



**KONUS ICESA S.A.**  
SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

## **ACIDENTES EM ACIARIA**

**Lauro Chevrand<sup>(1)</sup>**

**Trabalho a ser apresentado no  
XXXV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação de Metais – Salvador - 2004**



**KONUS ICESA S.A.**  
SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem motivos extremamente nobres: **salvar vidas**. Ao longo do tempo temos observado, uma inacreditável repetição de acidentes em Aciaria. O trabalho descreve ordenadamente.

- Acidentes / conseqüências
- Motivos
- Soluções

O objetivo é termos um manual de segurança em aciaria para mudar as faltas observadas, tornando nossa atividade menos perigosa.

**O autor entende que a divulgação deste trabalho com palestras participativas com os nossos Aciaristas, se constituirá em uma ferramenta importante contra ao ACIDENTES EM ACIARIA. Para isto o autor se dispõe a capitanear este trabalho, e assim o faz por uma questão de princípios fundamentais de Ética.**

(1) – Membro da ABM. Consultor Técnico da KONUS ICESA S.A.

Trabalho apresentado no  
XXXV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação de Metais – Salvador - 2004



**KONUS ICESA S.A.**

SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

**A - Acidente/Conseqüências:**

**Explosão dentro da panela de aço líquido**

Conseqüências: Extravasamento de aço líquido pela borda da panela causando:

- Danos aos equipamentos;
- Paralisação da produção;
- Queimaduras em funcionários com ferimentos, mortes.

**A - Motivos e Soluções**

**1. Adição de cal no fundo da panela antes do vazamento.**

Esta adição é uma perigosa prática que visa provocar desfoforação/dessufuração durante o vazamento do aço líquido para a panela. Ocorre que as cales usadas nas aciarias são de alta reatividade e, portanto não são calcinadas até a morte permanecendo em cada pedra de cal um núcleo calcário rico em  $\text{CaCO}_3$ .

No vazamento parte de material permanece no fundo da panela, sendo recoberto pelo aço líquido que provoca um rápido aumento de temperatura e uma decomposição explosiva do núcleo calcário das pedras projetando o aço líquido para fora da panela.

1. Eliminar ou proibir em qualquer hipótese a adição de cal na panela.

**2. Adição de ligas ou escorificantes úmidos no fundo da panela antes do vazamento.**

De maneira similar ao apontado para as cales, o aço líquido pode cobrir parte desses materiais mantendo-os no fundo da panela. O aumento de temperatura provocado pelo aço líquido decompõe a água em reação explosiva.

2. Proibir em qualquer hipótese adição de materiais no fundo da panela, pois nunca se sabe seu grau de umidade.

**3. Massa refratária de reparação de panela e principalmente da válvula gaveta e do plugue poroso úmida no ato do vazamento.**

De maneira similar aos materiais úmidos o aumento de temperatura provocado pelo aço líquido também decompõe a água em reação explosiva.

3. Proibir em qualquer hipótese o vazamento sem rigoroso preaquecimento da panela, pois nunca se sabe seu grau de umidade.

**4. A umidade no refratário**

Panelas novas que utilizam materiais úmidos no revestimento também podem provocar reações similares se não forem adequadamente aquecidos a altas temperaturas ( $1100^\circ\text{C}$ ).

4. Estabelecer rigorosas rotinas de preaquecimento de secagem e preaquecimento da panela utilizando aquecedores de panela com avançados sensores de temperatura como os fornecidos pela **Konus Icesa S.A.**



**B - Acidente/Conseqüências**

**Vazamento de aço líquido entre as placas da válvula gaveta.**

Conseqüências: Extravasamento de aço líquido pela borda da panela causando:

- Danos aos equipamentos;
- Paralisação da produção;
- Queimaduras em funcionários com ferimentos, mortes.

**B - Motivo e Soluções**

1. Placa de montagem desnivelada. Isto impede o paralelismo entre as placas refratárias.

1. Estabelecer junto com o plano de manutenção preventiva da usina o cheque da placa de montagem em todas as trocas de mecanismos.

2. Sistema de aperto das placas desregulado.

2. Nos sistemas que utilizam molas, elas devem ser rigorosamente aferidas a cada troca. Molas fora dos limites de aceite podem ser recuperadas por empresa ou profissional idôneo. O aparelho de aferição deve ser aferido diariamente com registro de resultado no sistema de controle da manutenção preventiva.

3. Material refratário das placas inadequado.

3. Estabelecer rigorosos limites de vida da placa em função da qualidade do refratário. Mudanças de materiais devem ser exaustivamente acompanhados para o estabelecimento de nova vida das placas e dos novos critérios de operação em função da mudança.

4. Nº de corridas excessivas nas placas.

4. Mudanças no nº de corridas nas placas devem ser precedidas de rigorosa análise de risco. Em nenhuma hipótese deve deixar o nº de corrida além da especificada a julgamento dos operadores. Fazer menos corrida sim é um julgamento que deve ficar com os operadores.

5. Uso inadequado da válvula gaveta; como por exemplo, sujeitando a altas temperaturas de tanque de vácuo fazendo com que as molas percam a sua característica.

5. Seguir a rigor a orientação do fabricante. Executar também testes para atestar a sanidade do sistema quando submetido a condições excepcionais.

6. Força excessiva do sistema de acoplamento do tubo submerso, no mecanismo da válvula gaveta.

6. Utilizar os modernos mecanismos de fixação de tubo longo na válvula gaveta a fim de que não haja praticamente nenhuma interferência entre os dois sistemas.



**KONUS ICESA S.A.**

SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

### C - Acidente/Consequência

#### Vazamento de aço pelo plugue poroso das painéis

Consequências: Extravasamento de aço líquido pela borda da panela causando:

- Danos aos equipamentos;
- Paralisação da produção;
- Queimaduras em funcionários com ferimentos, mortes.

### C - Motivos e Soluções

#### 1. Plugue poroso antiquado

1. A tecnologia de plugue poroso evoluiu muito na última década e continua evoluindo. Dos sem nenhuma segurança inicialmente usados, motivo de grandes acidentes evoluindo para sistemas de alta segurança como, por exemplo, o sistema IPV da Vesuvius, que fornecem ao aciarista elementos visuais de modificação do estado de plugue independente da sua vida. Sem dúvida alguma a injeção de gases para homogeneização é o mais moderno dos sistemas e se adequadamente administrado é também muito seguro.

#### 2. Plugue poroso sem fusível de alerta

2. Dentre os sistemas existentes no mercado aqueles que possuem alerta de desgaste fornece ao operador um meio seguro para determinação para o final da vida.

#### 3. Excessiva vida para o plugue poroso

3. O plugue poroso se desgasta pelo tempo de borbulhamento e não pelo número de corrida. Desta maneira o controle de vida pelo tempo de injeção é muito mais seguro do que pelo número de corridas.  
- Controle de vida do plugue

#### 4. Gás de borbulhamento reativo

4. Normalmente os gases utilizados para borbulhamento são neutros em relação ao refratário do plugue, no entanto em algumas práticas se usava o CO<sub>2</sub>. Este gás, no entanto não é neutro nas temperaturas de borbulhamento do aço líquido decompondo-se na interface refratário do plugue/aço líquido em CO<sub>2</sub> + CO + O<sub>2</sub>.  
O CO reage com os óxidos do refratário levando a sua desintegração. Desta maneira CO<sub>2</sub> nunca deve ser usado como gás de borbulhamento.

#### 5. Plugues sem dispositivo de congelamento do aço

5. No mercado existem diferentes sistemas que atuam como última instância para impedir vazamento de aço. Evidentemente que deve-se ter no sistema esse recurso para **não** ser usado.



### D - Acidentes/Consequências

#### Pequenos vazamentos de água dentro do forno elétrico.

Estes vazamentos provocam a hidratação do material refratário levando água para a interface refratário/carcaça ocasionando explosões e furo no forno.

#### D. Motivos e Soluções

1. Os pequenos vazamentos nos painéis refrigerados.
2. Pequenos vazamentos de água da parte externa do forno que penetram pelas aberturas da carcaça

1 e 2. A vida do painel refrigerado é função dos seguintes fatores:

- Projeto
- Qualidade de fabricação
- Qualidade de solda
- Qualidade dos materiais empregados
- Experiência
- Condições da refrigeração
- Potência do forno
- Uso de queimadores
- Uso de outras fontes de energia

Normalmente tendo-se adequada tecnologia e com correto emprego de materiais, as trincas nos painéis tubulares acontecem na solda e nos tubos motivado pelo processo de aquecimento (dilatações) e resfriamento (contração) a que são submetidos, ocorrendo assim a FADIGA TERMO-MECÂNICA..

A fadiga causa micro trincas que se propagam ocasionando os pequenos vazamentos, muitas vezes imperceptíveis, mas que vão lentamente deteriorando o refratário.

A solução tecnicamente correta para evitar o acidente está na limitação de vida do painel, pois o custo do painel é extremamente baixo.

Por exemplo um conjunto de painéis em um FEA de 100t/corrída:

- Numero de painéis 15
- Preço médio dos painéis R\$ 8.000,00
- Custo total  $8000 \times 15 = 120.000,00$
- Numero médio de corridas = 4.000
- Produção no período =  $5.000 \times 100 = 500.000 \text{ t}$
- Custo especifico =  $120.000/500.000 = 0,24 \text{ R\$/t}$
- Percentagem em relação ao custo do tarugo = 0,05%



### E - Acidentes/Conseqüências

#### Grandes vazamentos de água dentro do forno

**Conseqüências:** forte explosões dentro do forno causando:

- Arrancamento de painéis;
- Arrancamento de abobadas refrigeradas;
- Destruição de abobadas de tijolo;
- Queimaduras e ferimentos nos operadores
- Mortes.

#### E - Motivos e Soluções

Os grandes alagamentos de fornos são provocados por grandes furos em painéis refrigerados e rompimento de mangueiras de alimentação dos painéis, localizados atrás da porta do forno.

Raramente são devido a outros vazamentos.

O excesso de água dentro do forno entra rapidamente em evaporação/decomposição provocando uma chama azulada por entre os eletrodos e despoeiramento. **Este talvez seja o único sinal deste acidente.**

Na seqüência o excesso de água sobrenada a escória. Ao movimentar o forno a escória provoca ondas que aprisionam a água causando explosões de grandes proporções motivada pela decomposição/composição de água em hidrogênio/oxigênio.

Este é o pior dos acidentes provocados pela água no forno elétrico.

1. Eliminação de mangueiras por detrás da porta de escória. Esta medida tem sido adotada pela Konus Icesa em todas as suas obras de carcaça novas, quer sejam por ela projetadas ou projetados por terceiros. A solução é simples e oferece um bom nível de segurança.

2. Painéis mal projetados muito perto do nível de banho líquido podem facilmente ser danificados pelo contato direto do aço ou da escória provocando alagamento. A melhor solução está na análise crítica do projeto tomando se por base a altura máxima prevista para o aço líquido.

3. Outra possibilidade são os danos causados por centelhamento nos painéis de abobada e de carcaça que podem provocar grandes vazamentos. A solução está na correta regulagem do forno e no correto aterramento dos painéis. Peças grandes sucata não devem ser colocadas na parte superior da carga e esta regra tem que ser uma lei.

4. Quebras de eletrodo podem provocar arco próximo aos painéis refrigerados rompendo os. A solução está em parar o forno e retirar a parte quebrada imediatamente após a quebra.



**KONUS ICESA S.A.**

SOLUÇÕES TÉRMICAS E SIDERÚRGICAS

### E. Acidentes/Conseqüências

#### Acidentes por reações químicas explosiva com o carbono no aço líquido.

**Conseqüências:** derramamento de aço líquido escória na plataforma do forno, projeção de painéis refrigerados da carcaça e da abobada, projeção de refratários.

– Danos ao equipamento, queimaduras, ferimentos, mortes.

### F. Motivos e Soluções

A reação do carbono do aço líquido com o oxigênio da escória (FeO) é típica do processo de fabricação, contudo pode facilmente gerar reações explosivas. O fenômeno passa-se da seguinte maneira:

– Dependendo do teor de carbono do aço líquido, da temperatura e do nível de oxidação da escória, o FeO reage com o carbono de maneira instantânea (explosiva). Com o processo de injeção de oxigênio com o carbono ainda a baixas temperaturas (1500 °C), a reação do FeO da escória com o carbono se passa de maneira lenta, no entanto a aumento de temperatura aumenta também a velocidade desta reação e acima de 1610°C ela pode ser facilmente explosiva, gerando instantaneamente um alto volume de CO na interface metal/escória projetando o material líquido.

A solução deste grave problema passa por medidas preventivas de proteção dos operadores, mas muito mais de medidas de práticas metalúrgicas adequadas, neste particular temos:

1. Os operadores conhecem muito pouco desta reação, cabendo, portanto treinamento intensivo e contínuo para todos aqueles envolvidos na fabricação com aço com alto teor de carbono (maior do que 1%).
2. A injeção de oxigênio tem que ser feita a alta temperatura para se impedir excesso de CO na escória nesta condições.

Nota – Voltando ao passado da fabricação do aço anos 60 quando não existia oxigênio gás, utilizava-se o minério de ferro para a formação de FeO na escória , neste caso essas reações eram extremamente freqüentes e muitos acidentes aconteceram por absoluta falta de conhecimento.

Os mestres antigos tinham papel fundamental no controle deste processo.





### G. Acidentes/Conseqüências

#### Reação explosiva e oxidação no forno panela.

**Conseqüências:** derramamento de aço líquido escória na plataforma do forno, projeção de painéis refrigerados da carcaça e da abobada, projeção de refratários.

– Danos ao equipamento, queimaduras, ferimentos, mortes.

#### G. Motivo e Soluções

Tentativa de desenvolver processo de oxidação do carbono no Forno Panela. Devido às características do processo com escórias extremamente pobres em FeO associada a altas temperaturas, a reação com o carbono da escória é explosiva.

Em nenhuma hipótese permitir a injeção de oxigênio no forno panela.

### H. Acidentes/Conseqüências

#### Carregamento de Gusa Líquido no LD após o carregamento de sucata úmida.

**Conseqüências:** explosão dentro do LD, com projeção de material líquido nas plataformas de operação, cabine de controle, etc.

#### H. Motivo e Soluções

Os motivos são os mesmos apontados no caso de adição de materiais no fundo da panela de aço.

Alguns tipos de sucatas principalmente as oriundas de recuperação de resíduos de Aciaria e Alto Forno, contém uma grande possibilidade de reter bolsões de umidade. Também sucatas molhadas em épocas de chuva, principalmente pacotes, shredded e outros, podem reter umidade. A solução para o problema passa pela eliminação destes tipos de sucatas como carga de LD, deixando essas sucatas para os fornos elétricos que são menos suscetíveis nem mesmo por armazenamento coberto.

### I. Acidentes/Conseqüências

#### Projeção de aço líquido por perfuração na UED de lingotamento contínuo.

**Conseqüências:** – Queimaduras, danos aos equipamentos.

#### I. Motivos e Soluções

Estes acidentes são mais suscetíveis no lingotamento contínuo de placas. Excessiva velocidade de lingotamento pode ocasionar núcleo líquido na UED (unidade de Extração e Desempeno) rompendo a pele solidificada e projetando metal líquido a alturas significativas devido a grande pressão ferrostática.

Os operadores devem ser muito bem orientados desta possibilidade e placas de segurança devem limitar claramente a velocidade de lingotamento.



### J. Acidentes/Conseqüências

#### Falta de circulação de água nos painéis refrigerados

**Conseqüência:** Perfuração ou explosão do painel, podendo ocorrer alagamento do forno, como apontado nos casos anteriores.

- Danos nos equipamentos, ferimentos, mortes

#### J. Motivos e Soluções

Estes acidentes são motivados por falha operacional ou de manutenção, onde a entrada ou saída de água não são abertas após a troca do painel ou paradas de manutenção preventiva. Este acidente é extremamente comum. O principal motivo é a falha operacional.

O outro motivo fundamental são os sistemas de sensores de temperatura de água dos painéis inoperantes ou inexistentes, como corre na maioria dos FEAs. Sistemas de sensores de baixa qualidade tecnológica tem baixa disponibilidade, ocasionando o descrédito dos operadores no sistema.

Para solucionar este problema a KONUS ICESA desenvolveu uma canaleta completamente refrigerada para os cabos elétricos e para os sensores de temperatura – tipo PT-100. O sistema garante a integridade dos sensores e dos cabos de transmissão do sinal mesmo em condições extremas, fazendo com que os operadores passem a respeitar o sistema. É este o único meio de sanar o problema: ter sinal de baixa qualidade que permite ao operador atuar com eficiência.

### K. Acidentes/Conseqüências

#### Desprendimento de “Bodes” das paredes do forno no Aço Líquido

**Conseqüência:** Reações explosivas dentro do FEA, LD ou EOF, ocorrendo projeção de material líquido gases pelas saídas do forno.

- Danos nos equipamentos, ferimentos, mortes

#### K. Motivos e Soluções

Estes acidentes são motivados por acúmulo de mistura de escória e metal nos “pontos frios” das paredes do forno. Em determinado instante estes chamados “bodes” se desprendem caindo dentro do aço líquido. Estes “bodes” são constituídos também, de óxido de ferro dentre outros. É este óxido que vai reagir explosivamente com o carbono do aço líquido, gerando **CO** e **CO<sub>2</sub>**.

A solução do problema passa por uma correta operação do equipamento e análise rotineira do acúmulo de “bodes” nas paredes do forno. Os bodes se formados por uma razão qualquer devem ser eliminados por meio de lanças de oxigênio.

Atualmente nos FEAs, este problema foi eliminado com o uso de queimadores localizados nos pontos frios.