

MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO FORNO DE TRATAMENTO TÉRMICO Nº 2 DA USIMINAS⁽¹⁾

Carlos Alberto Resende de Andrade ⁽²⁾
Carlos Augusto Souza de Oliveira ⁽³⁾
Geraldo Magno Cruz ⁽⁴⁾

RESUMO

A busca pela atualização tecnológica e adequação aos requisitos da qualidade, além da possibilidade de introdução de maior segurança, simplicidade e agilidade operacional levou a Usiminas a substituir o sistema de controle do Forno de Tratamento Térmico Nº 2 da Laminação de Chapas Grossas. O objetivo principal do forno é obter um aquecimento homogêneo das chapas grossas, em atmosfera controlada, com geração de registros e relatórios de certificação. Este trabalho apresenta a configuração do equipamento escolhido, as principais funções de controle implementadas e as facilidades operacionais inerentes aos sistemas digitais de controle. Também estão relacionados os benefícios da modernização para a garantia da qualidade, operação e manutenção.

Palavras chave: Sistema Digital de Controle, Forno de Tratamento Térmico, Estratégia de Controle.

(1) *Contribuição Técnica ao VIII Seminário de Automação de Processos da ABM; Belo Horizonte, MG, 6 a 8 de outubro de 2004.*

(2) *Membro da ABM, Engenheiro Eletricista, ASQ/CQE, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

(3) *Supervisor de Instrumentação, Gerência de Departamento de Projetos, Instrumentação e Automação da Usiminas; Ipatinga, MG.*

(4) *Membro ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Sc., Gerência de Laminação a Quente da Usiminas; Ipatinga, MG.*

1 INTRODUÇÃO

O tratamento térmico das chapas grossas produzidas pela Usiminas é um processo que agrega valor ao produto, pelo fato de conferir-lhes propriedades mecânicas^[1] que possibilitam aplicações específicas.

O forno de tratamento térmico 2 (FTT2) da laminação de chapas grossas é um forno tipo tubo radiante, dotado de uma soleira de rolos, que tem a finalidade de movimentar as chapas no seu interior. O forno é dividido em 13 zonas de controle de temperatura, sendo nove zonas de aquecimento e quatro de encharque. Não existe uma divisão física entre as seções.

As chapas são aquecidas de forma indireta, pela utilização da tecnologia de tubos radiantes, instalados acima e abaixo da soleira para promover um aquecimento uniforme nas duas faces. A combustão ocorre no interior do tubo radiante, que ao ser aquecido, transfere calor para as chapas.

O forno opera com atmosfera inerte, devido a injeção de nitrogênio no seu interior, que garante uma superfície limpa e isenta de óxidos. A homogeneidade no aquecimento e controle da atmosfera proporcionam melhores temperabilidade e forma das chapas tratadas, comparadas com as obtidas em fornos de chama direta.

São possíveis três tipos de tratamento: revenimento, normalização e têmpera. O revenimento e a normalização são tratamentos realizados com aquecimento das chapas no forno, seguido de resfriamento natural. A têmpera ocorre com um resfriamento acelerado, logo após o desenformamento. Este resfriamento é feito por um equipamento auxiliar, denominado máquina de têmpera.

2 SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO DE CONTROLE^[2]

Originalmente, o forno contava com um painel para controle de combustão e intertravamento de segurança das treze zonas e uma mesa de operação para a máquina de têmpera. Toda a instrumentação era do tipo analógica e totalizava 424 componentes, entre controladores, registradores, conversores de sinal, fontes de alimentação, extratores de raiz, limitadores de sinal, integradores etc.. Neste total não estão incluídos relés, chaves seletoras, botoeiras e sinalizadores luminosos.

O equipamento de controle escolhido para a modernização do forno de tratamento térmico tem quatro objetivos principais:

- garantir aquecimento homogêneo das chapas;
- garantir atmosfera adequada;
- garantir segurança operacional;
- proporcionar interface homem-máquina amigável.

Para atingir estes objetivos, durante o processo de seleção do equipamento, considerou-se que o mesmo deveria atender às seguintes exigências:

- possibilidade de implementação de controles avançados;
- alta disponibilidade e confiabilidade;
- flexibilidade e expansibilidade;
- conectividade com o nível superior;
- redução da incerteza da medição;
- agilidade operacional e redução da carga de trabalho do operador.

Com a escolha do equipamento do tipo sistema digital de controle (DCS), algumas das exigências foram imediatamente atendidas, por serem características inerentes a estes sistemas. Isso denota a importância de uma boa seleção. As

outras exigências foram cumpridas no desenvolvimento das estratégias de controle e das telas de operação. A figura 1 apresenta a configuração do DCS escolhido, que consiste de duas estações de campo (controladores) com redundância de fontes e CPU's, uma estação de operação e outra de engenharia e operação, além da rede (proprietária), também redundante, interligando todas as estações.

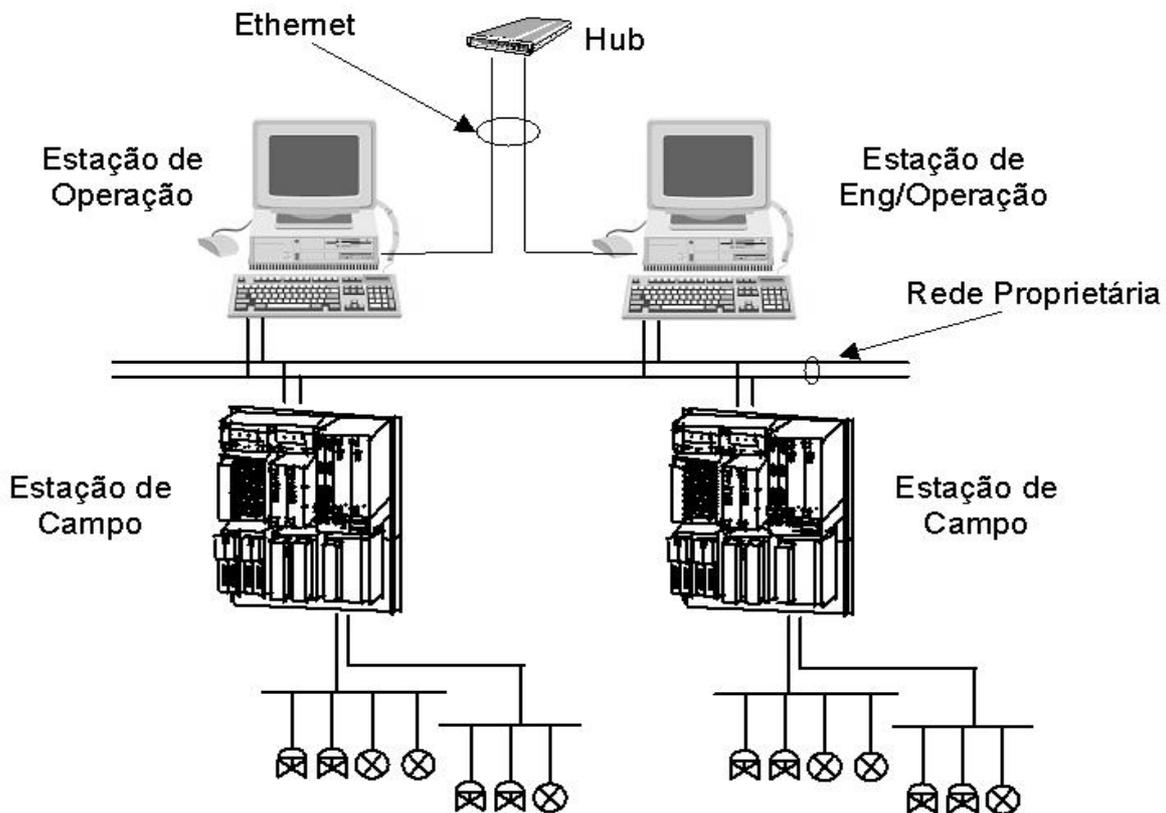


Figura 1 – Configuração do DCS

3 PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS DE CONTROLE IMPLEMENTADAS

3.1 Controle de Combustão por Duplo Limite Cruzado

Variações bruscas de demanda de energia no FTT2 são constantes, especialmente nas primeiras zonas de aquecimento, devido a mudanças na carga (enformamento de chapas frias). A estratégia de duplo limite cruzado mantém a relação ar/combustível, tanto na elevação quanto na redução da demanda, pela interdependência dos valores reais de medição de ar e combustível. Na elevação da demanda o ar “puxa” o combustível e na redução ocorre o inverso. Com isso, além de boa eficiência da combustão, que otimiza o consumo de combustível e minimiza a emissão de poluentes, obtém-se uma maior segurança operacional.

No projeto original do forno, a estratégia de controle era do tipo cascata paralelo, no qual o *set point* do controlador de vazão de ar independe da vazão real de combustível e vice-versa. Com isso, no caso de falha no controle de uma das variáveis, a relação ar/combustível ficava comprometida. Isso provocava freqüentes explosões no interior dos tubos radiantes.

A figura 2 mostra o diagrama em blocos do duplo limite cruzado e a figura 3 apresenta o comportamento dessa estratégia, comparado ao do tipo cascata paralelo básico.

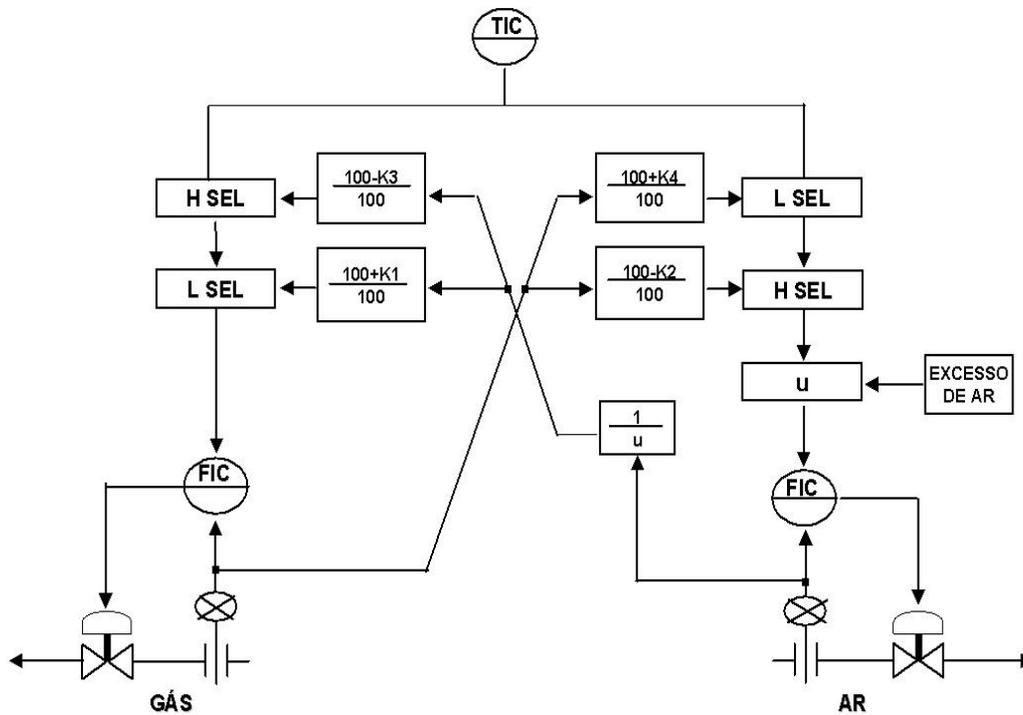


Figura 2 – Duplo limite cruzado

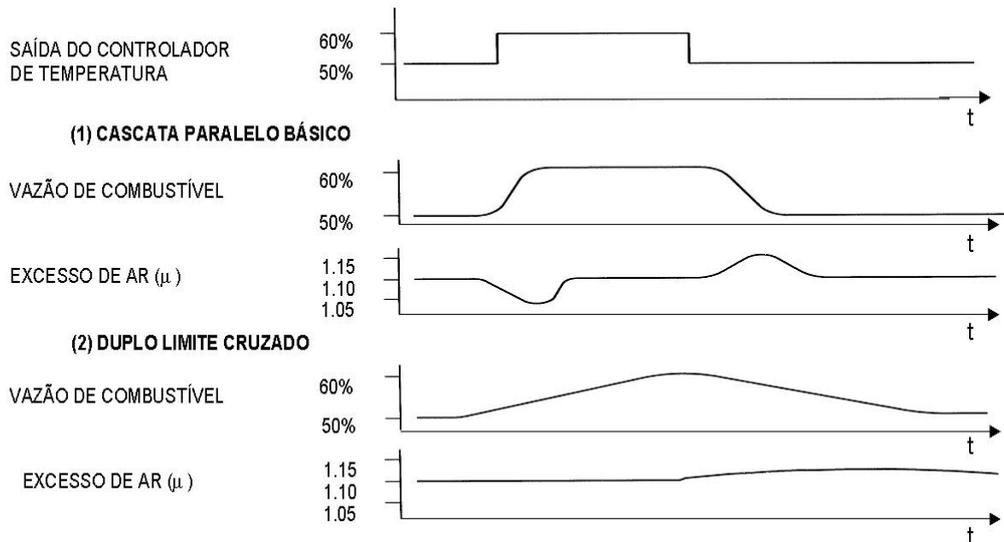


Figura 3 – Duplo limite cruzado X cascata paralelo

3.2 Curvas de Elevação e Redução de Temperatura

Como os tipos de tratamentos são realizados em diferentes temperaturas, é freqüente a necessidade de se elevar ou reduzir o *set-point* dos controladores. Com o objetivo de garantir a vida útil dos tubos radiantes e refratários, estas alterações de temperatura devem ser feitas de forma gradual. Com a utilização de um bloco funcional do tipo *ramp generator*, foi possível permitir que o forneiro, através da estação de operação, determine os parâmetros desejados para a curva (inclinação em °C/h e temperaturas inicial e final). Os indicadores de tempo decorrido e tempo total da curva também podem ser monitorados na tela de operação.

Esta função, com a instrumentação analógica, era executada manualmente pelo forneiro, que ajustava o *set point* de todos os controladores de temperatura a cada dez minutos.

3.3 Seleção Automática de Parâmetros por Tratamento

Os tratamentos de normalização e revenimento operam com diferentes limites inferiores de vazão de ar e superiores de vazão de ar e combustível. Em função do valor do *set point* de temperatura da zona, o software de controle reconhece o tipo de tratamento selecionado e insere, automaticamente, os parâmetros adequados.

Antes da modernização, para realização desta função, havia uma chave seletora manual e três limitadores de sinal para cada zona.

3.4 Controle Antecipatório da Atmosfera do Forno

A atmosfera do forno, que deve ser inerte, é controlada pela injeção de gás nitrogênio (N₂) em três pontos: entrada, centro e saída. No centro o volume de N₂ é fixo, ajustado pelo forneiro. Na entrada e saída, quando as portas de enforamento e desenforamento estão fechadas, o volume injetado é dependente da pressão interna do forno, que é controlada para um valor pré-determinado.

Quando uma das portas do forno é aberta, as válvulas de N₂ da entrada e saída são abertas em 100%, independentemente do controle de pressão, para prevenir a entrada de ar e conseqüente contaminação da atmosfera. Nesse instante, com a elevação brusca da vazão, ocorrerá uma queda natural da pressão de N₂, seguida de uma oscilação no controle e risco de queda na pressão interna do forno.

Para evitar que a pressão de N₂ caia a valores que comprometam a atmosfera do forno, o sistema de controle, instantes antes da abertura de qualquer das portas, eleva o valor do *set-point* do controlador de pressão. Portanto, o forno opera com uma pressão de N₂ para portas fechadas e outra para portas abertas.

3.5 Seleção Automática de Termopares

Normalmente o controle da temperatura é feito pela média dos valores medidos pelos dois sensores (termopares) instalados em cada zona do forno. No caso de falha ou manutenção em um dos sensores, o sistema detecta o *status* da variável e, automaticamente, seleciona o outro como *feedback* do controlador de temperatura.

No controle original, este tipo de falha gerava um alarme indevido de excesso de temperatura, além reduzir as vazões de ar e combustível e, conseqüentemente, abaixar a temperatura .

4 FACILIDADES OPERACIONAIS INTRODUZIDAS

A utilização de um equipamento de controle do tipo DCS traz a possibilidade de introdução de diversas facilidades operacionais^[2], no sentido de fornecer ao operador informações para que o mesmo tenha uma visão completa do processo, bem como, acesso rápido e fácil para as intervenções necessárias. Dentre as diversas facilidades operacionais oferecidas, podemos destacar:

- operação através de telas gráficas;
- teclado funcional;
- geração de relatórios;
- geração e registro histórico de alarmes de processo e de sistema;
- registros históricos em mídia eletrônica.

5 BENEFÍCIOS

A modernização do sistema de controle do FTT2 trouxe muitos ganhos, tanto para a operação quanto para a manutenção da instrumentação. Os benefícios mais importantes são:

- introdução das facilidades operacionais listadas acima;
- contribuição no prolongamento da vida útil dos tubos radiantes, pela eliminação da ocorrência de explosões;
- maior garantia da qualidade do produto, devido as estratégias de controle implementadas, redução da incerteza das medições e obtenção de registros da qualidade mais confiáveis;
- eliminação da instrumentação analógica (equipamentos obsoletos que necessitam manutenção freqüente, apresentam grande número de falhas e de difícil reposição de sobressalentes devido descontinuidade de fabricação);
- facilidade para manutenção do software de controle e implementação de novas estratégias;
- possibilidade de expansão do DCS para controle do FTT1 e unificação das cabinas de operação dos dois fornos;
- possibilidade de conexão e integração com a rede corporativa.

CONCLUSÃO

Os benefícios já alcançados, após a substituição do sistema de controle do FTT2, comprovam o acerto na decisão de executá-la e na escolha do equipamento, além da eficiência das melhorias introduzidas no software de controle.

O novo sistema trouxe ferramentas de hardware e software que permite a conexão com a rede corporativa da empresa, e cria a possibilidade de aumentar o nível de automação do processo. Com isso, seria possível, automaticamente, selecionar o tipo de tratamento e ajustar os parâmetros operacionais adequados ao mesmo, em função do plano de produção. Dessa forma, somente haveria atuação do forneiro no caso de alguma anormalidade no controle e na movimentação do

produto, reduzindo o risco de falha humana, trazendo maior garantia para a qualidade do produto e aumentando a segurança operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRUZ, G. M., SANTOS, A. A., SANTOS, D. B. Avaliação das variáveis de processamento de normalização e têmpera dos aços ASTM-516-70N e USI-AR360Q no forno de tratamento térmico 2 da Usiminas. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 40., 2003, Vitória. São Paulo: ABM, 2003. p. 132-142.
2. RABELO, S. L., OLIVEIRA, C. A. S. Aplicação de sistemas digitais de controle em fornos de reaquecimento de placas. A experiência da Usiminas. In: SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO – PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS, 32., 1995, Curitiba. São Paulo: ABM, 1995. p. 581-596.

USIMINAS' No.2 HEAT TREATING FURNACE CONTROL SYSTEM MODERNIZATION⁽¹⁾

Carlos Alberto Resende de Andrade ⁽²⁾
Carlos Augusto Souza de Oliveira ⁽³⁾
Geraldo Magno Cruz ⁽⁴⁾

ABSTRACT

The searching for technological updating and adaptation to the quality requirements, beyond the possibility to improve operational safety, facility and agility, took Usiminas to substitute the control system applied to Heavy Plate Mill Line's No. 2 Heat Treating Furnace. The furnace's goal is an uniform heating of heavy plates, inside a controlled atmosphere, with generation of records and certification reports. This paper presents the architecture of the chosen equipment, the main control functions introduced and operational facilities inherent to digital control systems. Also are related the benefits of modernization for the quality guarantee, operation and maintenance.

Key-words: Digital Control Systems, Heat Treating Furnace, Control Strategy.

-
- (1) *Technical Contribution to the 8th Processes Automation Seminar of ABM, October 6 to 8, 2004 – Belo Horizonte – MG – Brazil.*
 - (2) *Member of ABM, Electrical Engineer, ASQ/CQE, Project, Instrumentation and Automation Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*
 - (3) *Instrumentation Supervisor, Project, Instrumentation and Automation Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*
 - (4) *Member of ABM, Metallurgical Engineer, Hot Rolling Department of Usiminas; Ipatinga, MG, Brazil.*