaminado de sistemas de vapor limpo/puro deve ser transportado para um local seguro, por exemplo para um tanque de tratamento.

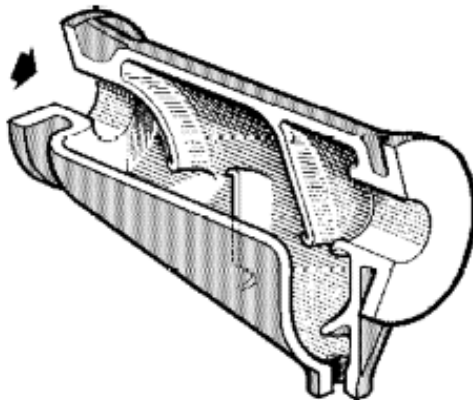
Pontos Baixos

Pontos baixos da tubulação que não estão em contato com o vapor durante a operação normal do sistema devem ser evitados durante o projeto do sistema ou isolados por válvulas de bloqueio. Pontos baixos que estão em contato com o vapor devem ser devidamente drenados por purgadores específicos para evitar os riscos do acúmulo de condensado, tais como golpes de aríete.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE MATERIAIS

Devido à influência do sistema de vapor “limpo” na qualidade do processo ou do produto final, os produtos e acessórios da linha de vapor devem obedecer às recomendações descritas acima, observando algumas características inerentes à cada equipamento, tais como:

Separadores de Umidade

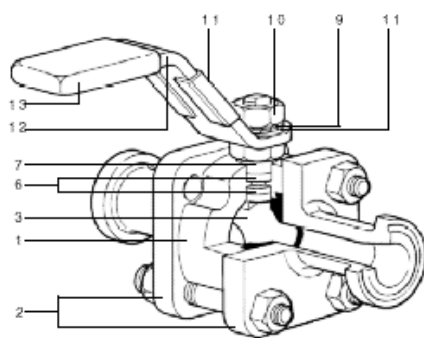


O separadores de umidade, promovem a separação de até 99% da água arrastada pelo vapor na forma de gotículas, que contém a maior porção de produtos químicos e resíduos contidos no vapor saturado. Além de prevenir a contaminação do sistema, a separação de umidade aumenta a eficiência de troca térmica, diminuindo o tempo de processo e ainda protege os equipamentos, tais como, válvulas e filtros, do desgaste prematuro devido ao atrito ou golpes de

aríete. Um eficiente método de separação de umidade é o de queda de velocidade com anteparos que permitem a precipitação do condensado antes que este atinja a saída do separador.

Um sistema de drenagem eficiente deve ser previsto na base do separador.

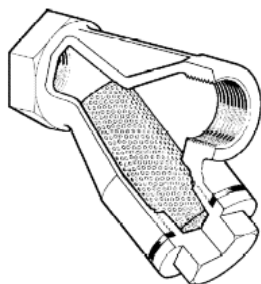
Válvulas de Bloqueio



As válvulas de bloqueio instaladas a jusante do filtro sanitário (vapor limpo) ou em sistemas de vapor puro devem permitir a livre passagem do fluido, conferindo menor tendência ao acúmulo de fluido, tais como as válvulas tipo esfera. Para sistemas de vapor puro, o mais indicado são as válvulas esferas de passagem plena com acabamento eletropolido e com anéis de preenchimento, que impedem o acúmulo de condensado

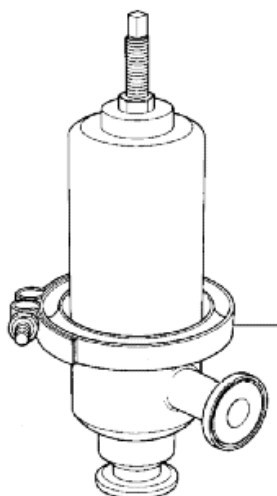
entre esfera e corpo da válvula. O mesmo se aplica ao bloqueio de linhas de produto.

Filtros de Linha



Estes operam como proteção, para prevenir a rápida saturação dos elementos de filtros sanitários e também o desgaste prematuro de válvulas e acessórios. Devem ser instalados a montante de válvulas redutoras de pressão com tela de 1 ou 0,8 mm e a montante de filtros sanitários com tela de 100 ou 200 mesh, preferencialmente na posição horizontal para um menor acúmulo de condensado.

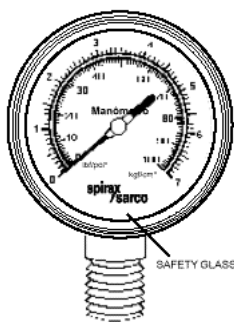
Válvulas Redutoras de Pressão



Sistemas de vapor filtrado podem utilizar válvulas redutoras de pressão convencionais, uma vez que o vapor será filtrado após passar pela válvula. Em sistemas de vapor puro é importante que a válvula obedeça as recomendações citadas anteriormente, quanto ao material do corpo e acabamento superficial, assim como devem possuir a característica de auto escoamento. Para atender estas recomendações, as válvulas serão normalmente do tipo ação direta e angulares.

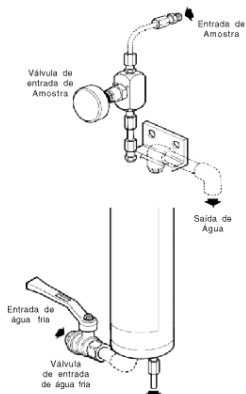
A redução de pressão do vapor é de grande importância para a eficiência do processo, uma vez que o calor latente fornecido ao sistema é maior quanto menor for a pressão do vapor, e principalmente para a segurança do equipamento e seres humanos, visto que os equipamentos em média suportam pressões menores que a pressão de distribuição do vapor. Por exemplo uma autoclave hospitalar suporta em média pressões até 4 barg e normalmente o vapor é gerado à 12 barg na caldeira.

Manômetros



Utilizados para verificar o comportamento do sistema quanto ao ajuste da pressão de trabalho e frequência de limpeza dos filtros sanitários, os manômetros devem ser instalados juntamente com válvulas de pulso que permitem verificar a calibração do manômetro com o sistema em operação e tubos sifão que impedem que a alta temperatura do vapor atinja o manômetro, podendo danificá-lo. Quando após a filtragem, devem ser instalados com selos sanitários que evitam o acúmulo de condensado, necessários em sistemas tipo sifão.

Resfriadores de Amostra



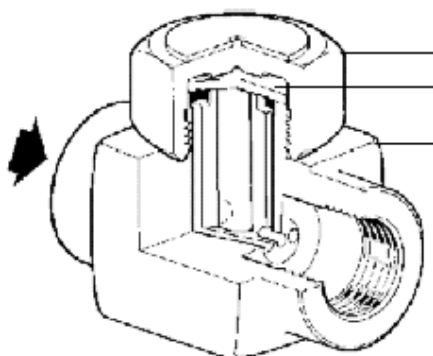
Os resfriadores de amostras, permitem a retirada de amostras de vapor, na forma de condensado, na temperatura padronizada para análise da pureza do vapor e outras características de interesse. O resultado das análises torna-se bastante confiável pois não existe perdas por reevaporação uma vez que a amostra é colhida abaixo da temperatura de 30°C.

Podem ser aplicados também para coleta de amostra de produtos, diretamente na linha de processo.

Purgadores

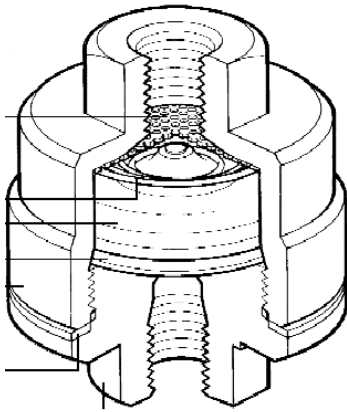
Existem dezenas de modelos de purgadores, cada qual com seu princípio de operação, que se aplicam aos inúmeros processos que envolvam vapor. Relevante para sistemas de vapor limpo são:

1. Purgador termodinâmico



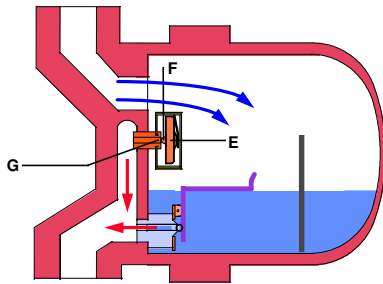
Fabricado totalmente em aço inox, é o mais indicado para drenagem de linhas de vapor ou separadores de umidade. De operação intermitente, através da movimentação de uma única peça móvel, o disco, estes purgadores são compactos, resistentes e descarregam o condensado assim que este se forma no interior do sistema.

1. Purgador Termostático



No interior deste purgador existe um elemento de expansão líquida que opera em função da curva de saturação do vapor. Desta maneira quando existe vapor no sistema, o purgador permanece fechado, quando ocorre a formação de condensado este começa a perde temperatura. Alguns graus abaixo da curva de saturação do vapor, o elemento termostático se contrai, abrindo a sede do purgador e permitindo a saída do condensado. A principal característica deste tipo de purgador, construído totalmente em aço inox, é a capacidade de *auto escoamento*, ou seja quando aberto o purgador permite a saída de todo o condensado, prevenindo a contaminação do vapor pela proliferação de bactérias e outros organismos, quando o sistema não está pressurizado. Por estas razões é o purgador mais indicado para drenagem de filtros sanitários, pontos baixos e drenagem de equipamentos em sistemas de vapor limpo.

1. Purgador de Bóia



Trocadores de calor que utilizam vapor limpo ou outros sistemas que necessitem de um controle fino de temperatura, devem utilizar purgadores do tipo bóia, que permitem uma drenagem contínua do condensado formado, conferindo uma maior estabilidade no controle de temperatura. A diferença construtiva destes em relação aos purgadores de bóia tradicionais é o corpo e internos totalmente em aço inox, para prevenir a corrosão pelo ataque do vapor.

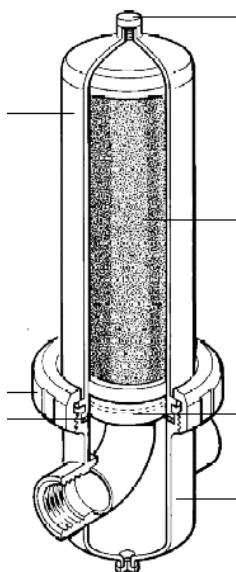
Filtros sanitários

O equipamento mais importante de um sistema de vapor limpo é sem dúvida o filtro sanitário de alta eficiência, pois de sua performance depende a garantia de que o vapor fornecido ao processo irá transportar somente calor e água, na forma de vapor.

Como visto anteriormente as normas recomendam que o vapor fornecido ao processo esteja isento de partículas sólidas com diâmetros maiores que 5μ em processos alimentícios e para processos hospitalares, farmacêuticos e de biotecnologia a exigência é para retenção total de partículas maiores que 1μ .

O filtro sanitário ainda promove a remoção das gotículas de água em suspensão que se formaram após o separador de umidade, por troca térmica com as paredes da tubulação.

O filtro é composto basicamente de um corpo e um elemento filtrante.



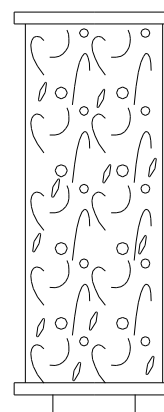
O corpo deve ser de aço inox com acabamento superficial polido e deve permitir o total escoamento do condensado retido para a sua base, a fim de ser prontamente eliminado por um purgador termostático. Neste ponto deve se tomar cuidado especial para *não* utilizar purgadores do tipo bóia ou balde invertido, devido ao acúmulo de condensado no interior destes purgadores ser um ponto de proliferação de microorganismos.

O elemento filtrante deve ser composto de um material poroso que permita a passagem do vapor saturado, retenha as partículas sólidas e as gotículas de água em suspensão no vapor. Existem diversos materiais de composição para estes elementos filtrantes sendo que os principais são:

Fibra de borossilicato,

Aço inox sinterizado.

Apesar de oferecem praticamente a mesma eficiência quanto à retenção de partículas sólidas e remoção de umidade, cada modelo tem suas características particulares:



Fibra de borossilicato

A matéria prima principal é conformada na forma cilíndrica, com o auxílio de uma resina de sustentação. O contato do elemento filtrante com o vapor da linha de alimentação, inicia um processo de decomposição química, que independe da utilização do elemento para filtração, tornando o sistema ineficiente após algumas semanas.

Este processo independe, portanto, da saturação do elemento filtrante, por partículas sólidas e a recomendação é que o elemento seja trocado a cada 6 semanas, por segurança, pois se estes prazos não forem obedecidos, o processo corre o risco de contaminação por ineficiência do elemento filtrante.

Este período pode ser ainda menor quanto maior for a pressão de vapor utilizada no sistema.

Notamos que as paradas do sistema para a troca do elemento filtrante, que não pode ser recuperado, deve ser planejada de forma preventiva, uma vez que não podemos determinar com exatidão o período ótimo para a manutenção do mesmo.

Se considerarmos uma situação média com estoque estratégico para seis meses de operação e uma troca a cada quatro semanas, devemos manter em estoque sete (07) elementos filtrantes, ou de maneira prática a compra de um elemento filtrante a cada 30 dias, independente da carga de operação do sistema.

Aço inox sinterizado

Totalmente em aço inox, este tipo de elemento filtrante é composto por um cilindro de aço inox sinterizado com as extremidades soldadas nos terminais também em aço inox nobre. Por não utilizar outros materiais senão o aço inox, este elemento não sofre deterioração em função do contato com o vapor saturado do sistema.

Sua vida útil de operação é função da saturação do elemento sinterizado, pelo acúmulo de partículas sólidas retidas. Este fenômeno é claramente notado pelo aumento na perda de carga através do filtro. Seguindo a recomendação de instalar manômetros a montante e a jusante do filtro, sendo o manômetro a jusante necessariamente equipado com selo sanitário, podemos determinar a variação na perda de carga através do filtro.

Tendo o processo em regime de operação, com o elemento filtrante isento de impurezas, verifica-se a perda de carga através do filtro, observando a diferença entre a leitura do manômetro a montante e a jusante do filtro. Registra-se este valor, que varia conforme a especificação do diâmetro e grau de filtração do elemento filtrante.

Com o passar do tempo a perda de carga irá aumentar, função da retenção de partículas sólidas no elemento filtrante. Uma pequena porção destas partículas pode ser removida junto com o condensado e descarregada com o condensado, pelo purgador na parte inferior da carcaça do filtro.

Normalmente adotando um valor de 0.7 bar de variação de perda de carga, determina-se o momento de parada do sistema para a limpeza do elemento filtrante.

Valores maiores de variação de perda de carga, conseqüentemente maior tempo de utilização contínua do elemento, podem ser atingidos, porém pode dificultar o processo de limpeza do elemento filtrante devido à profundidade que as partículas podem atingir no interior do elemento filtrante.

Uma vez o elemento filtrante substituído, o processo volta a operar normalmente.

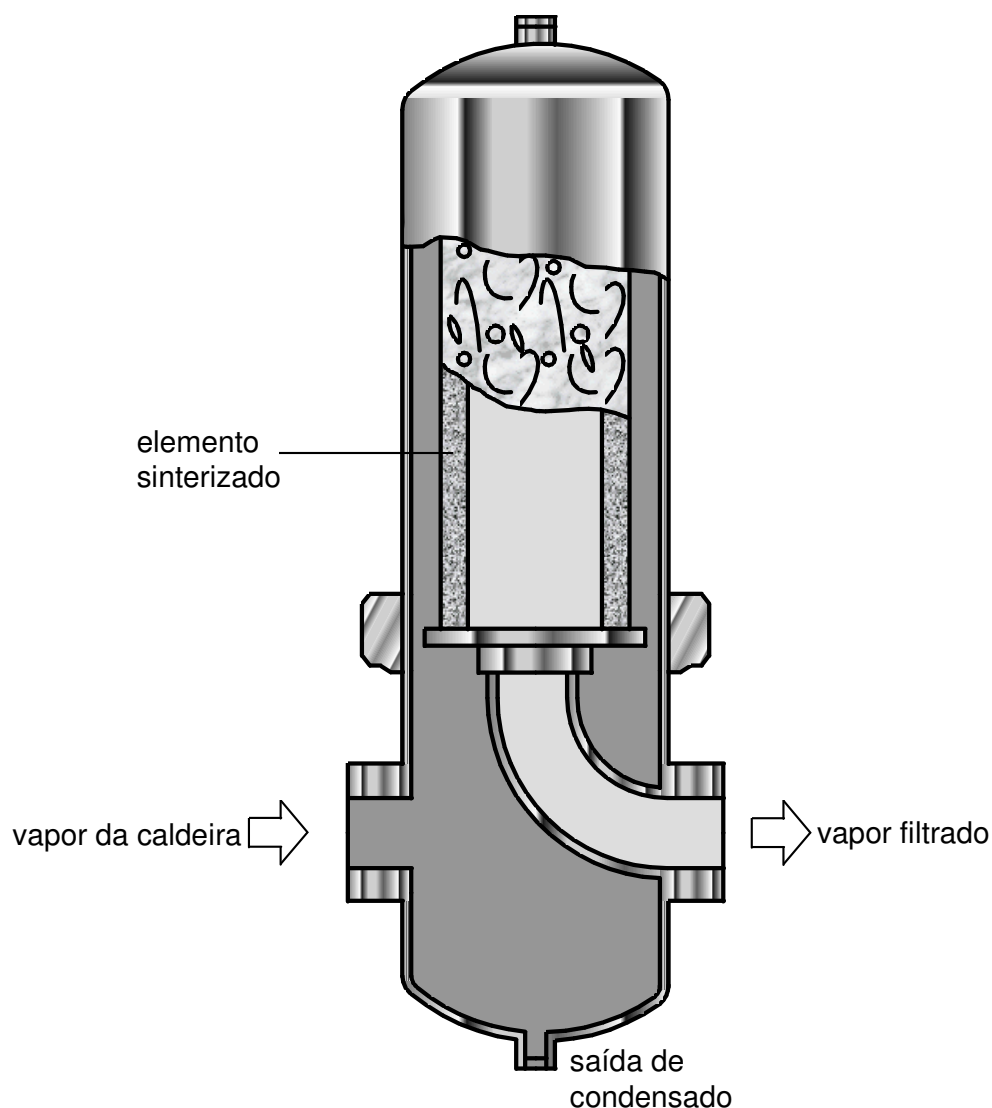
O elemento filtrante saturado deve então ser submetido à um processo de limpeza, para recuperação do mesmo. O processo de limpeza pode ser executado por:

Fluxo reverso de vapor ou ar comprimido, ultrassom e/ou limpeza química em banho de imersão em solução ácida, sendo seguido de lavagem em água

corrente. A eficiência do processo de limpeza depende do tipo e intensidade da contaminação. Uma vez efetuada a limpeza o elemento está pronto para operação.

Desta maneira, para garantir a operação do sistema temos que ter apenas uma carcaça e dois elementos filtrantes, um de operação e um de *stand by*. O elemento filtrante só deverá ser descartado se a variação de perda de carga à que for submetido for muito grande, encrustando profundamente as impurezas de tal forma que seja impossível sua remoção ou quando mesmo após a limpeza a variação de perda de carga ultrapassar os valores estabelecidos.

Como funciona

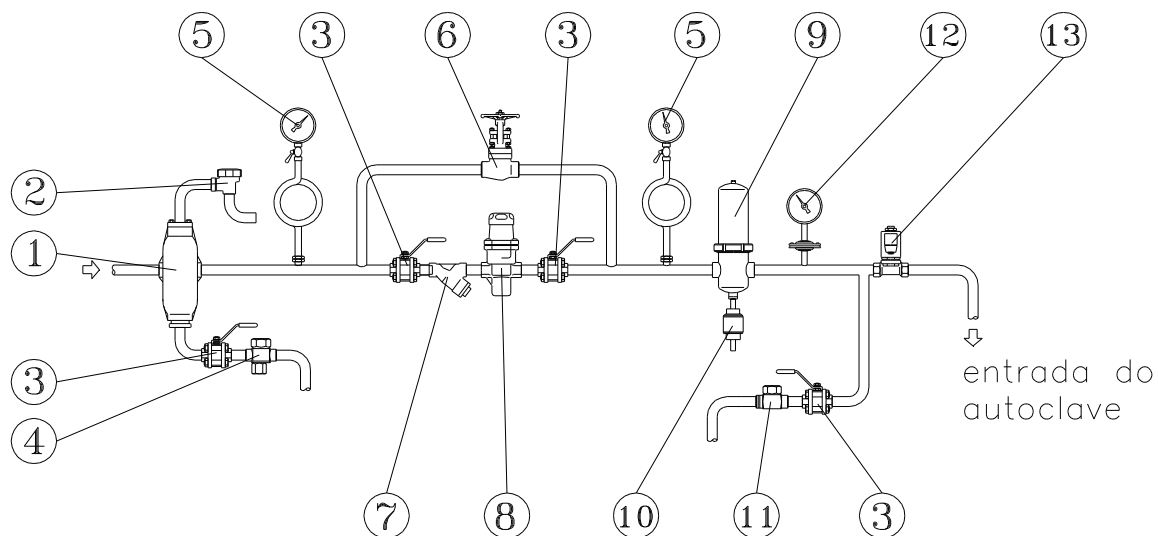


O vapor vindo da caldeira ou do gerador de vapor, após passar pela válvula redutora de pressão atinge a entrada do filtro sanitário. Pelo aumento do volume útil, dentro do corpo do filtro, o vapor perde velocidade, permitindo assim que a umidade presente no vapor se precipite no fundo do corpo do filtro, sendo prontamente descarregada do sistema pelo purgador, como visto anteriormente.

O vapor é direcionado para a parte superior do corpo do filtro, onde encontra o elemento de aço inox sinterizado. Devido a permeabilidade do elemento, que possui eficiência absoluta para retenção de partículas sólidas maiores que 1 micron e efetiva para 99,7% das partículas maiores que 0,2 micra, o vapor atravessa o elemento, liberando-se das impurezas sólidas e da umidade que não tenha se precipitado no fundo do filtro.

Notem que após atravessar o elemento filtrante o vapor não encontra mais cantos vivos ou pontos de acúmulo de condensado até atingir a saída do filtro. Esta geometria garante que durante as paradas não ocorra acúmulo de água que poderia propiciar o desenvolvimento de bactérias e outros contaminantes indesejáveis no processo.

Instalação Típica



ITEM	ESPECIFICAÇÃO
1	Separador de umidade
2	Eliminador de ar termostático
3	Válvula de bloqueio esfera
4	Purgador termodinâmico com filtro incorporado
5	Conjunto manômetro, válvula de pulso e sifão
6	Válvula de bloqueio globo
7	Filtro Y com tela 200 mesh
8	Válvula redutora de pressão
9	Filtro sanitário
10	Purgador termostático sanitário
11	Purgador termodinâmico
12	Conjunto manômetro e selo sanitário
13	Válvula solenóide de alimentação do autoclave