

OPERAÇÃO DE SECAGEM DE UMA BATERIA DE FORNOS PARA COQUE UTILIZANDO ÓLEO DIESEL ⁽¹⁾

KICHINOSUKE TSUZAKI ⁽²⁾

KUNISUKE MAEDA ⁽²⁾

YOSUKE NASU ⁽²⁾

SHOSUKE UWANO ⁽²⁾

RESUMO

Em projeto associado da Usina Siderúrgica Fuji e da Koritsu Kakoki, os Autores, após um estudo prévio do problema da secagem da Bateria N.º 1 da Usina Intendente Câmara, da USIMINAS, em Ipatinga, optaram, por razões locais e econômicas, pela adoção do óleo diesel como combustível. Realizaram experiências preliminares no Japão e projetaram minuciosamente a instalação definitiva; cercaram a operação de todas as cautelas possíveis através de numerosos instrumentos de medida. A USIMINAS poderá dar mais detalhes às usinas que o solicitarem.

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, era propósito dos dirigentes executar a secagem da Bateria N.º 1 da Usina "Intendente Câmara", da Usiminas, pelo processo que utiliza o carvão vegetal como combustível. Por razões econômicas e outras, em fins do ano de 1960 foram iniciados estudos visando a possibilidade de se fazer essa secagem utilizando óleo como combustível. Estudos e ensaios executados em princípios de 1961 levaram à conclusão que era vantajoso se fazer a secagem com óleo, com as seguintes características para a operação: uso de maçaricos desde o início da operação; emprêgo de óleo diesel.

Como, a nosso ver, era a primeira vez que no mundo se utilizava tal sistema, isso nos levou a tomar cuidados e providências, tais como:

(1) Contribuição Técnica n.º 515. Apresentada ao XVIII Congresso Anual da ABM; Belo Horizonte, julho de 1963.

(2) Membros da ABM; Engenheiros do Departamento de Coqueria e Altos Fornos da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. "USIMINAS"; Ipatinga, MG.

- I — Em um forno experimental, foram estudadas as condições de pressão ao ar e do óleo.
- II — Foi estudada a melhor maneira de regular os maçaricos.
- III — Foi dada a máxima atenção à lavagem e limpeza das tubulações de distribuição de ar e de óleo.
- IV — Como precaução para o caso de um corte da energia durante a operação de secagem, o projeto incluiu a instalação de um tanque elevado para o óleo e um reservatório de ar. A operação poderia ser mantida por cerca de 30 minutos sem o auxílio da bomba de óleo e dos compressores.

A secagem da Bateria N.º 1 foi um projeto associado da Usina Siderúrgica Fuji e da Koritsu Kakoki. Aplicado no Brasil, naturalmente nos defrontamos com algumas dificuldades, tais como o problema da língua, falta de operários de experiência e alterações imprevistas durante o período de secagem. Estamos, no entanto, convictos do êxito e aconselhamos mesmo aqueles que no futuro venham a ter problema semelhante, que se decidam pelo processo de secagem a óleo.

2. A BATERIA DE FORNOS DE COQUE

Na Bateria N.º 1 foi adotado um tipo japonês, o mesmo da Usina de Hirohata, unidade das Usinas Siderúrgicas Fuji, e em operação desde abril de 1961. Suas características são as seguintes:

Tipo de fornos	Nittetsu duplo; tipo modificado
Número de fornos	1 bateria de 50 fornos.
Dimensões dos fornos, mm ..	Comprimento: 13.200. Altura: 4.000 Largura: 400. "Taperl": 60.
Sistema de combustão	G.A.F — "Underjet type". G.F.C. — "Gun type".
Produção	Máxima: 725 t/d — Rendimento: 74%.

Até então, no Japão, quando uma bateria era montada em local que não dispunha de gás, sua secagem era feita utilizando um dos processos seguintes: por meio de carvão vegetal; por meio de gás obtido de gasogênio ou semelhante e, finalmente, por meio de gás liquefeito de petróleo.

Nos casos dos dois últimos processos, o custo da operação é muito elevado. Assim sendo e em princípio, foi adotado o primeiro processo para secagem da Bateria da Usiminas, apesar de que tinha seus inconvenientes, tais como o da necessidade de grande número de homens com experiência.

Do estudo do problema é que surgiu o processo do uso do óleo como parecendo ser o de maior conveniência. Contudo, também êle apresentava problemas, tais como:

- Encontraríamos maçaricos convenientes, capazes de soprar de 7 a 8 cc/minuto no início da secagem?
- Conseguir-se-ia evitar apagamento pelo vento? E se apagando, como facilmente tornar a acender?
- Que volume e que pressão de ar primário nos daria melhores resultados?
- Qual melhor se prestaria: óleo combustível, óleo diesel ou querosene?

Dos ensaios efetuados em Tóquio, em abril de 1961, depreendeu-se o seguinte:

- Para secagem da Bateria, maçaricos de bico \varnothing 1 mm poderiam ser utilizados desde o início até o fim da operação. No entanto, seria conveniente ter à disposição unidades com bicos de \varnothing 1,5 mm.
- Seriam necessários protetores contra o vento, para evitar apagamento. Dada a facilidade de ignição, não seria necessário prever preaquecimento do óleo.
- O volume de ar primário foi calculado como 1/3 do teórico; a pressão do ar foi dada entre 0,3 e 0,6 kg/cm². Os valores de operação dos volumes de ar e de óleo resultariam dos ensaios finais, na Usiminas.
- Ficou entendido que combustível de maior viscosidade proporcionaria maior facilidade na regulagem dos maçaricos.

A despeito de ainda restarem vários detalhes a acertar, nesta altura dos estudos já estava clara a possibilidade de se usar óleo para a operação de secagem. Desta forma, é que ficou decidida a secagem da Bateria N.º 1 da Usiminas pelo processo a óleo e foram iniciados os projetos da distribuição

das tubulações, interligando compressor, bomba, filtros, medidores de vazão, válvulas magnéticas, medidores de pressão, manômetros e chaminé.

3. OUTRAS PROVIDÊNCIAS

Foram providenciados 120 maçaricos grandes e 120 maçaricos pequenos, além de 15 de cada tipo para reserva. Na torre de extinção foi instalado um tanque de óleo, de modo a se ter uma pressão de cêrca de 1 kg/cm^2 na alimentação. Para alimentação de óleo, foram utilizadas 4 bombas de $20 \text{ m}^3/\text{hora} \times 20 \text{ m}$.

O tijolo do maçarico foi feito em refratário sílico-alumínoso, com $\text{Al}_2\text{O}_3 = 60\%$. O empilhamento de proteção foi feito em gaiola, com "chamote", de cêrca de 40% de Al_2O_3 .

Os ensaios no local visaram as seguintes verificações:

- Formas e medidas finais dos suportes; método de fixação dos protetores de chama e dos maçaricos.
- Determinação final do óleo; da pressão ar : óleo e das aberturas dos maçaricos.
- Treinamento da regulagem dos maçaricos para todo o pessoal. Verificações finais.

Quanto aos protetores de chama, foram tomadas as seguintes providências:

- Nas laterais do protetor, foram abertos orifícios retangulares para entrada de ar secundário. A fim de evitar aquecimento do protetor, êste foi tornado independente do maçarico.
- O diâmetro do orifício injetor do protetor foi fixado em 12 mm. Para inspeção e acendimento, foi feito um orifício elíptico ($20 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$) na superfície do protetor. Outro orifício $\varnothing 10 \text{ mm}$ foi feito na parte inferior, para escoamento de pingos de óleo. Uma chapa com haste e escala regulava o ar secundário.
- Procurou-se proteger o maçarico da ação do calor, e assim obter regulagem mais precisa.

A independência de fixação do protetor e do maçarico facilitou a remoção dêste, quando necessário por entupimento.

4. DETERMINAÇÃO DO ÓLEO

Nos ensaios efetuados em Tóquio, chegou-se à conclusão de que, no início da secagem, seria mais favorável um óleo do tipo combustível "A", por ser mais viscoso e permitir melhor regulagem dos maçaricos. Aqui no Brasil, tal óleo corresponderia a uma mistura de óleo combustível e óleo diesel, em partes iguais.

Foram feitos ensaios com êsse óleo. A freqüência dos entupimentos, e conseqüente apagamento dos maçaricos, levou-nos a abandonar tal mistura. Passámos a usar somente óleo diesel, com as seguintes características:

Densidade — 0,8303	Água — ausente
Ponto de fulgor — 79°C	S — 0,414
Viscosidade Redwood 100°F — 34	Poder calorífico — 11.000

5. ENSAIOS DE COMBUSTÃO

Os ensaios de combustão foram iniciados com um consumo de 8 cc/min; após regulagem, foram fixadas as aberturas dos maçaricos, para óleo e para o ar. No início, quando o consumo é baixo, as variações são predominantemente devidas às variações na pressão do ar.

A regulagem torna-se fácil quando o consumo atinge entre 15 cc/min e 60 cc/min; para o consumo máximo de óleo (110 cc/min) foram fixadas as aberturas do maçarico, para óleo e ar.

No treinamento do pessoal, foram dadas as instruções para confirmação do estado de combustão no período inicial (8 cc/min); idem para após um mês (25 cc/min); idem para o final (112 cc/min). O pessoal foi também treinado na técnica de acendimento dos maçaricos. Os de \varnothing 1,5 mm não foram testados.

Entre outras providências, para os primeiros estágios, as tubulações de óleo, antes de ser fixadas, foram lavadas com ácido sulfúrico e soda. As tubulações de ar foram limpas por batidas de martelo e posterior insuflação de ar. Depois de instaladas, as tubulações foram meticulosamente lavadas com ar e óleo.

No tanque intermediário, chapas divisórias formavam compartimentos para filtração do óleo. Foi feita a distribuição de operadores necessários para acendimento, desmontagem e montagem dos maçaricos.

Para os estágios finais, a alimentação do ar primário foi feita pelos 3 compressores do setor de altos fornos. Um com-

pressor auxiliar foi instalado junto à bateria, para uma situação de emergência.

As instalações de óleo e gás foram dotadas de instrumentos para o completo controle da operação: válvulas, medidores de vazão, filtros, reguladores de pressão, manômetros vários, indicador e totalizadores de óleo e ar primário e, finalmente, de um quadro de comando.

Entre os casos de emergência possíveis, o mais prejudicial seria o da falta de energia elétrica, dado que a CEMIG havia apenas iniciado seu fornecimento à Usina. Para essa hipótese, havia um conjunto diesel: a reversão traria uma demora de 5 minutos e a recuperação da pressão do ar demoraria 10 minutos.

Para a facilidade e rapidez das comunicações, foram instaladas linhas telefônicas diretas da Bateria para a sub-Estação de Energia e para a sala dos compressores.

6. O ANDAMENTO DA SECAGEM

No dia 26 de junho de 1962, às 16 e 30 horas, o Consultor Chefe da Usiminas, Dr. Massao Yukawa, Vice-Presidente da Yawata, — acendeu o primeiro maçarico. Em seguida, foram acesos os demais. Nesse momento registrava-se uma pressão de óleo de 350 mm Hg e de 70 mm Hg para o ar primário. As válvulas de óleo dos maçaricos marcavam 15/100 e 20/100 voltas. Não houve apagamentos e a elevação de temperatura começou como desejada.

Com o correr da operação, os operários passaram a adquirir prática na regulagem dos maçaricos e no acendimento.

Após sete dias de secagem, foram desmontados os filtros de óleo da tubulação principal; não mostravam nenhum sinal de sujeira. Nos tanques de óleo, apenas um mostrava impurezas depositadas.

Dias depois ocorreu o primeiro caso de falta de energia elétrica. As válvulas magnéticas atuaram e o óleo foi interrompido. Ao se tornar a acender os maçaricos tudo voltou a correr bem, quase sem variações de temperatura. Observou-se então que ainda havia no reservatório cerca de 70 m³ de ar, que teria permitido continuar a operação até que fosse feita a reversão para o conjunto Diesel. Devido a isso, foram removidas as válvulas magnéticas de interrupção de óleo.

O período de secagem, inicialmente previsto para 60 dias, por razões de interdependência com outros setores, prolongou-se além daquela previsão. Aos 86 dias, quando a temperatura alcançava 460°C, os maçaricos foram substituídos pelos de maior

abertura. Ocorreu paralisação do sistema elétrico durante 75 minutos. Aos 94 dias de secagem, tivemos o que talvez se possa chamar acidente, o único durante tôda a operação: um tubo de plástico cedeu junto ao maçarico, com início de incêndio; foi dominado, sem maiores conseqüências.

Aos 98 dias, no fim das operações, a meta de 900°C estava quase atingida; a temperatura das câmaras de combustão acusava 850°C e nas parte inferior das câmaras de regeneração atingia 350°C, embora a meta fôsse de 200°C.

Além de todos os detalhes da instalação, a Usiminas possui em seus arquivos os gráficos das curvas de temperaturas, de pressão e consumo de óleo e de ar primário, levantadas durante a operação.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS SÔBRE A OPERAÇÃO DE SECAGEM

- Quanto aos maçaricos, o único inconveniente a registrar é o do disco regulador se desregular facilmente, dificultando as regulagens.
- Os protetores foram substituídos uma única vez; ao se atingir a temperatura de 700°C, a cinta reguladora da entrada de ar secundário tornou-se de difícil regulagem.
- No queimador, para melhor uso do ar secundário, a base do cone, que no nosso caso era de 70 mm, deveria ser de 80 mm.
- O tanque elevado de óleo (11 m) forneceu pressão suficiente. Não foi necessário aparelho de regulagem da pressão de óleo.
- Comparando com a secagem a gás, o consumo de óleo, em calorías, foi de 110% a 150% a mais no caso do óleo. Um melhor contrôle deveria manter aquele consumo entre 110% e 120% do consumo correspondente a gás. O consumo de óleo na chaminé durante 80 dias, foi de 7.226 litros.
- A pressão do ar primário, 600 mm Hg, revelou-se suficiente. Um têrço do ar teôricamente necessário é suficiente para atomização do óleo.
- Verificou-se que uma boa limpeza dispensa os filtros de óleo utilizados; que as válvulas magnéticas não são necessárias.

- Teria sido aconselhável ter tanque elevado de óleo e reservatório de ar de maiores capacidades; assegurariam menores variações quando da falta de energia elétrica.

8. A BATERIA APÓS SECAGEM. CONCLUSÃO

Após a operação de secagem, a Bateria N.º 1 foi cuidadosamente inspecionada: suas condições não poderiam ser melhores! Não foi constatada nenhuma quebra de juntas ou vazamento nos condutos. A partir do dia 11/12/1962, passou-se a usar o gás de alto forno, e até agora nenhum vazamento foi observado.

Assim, acabamos de relatar, em seus aspectos principais, o que foi a secagem dessa Bateria, usando óleo diesel como combustível. O êxito obtido resultou da aplicação conscienciosa de meticolosos estudos prévios, e da união dos técnicos janoêses com seus colegas brasileiros. Esta união permitiu que a barreira da língua e as circunstâncias de um ambiente estranho não interferissem no bom andamento dos trabalhos.

AGRADECIMENTOS

Desejamos deixar expressos nossos sinceros agradecimentos aos fabricantes dos equipamentos utilizados, à Diretoria de Construção da USMINAS, às firmas de montagem MONAG e EBE, à Companhia SHELL, aos operadores e a todos aqueles que nos trouxeram sua colaboração para o êxito de nossos trabalhos.



DISCUSSÃO

H. Kleinheisterkamp (1) — Secagem de fornos com combustível líquido não é coisa muito estranha. Normalmente, porém, as coqueiras usam gases de outras coqueiras, gases naturais, de altos fornos ou petróleo gaseificado. Gostaria de saber por que a USIMINAS decidiu-se pelo uso do óleo diesel que, na verdade, tem características para servir de combustível bem regular, em lugar de outros. Por exemplo: para pré-aquecer grandes fornos, com maior volume interno, poder-se-ia utilizar uma mistura de 30% de óleo diesel e 70% de «fue oil». Por que os senhores se decidiram pelo diesel puro?

H. Prudente (2) — Em ensaios feitos no Japão, os engenheiros autores do trabalho tentaram uma mistura de óleo diesel e óleo com-

(1) Membro da ABM e Presidente da Comissão; Diretor Industrial da Cia. Siderúrgica Mannesmann; Belo Horizonte, MG.

(2) Membro da ABM e relator do trabalho; das Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais — "USIMINAS"; Ipatinga, MG.

bustível, à base de 50%. No Brasil êsses testes foram causa de entupimentos dos maçaricos. Então foi decidido evitar o uso desse combustível misto. O ponto de vista decisivo foi o econômico. E a secagem resultou de mais fácil regulagem.

H. Kleinheisterkamp — Mas o queimador deveria ser mais aperfeiçoado. Por exemplo: com pré-aquecimento. Utilizamos sempre essa mistura pré-aquecida.

H. Prudente — Se a experiência que se fez no Japão tivesse sido feita com essa mistura, êles talvez a tivessem adotado. Mas lá a experiência mostrou que essa mistura de 50% era possível e os maçaricos foram considerados ótimos. Chegados aqui, constatou-se a impossibilidade de utilizá-los.

H. Kleinheisterkamp — Interessante que na introdução do trabalho se diz que êste foi o primeiro caso onde se utilizou o óleo como combustível. Quais seriam as dificuldades gerais?

H. Prudente — Há casos de se utilizar óleo como combustível para secagem. Na África, por exemplo. Mas em todos êles, já que o volume do combustível é muito baixo, há grande dificuldade na parte do maçarico. Então, a idéia era trazer bujões de gás de petróleo e com êle se iniciar a secagem. Atingindo um certo estágio em que o combustível já tinha as características necessárias, então se passava para êsse outro queimador.

H. Kleinheisterkamp — Essa curva que o senhor nos mostrou representa um resultado das circunstâncias locais. Mas para a curva ideal, para se obter a secagem em 60 dias, a temperaturas previstas, qual seria a linha apropriada?

H. Prudente — Aliás, eu deveria ter traçado essa outra curva. E convido a todos que queiram, quando da visita à USIMINAS, a verem não só essa curva a que se refere o Sr. Presidente, como também, estamos prontos a indicar qualquer detalhe ou prestar qualquer informação adicional.

H. Kleinsheisterkamp — Bem, entendo que em 60 dias, quer dizer, com 60% do tempo utilizado, a inclinação da curva seria parabólica. O uso de ante-câmaras não teria sido aconselhável, para melhor regular o queimador, de modo a que pudesse trabalhar em condições ótimas? E os gases que servem para a melhor regulagem pudessem entrar nas pré-câmaras de combustão para o interior dos fornos? Por que aqui foi diretamente aplicado o queimador no forno?

H. Prudente — Êsse deve ter sido um problema. Não sei se quando se fez o projeto de secagem isso chegou a ser discutido. É um ponto que só os técnicos japoneses poderiam responder.

D. Witt ⁽³⁾ — Se bem entendi, essa foi a primeira usina onde foi adotada a secagem com óleo diesel, desde o início da operação. Acho êsse um grande progresso, porque antigamente o aquecimento era feito com carvão; mais tarde com gás. Em Volta Redonda, quando foi construída a nossa bateria, construímos três gasogênios especialmente para aquecê-la. O gás sempre tem certa desvantagem. Acho que com o

(3) Membro da ABM; Engenheiro da Cia. Siderúrgica Nacional; Volta Redonda, RJ.

óleo no início se tem uma chama com certa dificuldade. A troca do óleo para o gás é mais complicada do que do gás para o óleo. A grande vantagem do óleo é a sua utilização numa área onde há gás: Construir uma bateria de gasogênios é muito caro, e depois não se pode mais aproveitar esses gasogênios.

Então, o uso do óleo, sem dúvida, é um grande progresso em regiões onde não haja gás para o aquecimento. O óleo diesel foi usado porque inflama mais facilmente e não tem perigo de apagar-se misturado com óleo ultra-sêco. Também não há entupimentos. Teria uma pergunta a fazer: Houve precipitação de carbono dentro do forno?

H. Prudente — Não. Na realidade, tudo correu melhor do que se esperava.

H. Kleinheisterkamp — Esses 60 dias são absolutamente necessários para se obter um aquecimento uniforme das baterias? Porque para mim, como engenheiro metalúrgico, 60 dias é muita coisa. Qual a experiência de Volta Redonda a respeito?

D. Witt — Esse é o prazo usual. Uma bateria de coque é um bloco colossal. Primeiramente, é preciso secá-la para que a umidade saia; para isso já se precisa de algum tempo. Depois ocorre uma temperatura crítica, com mais ou menos 780°, na qual se dá um certo movimento pela cristalização do material de sílica. É preciso aquecer durante muito tempo, para que esse movimento se estabilize e se desenvolva dentro de todas as partes da bateria, senão o forno vai ser sacrificado. Assim em geral, são necessários 60 a 70 dias.

H. Kleinheisterkamp — É realmente interessante para nós, em Minas, participar dessas experiências em que, pela primeira vez no mundo, se utiliza com segurança o processo de aquecimento com óleo diesel. Agradeço ao Eng. Helder Prudente, pelo resumo que acaba de fazer.