

UM SISTEMA DE PREVISIBILIDADE DE FALHA EM COIFA DO CONVERTEDOR ⁽¹⁾

Cícero Romão Cavati ⁽²⁾

Resumo

Apresenta-se, neste trabalho, os resultados do desenvolvimento de um Sistema Inteligente de Apoio à Tomada de Decisão (SIAD), utilizando lógica difusa, na forma de uma ferramenta auxiliar na predição do melhor momento de substituição de painéis de uma coifa num convertedor para fins de realização de sua manutenção antes do aparecimento de falha. Para tanto, considerou-se a coifa fixa de um dos convertedores utilizada no processo de fabricação do aço na área de aciaria da Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST. Um ambiente computacional com interface amigável, utilizando programação voltada a objetos, foi utilizado para possibilitar tanto o diagnóstico do estado do equipamento quanto a sua previsibilidade de manutenção. A partir dos parâmetros de inspeção do equipamento e em particular das medidas de espessura das tubulações da coifa fixa bem como de suas condições operacionais. O ambiente SIAD fornece resultado quanto à decisão da sua manutenção em partes previamente identificadas. Além disso, o ambiente SIAD conta com a facilidade de realizar simulações quanto a sua utilização a partir de um modelo adequado de representação de todas as tubulações que fazem parte da coifa fixa, considerando as suas restrições físicas e operacionais, tendo facilidade em fornecer e obter dados e ainda na visualização global de cada seção da coifa fixa.

Palavras-chave: Sistemas Inteligentes, Coifa do Convertedor, Manutenção Preditiva.

(1) XXXVI Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais - Internacional, para o tema: Solidificação / Lingotamento

(2) Professor Dr. em Engenharia Elétrica - Automação pelo Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da UFES - Cavati@ele.ufes.br

1 A MANUTENÇÃO PREDITIVA E O USO DE ULTRA-SOM

Resumidamente, a manutenção preditiva é uma ação de manutenção em dados da condição da máquina. Um dos parâmetros que em geral se acompanha num plano de manutenção em se tratando de coifa do convertedor é a espessura de suas tubulações. Neste contexto, monitorar espessuras, com utilização de equipamento de ultra-som, assume um papel importante na previsão de sua vida útil.

A utilização ultra-sônica (20 a 200 Khertz) no processo de manutenção preditiva proporciona, dentre as descobertas de outras falhas, a detecção de desgaste de material. Em geral, com um equipamento de ultra-som, pode-se obter aviso adiantado de regiões frágeis ao aparecimento de trinca térmica, tornando-se de modo que os reparos de planejamento de troca nestas regiões possam eliminar paradas desnecessárias e dispendiosas durante o processo de fabricação do aço. Com o uso de ultra-som e um Sistema Inteligente de Apoio à Decisão, pode-se, por exemplo, em função do número de corridas, determinar qual a região ou seção que esteja sofrendo maior desgaste e a sua conseqüente taxa de depreciação de sua vida útil, podendo-se com isso atuar nestas partes antes que estas venham apresentar trincas térmicas e conseqüentes parada obrigatória para intervenção com manutenção corretiva.

A utilização de ultra-som juntamente com auxílio de software dedicado para aquisição e tratamento dos dados proporciona uma vantagem num diagnóstico de falhas, ou seja, na monitoração das circunstâncias. As medidas de ultra-som são simples e rápidas, indicando condição de fricção elevada, podendo ser utilizado neste caso para proceder com intervenção programada e conseqüente conservação do equipamento.

Os equipamentos de teste de ultra-som possuem as seguintes características:

- as freqüências do ultra-som são deslocadas na escala audível com características audíveis detalhadas;
- 39 kHerz (deteção de falha aprovada por NASA e por outras);
- largura de faixa de 4 k Hertz (faixa estreita);
- freqüência fixa e filtro (nenhum ajuste);
- Wavelength curto (posição da fonte);
- nenhuma montagem especial do sensor (mão prendida); e
- medida De Precisão (Medidor Digital).

As principais vantagens na utilização de ultra-som são:

- custo baixo com benefícios elevados;
- menor tempo para apresentar bons resultados; e
- não requer habilidade e treinamento rigoroso.

2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA NA COIFA DO CONVERTEDOR

Resumidamente, o processo no convertedor na área de aciaria se dá da seguinte forma: Pela introdução de uma lança de oxigênio se faz a transformação do ferro no aço. Após completar esta etapa, um carrinho é introduzido por baixo com uma panela, que ao receber o aço leva-o para o lingotamento contínuo. Enquanto se está soprando, a quantidade de gases desprendidas é muito grande. O sistema de coifas tem a finalidade de guiar estes gases até o seu processo de lavagem. Na torre de lavagem, os gases recebem os *sprays* onde é lavado e a lama é retirada para o tratamento.

Um grande problema é a elevada temperatura dos gases que entra na coifa. Por isso o material deve ser refrigerado. A coifa inferior é denominada de coifa móvel e a sua parte superior é denominada de coifa fixa.

A coifa móvel pode ser removida por um carro num final de campanha, mas neste ato pode ocorrer danificação nas bordas do convertedor. Esta coifa é formada por uma série de tubinhos soldados uns nos outros num total de 244 tubos, onde cada tubo recebe por um anel distribuidor de água a sua refrigeração. A água circula dentro desses tubos fazendo a refrigeração. Esta água fecha o ciclo usando três bombas. Quando há algum amassamento em alguma parte do tubo, acaba-se comprometendo a sua refrigeração em toda a extensão do tubo. Quando o tubo não é refrigerado, causa uma trinca térmica e a água que está pressurizada acaba vazando. E, nesta situação, tem-se que realizar uma parada do convertedor.

Na coifa móvel este problema ocorre com mais freqüência, pois quando o convertedor estiver com muito cascão na sua borda e a limpeza não for feita adequadamente, pode ocorrer uma batida acidental, mesmo com a própria máquina usada para fazer a referida limpeza. Além disso, também uma série de outros fatores pode levar a ter problemas na coifa móvel.

Assim, de forma geral a geração de trinca térmica pode ocorrer por dois tipos distintos de sua origem: por um problema de acidente operacional ou pela falta de refrigeração. Como consequência desta trinca térmica, um furo na coifa pode aparecer. Entretanto é fato que o acidente operacional tem incidência bem maior do que o aparecimento da trinca térmica por efeito abrasão e até mesmo pela má refrigeração.

A Figura 1 apresenta uma parte da coifa de um convertedor, onde A, B, C, D e E consistem em algumas das suas seções.

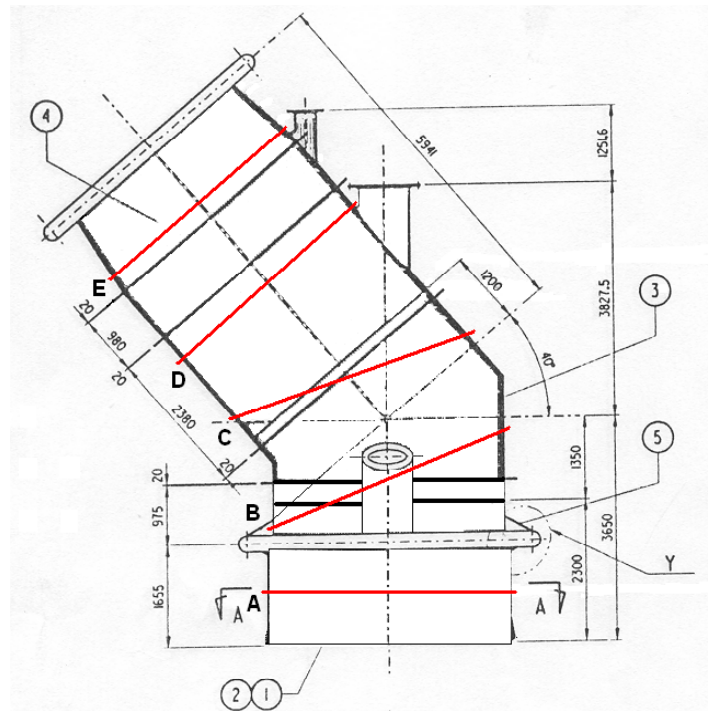


Figura 1. Coifa

A origem das trincas térmicas pode ser vista por um mapeamento tal como uma árvore de falhas. Da parte baixa para a parte alta da coifa, há definido um gradiente de temperatura de um valor mais alto para um mais baixo respectivamente. Entretanto, quando a incidência de acidentes operacionais é alta, este mapeamento fica inviabilizado em se tratando da coifa móvel.

Geralmente numa inspeção, que pode ocorrer a cada 6 meses, durante uma campanha, a programação da manutenção abrange desde a inspeção sensitiva, na observação da existência ou não de vazamento, até a inspeção preditiva realizada com equipamento de ultra-som para levantamento das medidas de espessuras dos seus tubos.

- ⇒ Se na verificação da espessura dos tubos for observado algum comprometimento então pode ocorrer a troca de algum painel em uma ou mais seções ao longo da coifa.
- ⇒ Quando do final da campanha, tem-se então um mapeamento onde se pode ver através de um gráfico, gerado por um software, onde estão as regiões mais críticas. Essas regiões são delimitadas e há uma indicação clara da parte afetada neste mapeamento. Uma programação prévia da fabricação dos painéis das regiões críticas é feita e quando da próxima campanha, já se sabe o que e onde trocar.

Quando algumas variáveis da parte operacional não são controladas, pode haver um desgaste do diâmetro da tubulação, sem que se possa ser previsto. Por vezes, o desgaste se acentua no período que antecede uma campanha e acaba provocando a ocorrência de furos antes da intervenção programada.

O processo natural de desgaste dos diâmetros das tubulações ocorre pela atuação do exaustor que puxa todo o gás de dentro da coifa e é natural que junto vem poeira, promovendo abrasão interna.

Quando não se dispõe do mapeamento das espessuras dos tubos, a inspeção e a sua conseqüente programação da correção, torna-se difícil realizar, a tempo hábil, antes que as partes críticas se furem.

Como há particularidades inerentes a cada parte da coifa: móvel e fixa, a sua avaliação quanto ao surgimento de vazamento deve ser dividido em coifa fixa e móvel e ainda por região rampa, bocal e anel refrigerado. Como a coifa móvel sofre maior interferência da equipe operacional, o percentual de ocorrências na coifa móvel é superior as ocorrências na coifa fixa.

Durante o processo de sopro uma saia é acoplada à coifa móvel. Esta saia não tem uma boa selagem e não permite uma boa vedação entre a coifa móvel e a própria saia, vedando a boca do convertedor dando passagem de ar para o seu interior. Esta deficiência de selagem libera combustão na boca do convertedor. Uma taxa de combustão é necessária, mas não tão grande. Esta combustão maior na boca do convertedor acaba gerando também uma maior concentração ou volume de gás durante o processo, acabando por gerar maior arraste de partículas dentro da coifa. Estas partículas são então projetadas nas paredes do tubo causando desgaste principalmente nas curvas onde ocorre mudança de fluxo, ou seja, mudança de direção dos gases. Há, portanto, regiões tanto da coifa móvel quanto da coifa fixa onde o desgaste do diâmetro dos tubos é maior e, portanto, merecendo uma monitoração destacada. Quanto maior a velocidade desses fluxos, maior o desgaste e quanto maior a combustão maior também a temperatura dos gases.

Assim, o desejável é ter uma menor velocidade dos gases no interior da coifa durante uma corrida. Entretanto, como a pressão é uma variável do processo, há diferenças de velocidades dos gases ao longo do sopro. Quem promove o controle da pressão é a torre de lavagem. Assim para que se possa ter um melhor controle do fluxo e com isso uma menor velocidade, embora neste caso haverá uma temperatura maior, é necessário rever as variáveis de controle do processo. Para aumento da vida útil da coifa, uma análise mais profunda pode apontar para uma operação com velocidade dos gases proporcional ao sopro durante a corrida ao invés de manter constante a pressão, considerando naturalmente as possibilidades de entrada de ar e queima de gases, durante o sopro devido à capacidade de selagem. Como conseqüência, as partículas vão diminuir de fluxo no interior e a sinterização vai receber menor quantidade de material lavado na torre de resfriamento. Este material é granulado e chega em alguns casos a atingir 5mm de espessura. Na planta do hidrociclone, estas partículas são separadas classificadas e são levadas para sinterização. Juntas também com esta, há a penetração de outros materiais como o cal. Cerca de 10% do material adicionado no próprio processo de combustão é arrastado pelo fluxo. Assim este material não chega a queimar. Em suma, adiciona-se neste ponto e recupera-o mais adiante.

De forma resumida, os componentes básicos de uma coifa de um convertedor são: coifa móvel, coifa fixa, saia e anel.

- ⇒ A função básica do conjunto é conduzir os gases da boca do convertedor até o sistema de lavagem de gases.
- ⇒ Além de conduzir os gases, estes são refrigerados. A temperatura na boca varia de 1300° a 1400°C e vai perdendo temperatura dentro da tubulação, utilizando um trocador de calor (ciclone).
- ⇒ Com a alta vazão da água, o calor é retirado do gás, resfriado pela água, e então é jogado fora. Poderia ser aproveitado,, por exemplo na geração de vapor numa termoelétrica ou ainda na utilização de vapor em uso geral. Neste caso naturalmente haveria necessidade de alteração no projeto.

3 RESULTADOS DO AMBIENTE SIAD COIFA

Considerando os fatos acima descritos, desenvolvemos um software denominado SIAD capaz de importar os dados de espessuras, avaliar o estado da coifa global e localizado, sugerir uma tomada de decisão bem como apresentar a previsibilidade da troca de parte da coifa.

O SIAD Coifa fixa é um ambiente computacional desenvolvido em linguagem voltada a objetos, utilizando programação C++, para possibilitar a avaliação do estado de operação em que se encontra o equipamento, para a sugestão de tomada de decisão quanto a sua retirada de operação e para o planejamento da execução dos serviços de manutenção preventiva. Assim, o ambiente computacional SIAD Coifa é composto, por duas partes que permite fazer tanto o diagnóstico do equipamento quanto do estado em que se encontra e também da avaliação da decisão a ser tomada e a indicação do planejamento de sua execução em caso de manutenção, podendo vir a ser utilizado tanto no treinamento de profissionais de manutenção e operação como na simulação ou ainda como ferramenta auxiliar nos processos de acompanhamento da manutenção.

O SIAD Coifa é composto de uma tela principal na qual se tem acesso aos diversos parâmetros de entrada tanto para os parâmetros sensitivos como para os parâmetros preditivos. Os resultados de saída também são apresentados nesta mesma interface sendo subdivididos em três partes: Estado do Conjunto, Sugestão de Decisão e Indicação de Previsibilidade de ciclo de vida útil, conforme Figura 2.



Figura 2. Interface SIAD

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, os resultados do desenvolvimento foram apresentados, de uma ferramenta chamada SIAD Coifa, com uso de tecnologia moderna, na qual vem auxiliar aos profissionais de manutenção mecânica na sua tomada de decisão na área de aciaria da CST que dispõem atualmente de duas coifas.

Uma vez que a troca de painéis acontece por regiões da coifa, estas regiões da coifa podem ser avaliadas isoladamente como se fosse um equipamento em separado. Uma das vantagens de se utilizar O SIAD coifa está na visualização total de cada região, podendo-se identificar facilmente os possíveis painéis candidatos a serem trocados.

O SIAD está sendo estendido a diversos outros tipos de equipamentos visando tornar-se um instrumento On-Line e integrado ao SISMANA para disponibilizar a previsibilidade de manutenção.

Agradecimentos

O autor agradece em particular ao Eng. Manoel Barreto do IDU/CST pela sua contribuição valiosa e ao apoio a idéia original deste projeto. O autor ainda agradece a colaboração de todos os inspetores, supervisores e especialistas da IDU que participaram deste projeto e em especial aos profissionais da IUAA, particularmente ao Técnico Edmar e ao Eng. Pena.

BIBLIOGRAFIA

- 1 BELLMAN, R.E.; ZADEH, L.A. **Decision making in a fuzzy environment managment science. Fuzzy and System**, v.1, n.2, 141-164, 1970.
- 2 CAVATI, C. R. Interação inteligente universidade empresa às portas do novo milênio. **Revista Engenharia Ciência e Tecnologia do Centro Tecnológico**, UFES, v. 2, n.10, ,p. 56-64, 1999.
- 3 CAVATI, C.R. A decisão inteligente e os seus estilos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 35., 2003, Natal. **Anais...**
- 4 CAVATI, C.R. A evolução da manutenção e os SIADs. In: CONGRESSO MUNDIAL E MANUTENÇÃO, 2., 2004, Curitiba. **Anais...**
- 5 CAVATI, C.R. Calculadora inteligente. **Revista Engenharia Ciência & Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 5-8, Jun./Jul. 2002.
- 6 CAVATI, C.R.; FERREIRA, E.P. Fuzzy decision making for distribution systems. **Revista Investigação Operacional**, Portugal, v.3, n.3, p.243-249, 2000.
- 7 CAVATI, C.R.; FUZZY, A. Decision making for the distribution systems planning. In: POWERCON 98, 1988, Beijin, China. Proceedings... Beijin, China, 1988. p.485-492
- 8 SAKAWA, M. **Fuzzy sets and interactive multiobjective optimization**. New York: Plenum Press, 1993.

A FAULT PREVISIBILITY SYSTEM ON STEEL CONVERTER

Cícero Romão Cavati

Abstract

In this work it is presented the results of development of a Decision Support Intelligent Systems, called as *SIAD Steel Converter*, applied on fuzzy logic for any type of manager in which it is important to consider the intuitive aspects of the decision maker. In order to reach this goal, firstly it is considered the reasons of the decision maker to select its chose. Then, it was modeled the compartmental process of this decision maker by associating to a mathematical model applied in fuzzy logic. The SIAD is an auxiliary tool in order to predict the best time of take out the equipment to realize its maintenance on coif. So The SIAD can be considered an important tool for programming maintenance, avoiding in this case, damage in its operation.

Key-words: Intelligent System, Steel Converter, Predictive Maintenance.