

PERFIL DE EQUIPAMENTO



MINI ALTO-FORNO

MINITEC – Minitecnologias Ltda.
Rua Bananal, 405 - 5º andar - Bairro Santo Antônio
CEP: 35500-036 – Divinópolis/MG - Brasil
Fones: +55 (37) 3085-7113 / 3222-7113 - Fax: +55 (37) 3085-7115
e-mail: minitec@minitecnologias.com.br site: www.minitecnologias.com.br

1. INTRODUÇÃO

O Mini Alto-Forno (MAF) é um equipamento competitivo e muito flexível, disponível para a produção de ferro gusa tanto para aciaria como para fundições, com capacidades variando de menos de 80.000 a mais de 300.000 t/ano.

Sua flexibilidade permite a operação com 100% de minério bitolado e com uso de aglomerados (sinter ou pelotas) na composição da carga.

Pode ser projetado para emprego tanto de carvão vegetal quanto de coque como redutor.

2. DESCRIÇÃO

O conceito de MAF corresponde a Altos-Fornos com volume útil de até 350 m³, tendo as seguintes características:

2.1 Sistema de Preparação e Carregamento de Carga



Todas as matérias-primas requeridas no Mini Alto-Forno (MAF) são descarregadas em uma moega de recebimento, de onde são levadas por transportadores de correia até os silos diários, para armazenagem e posterior manuseio no sistema de preparação de cargas.

A preparação de cargas é feita por batelada; o sistema é composto de peneiras e calhas vibratórias, bem como dos silos de pesagem.

O sistema de preparação de cargas pode ser dimensionado para operar com carvão vegetal ou com coque.

O uso de sinter na carga do MAF melhora consideravelmente as condições operacionais, reduzindo o consumo de redutor (carvão vegetal ou coque) e aumentando a produtividade.

Após a pesagem das matérias-primas, as mesmas são levadas ao topo do MAF, com auxílio de correias transportadoras.

Todo o processo de pesagem e carregamento das matérias-primas no topo do MAF é realizado automaticamente, via o sistema supervisor, a partir da cabine de comando do forno.

O sistema que envolve o manuseio e estocagem de matérias-primas é dotado de dispositivos para a captação de pó, coletado em filtro de mangas - é a primeira parte do despoeiramento secundário.

2.2 O Mini Alto-Forno

A carcaça do MAF é construída em chapas de aço carbono de diversas espessuras. Internamente o forno é revestido com tijolos refratários com alto teor de alumina, enquanto o cadinho é revestido com blocos de carbono. A carcaça do MAF é fixada diretamente na sua base de concreto.

As ventaneiras são alimentadas com ar preaquecido (o sopro), a partir da coroa de distribuição, através dos algaravizes, dotados de juntas de expansão e com conexões articuladas.

O número de ventaneiras depende do volume útil do forno e da vazão de sopro especificada.

O MAF é dotado de um único furo de corrida por onde são vazados o metal líquido e a escória. A escória é separada do gusa líquido, na própria bica de corrida, via um sistema apropriado de contenção. Esse sistema está localizado na própria plataforma de operação.

O gusa líquido é vertido para uma panela ou para um carro torpedo, ou ainda lingotado em roda de gusa ou máquina de esteira, enquanto a escória é direcionada para o sistema de granulação. A escória granulada é matéria prima para a indústria de cimento. Alternativamente pode ser usada na pavimentação de ruas e estradas.

Normalmente a carcaça do MAF possui refrigeração externa, por aspersão, em circuito fechado, não sendo econômico o recurso à refrigeração interna - esse é um dos diferenciais de custo de instalação do MAF em comparação ao alto-forno convencional. Já ventaneiras e timpas são dotadas de sistema de refrigeração em circuito fechado, com torres de resfriamento, em tudo semelhante aos grandes altos-fornos.

As áreas de vazamento de gusa líquido e escória são dotadas de sistema de captação de pó - a segunda parte do despoeiramento secundário.

2.2.1 Refratários

O MAF é totalmente revestido internamente por materiais refratários. No cadinho empregam-se blocos de carbono, enquanto rampa e ventre são revestidos com tijolos de alto teor de alumina. Já a cuba é revestida com tijolos silico aluminosos, com cerca de 40 % de alumina. As bicas de corrida e as panelas de gusa são também revestidas com tijolos refratários apropriados. A expectativa de vida dos refratários é da ordem de 5 a 6 anos, definindo a duração da campanha.

O custo mais reduzido do revestimento e a ausência de refrigeração interna (caixas, staves), bem como o prazo relativamente curto para refazer o revestimento refratário de um MAF - 30 a 40 dias, contra 90 dias para os grandes altos-fornos - tornam essa opção de revestimento bastante atrativa em função do investimento específico, quando comparado com as alternativas mais onerosas exigidas pelos grandes altos-fornos.

2.2.2 Topo do MAF

O topo do MAF consiste de:

- Distribuidor rotativo, que permite distribuição uniforme das matérias-primas dentro do MAF.
- Sistema de carregamento / vedação tipo duplo cone ou, alternativamente, com válvulas estanques.
- Distribuidor interno, com palhetas fixas.
- Sistema de equalização
- Sistema de sondagem de carga automático.

Toda a operação do topo do MAF é automática, comandada por PLC, tanto para a operação do distribuidor rotativo, abertura e fechamento dos cones, sistema de equalização e sondagem do nível de carga.

2.2.3 Área de Vazamento

A área de vazamento é dotada de perfuratriz pneumática para a abertura do furo de corrida e de canhão hidráulico de injeção de massa para efetuar o tamponamento do forno. Ambos são projetados para trabalhar sob as severas condições operacionais reinantes nessa área.

Um sistema de aquecimento de painelas é incorporado à área de vazamento, usando-se como combustível parte do excedente do gás de topo do MAF.

A área de vazamento é dotada de um sistema completo de despoeiramento.

2.3 Casa de Máquinas

Esse sistema é responsável pelo fornecimento do ar de sopro requerido no processo produtivo do MAF.

Em versão normal é composto de um conjunto de seis sopradores centrífugos, operando em série, sendo um deles em stand by. A pressão na saída da casa de máquinas é de $1,5 \text{ kg/cm}^2$ (15.000 mm CA), necessária e suficiente para a operação do MAF com minério granulados e para manter adequada pressão.

A pressão de topo do MAF é de até $0,4 \text{ kg/cm}^2$ (4.000 mm CA), suficiente para assegurar uma perfeita limpeza do gás de topo, garantindo teor de sólidos em suspensão abaixo de 10 mg/Nm^3 .



Sopradores em série

Como alternativa aos sopradores em série poderá utilizar-se também turbo sopradores, sendo um em operação e outro stand by.

Todos os parâmetros operacionais são monitorados pelo Sistema Supervisório, incluindo alarmes e proteções em geral.

2.4 Sistema de Aquecimento do Ar de Sopro

O aquecimento do ar de sopro é normalmente feito em preaquecedores metálicos, de projeto exclusivo, contendo dois ou três módulos operando em paralelo.

Os preaquecedores metálicos (glendons) de projeto MINITEC consistem de um conjunto de tubos centrifugados de ligas especiais, soldados segundo método específico, sendo projetados para atingir temperaturas de sopro de até 900 °C.

O combustível utilizado para o aquecimento do ar de sopro é o próprio gás gerado no alto-forno (GAF). Cerca de 45% do volume total do GAF gerado é utilizado para o aquecimento do ar de sopro. Admitindo-se uma perda de 5 %, restam 50 % disponíveis para outros fins, normalmente utilizados para geração de energia elétrica (cerca de 180 kWh por tonelada de gusa produzido).

Os queimadores dos glendons são projetados para operar com o GAF e também com outro combustível auxiliar, necessário durante o start up da instalação.

A operação dos glendons é automaticamente controlada através do Sistema Supervisório localizado na cabine de comando do MAF.

A alternativa aos glendons são os regeneradores cerâmicos (stoves ou "cowpers") capazes de atingir temperaturas de até 1.200 °C. Cumpre notar que a cada 100 °C a mais no sopro corresponde uma economia de 15 a 20 kg de carvão vegetal ou coque por t de gusa.

2.5 Cabine de Comando do MAF

O MAF é dotado de uma cabine de comando climatizada, localizada na plataforma de operação.

Todo o controle da instalação, desde a preparação de carga até o vazamento do gusa líquido, é feito a partir dessa cabine de comando. Dotada de estações supervisórias, todos os parâmetros operacionais são monitorados e registrados automaticamente. Caso algum parâmetro operacional fique fora do pré-estabelecido, correções automáticas são feitas e/ou alarmes são acionados.

2.6 Sistema de Granulação de Escória



Granulação de escória

A escória líquida, separada do gusa no canal de corrida logo após o vazamento, é conduzida para a estação de granulação, locada junto à plataforma de operação do forno.

A escória granulada é estocada e enviada para as indústrias de cimento.

A água utilizada no sistema de granulação é recirculada em circuito fechado, evitando a emissão de efluentes líquidos no processo.

2.7 Sistema de Lavagem de Gases e Sistema de Tratamento de Resíduos

O gás captado no topo do forno (GAF), a uma temperatura variando de 100 a 180 °C é conduzido através de tubulação apropriada ao Balão de Pó, onde as partículas maiores são retidas.

Do Balão de Pó o GAF é conduzido para o Saturador, onde é resfriado e saturado a temperaturas abaixo de 70 °C, mediante intensa pulverização de água.

O GAF já prelavado passa por uma bateria de dois Venturis, sendo um de garganta fixa e outro de garganta variável.

Ao segundo Venturi segue-se um sistema de desumidificação do GAF, que evita o arrastamento de gotículas de água. A concentração de pó no GAF, após o Sistema de Lavagem descrito, será de no máximo 10 mg/Nm³.

Parte do GAF limpo (em torno de 45%) é utilizada para o aquecimento do ar de sopro. O restante está disponível para outras aplicações, como geração de energia elétrica ou substituição de outros combustíveis utilizados na usina.

A água utilizada no Sistema de Lavagem de Gás (SLG) é conduzida para um espessador, para deposição das partículas, seguido de filtro e tratamento químico, visando a sua reutilização no SLG.

A lama decantada no fundo do espessador é conduzida a um filtro prensa; a água separada é reconduzida ao espessador, e o bolo de filtração, com teor de umidade da ordem de 30%, pode ser descartado ou conduzido para uma sinterização.

Uma tocha é instalada para queimar o GAF eventualmente excedente e para controlar a pressão da linha de distribuição. No caso da instalação de Unidade de Geração de Energia Elétrica, a pressão da linha de distribuição é controlada por um pequeno gasômetro ou pela própria tocha.

Todo o Sistema de Lavagem de Gases é automaticamente controlado através do Sistema Supervisório central.

2.8 Sistema de Água

Diversas áreas do MAF requerem água industrial continuamente, em determinadas qualidades, vazões e pressões. Essas áreas são:

- Resfriamento da carcaça do MAF
- Resfriamento das timpas e ventaneiras
- Sistema de Lavagem de Gás
- Sistema de Granulação da Escória
- Sistema de Refrigeração dos mancais do soprador
- Sistema de refrigeração das unidades hidráulicas

Toda a água utilizada é recirculada. Pequenas torres de refrigeração são requeridas no circuito da água de refrigeração das timpas e ventaneiras.

Um tanque elevado de água deve ser instalado para casos de emergência - geralmente falta de energia elétrica.

Os parâmetros principais dos diversos circuitos de água são monitorados através do Sistema Supervisório central, instalado na cabine de comando.

2.9 Sistema de Ar Comprimido

Os principais pontos de consumo de ar comprimido são:

O sistema de equalização do topo do MAF, a perfuratriz do furo de corrida, o filtro de mangas e os cilindros de acionamento das bocas dos silos de pesagem das matérias primas.

Uma estação central de geração de ar comprimido é responsável pelo fornecimento de todo o ar requerido no processo de produção do gusa.

2.10 Sistema Elétrico

O Sistema Elétrico é responsável pelo fornecimento e distribuição de toda a energia requerida pelo MAF.

O sistema é composto de subestações, CCMs, sistemas de iluminação, aterramento etc.

2.11 Instrumentação e Controle

Toda a supervisão e controle do MAF são feitos a partir da cabine de comando, localizada na plataforma de operação. Isto inclui também toda a parte de preparação de carga do MAF.

O sistema é composto de três estações supervisórias e um PLC central.

Diversos instrumentos de campo são instalados para controlar e comandar todos os parâmetros operacionais do MAF.

2.12 Sistema de Controle Ambiental

Devido as características do processo de produção do gusa, atenção especial tem sido dada durante o desenvolvimento do projeto a fim de se adequar a instalação às exigências dos órgãos de controle ambiental.

Efluentes líquidos e sólidos, bem como as emissões sonoras são devidamente tratadas levando sempre em consideração os parâmetros exigidos pela legislação ambiental.

a - Efluentes Líquidos

Todo o sistema de água opera em circuito fechado, a água do lavador de gases é contaminada com o pó retirado do gás de topo. Depois de deixar o lavador a lama é conduzida a um espessador onde é tratada. Esta água é novamente recirculada no processo. O pó retido no espessador é depositado em local apropriado ou reutilizado em processo de sinterização.

b - Efluentes Atmosféricos

I - Fontes de Poluição Atmosférica

As maiores fontes poluidoras nas unidades de produção do gusa são os fumos gerados nas queimas do GAF e no manuseio das matérias primas, quais sejam minério de ferro, carvão vegetal ou coque, fundentes. Outras fontes emissoras são os manuseios dos finos gerados nos processos de peneiramento das matérias primas.

II - Medidas de controle das Emissões Atmosféricas

Os pós gerados no processo produtivo, ou seja, durante o manuseio das matérias primas, produtos, subprodutos e resíduos sólidos em geral, são captados através de sistemas dotados de coifas/tubulações e tratados em equipamentos apropriados tais como filtros de mangas, ciclones, precipitadores eletrostáticos etc. Os padrões de emissão dos MAF MINITEC atendem a todos os parâmetros da legislação em vigor.

Já o GAF coletado no topo do MAF, depois de lavado, é queimado em parte nos aquecedores do ar de sopro; o restante, quando não é usado para a geração de energia elétrica, é queimado em uma tocha, gerando apenas CO₂ e H₂O.

c - Rejeitos Sólidos

I - Escória

O volume de escória gerado no MAF depende diretamente das matérias primas utilizadas, bem como do gusa a ser produzido. Normalmente o volume de escória situa-se entre 100 e 150 kg de escória por tonelada de gusa para operação com carvão vegetal, e 250 a 300 kg/t para operação a coque.. A escória granulada serve como matéria-prima para a indústria de fabricação de cimento.

II - Finos de Carvão Vegetal e/ou Coque

Os finos de carvão vegetal e/ou finos de coque gerados nos processos de peneiramento podem ser reutilizados no sistema de injeção dos MAFs. Os pós coletados nos filtros de manga (pós de carvão vegetal e/ou coque) são também reutilizados no sistema de injeção. Opcionalmente esses pós podem também ser vendidos para as indústrias de fabricação de cimento.

Se a usina dispuser de unidade de sinterização, os finos de carvão vegetal ou de coque serão integralmente aproveitados como combustível na sinterização.

III - Finos de Minério de Ferro

Os finos de minério separados durante o peneiramento são estocados em silos e reutilizados na sinterização. Opcionalmente os mesmos são utilizados em pavimentação de ruas e estradas.

IV - Pó de balão

O pó de balão, gerado na proporção de 10 a 20 kg/t de gusa, é composto de finos de carvão (> 60 %), de minério e de calcário. Sua granulometria situa-se entre 0,2 e 3 mm. Poderá ser integralmente reciclado na sinterização, ou então será depositado, não contendo elementos agressivos ao meio ambiente.

V - Lama do espessador

A lama do espessador, depois de prensada, ocorre na proporção de 3 a 5 kg/t de gusa, contendo basicamente minério, carvão ou coque e calcário, em granulometria muito fina (< 0,2 mm). Poderá também ser reciclado na sinterização ou depositado, não contendo elementos agressivos ao meio ambiente.

2.13 Lingotamento do Gusa Líquido

Quando não é usado diretamente na produção de aço ou em fundição, o gusa líquido é lingotado. São dois os sistemas usuais de lingotamento: em roda ou em esteira.



Esteira para lingotamento de gusa



Roda para Lingotamento de Gusa

3. DADOS DE DESEMPENHO DO MAF

3.1 Parâmetros produtivos do MAF para gusa de aciaria e de fundição

A produção nominal dos diversos tamanhos de Mini Altos-fornos da MINITEC e a análise média do gusa produzido são apresentados nas tabelas a seguir. Os valores apresentados são dados médios e as produções efetivas serão fortemente influenciadas pela qualidade das matérias primas e pela experiência da equipe de operação.

Produção em t/d	Volume Útil do MAF (m ³)			
	175	215	250	350
Carvão vegetal e minério granulado	385	475	550	770
Carvão vegetal e minério granulado + sinter ou pelotas	445	550	635	890
Coque e minério granulado	350	430	500	700
Coque e minério granulado + sinter e/ou pelotas	405	495	575	805

(1) Dados de Projeto

Gusa de Aciaria	Faixa
Carbono	% 3.50 mínimo
Silício	% 0.4 a 1.0 ⁽¹⁾
Fósforo	% depende da análise do Min Fe
Manganês	% 0.10 a 0.50 ⁽³⁾
Enxofre	% 0.05 máximo
Temperatura do gusa líquido	°C 1400 a 1480

(2) Ajustável, de acordo com o produto final requerido.

(3) Depende também da análise do minério de Fe

3.2 - Parâmetros produtivos do MAF para gusa de fundição

Produção em t/d	Volume Útil do MAF (m ³)			
	175	215	250	350
Carvão vegetal e minério granulado	355	435	500	710
Carvão veg. e min. Gran. + sinter ou pelotas	410	500	575	815
Coque e min. granulado	330	400	465	650
Coque e min. Gran. + sinter ou pelotas	375	460	535	750

(1) Dados de Projeto

Gusa de Fundição	Faixa
Carbono	% 3.50 mínimo
Silício	% 1.5 a 3.0 ⁽²⁾
Fósforo	% depende da análise do Min Fe
Manganês	% 0.10 a 0.50
Enxofre	% 0.05 máximo
Temperatura na bica de vazamento	°C 1450 a 1500

(2) Ajustável, de acordo com o produto final requerido

(3) Depende também da análise do minério de Fe

3.3 Características do Ar de Sopro

Temperatura do sopro: 900 °C máxima, no caso de glendons.
 1.200 °C máxima, no caso de cowpers.
 Pressão do sopro: 15.000 mmCA max.

3.4 Gás de Topo

Poder calorífico inferior (base seca): 1.000 kcal/Nm³, no caso de carvão vegetal
 850 kcal/Nm³, no caso de coque.
 Concentração de pó: <10 mg/Nm³, após o sistema de lavagem
 de gás.
 Pressão de topo: 4.000 mm CA max.

4. CONSUMO DAS MATÉRIAS PRIMAS PRINCIPAIS (indicativo)

kg por t de gusa, em base seca

	Carvão vegetal	Coque
Minério de ferro	1.500	1.500
Carvão vegetal / Coque	600	600
Calcário	65	200
Dolomita	35	100
Minério de manganês	40	40

5. CONSUMO DAS PRINCIPAIS UTILIDADES (indicativo)

5.1 Água de reposição (make up), em m³/h

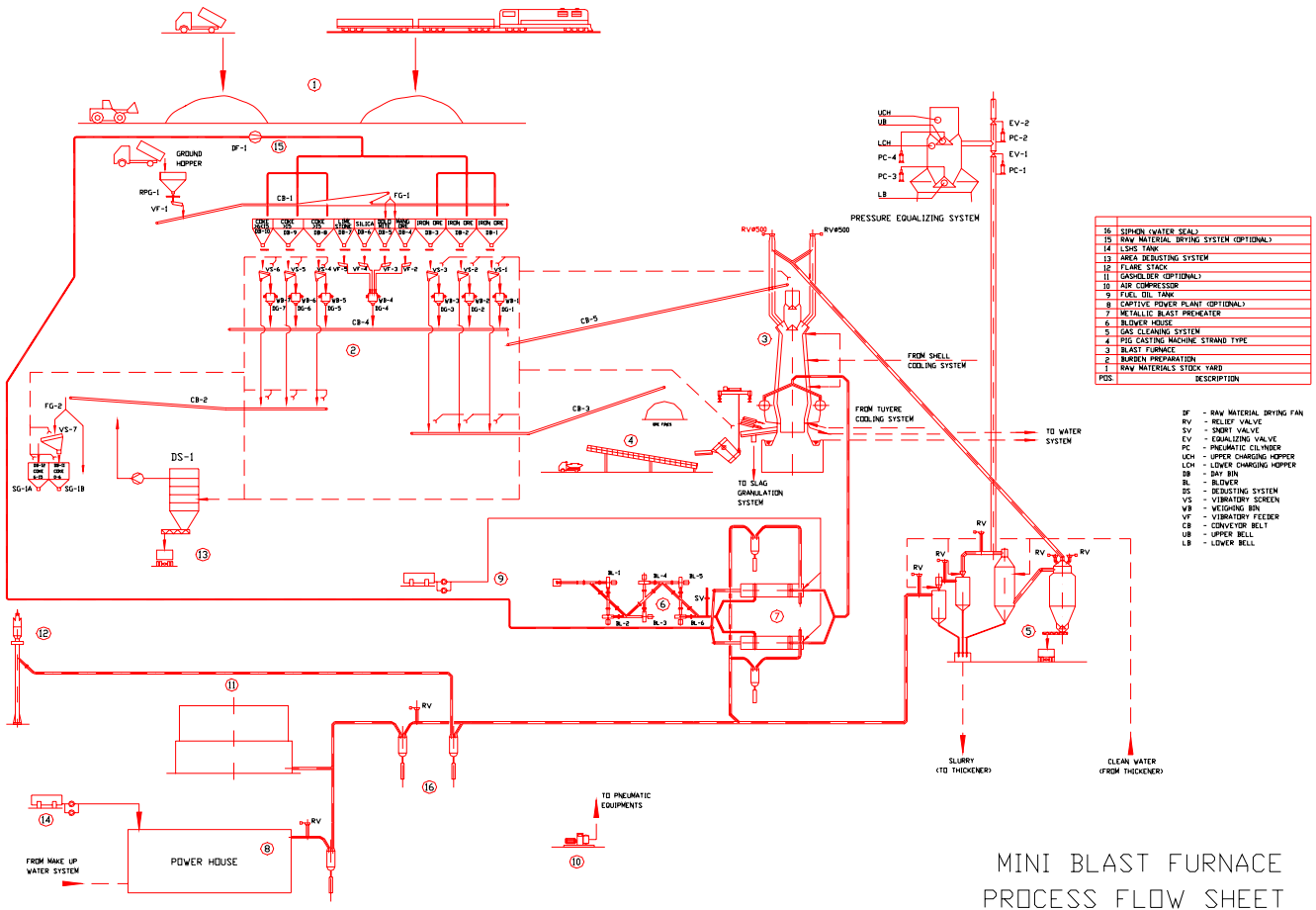
Volume útil do MAF	m ³	175	215	250	350
Água de reposição	m ³ /h	53	60	60	80
Água de reposição	m ³ /t	3,30	3,03	2,62	2,50

5.2 Energia Elétrica

Volume útil do MAF	m ³	175	215	250	350
Total de carga conectada	kW	2500	3000	3500	4600
Consumo específico	Wh/t gusa	130	130	125	120
Demanda máxima de energia elétrica	kW	2080	2575	2865	3850
Demanda média de energia elétrica	kW	1970	2430	2710	3630

6. VANTAGENS DO MINI ALTO-FORNO MINITEC

- Baixo investimento específico
- Flexibilidade na preparação e composição de cargas
- Fácil operação e manutenção
- Tecnologia comprovada através de grande número de MAFs já instalados em todo o mundo (Brasil, Índia, Argentina, Indonésia).



MAF MINITEC – a solução mais flexível e econômica para a produção de ferro gusa.

Para informações mais detalhadas, favor contatar:

Minitec Minitecnologias Ltda.

Henrique Carlos Pfeifer.

Fones: +55 (037) 3085-7113 / 3222-7113

Fax: +55 (037) 3085-7115

E-mail: minitec@minitecnologias.com.br

Divinópolis, 16 de Julho de 2009.