

APERFEIÇOAMENTOS TECNOLÓGICOS NO CUBILOTE A VENTO QUENTE (*)

IVAN CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE (* *)

RESUMO

A transição econômica-financeira porque passam as Fundições Brasileiras requer uma postura firme e objetiva, a curto e a médio prazos; e entre as soluções para se produzir mais, ou para se baixar o Ponto de Equilíbrio, desponta a solução do aperfeiçoamento tecnológico.

Neste trabalho são focalizadas as Reduções Substanciais de Custos na Implantação e na Fusão, resultantes dos acréscimos no Cubilote Clássico a Vento Frio de: - 1) Vento Quente (resultante do aproveitamento da energia existente nos gases que normalmente são lançados na atmosfera pelo Cubilote a Vento Frio), - 2) mais duas linhas de Ventaneiras, - 3) um Injetor de Cavacos de Ferro Fundido/Carbureto de Cálcio, - 4) um Injetor de Moinha de Coque, - 5) um Injetor de Ferros-Ligas e - 6) duas Bicas independentes, de escória e de ferro fundido, de vazões automáticas ou não.

Esta solução permite: - 1) o Uso de Matérias Primas e de Coques de Baixos Custos (devido ao trabalho metalúrgico a temperaturas mais elevadas) e - 2) a Redução do Refugo motivado pela falta de temperatura, pela falta de homogeneidade dos componentes químicos e pela reação molde-escória.

Este Forno é Gerador de Capital de Giro e pode ser pago em menos de um ano, com a economia feita, dependendo da produção mensal; e sua implantação não implica necessariamente em ser desativada a instalação existente.

(*) Contribuição Técnica apresentada no Simpósio COFUM/ABM , setembro de 1982, São Paulo - SP.

(* *) Membro da ABM. Diplomado pelo ITA em Engenharia Aeronáutica. Pós-Graduado pela Escola Superior de Fundição em Paris. Titular de Cavalcanti de Albuquerque Assessoria e Projetos Industriais. Premio Supercast XXI Congresso ABM.

INTRODUÇÃO

Após a 2.^a Guerra Mundial havia abundância de Sucata de Ferro e de aço, e não havia gusa. Que solução tecnológica então se impunha para se produzir ferro fundido no Cubilot ?

A solução foi o Vento Quente, porque a cada 100 °C de temperatura do Vento a carburação é aumentada de 0,075 %.

De 1942 a 1957 a fonte de energia era externa, isto é, o Ar de Combustão era aquecido por meio de maçarico a óleo.

A partir de 1957 a tecnologia passou a ser mais pesquisada e foi observado que 50 % da energia contida no coque era lançada na atmosfera. A partir daí, pesquisado o aproveitamento da energia dos gases do Cubilot, por meio de Recuperadores a alto rendimento e Recuperadores a baixo rendimento (os a alto rendimento não recuperam todo o gas saído do cubilot e são de custo elevado, e os recuperadores a baixo rendimento recuperam todo o gas saído do cubilot e são de custo de implantação possível a qualquer fundição a partir de 2t/h) o Vento Quente se generalizou. Devido a atual crise produtiva nas Fundições Brasileiras, foi estudada uma solução que permitisse reduzir os Pontos de Equilíbrio: ~~sem~~ os investimentos tradicionais, e com isto ultrapassarem a crise por que ~~passam~~, com menos dificuldades.

Além de terem os Pontos de Equilíbrio reduzidos as fundições poderiam competir em preço e qualidade no Mercado Interno e Externo.

Concluídos os estudos foi feita uma viagem ao exterior para compará-los com instalações em operação, e foi verificado que a solução adotada (com modernos conceitos comprovados na prática) é altamente tecnológica, de alta produtividade, de baixo custo de implantação e de baixo custo operacional; constando de :

- 1) Forno com tres linhas de Ventaneiras e com um trocador de calor incorporado a uma câmara de combustão;
- 2) 4 pequenos trocadores de calor externos;

- 3) 1 sistema de tratamento de efluentes a agua;
- 4) 1 injetor de cavacos de ferro fundido/carbureto de cálcio; 1 injetor de moinha de coque e 1 injetor de ferro-ligas.

É importante se ressaltar que este sistema permite, dependendo da instalação existente, aproveitar o que está implantado.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

1 - O Forno Cubilot adotado é composto de:

1.1. Cadinho Separador de ferro líquido e de escória, que saem por orifícios distintos depois de serem separados no cadinho.

1.2. Tres Linhas de Ventaneiras:

A 1.^a funciona como no cubilot clássico, e por onde se injeta oxigênio no início da operação;

A 2.^a funciona para aqueima do CO, e também para a injeção de cavacos, de carbureto de cálcio, moinha de coque, de ferros-ligas...

A 3.^a funciona para a post-combustão e também para o controle da temperatura do Vento Quente.

1.3. Um Recuperador-Trocador de Calor envolto por uma câmara de combustão, onde é operada a post-combustão, e a regulagem da temperatura dos gases.

1.4. Uma tomada de temperatura do Ar Quente na 1.^a linha de Ventaneiras.

2 - Os Trocadores de Calor externos são do tipo Schack, e pré-aquecem o ar, em contra-corrente.

3 - O Tratamento de Efluentes é composto de:

3.1. Um Quencher, onde a água é pulverizada a média pressão. Os gases entram a 600 °C e saem a 60 °C. O rendimento deste Quencher é de 80 %.

3.2. Um Venturi onde a água é pulverizada a média pressão, eli-

minando o vapor formado no Quencher e molhando as partículas menores. O rendimento deste Venturi é de 80 % , e o rendimento acumulado é de 96 % .

3.3. Um ciclone com filtro metálico, onde as partículas menores são retiradas antes dos gases lavados serem lançados na atmosfera. O rendimento deste ciclone é de 70 % e o rendimento acumulado é de 98,8 % .

3.4. Um sistema de regulação da temperatura do Vento Quente.

COMPARAÇÃO DO CUBILOT A VENTO QUENTE DE TRES LINHAS DE VENTANEIRAS COM OS CUBILOTS : A VENTO FRIO (com uma linha de ventaneiras), -A VENTO FRIO (com duas linhas de ventaneiras), - A VENTO QUENTE (com uma linha de ventaneiras)

As comparações serão feitas entre cubilots revestidos com refratário ácido.

Na comparação com o Cubilot a Vento Frio (com uma linha de ventaneiras) as vantagens são "as outras duas linhas de ventaneiras e o vento quente".

Na comparação com o Cubilot a Vento Frio (com duas linhas de ventaneiras) as vantagens são "a terceira linha de ventaneiras e o vento quente".

Na comparação com o Cubilot a Vento Quente (com uma linha de ventaneiras) as vantagens são "as outras duas linhas de ventaneiras".

Expressando as comparações em termos de energia (mesmo coque com carbono fixo de 87 %) a fim de que a temperatura do ferro na Bica seja de 1520 °C:

Vento Frio	Vento Frio	Vento Quente	Vento Quente
Clássico	+ 2. ^a linha Vento	400 °C Clássico	400 °C + 2. ^a linha Vento + 3. ^a linha Vento
14 - 15 %	10,5 - 11,5 %	9 - 10 %	8 - 0 %

O Cubilot a Vento Quente é mais vantajoso, energeticamente, devido ao carbono carregado, relativamente a carga metálica, ser menor do que no cubilot a Vento Frio, e, conseqüentemente tem

o "Índice de Combustão" e o "Rendimento Térmico" maiores, respectivamente.

O "Índice de Combustão" (que dá a Composição simplificada dos gases de combustão) é dado por meio da fórmula:

$$n = \frac{0,03865}{\gamma C - \Delta C} + 0,15$$

e, o "Rendimento Térmico" (que dá o Calor de Aquecimento + o Calor de Fusão + o Calor de Sobre-aquecimento) é dado por meio da fórmula:

$$Q = 0,90 n - 0,15.$$

O Rendimento Térmico gira em torno de 35 % no Cubilot Clássico a Vento Frio, e de 47 % no Cubilot Clássico a Vento Quente, conforme a figura 1.

OUTRAS VANTAGENS DO VENTO QUENTE SOBRE O VENTO FRIO

- 1) A produção horária é de 60.D³ no Vento Frio e de 75 a 90.D² no Vento Quente.
- 2) O Vento Quente acelera a reação entre o carbono do coque e o Oxigênio do ar.
- 3) A temperatura de combustão aumenta com a temperatura do vento.
- 4) O plano das temperaturas máximas se abaixa com a elevação da temperatura do vento.
- 5) A temperatura máxima é tanto maior quanto maior for a temperatura do Vento Quente, portanto para se trabalhar no mesmo nível de temperatura do vento frio deve-se reduzir o percentual de coque.
- 6) Para temperaturas do vento entre 300 °C e 600 °C as temperaturas do ferro na Bica são maiores de 50 °C a 80 °C que as devidas ao vento frio clássico.

O aumento da temperatura do ferro em cubilot a vento quente com uma linha de ventaneiras é limitado por causa da Zona de Altas Temperaturas ser menor do que com vento frio, devido a fusão ser mais

rápida e a combustão ser menos completa quando a velocidade do vento aumenta além da correspondente a 600 °C; por isto a tendência é a de se baixar a temperatura do vento e de se acrescentar ao forno a vento quente a 2ª e a 3ª linhas de ventaneiras.

7) Reações Metalúrgicas no Cubilot a vento quente:

7.1 - o carbono final é mais alto que o carbono do vento frio na proporção de 0,075 % a cada 100 °C de temperatura do vento (mesmo sendo utilizados coques pobres em carbono e maior percentual de aço na carga, o que é evidenciado pela taxa de combustão $pC - \Delta C$);

7.2 - o enxofre é menor de 40 % a 60 % que com vento frio;

7.3 - as informações são contraditórias no que tange ao fósforo;

7.4 - o silício e o manganês tem perdas menores devido a zona oxidante ser mais reduzida e devido a rapidez da reação coque-oxigênio.

8) A velocidade do Vento Quente é tanto mais elevada quanto maior for a temperatura do vento. A 400 °C o vento tem velocidade 2,5 vezes maior do que a do vento frio.

8) A pressão total é maior em Vento Quente que em Vento Frio, devido ao percurso ser maior, bem como maiores os obstáculos e mudanças de direções.

10) As ventaneiras podem ter seção total igual ao do vento frio e são resfriadas para temperaturas do vento a partir de 400 °C .

11) O refratário sofre mais com o vento quente que com o vento frio porque não só a produção é cerca de 30 % maior como também a reação escória-refratário é favorecida pelo vento quente.

12) A altura da cama pode ser mais baixa devido a zona oxidante ser menor.

RESULTADOS PRATICOS TECNICO-ECONOMICOS

As vantagens tecno-economicas do Cubilot a Vento Quente com tres linhas de ventaneiras, comparativamente ao Cubilot Clássico a Vento Frio são:

- . economia de coque, atingindo 30 % ;
- . aumento de produção, atingindo 30 % ;
- . aumento de temperatura do ferro na Bica, atingindo 1580 °C ;
- . possibilidade de se utilizar matérias primas menos custosas, bem como coque de menor qualidade ;
- . utilização de maior percentual de aço na carga, atingindo 50 % sem aumentar o percentual de coque na carga ;
- . redução do preço de venda dos fundidos (atingindo 19 %, em se conservando o mesmo lucro absoluto anterior) ;
- . possibilidade de modernização da fundição com pagamentos dos investimentos por meio da economia gerada pelo cubilot, como apresentado;
- . geração de capital de giro e, conseqüentemente, redução do des_uconto de duplicatas, com significativo resultado financeiro ;
- . pagamento do forno implantado, com sua própria economia gerada.

INJETORES DE CAVACOS/CARBURETO DE CÁLCIO, DE MOINHA DE COQUE E DE FERROS-LIGAS

Os Injetores, neste forno, são pneumáticos e as injeções são realizadas na Zona de Fusão, com impulsos de ar comprimido a intervalos de tempos reguláveis. Os materiais injetados são distribuídos sobre o coque incandescente e se fundem rapidamente.

Para quantidades de cavaco até 10 % da carga metálica não se altera a carga de coque. Para quantidades de cavaco de 10 % até 20 % o aumento em coque é menor do que a proporção usada para fundir sucata sólida de ferro fundido.

Para 25 % de injeção de cavaco, com o vento quente, a perda é de 1.25 % e a economia de coque adicional é de 1,4 % de coque na carga de coque.

Economicamente a vantagem do processo de injeção de cavaco com vento quente é baseada na substituição do gusa e da sucata compacta de ferro fundido por cavaco de ferro fundido na mesma proporção.

A vantagem técnica do processo de injeção é de propiciar ajustes

rápidos e mais positivos que com vento frio; sendo que a oxidação é praticamente a metade da observada a vento frio, e a perlita se torna mais fina e as lamelas de grafite mais finas e menores. Há fundições que trabalham até com 50 % de cavaco injetado desta forma.

As injeções de ferros-ligas em pó são eficientes e com perdas reduzidas comparativamente as correções tradicionais pela boca de carga; e tem custo mais baixo; o mesmo acontecendo com a moinha de coque.

TRATAMENTO DE EFLUENTES

1. CARACTERISTICAS

1.1 A Poluição Gasosa é constituída principalmente de CO, SO₂, de partículas de hidro-carburetos não queimados e de poeira.

O CO é queimado principalmente na região das 2.^{as} ventaneiras e o que resta é queimado na região das terceiras ventaneiras.

O SO₂ polue de forma reduzida (0,04 % no gas bruto).

A post-combustão, conforme projetada, funciona como um incinerador para o que ainda não foi queimado no interior do cubilot.

A temperatura dos gases antes da referida post-combustão se situa entre 200 °C e 600 °C, segundo a percentagem de coque, natureza das cargas e o volume útil acima das ventaneiras, relacionado a produção horária; mas em fim de campanha pode atingir 1.200 °C e é quando a 3.^a linha de ventaneiras é utilizada como reguladora da temperatura dos gases quentes.

1.2 A Poluição Sólida é constituída essencialmente de calcáreo,

de cinzas de coque ou de coque não queimado, de areia aderente aos retornos, de óxidos provenientes das cargas e das fumaças metálicas formadas na fusão das cargas metálicas e dos ferros-ligas. A granulometria destes efluentes é variável, o que facilita de uma certa maneira o seu tratamento.

No vento quente as partículas tem dimensões menores do que no vento frio.

1.3 O Tratamento dos efluentes começa na Câmara de Post-Combustão, com queima do CO e das partículas de hidro-carburetos restantes.

O passo seguinte consiste na redução da temperatura dos gases de 600 °C a 60 °C, no Quencher, a fim de que as partículas sólidas sejam molhadas no Venturi.

No Venturi, a alta pressão, os gases são lavados e as partículas sólidas são molhadas para que, no Ciclone, sejam separadas da corrente gasosa que é jogada na atmosfera, depois de passar por um filtro metálico a chicanas.

2. REGULAMENTAÇÃO DAS EMISSÕES

Este projeto está dentro dos princípios de qualquer Órgão Controlador de Poluição do Meio Ambiente, mesmo para grandes aglomerados populacionais.

CONCLUSÕES

Foi apresentada, na presente contribuição, uma solução atualizada da solução que já provou ser eficiente no passado de países mais desenvolvidos, mesmo na forma incipiente da solução.

O Cubilot a Vento Quente hoje ainda está em desenvolvimento e é o carro-chefe econômico das fundições de ferro, nos países de alta tecnologia industrial, tal como apresentado acima e conforme a figura 2:

1. é de custo de implantação mais reduzido do que os habitualmente conhecidos a vento quente, e está concebido com os aperfeiçoamentos mais modernos conhecidos;
2. está concebido de acordo com os princípios de antipoluição aplicados ao Cubilot;
3. é tecnicamente o mais eficiente e o mais rápido nos ajustes operacionais;
4. é o mais rápido nas mudanças de composições químicas;
5. é econômico devido a permitir o uso de menos gusa e mais aço, menos coque;
6. é econômico porque permite o uso de ferros-ligas em pó, mol -

nha de coque, carbureto em pó...

7. é economico porque para 25 % de utilização de cavaco de ferro fundido reduz 1,4 % absolutos de coque na oarga de coque (coque com carbono fixo de 87 %);
8. é tecnologicamente recomendado para coques de baixo teor de carbono fixo, redundando em grande vantagem economica;
9. permite reduzir o refugo por ferro frio e por reação molde-escória;
10. permite baixar o Ponto de Equilíbrio substancialmente, sendo pago com a economia gerada, em seis meses, ou menos, dependendo da produção mensal;
11. é gerador de Capital de Giro e, consequentemente de Resultado Financeiro, em decorrência de descontos bancários não realizados.

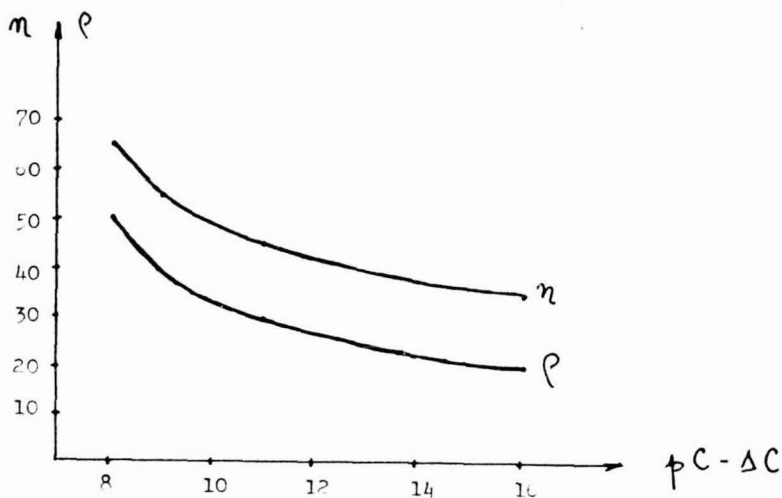


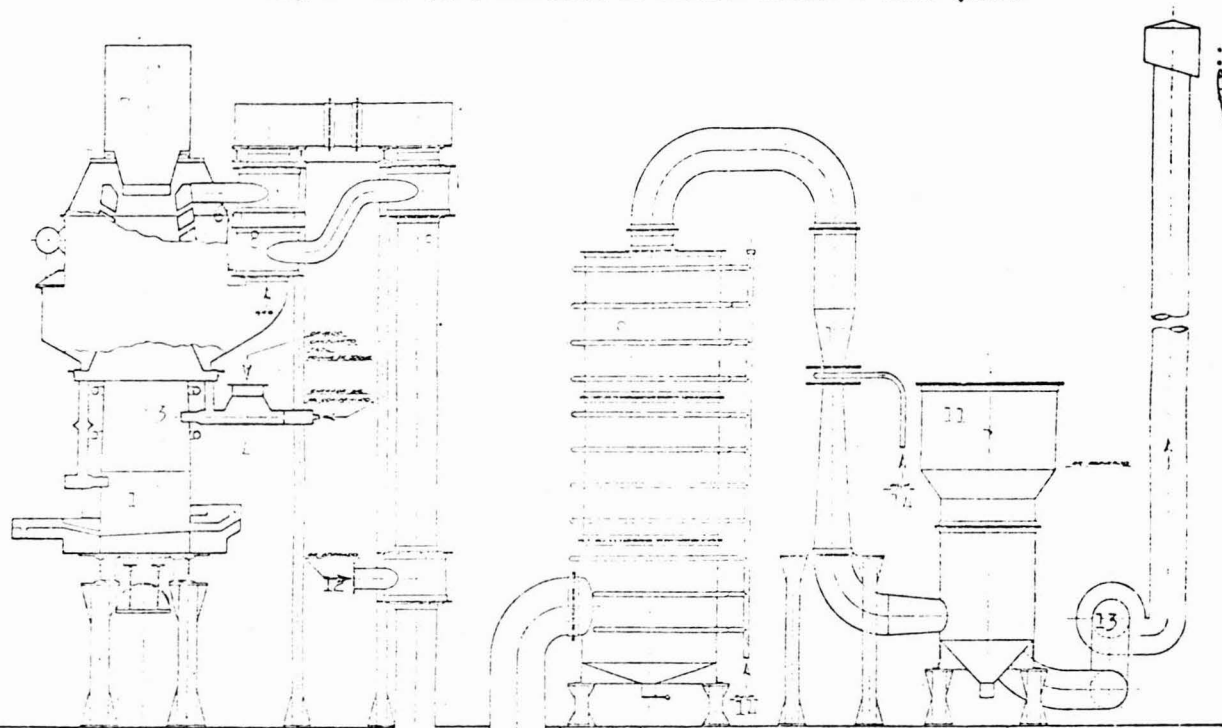
Fig. 1 - "Índice de Combustão" e "Rendimento Térmico" em função da Taxa de Combustão.

n - Índice de Combustão

P - Rendimento Térmico

$pC-\Delta C$ - Taxa de Combustão

Fig. 2 - LAY-OUT PLANEJADO DO SISTEMA CURBILOT A VENTO QUENTE



- 1) Cadinho separador metal-escória
- 2) 1ª linha de Ventaneiras
- 3) 2ª linha de Ventaneiras
- 4) Infetor de Cavacos
- 5) 3ª linha de Ventaneiras
- 6) Câmara de Post-Combustão
- 7) Carrerador do Forno

- 8) Trocadores de Calor
- 9) Quencher
- 10) Venturi
- 11) Ciclone
- 12) Ventilador
- 13) Exaustor
- 14) Água sob pressão

CAAPI - TUREOVX	
PROJETO	CAAPI - TUREOVX
REVISÃO	REVISÃO
APROVADO	APROVADO
FECHA	FECHA
DESENHADO	DESENHADO
PROJETO	PROJETO
REVISÃO	REVISÃO
APROVADO	APROVADO
FECHA	FECHA
DESENHADO	DESENHADO
PROJETO	PROJETO
REVISÃO	REVISÃO
APROVADO	APROVADO
FECHA	FECHA

