

ALGUNS ASPECTOS DA OPERAÇÃO DOS FORNOS ELÉTRICOS DE REDUÇÃO ⁽¹⁾

MAX FERNANDES ALVIM MACHADO ⁽²⁾

RESUMO

O autor trata dos vários aspectos da operação dos fornos elétricos de redução e relata os cuidados a serem tomados para se obter um bom rendimento na operação; ressalta pontos que considera de importância, tais como: riqueza de carga; granulometria dos materiais da carga; excesso ou falta de redutores; confecção e cuidados a serem tomados com os eletrodos.

1. INTRODUÇÃO

O forno elétrico de redução da ACESITA, (Figura 1) é um dos mais modernos em sua categoria. Tem a abóbada completamente vedada; sistema hidráulico de pressionamento das placas de contacto (Figura 3); cadinho giratório; sistema automático de segurança contra o aumento de teor de exigênio no gás e "bleeder" hidráulico (válvula de escape) contra super pressões do forno. Conta o forno com uma ponte rolante (18) para fazer o carregamento dos silos metálicos (4), que estão diretamente ligados ao forno por meio de tubulações (5). Os treze silos metálicos do forno (3 são para correção), encontram-se instalados no último piso do edifício e abastecem o forno por gravidade. A distribuição da carga no forno é feita como mostra a fig. 2.

Duas bôcas de carga atrás de cada eletrodo, uma entre cada dois eletrodos e uma central, perfazendo um total de dez bôcas. As bôcas de carga atrás dos eletrodos evitam um maior desgaste das paredes laterais do forno; as que se encontram entre dois eletrodos, aproveitam uma zona de grande densidade de corrente e a central é a que mais "puxa" carga por se achar na zona de influência dos três Eletrodos (3).

(1) Contribuição técnica n.º 527. Apresentada ao XIX Congresso Anual da ABM., São Paulo, julho de 1964.

(2) Membro da ABM. Da Cia. Aços Especiais Itabira «ACESITA», Acesita, MG.

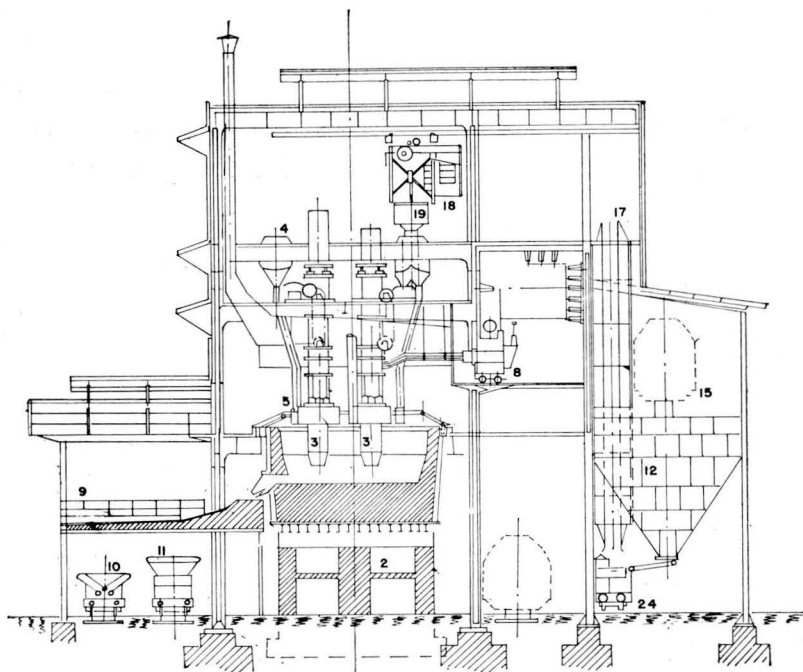


Fig. 1 — Corte esquemático do baixo forno elétrico de redução.

Rotação do cadinho — Traz como consequência o desaparecimento das zonas mortas (zonas em que há menor densidade de corrente), desgaste uniforme do revestimento e diminuição da

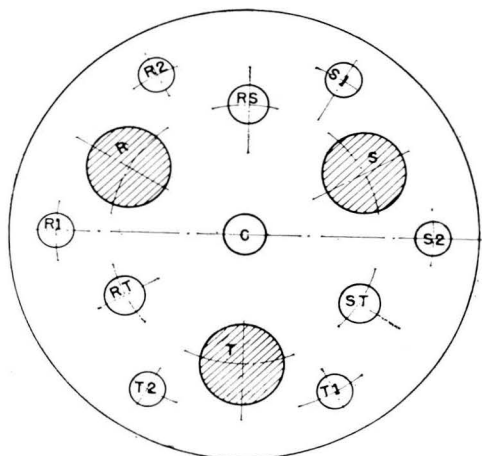


Fig. 2 — Distribuição dos tubos de carga no forno.

- a = Eletrodo.
- b = Placa de contacto.
- c = Anel de pressionamento.
- d = Sanfona do anel de pressionamento.
- e = Entrada do óleo sob pressão.

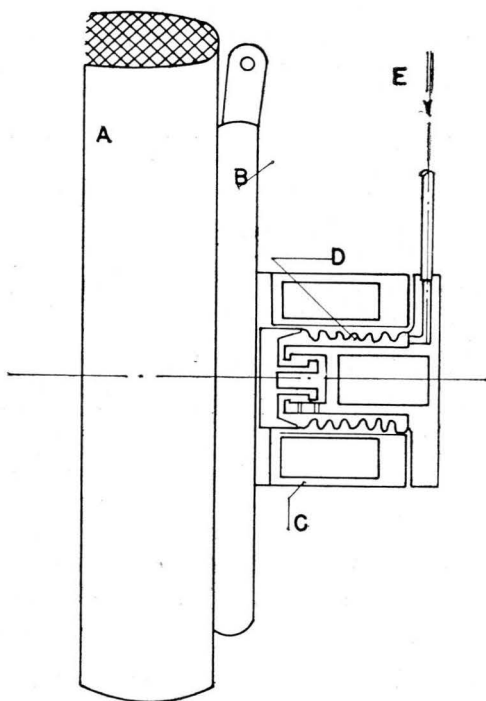


Fig. 3 — Corte esquemático do sistema de pressionamento das placas de contacto.

segregação dos elementos da carga pelo constante revolvimento desta.

Abóbada do forno — É totalmente formada de uma estrutura de aço, na sua maior parte ôca e pela qual corre a água de refrigeração. Os espaços entre as peças estruturais são formados com tijolos refratários sílico-aluminosos. Na abóbada, além das bôcas de carga, há a entrada dos três eletrodos, três válvulas de segurança por super pressões e olhais para a inspecção da carga e dos eletrodos. O forno trabalha sempre com uma pequena pressão (+ 2 mm de coluna d'água) para evitar a entrada de ar no interior da abóbada.

Eletrodos — São do tipo Soederberg, com Φ 1.250 mm, construídos em chapa preta comum de 2 a 2,5 mm de espessura. São comandados por um sistema eletro-hidráulico, dirigido da cabine de comando, instalada no piso da abóbada, dando assim ao operador (cabineiro) uma bôa visão do conjunto do forno. A área de corrida é composta de um canal semi-circular que recebe o gusa e escória e lança-os em um canal central, onde

são separados por densidade e lançados nas respectivas caçambas (10) e (11).

Os silos metálicos (4) são alimentados por intermédio da ponte rolante (18) de 7 t de capacidade que alça a carga feita pelo carro balança (24) e a coloca, por intermédio do balão (19), nos silos à medida que o forno vai consumindo as cargas.

O carro balança é alimentado por treze silos em concreto (12) e sôbre os quais há uma linha elevada (15) para o abastecimento das matérias primas. O cadinho do forno apoia-se sôbre um sistema de rodilhos (giro do cadinho) que, por sua vez, apoia-se em uma base de concreto (2). Os três transformadores abaixadores (8), refrigerados pelo sistema óleo-água, são monofásicos e têm uma potência de 5.850 kVA cada um.

Todo o gás produzido pelo forno é integralmente aproveitado; antes porém, é lavado com aspersão de água em colunas e com o auxílio de um lavador Theissen. A pressão do forno é mantida constante por intermédio de um regulador ASKANIA. Uma análise típica do gás do forno é, em %:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 &= 17,0; \text{O}_2 = 0,2; \text{CO} = 70; \text{CH}_4 = 0,6; \\ \text{H}_2 &= 8,6; \text{N}_2 = 3,6. \end{aligned}$$

O poder calorífico anda em torno de 2.200 Kcal/Nm³.

2. ALGUNS FATÔRES QUE INFLUENCIAM NA MARCHA DO FORNO

Uma série de fatores exercem influência na marcha do forno e de um certo modo eles são relacionados entre si. Alguns deles são: riqueza da carga, granulometria, excesso ou falta de redutores, umidade da carga, etc.

A) *Riqueza da Carga* — A riqueza de uma carga é o quociente do peso de gusa que ela pode produzir, pelo peso total da mesma, excetuando-se o peso dos redutores. Assim é que a carga, para 1.000 kg de gusa, contém: hematita 930 kg; canga 300 kg; quartzito 300 kg; manganês 30 kg; calcário 300 kg; dolomita 200 kg; seu peso total, excetuando-se os redutores, é de 2.030 kg. Donde dizemos ter essa carga uma riqueza de 49%.

O trabalho com uma carga muito rica acarreta os seguintes problemas: os eletrodos passam a trabalhar mais alto, devido à grande condutibilidade que lhe confere a maior porcentagem de minério em relação aos fundentes. Os eletrodos trabalhando alto aumentam as perdas de calor devido à dispersão do mesmo na parte superior do cadinho, com reflexos negativos na produção e podendo mesmo provocar avarias na abóbada e no

sistema hidráulico de apêto das placas. Nesta situação, se forçarmos os eletrodos a trabalharem na altura adequada (enfiarmos os eletrodos), lógicamente pioraremos o cos φ .

Entretanto podemos atenuar o problema lançando mão de um ou de alguns dos recursos abaixo enumerados:

1. Se possível aumentar a porcentagem de canga em detrimento da hematita. Assim é que a canga, por ser porosa e ser formada pelo agrupamento de pequenos blocos hematíticos, ligados entre si por um cimento sílico-argiloso, apresenta uma condutibilidade elétrica muito inferior à da hematita, o que facilita sobremaneira o processo eletro-metalúrgico no forno.
2. Usando coque de menor densidade ou fazendo variar a relação coque fino/coque grosso, usado na carga: aumentando-se a relação coque fino/coque grosso, aumentaremos a resistividade da carga, pois é fato comprovado que usando coque de menor granulometria, em maior porcentagem, há um incremento da resistência elétrica da carga.
3. Aumentando-se a porcentagem de emprêgo do carvão vegetal em relação ao coque, se aquêle também fôr usado como redutor, mas não se descurando da granulometria do mesmo. Se fôr possível, usar moinha de carvão vegetal na granulometria de 15 a 40 mm. O carvão vegetal nas mesmas condições granulométricas do coque e até em pior situação, apresenta maior resistividade elétrica que êste. Parece-nos que o motivo é a grande porosidade do carvão vegetal.
4. Empobrecendo a carga, ou seja, aumentando os fundentes: o aumento na carga de materiais menos condutivos que os minérios de ferro, acarreta uma maior resistividade para a mesma; esta solução, porém, ocasiona um aumento de consumo de energia por tonelada de gusa produzido, devido ao maior pêso de escória e, é claro, também um aumento no consumo de fundentes.

B) *Granulometria dos materiais da carga* — Uma carga composta com elementos de fina granulometria (não material pulverulento) apresentará maior número de vazios em seu interior, oferecendo maior resistência à passagem da corrente elétrica. Sob êste aspecto a influência da granulometria dos redutores (coque, carvão vegetal, antracito), desempenha um papel muito importante, porquanto está comprovado que êstes materiais sofrem menor perda de resistividade elétrica com o aumento da temperatura do que os outros componentes (minérios e fundentes).

Em experiências feitas no BFER da ACESITA, conseguimos, trabalhando com uma carga relativamente rica, elevar o cos φ de 0,74 a 0,82 apenas variando as granulometrias do coque e empregando maior porcentagem de carvão vegetal fino (15 a 40 mm) e uma hematita de granulometria adequada.

A granulometria da canga era um pouco maior, porquanto o britamento desta em granulometria muito pequena acarreta grande porcentagem de finos. Os fundentes eram de granulometria idêntica à da canga, isto é, 70% do material entre 50 e 80 mm.

Atualmente empobrecendo um pouco a carga já atingimos um cos. φ médio mensal de 0,84 (outubro e novembro de 1963).

Geralmente usam-se nos BFER como redutores, o coque metalúrgico, a antracita e o carvão vegetal. A granulometria destes materiais, principalmente a do coque, situa-se aproximadamente entre 5 e 40 mm; sempre que se usa somente coque, é costume empregá-lo em duas ou três granulometrias. Quando empregado em duas, temos o que é chamado coque fino (± 5 a 20 mm) e o outro, coque grosso (± 20 a 40 mm). A proporção de emprêgo entre êles ou de somente um dêles, depende em grande parte da resistividade elétrica que os outros componentes da carga estão conferindo a ela. Existem fornos que, operando com uma carga muito rica, trabalham apenas com coque fino, para melhor rendimento do forno.

Não só do ponto de vista elétrico, mas também do ponto de vista metalúrgico, a granulometria dos componentes da carga influi na operação do forno, principalmente a dos redutores. Uma granulometria adequada proporciona um contacto mais íntimo entre os componentes da carga e, portanto, economia de energia elétrica e redutores.

A carga ficará também mais homogênea, facilitando a saída dos gases por ela. O uso de materiais em estado pulverulento é nocivo à marcha do forno, porquanto causa erupções que danificam a abóbada, queda na produção e aumento da condutibilidade da carga.

C) *Excesso ou falta de redutores* — Os fornos de redução são extremamente sensíveis às variações do pêsso do carbono fixo por tonelada de gusa.

Suponhamos o trabalho com uma carga rica e com excesso de redutores. Devido à riqueza da carga, os eletrodos terão a tendência de trabalharem alto, aquecendo anormalmente a abóbada e diminuindo a produção. O excesso de redutores poderá provocar um acúmulo dêste dentro do cadinho, agravando mais ainda o problema da resistividade da carga. Porém, se trabalharmos com uma carga pobre, sempre será mais fácil trabalhar com um pequeno excesso de redutores, não deixando que as bruscas variações de umidade do coque e principalmente do carvão vegetal, afetem a marcha do forno. Atualmente em ACESITA utilizamos 360 kg de carbono fixo por tonelada de gusa.

O acúmulo de redutores pode ser provocado pelo excesso dêste na carga, podendo também ser proveniente de um redutor de baixa reatividade ou de redutores em granulometria inadequada (material grosso) associado a um excesso dos mesmos.

Os perigos de um excesso e acúmulo de redutores dentro do forno podem ser detectados pelos seguintes indícios: Elevação do teor de carbono de gusa; Elevação do teor de CO no gás e Eletrodos trabalhando alto.

No nosso caso, um teor de carbono no gusa de ordem de 4,40% e uma porcentagem de 72% de CO no gás indica haver um excesso de carbono no forno.

D) *Falta de redutores* — A falta de redutores traz problemas seríssimos para a marcha do forno, maiores do que aqueles devidos ao excesso. Como consequência imediata da falta de redutores, temos um aumento no consumo de eletrodos, devido ao trabalho num meio menos redutor e também a queda no teor de carbono do gusa e na porcentagem do CO no gás. No nosso caso, trabalhando-se com um gusa baixo de 3,9% de carbono e um gás abaixo de 68% de CO, fica evidente a falta de carbono na carga; se não alterarmos o leito de fusão, dentro em pouco teremos formação de crôstas no forno, com possibilidade de haver quebra de eletrodos.

3. OBSERVAÇÕES NA CONFECÇÃO E USO DE ELETRODOS SOEDERBERG DE GRANDE DIÂMETRO

Os eletrodos Soederberg, sem dúvida, constituem a parte mais delicada dos fornos elétricos de redução de grande potência. Fornos de 17.500 kVA (ACESITA) ou de 33.000 kVA (Mo i Rana) têm eletrodos com 1.250 e 1.500 mm de diâmetro, respectivamente. Eletrodos com diâmetro tão grande, necessitam de cuidados especiais para que não sofram rupturas.

Abaixo damos alguns fatores que podem ocasionar a quebra de eletrodos:

A) *Camisas mal soldadas* — Devem ser completamente soldadas umas às outras e nunca apenas ponteadas. Também os reforços radiais devem ser totalmente soldados ao respectivo cilindro. Quando da emenda de duas camisas, cada reforço radial de uma camisa deve ser soldado ao seu equivalente da outra camisa, de modo a não termos zonas que apresentem maior resistência elétrica. Também a soldagem por pontos de um reforço radial à peça cilíndrica pode causar a perfuração da camisa quando ela estiver envolvida pelas placas de contacto. A parte cilíndrica da camisa deve ter uma superfície externa completa-

mente lisa para evitar que arranhe a superfície de encosto das placas de contacto com desgaste destas.

B) *Espessura inadequada da chapa com que são confeccionadas as camisas* — A espessura da chapa usada varia proporcionalmente com o diâmetro do eletrodo. Assim é que, para fornos com eletrodos de 1.200 a 1.300 mm de diâmetro, a chapa tem de 2 a 2,5 mm de espessura; para fornos com eletrodos de 500 a 900 mm de diâmetro (FORNOS PARA FERRO LIGA) geralmente se usa chapa de aproximadamente 1,6 mm de espessura.

Ao usar chapas finas ($\pm 1,5$ mm de espessura) a soldagem das camisas deve ser feita com solda oxi-acetilênica. No caso de chapas mais grossas usa-se solda elétrica. A espessura máxima da chapa fica limitada por motivos econômicos e em parte também por motivos técnicos, já que de uma camisa de chapa muito grossa é mais difícil haver escapamento das matérias voláteis da pasta eletródica. Também o peso do eletrodo aumenta muito. A espessura dos reforços radiais deve ser igual ou pouco menor que o da chapa do envoltório cilíndrico. Quando a chapa dêste fôr muito espessa toma-se como base uma espessura para a chapa dos reforços radiais igual a 80% da espessura da chapa do cilindro.

Esta medida é para que a ponta do eletrodo não apresente fendas muito pronunciadas nos lugares em que os reforços radiais já fundiram (fig. 4). Estas fendas causam a quebra dos dentes por elas formados na ponta dos eletrodos, aumentando o consumo dos mesmos. Também o excesso de reforços radiais acarreta o mesmo problema, fig. 5. O número de reforços radiais de um eletrodo guarda certa proporcionalidade com o diâmetro do mesmo. Assim é que para eletrodos de 1.350, 1.250 mm de diâmetro usam-se de 10 a 12 reforços radiais, e para eletrodos de 500 mm de diâmetro, 5 reforços radiais.

C) *Granulometria inadequada dos materiais da carga* — A importância dêste item avulta em se tratando de fornos com cadinho rotativo. Todos os componentes da carga e principalmente os de maior densidade devem ser de fina granulometria. Segundo nossa prática em ACESITA (forno de cadinho rotativo), adotamos para a hematita (componente de maior densidade de carga), uma granulometria máxima de 50 μ m. Também é desaconselhável carregar no forno materiais com mais de 5% em pó. O pó abafa a saída dos gases, provocando “sopros” que podem danificar a abóbada e eletrodos.

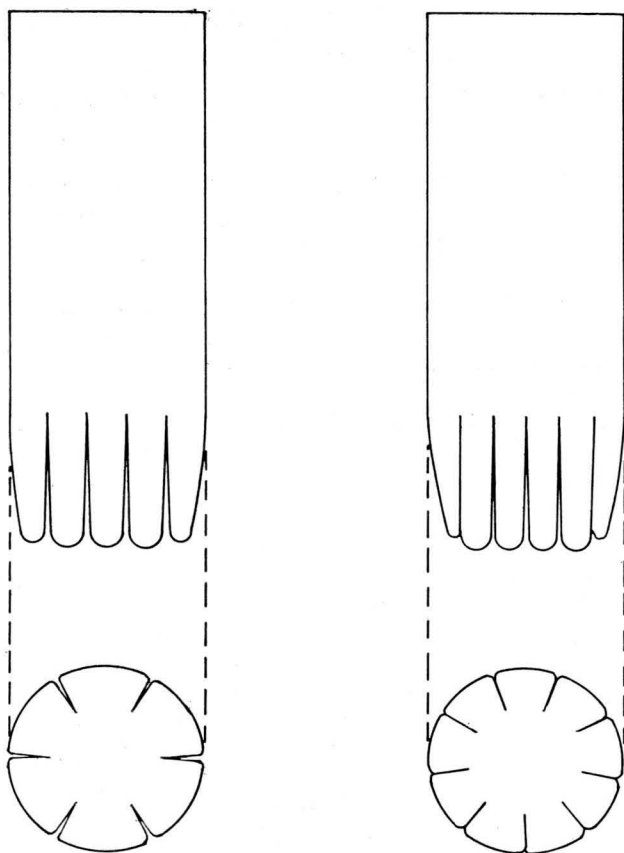


Fig. 4 (à esquerda) — Vista esquemática de uma ponta de eletrodo, cujos reforços radiais foram feitos em chapa muito espessa.

Fig. 5 — Vista esquemática de uma ponta de eletrodo no qual foi usado um número excessivo de reforços radiais.

D) *Velocidade de rotação do cadinho em desacôrdo com a potência em uso* — Em ACESITA só giramos o cadinho quando trabalhamos com uma potência de no mínimo 80% da nominal máxima do forno. A velocidade de giro do cadinho deve ser função da potência, granulometria dos materiais da carga, diâmetro dos eletrodos, etc.

E) *Intensivo arriamento dos eletrodos* — O eletrodo sem tempo para o seu cozimento normal, apresentar-se-á na parte

inferior das placas de contacto ainda muito “verde”, portanto, com pouca resistência mecânica.

F) *Arriar os eletrodos demasiadamente de uma só vez* — Acarreta o mesmo perigo já apresentado no item E.

G) *Pequena resistência da pasta Soederberg a compressão* — Segundo Starc a pasta cozida deverá apresentar uma resistência mínima de 125 kg/cm².

H) *Alta resistividade elétrica da pasta* — Uma boa pasta, segundo Starc, nunca deve ter uma resistividade superior a 100 ohms × mm² × m.

I) *Pressão inadequada das placas de contacto contra os eletrodos* — Placas frouxas encostam-se à camisa dos eletrodos apenas em alguns pontos, havendo diminuição da superfície de contacto e, portanto, provocando a fusão da camisa nêstes pontos. De acôrdo com as instruções da DEMAG para o forno ACESITA, a mínima pressão tolerável é de 20 kg/cm² para funcionamento normal do forno. Também não devem ser apertadas em demasia para não deformarem as camisas dos eletrodos. Ao se por em marcha um forno, pela primeira vez quando então temos o problema do cozimento total dos eletrodos, deve-se nos primeiros dias, por estar completamente mole o eletrodo, manter a pressão das placas em tórno de 15 kg/cm².

J) *Corrente muito elevada* — É muito difícil, mas também pode trazer a ruptura de eletrodos. Segundo M. Starc não se deve ir além de 6 A/cm². Devido à casca metálica dos eletrodos acreditamos que a corrente possa ir além da cifra acima.

K) *Camisas de eletrodos ou placas de contacto apresentando superfícies de contacto em mau estado* — Depois de uma longa parada do forno é bom que seja removida a oxidação das camisas e que seja limpa também a superfície de contacto das placas.

L) *Choque térmico* — Eletrodos submetidos a choques térmicos podem trincar e posteriormente quebrarem-se. Em fornos cobertos ou semi-cobertos, deve-se ter o cuidado de não expor os eletrodos a variações bruscas de temperatura. Por exemplo: após uma parada abrir com cautela as portas de visita do forno.

M) *Inobservância dos cuidados que se devem ter ao manipular a pasta Soederberg:*

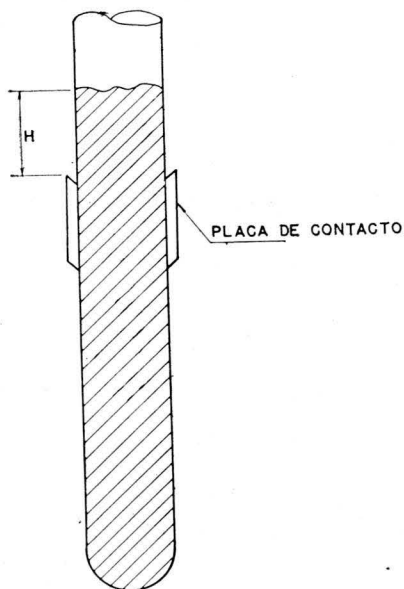


Fig. 6 — Altura da pasta acima das placas de contacto.

1. Deve ser guardada em lugar sêco e protegida contra a poeira.
2. Se fôr posta no eletrodo, granulada (fornos abertos ou semi-abertos) nunca deve ser em pedaços muito grandes. Quando fomos obrigados a por pasta Soederberg granulada em nossos eletrodos, nunca o fazíamos com pedaços maiores que 100 mm de dimensão máxima. Também pode-se tomar como norma que a granulometria da pasta deva ser proporcional à temperatura da camisa do eletrodo, logo acima dos bordos superiores das placas de contacto.
3. A quebra da pasta deve ser feita em local completamente limpo.
4. A pasta granulada, antes de ser posta no eletrodo deve ser inspecionada e, se possível, soprada com um jato de ar comprimido.

Quando no eletrodo pomos pasta amolecida (geralmente em fornos completamente fechados) os cuidados a serem observados não são menores.

5. Depois do enchimento do eletrodo com pasta amolecida, devemos apiloá-la para que se acomode perfeitamente dentro da carcaça metálica, sem a formação de vazios.
6. Ao amolecer a pasta, devemos, de preferência, fazê-lo em uma estufa equipada com termostato para não queimá-la.

7. Os eletrodos devem permanecer todo o tempo tampados para que não haja deposição de pó ou outro material sobre a pasta Soederberg, evitando-se a formação de secções de menor resistência mecânica nos eletrodos. Este cuidado deve ser maior, se a pasta é carregada amolecida no eletrodo.
8. Altura h (fig. 6) acima das placas de contacto:

A pasta Soederberg deve ter uma boa altura acima das placas de contacto. Se a altura h for muito pequena pode ocorrer uma excessiva perda de matéria volátil na região A, dificultando a soldabilidade com a nova remessa de pasta que lhe será adicionada por cima. Também no caso de um acidente no arriamento do eletrodo (arriamento excessivo), corre-se o risco das placas de contacto pressionarem uma parte vazia do eletrodo. Quanto à altura máxima, fica esta condicionada ao peso máximo que o eletrodo pode ter, e também a outros fatores. Em ACESITA e de acordo com o fabricante do forno (DEMAG), adotamos como altura máxima 3 m e como mínima 1,5 m.

N) *Formação de crostas no forno* — Constitui grave perigo para os eletrodos, mormente se o forno for de cadinho rotativo.

A formação de crostas é proveniente da falta ou má distribuição dos redutores na carga. Devido à falta de redutores, os materiais em torno dos eletrodos adquirem ao rubro um aspecto pastoso ou completamente sólido, formando o que chamamos de crostas. Quanto maior a falta de carbono na carga, mais dura a crosta se apresenta. Pedacos de crostas retirados de dentro do forno e esfriados apresentam aspecto físico semelhante a pedacos de sinter.

A formação de crostas em torno dos eletrodos pode provocar a quebra dos mesmos, danificar a abóbada, etc. As primeiras crostas que se formam são geralmente moles e de fácil desagregação, bastando o próprio giro do cadinho ou a contínua descida da carga. Porém se persistir a falta de carbono, as crostas inicialmente formadas tornam-se duras, o forno deverá ser parado e as mesmas quebradas com soquetes. Sobre elas deverá ser adicionado carvão vegetal ou coque. Devido ao seu formato, as crostas provocam a descida irregular da carga dentro do forno, não deixando fluir carga em torno dos eletrodos ou mesmo tampando a boca dos tubos de carregamento com as projeções de escória ocasionadas pelo movimento eletrodinâmico do banho.

Na figura 7 esquematizamos a descida anormal da carga, atingindo diretamente o pé do eletrodo, passando por trás da crosta. Alguma carga também poderá correr diretamente das

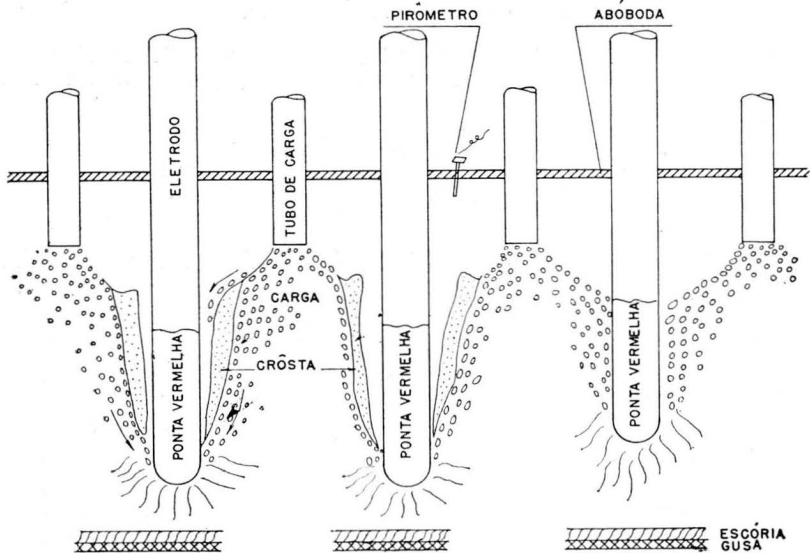


Fig. 7 (à esquerda) — Descida irregular da carga devido às crostas em tórno do eletrodo.

Fig. 8 (ao centro) — Excessiva exposição da ponta vermelha do eletrodo devido às crostas.

Fig. 9 (à direita) — Eletrodo trabalhando normalmente.

bôcas dos tubos de carga, passando no vão existente entre a crosta e o eletrodo. Neste caso, se a carga estiver molhada, poderemos ter fortes explosões causadas pela decomposição da água, quando a carga atingir o pé do eletrodo e, com certeza, teremos a ruptura dêste.

Na figura 8, a crosta deixa exposta a ponta do eletrodo, ocasionando o aumento de temperatura na abóbada do forno, por irradiação do calor. Eletrodos que se acham rodeados de crosta, são obrigados, pelo sistema automático de regulação, a trabalharem mais enfiados na carga para melhor contacto.

A figura 9 mostra o trabalho normal de um eletrodo, com a ponta vermelha tôda submersa, e o afluxo normal de carga em tórno do mesmo. Trabalha a uma altura regular, sem estar demasiadamente enfiado na carga, devido à maior superfície de contacto que mantém com aquela. Para o trabalho em um forno fechado a formação de crostas em tórno de um eletrodo pode ser prevista pelas seguintes ocorrências:

1. Elevação anormal da temperatura da abóbada em tórno do eletrodo.

2. Oscilação da amperagem dêste eletrodo se o mesmo estiver sendo operado manualmente.
3. Se o eletrodo estiver ligado no circuito de trabalho automático, também haverá oscilação, porém esta será do eletrodo.
4. Se a crosta em formação isolar em parte o eletrodo da carga, mantendo-o num vácuo, o mesmo terá tendência para “entrar”, ou seja trabalhar baixo.

4. PROCEDIMENTO A SEGUIR APÓS A QUEBRA DE UM ELETRODO

Para uma ruptura que se tenha dado em uma seção em que o eletrodo ainda não esteja bem coqueificado, provavelmente perto das placas de contacto, a técnica de se por o forno em marcha é a seguinte: depois de retirada a ponta quebrada, deve-se examinar a seção em que houve a ruptura batendo-se com uma ferramenta na superfície da mesma. Certificando-se de que a pasta nesta seção ainda não está bem coqueificada, deve-se acertar esta superfície, de modo a termos, o mais aproximadamente possível, um plano normal ao eixo longitudinal do eletrodo.

Solda-se então à camisa do eletrodo uma tampa para proteger a seção ainda “verde” do eletrodo, do contacto direto com a carga. De preferência, esta tampa deverá ser feita em chapa um pouco mais grossa que a da camisa. A função desta tampa é não deixar que a pasta Soederberg flua para dentro do forno no início do cozimento da ponta do eletrodo.

Na parte lateral da tampa e também do eletrodo devem-se fazer furos de aproximadamente 2 mm de diâmetro, distanciados 20 cm entre eles, para facilitar a distilação da pasta.

Arria-se então um pouco o eletrodo — o mínimo necessário — e liga-se o forno, subindo lentamente com a potência e, em certos intervalos, mantendo-se desligado e abafado para facilitar a coqueificação da ponta quebrada.

A seguir, o início de marcha por nós adotado, depois de uma quebra de eletrodo nas condições acima descritas:

Durante 20 horas ligamos 15' e desligamos 10' (0 a 1MW).

Durante 10 horas mantivemos de a 1 a 1,5 MW.

Durante 12 horas mantivemos desligado para facilitar o cozimento e inspeção da ponta.

Durante 10 horas mantivemos 2 MW.

Durante 10 horas mantivemos 5 MW.

É necessário muito cuidado nas primeiras horas para que a tampa da ponta em cozimento não se funda e haja escorrimento da pasta Soederberg para dentro do forno. Quando a nova pasta já estiver toda coqueificada, os buracos de 2 mm de diâmetro pararão de destilar.

Para uma ponta quebrada de aproximadamente 1m, ou o que equivale dizer, ruptura do eletrodo em uma seção em que o mesmo já está completamente coqueificado, adotar uma marcha inicial de 30 a 40 horas até à primeira corrida.

Ex.: marcha adotada em ACESITA, depois da quebra da ponta de um eletrodo, com 1,10 m de comprimento. Examinou-se a superfície em que se deu a ruptura, certificou-se que ela estava bem coqueificada. O forno foi ligado em estrêla e adotou-se a seguinte marcha inicial:

Durante 12 horas	0,0 a 1,5 MW
Durante 8 horas	1,5 a 3,0 MW
Durante 8 horas	3,0 a 4,0 MW
Durante 4 horas	4,0 a 5,0 MW
<hr/>	
Total	32 horas

Depois deu-se a primeira corrida com 73.000 kWh vendidos.

Damos a seguir o método de marcha usado na Usina de STORE na Yugoslavia, forno de fabricação DEMAG, semelhante ao nosso. Ruptura em um ponto em que o eletrodo estava completamente coqueificado, a marcha adotada foi a seguinte:

Durante 4 horas	.....	0,5 MW
Durante 5 horas	.....	1,0 MW
Durante 10 horas	.....	2,0 MW
Durante 3 horas	.....	2,5 MW
Durante 5 horas	.....	3,0 MW
Durante 2 horas	.....	3,5 MW
Durante 2 horas	.....	4,0 MW
Durante 2 horas	.....	5,0 MW
Durante 2 horas	.....	6,0 MW
Durante 1 hora	.....	7,0 MW

Depois de 36 horas de marcha deu-se a primeira corrida.

No caso em que houve quebra do eletrodo em uma seção em que a pasta ainda não estava completamente coqueificada, ou o pedaço quebrado era muito grande, foi seguida a seguinte marcha:

Durante	8 horas	.....	1 MW
Durante	8 horas	.....	1,5 MW
Durante	24 horas	.....	2 MW
Durante	8 horas	.....	3 MW
Durante	3 horas	.....	4 MW
Durante	2 horas	.....	5 MW
Durante	1 hora	.....	6 MW
Durante	1 hora	.....	7 MW

Depois de 55 horas deu-se a primeira corrida.

O exposto acima é apenas a título de ilustração, porquanto para cada tipo de forno, diâmetro dos eletrodos, etc., o tempo de reinício de marcha após a quebra de um eletrodo pode variar consideravelmente.

Um detalhe que achamos importante mencionar (e do qual tivemos bastante experiência) é o de se deve, ou não, arriar o eletrodo quebrado, escorregar entre as placas. Achamos que,

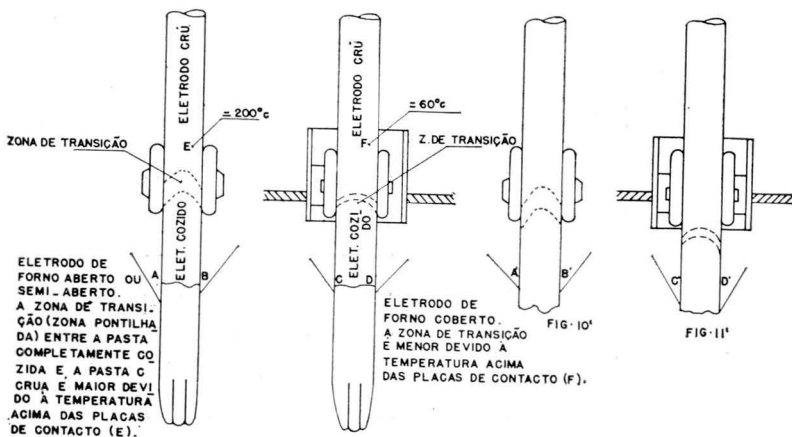


Fig. 10 — Eletrodo de forno aberto ou semi-aberto. A zona de transição (zona pontilhada) entre a pasta completamente cozida e a pasta crua é maior devido à temperatura acima das placas de contacto.

Fig. 11 — Eletrodo de forno coberto. A zona de transição é menor devido à temperatura acima das placas de contacto.

tôda vez que fôr possível, é preferível abaixar todo o conjunto em vez de arriar o eletrodo, principalmente se o forno fôr do tipo coberto. Segundo algumas experiências que tivemos no BFER da ACESITA, tiramos as seguintes conclusões, que nos parecem bem razoáveis:

Se depois da quebra de um eletrodo em forno do tipo aberto ou semi-aberto, (fig. 10) formos obrigados a arriar o eletrodo quebrado, há maior possibilidade de que a zona de transição, (zona interpontilhada), ainda permaneça, tôda ou em parte, entre as placas de contacto. Em um forno completamente fechado (fig. 11), o perigo da zona de transição sair de entre as placas de contacto é maior, porquanto ela sempre se apresenta muito mais estreita e mais baixa neste tipo de forno, devido à pequena temperatura da região do eletrodo acima das placas.

Se fôr necessário arriar o eletrodo para que a seção em que se deu a ruptura toque a carga, e se neste caso tôda a zona de transição ficar bem abaixo das placas, submeteremos a uma mesma temperatura três fases: eletrodo completamente cozido, zona de transição e eletrodo completamente cru. No caso de ser a zona de transição muito estreita, há a possibilidade de aparecer em seu lugar uma descontinuidade no eletrodo, devido às condições anormais de cozimento a que ficará sujeito. O eletrodo ainda terá a possibilidade de se manter firme até que, com sucessivos arriamentos, durante a marcha, a seção em que se deu a descontinuidade atinja a borda da carga. Neste ponto, dar-se-á a ruptura total, pois tôda a estrutura de chapa do eletrodo — que ainda se mantinha firme — começa a ficar completamente amolecida pelo calor.

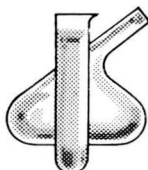
BIBLIOGRAFIA

MILKO S. — *Dati Tecnici Relativi al Forno Ghisa; Demag-Siemens de 16 MVA.*

Que tipo

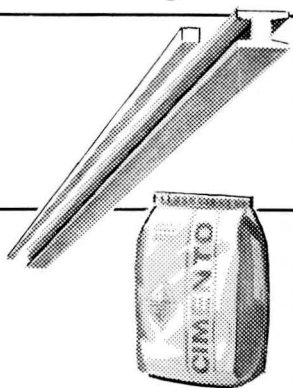


de refratário



o Sr. deve usar

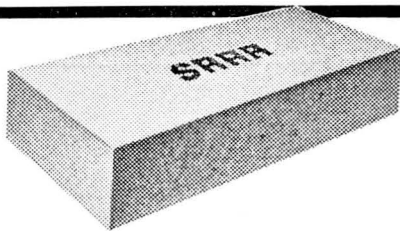
na sua indústria?



Uma coisa é certa. Devem ser refratários de alta qualidade. (Entenda-se: da alta qualidade São Caetano). Devem atender às necessidades específicas da sua indústria e ao local em que serão utilizados.

A Cerâmica São Caetano fabrica refratários com características especiais de resistência térmica, mecânica, anti-corrosiva e anti-abrasiva, para caldeiras, fornos, chaminés, etc., de siderúrgicas, metalúrgicas, indústrias químicas, fundições, caldeirarias, vidrarias, cerâmicas, fábricas de cimento, açúcar, cal e outras.. Sempre com a tradição de qualidade São Caetano. Melhor orientação lhe será prestada, sem compromisso, pelo nosso Departamento Técnico.

**REFRATÁRIOS
SÃO CAETANO
QUALIDADE TRADICIONA**



CERÂMICA SÃO CAETANO S. A.

Avenida Paulista, 2073 — Conj. Nacional — Tels.: 33-7147 - 33-4952
Avenida Senador Dantas, 80 — 6.º and. — Tel.: 42-3158 — R. de Janeiro
Rua São Paulo, 897 — Tel.: 2-7739 — Belo Horizonte

