

SISTEMA DE LIMPEZA DE GASES COM FILTRO DE MANGAS HORIZONTAIS: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E AMBIENTALMENTE ADEQUADA AS ETAPAS DO PROCESSO SIDERÚRGICO*

Joaquim Luiz Monteiro Barros¹
Fabiana Moreira Costa²

Resumo

O atendimento as normas ambientais vigentes nos diversos processos das siderúrgicas no Brasil, mais do que uma exigência legal, deve ser um compromisso da empresa com os funcionários, clientes e com a sociedade como um todo. O perfeito dimensionamento do sistema de limpeza de gases e a aplicação de filtros de mangas horizontais é, com certeza, uma alternativa eficiente para solucionar de forma adequada as particularidades e necessidades dos diversos processos siderúrgicos. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para especificação e/ou dimensionamento de um sistema de limpeza de gases baseada em estudos técnicos específicos e experiências práticas. Exemplos com seus resultados de entrada e saída de particulados são apresentados no intuito de ilustrar este trabalho com casos reais.

Palavras-chave: Despoeiramento; Limpeza de Gases; Filtro de Mangas.

GAS CLEANING SYSTEM WITH HORIZONTAL BAG FILTER: AN EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY ADEQUATE ALTERNATIVE TO STEPS OF STEELMAKING PROCESS

Abstract

Compliance with environmental standards in the various processes of steelmaking plants in Brazil, more than a legal requirement, should be a company commitment to its employees, customers and society. The correct design of the gas cleaning system and the application of horizontal bag filters is certainly an effective alternative to solve adequately the special characteristics and needs of several steelmaking processes. This purpose of this paper is to present a methodology for gas cleaning system specification and/or calculation based on technical studies and practical experience. Examples with input and output data are presented to illustrate this paper with real cases.

Keywords: Dedusting; Clean Gas System; Bag Filter.

¹ Engenheiro Mecânico, Mestre em Economia com ênfase em Energia, Pós Graduado em Eficiência Energética, Diretor de Desenvolvimento de Negócios, Kuttner do Brasil, BH, MG, Brasil.

² Engenheira de Energia, Estudante Engenharia Elétrica PUC-MG, Estagiária de Desenvolvimento de Negócios, Kuttner do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Um sistema de limpeza de gases eficiente, confiável, adequado ao ciclo operacional e aos requerimentos ambientais vigentes, além de uma exigência legal, é uma meta na grande maioria das plantas siderúrgicas no Brasil.

Desta forma, uma correta especificação, um criterioso dimensionamento, levando-se em conta as características do processo e do ambiente no qual se encontra a instalação, assim como a utilização de equipamentos eficientes e tecnologicamente avançados, são pontos fundamentais para que a performance do sistema de limpeza de gases atenda as reais necessidades, durante todo o período operacional com elevada disponibilidade, longa vida útil e um baixo custo de manutenção.

O objetivo deste trabalho é apresentar, de forma resumida e prática, os principais componentes de um sistema de limpeza de gases, sua função, assim como uma orientação de como se dimensiona os mesmos. Para o Filtro de Mangas Horizontais será apresentado também, de forma resumida, suas características e vantagens.

Foram utilizados como base técnica para este trabalho, dois estudos e o livro Introdução a Mecânica dos Fluidos, conforme Referência Bibliográfica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão apresentados os principais componentes de um sistema de limpeza de gases e, de forma orientativa como se dimensiona e/ou a funcionalidade dos mesmos.

A metodologia aplicada tem como objetivo fazer com que o leitor tenha acesso a uma visão geral, assim como as principais particularidades e pontos críticos, que devem ser levados em consideração quando se especifica e/ou dimensiona um sistema de limpeza de gases.

2.1 Principais Componentes de um Sistema de Limpeza de Gases

2.1.1 Captores

Dispositivos responsáveis pela captação dos gases a serem limpos / tratados em um ou mais pontos do sistema. A captação dos gases deve-se à ocorrência de diferenças de pressão e a velocidade de captação, sendo um importante parâmetro para a eficiência do sistema. O correto design dos captores é fundamental para que o sistema de exaustão controle efetivamente as contaminações atmosféricas em suas fontes geradoras com a menor vazão possível.

2.1.2 Rede de Dutos

A rede de dutos cumpre o papel de interligar cada captor ao equipamento de limpeza de gases. É de extrema importância o correto dimensionamento de suas seções de escoamento para cada trecho em função de sua velocidade interna. Áreas muito pequenas levam a altas velocidades e a altos desgastes. Áreas muito grandes levam a baixas velocidades e a deposição de material no interior dos dutos. Como velocidade usual em dutos de despoeiramento,

recomenda-se valores entre 15 e 20 m/s. O cálculo do diâmetro do duto é dado pelas seguintes fórmulas (McDonald, 1981):

$$A = \frac{Q}{V} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde A = área em m^2
 Q = vazão em m^3/s
 V = velocidade de fluxo dentro do duto em m/s

Para dutos com seção circular, teremos o diâmetro interno determinado pela fórmula abaixo:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde D = diâmetro em m
 Q = vazão em m^3/s
 V = velocidade de fluxo dentro do duto em m/s

2.1.3 Abatimento de Contaminantes

Em alguns processos, juntamente com os materiais particulados, reações químicas produzem elementos tóxicos cuja emissão para a atmosfera em valores acima dos estabelecidos por lei pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. Desta forma, é necessário a introdução de tecnologias que propiciem a sua redução abaixo dos valores máximos permitidos (Margraf, 2008).

Exemplos de elementos contaminantes são: HF, HCL, SOx, Dioxinas, Furanos, Hg, etc. A sua redução é obtida por meio de injeção de materiais como cal hidratada, bicarbonato de sódio e carvão aditivado por adição direta na tubulação ou em reatores.

2.1.4 Sistema de Resfriamento

Em alguns processos, os gases a serem limpos são gerados e captados acima das temperaturas de operação permitidas nos equipamentos de limpeza de gases e necessitam, portanto, serem resfriados. Este resfriamento pode ocorrer com ou sem a recuperação e reutilização do calor e como principais equipamentos podem ser citados trocadores de calor e válvulas de diluição para entrada de ar de resfriamento. A adição de ar de resfriamento apresenta a desvantagem de aumentar consideravelmente a vazão total e é geralmente utilizada como um recurso emergencial.

2.1.5 Equipamentos de Despoeiramento

Realizam a separação dos particulados sólidos dos gases a fim de atender aos limites de emissões permitidos pela legislação ambiental, podendo ser:

- Ciclones;
- Filtros de mangas;
- Lavadores de gases;
- Precipitadores eletrostáticos.

2.1.6 Ventilador / Exaustor

É o equipamento responsável pelo fornecimento de energia cinética ao gás. O dimensionamento do ventilador deve levar em consideração a vazão necessária e a perda de carga do sistema.

2.1.7 Chaminé

Sua função é de conduzir o fluxo de gases limpos para a atmosfera. Sua altura é determinada para cada tipo de aplicação e de acordo com as normas locais. No dimensionamento do diâmetro da chaminé vale a mesma fórmula utilizada para a rede de dutos, recomenda-se velocidades entre 10 a 15 m/s para se evitar ruídos acima do permitido (Barros, 2015). Em alguns casos é necessária a instalação de silenciadores ou de isolamento acústico em seu corpo, assim como isolamento térmico.

2.2 Filtros de Mangas

Equipamento cujo objetivo é separar o material particulado seco do ar e/ou gases. O processo de filtragem se dá através da passagem do fluxo de gás pelas mangas (elementos filtrantes), proporcionando uma alta eficiência de retenção além de uma elevada confiabilidade operacional.

O gás filtrado sai pelo “pleno de gás limpo” em direção a uma chaminé ou para utilização em algum outro processo enquanto que os particulados retidos nas mangas desprendem-se das mesmas por meio do sistema de limpeza do filtro (usualmente por sopro de ar comprimido), são conduzidos à moega de pó e retirados da mesma geralmente por válvulas rotativas precedidas ou não por transportadores helicoidais ou transportadores de arraste.

Existem muitas alternativas construtivas e características dos filtros de mangas que podem ou não ser selecionadas em função da aplicação e demanda. Dessa forma, a informação dos dados de processo (composição dos gases, composição dos particulados, granulometria dos particulados, vazão, temperatura, pressão e umidade dos gases, etc.) é fundamental para o correto dimensionamento e projeto do filtro (Barros, 2015).

As mangas podem ser fabricadas com diversos tipos de tecidos, formas e dimensões, que devem ser adequadas para atender as aplicações específicas e as condições operacionais. A tabela abaixo apresenta as propriedades dos principais materiais utilizados para fabricação das mangas filtrantes, assim como suas aplicações.

Tabela 1. Características e aplicações dos materiais filtrantes

CARACTERÍSTICA	MATERIAIS FILTRANTES						
	Polipropileno	Poliéster	Acrílico	Aramida	Polifenilsulfeto	Polimida	PTFE
Temperatura de trabalho	90° C	140° C	130° C	200° C	180° C	240° C	250° C
Temperatura máxima	100° C	150° C	135° C	200° C	190° C	240° C	270° C
Abrasão	A	A	A	A	A	A	A
Ácidos	A	NA	A	NA	A	A	A
Alcalinos	A	NA	A	A	A	NA	A
Hidrólise do Calor Úmido	A	NA	A	NA	A	A	A
Oxidantes	A	A	A	A	NA	A	A

A – Aplicável

NA- Não Aplicável.

2.3 Características e Vantagens dos Filtros de Mangas Horizontais

O filtro de mangas horizontais constitui-se em um equipamento sem similares devido às suas inúmeras características técnicas especiais. Este se diferencia dos filtros Standard pelas seguintes características construtivas.

2.3.1 Disposição e Fixação das Mangas

Neste modelo as mangas estão dispostas horizontalmente e a chapa espelho fica na lateral, fazendo a divisão entre o gás sujo e o pleno de gás limpo. As mangas são fixadas em suas duas extremidades, na chapa espelho e na chapa traseira do filtro. Dessa forma, as mesmas não se tocam em nenhum momento (nem durante a limpeza) e não há atrito entre elas, como no caso dos filtros de mangas verticais (Margraf, 2008).

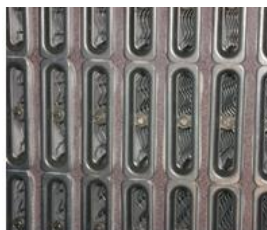


Figura 1. Fixação Mangas / Espelho.

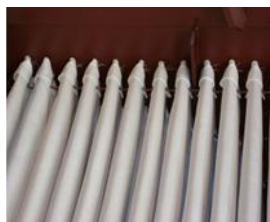


Figura 2. Fixação Mangas / Chapa traseira.

2.3.2 Formato das Mangas e das Gaiolas de Sustentação

Nos Filtros de Mangas horizontais as gaiolas de sustentação têm forma de “8” ao invés da tradicional seção circular. As gaiolas têm menor espaçamento nos

arames de sustentação das mangas (abertura de malha 25 x 25 mm) o que resulta em uma melhor distribuição do carregamento, uma menor solicitação mecânica e uma maior vida útil das mangas. Os quadros de apoio (gaiolas) das mangas possuem um formato pontiagudo no topo de maneira a evitar o acúmulo de pó (Margraf, 2008).



Figura 3. Gaiola de um Filtro.

2.3.3 Limpeza das Mangas

Dependendo da aplicação pode-se utilizar sistemas de limpeza de média ou alta pressão, on-line ou off-line, fixos ou móveis.

O sistema de limpeza fixo, a exemplo do filtro Standard, possui tubos fixos. A diferença é que estes tubos se encontram posicionados verticalmente na frente de cada fileira de mangas e com orifícios direcionados no centro de cada manga. Cada tubo possui uma válvula solenóide que aciona o sopro de ar comprimido para a execução da limpeza das mangas.

O sistema móvel possui um carro de limpeza que se encontra acima e fora do filtro e protegido do ambiente, de forma a não estar sujeito a nenhum tipo de pó ou chuva. O regime de trabalho do carro de limpeza é muito efetivo, tornando a manutenção praticamente desnecessária. O carro de limpeza utiliza ou um ventilador de baixa pressão ou um tanque pulmão de ar comprimido e uma válvula solenóide, eliminando as inúmeras válvulas do filtro tradicional, além de inúmeras saídas digitais do programador. Como o número de válvulas é extremamente reduzido, a manutenção de válvulas solenóides é mínima em comparação a um filtro Standard.

O carro de limpeza se locomove em conjunto com um braço localizado à frente das mangas e que possui orifícios por onde o ar de limpeza é soprado para a limpeza de uma fileira de mangas. Duas fileiras adjacentes à esquerda e à direita da fileira em processo de limpeza são tapadas, interrompendo a filtragem e isolando a fileira em processo de limpeza. O resultado é a limpeza off-line das mangas mesmo sem o uso de compartimentos. Desta forma, o aproveitamento da área filtrante é bem maior, contribuindo também para deixar o filtro ainda mais compacto.

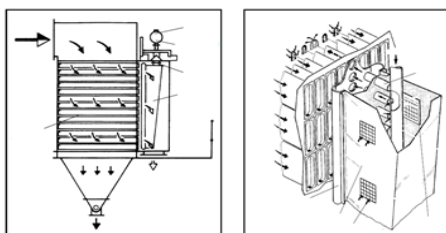


Figura 4. Sistema de limpeza móvel utilizando tanque pulmão e válvula solenóide.

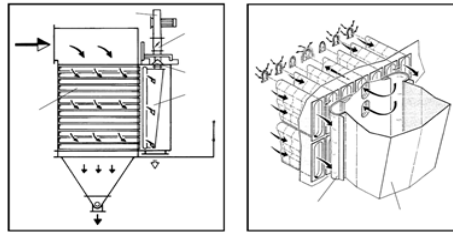


Figura 5. Sistema de limpeza móvel utilizando soprador.

2.3.4 Fluxo de Gás

O arranjo das mangas permite o fluxo do gás sujo descendente, ao invés do tradicional ascendente. O fluxo descendente favorece o transporte do pó em direção à moega. Esta característica permite que a velocidade do gás entre as mangas seja alta, possibilitando que as mesmas sejam instaladas a uma pequena distância umas das outras tornando o filtro mais compacto. Desta forma, o filtro torna-se consideravelmente mais leve e menor do que um filtro Standard para a mesma capacidade de filtragem. As menores dimensões do filtro propiciam, da mesma forma, uma grande redução na estrutura de sustentação. Este benefício se potencializa quanto mais alta for a estrutura metálica de sustentação do filtro (Margraf, 2008).

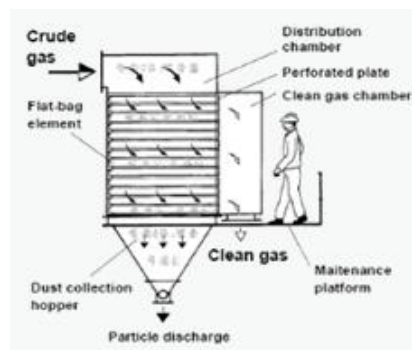


Figura 6. Arranjo esquemático mostrando o fluxo de gás sujo descendente atravessando as mangas montadas horizontalmente.

2.3.5 Distribuição de Gás

Pela construção do filtro é possível uma distribuição do gás igualitária em todas as seções, o que evita sobrecarregar algumas mangas e subutilizar outras.

2.3.6 Separação de Partículas Grossas

O Filtro de Mangas horizontais pode ser construído com um pré-separador de particulados grossos interno evitando o impacto dos mesmos nas mangas e reduzindo assim o efeito abrasivo e aumentando a vida útil das mesmas.

2.3.7 Manutenção – Identificação e troca de Mangas Furadas

A identificação das mangas furadas nos filtros horizontais se dá pelo acúmulo de pó na face interna das portas de visita em frente às mesmas. Nos modelos com sistema de limpeza com tubos fixos, o acúmulo de pó é observado no próprio tubo em frente à manga furada.

No caso de alguma manga furada, é necessário apenas uma breve parada do filtro para a vedação da mesma com uma tampa cega não sendo necessário a sua troca imediatamente.

Devido ao arranjo horizontal e ao certo comprimento das mangas (1.000 a 2.500 mm), o manuseio e troca das mesmas pode ser realizado por uma única pessoa. As mangas são dispostas horizontalmente, o que facilita seu acesso, eliminando a necessidade de subir no topo do filtro, bem como talhas para manutenção e as tradicionais tampas para remoção das mangas filtrantes. A sua retirada é pela lateral do filtro, o que facilita a sua troca, pois o operário não precisa fazer esforço na vertical. Isto se deve ao fato de as mangas adjacentes sustentarem a manga que está sendo retirada. As portas para retirada das mangas na lateral do filtro dificultam a infiltração da água da chuva. Para filtros de até 3 metros de altura é utilizada uma plataforma móvel (Barros, 2015).



Figura 7. Plataforma de manutenção.

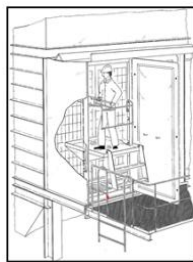


Figura 8. Plataforma de manutenção adicional para filtros de mangas > 3,0 m de altura.

2.3.8 Montagem Final no campo

Para facilitar e acelerar os serviços de montagem de campo, bem como para garantir a qualidade do produto, a montagem final dos módulos de filtração bem como o seu pré-teste são executados na fábrica. Assim, o serviço no campo se limita a retirar com o guindaste o módulo totalmente pré-montado da carreta e posicionar o mesmo sobre a estrutura metálica previamente erguida. Em consequência, os custos e tempos de montagem no campo se reduzem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Exemplos de Instalações de Filtros de Mangas Horizontais

3.1.1 Despoeiramento Secundário – Sinterização

Dados de Projeto:

- Sinterização existente
- Vazão de captação: 320.000 m³/h
- Temperatura de captação: 60 °C
- Geração de particulados: 5 g/Nm³



Figura 9. Instalação de Despoeiramento secundário - Sinterização.

Resultados Obtidos:

Com o correto dimensionamento dos captadores, vazão de captação, dutos, filtro de mangas, exaustor e chaminé, não houve emissão fugitiva visível e conseguiu-se alcançar uma emissão de particulados na chaminé menor ou igual a 20 mg/Nm³.

3.1.2 Despoeiramento Primário – Sinterização

Dados de Projeto:

- Sinterização nova
- Vazão de captação: 113.000 m³/h
- Temperatura de captação: 150 °C
- Geração de particulados: 10 g/Nm³



Figura 10. Instalação de Despoeiramento primário – Sinterização.

Resultados Obtidos:

Com o correto dimensionamento dos captadores, vazão de captação, dutos, filtro de mangas, exaustor e chaminé, não houve emissão fugitiva visível e

conseguiu-se alcançar uma emissão de particulados na chaminé menor ou igual a 50 mg/Nm³.

3.1.3 Despoeiramento Secundário – Sinterização

Dados de Projeto:

- Sinterização nova
- Vazão de captação: 200.000 m³/h
- Temperatura de captação: 90 °C
- Geração de particulados: 10 g/Nm³



Figura 11. Instalação de Despoeiramento secundário – Sinterização.

Resultados Obtidos:

Com o correto dimensionamento dos captadores, vazão de captação, dutos, filtro de mangas, exaustor e chaminé, não houve emissão fugitiva visível e conseguiu-se alcançar uma emissão de particulados na chaminé menor ou igual a 50 mg/Nm³.

3.1.4 Despoeiramento de Manuseio de Carvão

Dados de Projeto:

- Instalação nova
- Vazão de captação: 270.000 m³/h
- Temperatura de captação: 35 °C
- Geração de particulados: 5 g/Nm³



Figura 12. Instalação de Despoeiramento de manuseio de carvão.

Resultados Obtidos:

Com o correto dimensionamento dos captadores, vazão de captação, dutos, filtro de mangas, exaustor e chaminé, não houve emissão fugitiva visível e conseguiu-se alcançar uma emissão de particulados na chaminé menor ou igual a 30 mg/Nm³.

4 CONCLUSÃO

Como conclusão, podemos afirmar que com base na experiência obtida, entre outros projetos, nos exemplos apresentados neste trabalho, que o correto dimensionamento de um sistema de limpeza de gases inicia-se com a coleta dos dados relativos aos materiais contaminantes, quantidade e composição química dos gases, temperaturas e pressões envolvidas, entendimento do processo gerador das emissões, etc. Em seguida, deve-se avaliar os limites de emissões que pretende atingir selecionando a solução técnica adequada à cada aplicação (tipos de captadores, tipo do equipamento de limpeza dos gases, tratamentos necessários para abatimento de contaminantes, necessidades especiais de operação e manutenção, simultaneidades, medidas contra desgastes, medidas contra condensação, medidas contra explosão, etc). Portanto, para cada caso específico deve-se realizar uma análise cuidadosa e buscar-se uma solução adequada e eficiente.

Por fim, este trabalho espera contribuir como mais um instrumento de auxílio e orientação para os profissionais que atuam na área de limpeza de gases.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Margraf R. Separation of gaseous substances by means of fabric filters. Essen: 2º symposium Filtration technology – filtering na eletrostatic particle separation; 2008.
- 2 Barros JLM. Sistemas de Exaustão de Gases e Despoeiramento em Fundições; 2015.
- 3 McDonald At. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro. Guanabara dois; 1981.