



OTIMIZAÇÃO DO AQUECIMENTO DOS TUBOS SUBMERSOS NO LINGOTAMENTO CONTINUO¹

Edmilson Pinheiro²

Denilson Jose Godofredo²

Robson Luis da Silva Nascimento³

Vinícius Franco do Nascimento⁴

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo diminuir as interrupções de seqüência das máquinas de lingotamento contínuo da CSN ocasionadas por quebras de tubos submersos. Um estudo de causas dos cortes de seqüência com identificação de que uma das causas que ocorrem com freqüência é o corte de seqüência por quebra de tubos submersos. Foi então realizado um estudo do aquecimento de tubos submersos e implantadas melhorias nas práticas de aquecimento e monitoramento do aquecimento dos tubos. O trabalho eliminou todos os cortes de seqüência por aquecimento de tubos submersos e ainda trouxe outros ganhos relacionados à rotina operacional das máquinas.

Palavras-chave: Lingotamento contínuo; Tubo submerso; Refratários.

OPTIMIZATION IN HEATING PROCESS OF SUBMERGED NOZZLE ON CONTINUOUS CASTING

Abstract

This study aims to minimize cut of sequence of CSN continuous casting machines caused by submerged nozzle. A study of causes of the cuts sequence showed that one of the factors that occur frequently was tubes submerged. It was then carried out a study of the heating submerged nozzle and implemented improvements in practices of heating and monitoring of the heating submerged nozzles. This work eliminated all the cut sequence caused by heating submerged nozzles and even brought other gains related to the routine operation of machines.

¹ *Contribuição técnica ao 41º Seminário de Aciaria – Internacional, 23 a 26 de maio de 2010, Resende, RJ, Brasil.*

² *Supervisor, Lingotamento Contínuo - CSN*

³ *Engenheiro Especialista em Processos, Lingotamento Contínuo - CSN*

⁴ *Engenheiro Sênior de Refratários, Lingotamento Contínuo - CSN*



1 INTRODUÇÃO

Com uma participação industrial de 80%, o lingotamento contínuo tornou-se a tecnologia dominante na fabricação de aço para a transformação do aço líquido em sólido - especialmente onde é necessário lingotar grandes quantidades rapidamente.

Para que o lingotamento possa ocorrer, uma série de equipamentos são necessários. Dentre eles temos todos os sistemas mecânicos e eletrônicos que respondem pelo controle da máquina e também os equipamentos refratários, estes responsáveis pela contenção do metal líquido.

O tubo submerso (Figura 1) impede a re-oxidação por cobrir o fluxo de aço e possui uma geometria personalizada para distribuir aço de forma controlada. Quando combinado com um sistema de válvula gaveta ou tampão o tubo dá controle para fabricação de todas as composições de aço e as condições de qualidade.



Figura 1: Esquema tubo submerso.⁽¹⁾

No processo de fabricação da CSN, onde se possui três máquinas de lingotamento contínuo, algumas anomalias de processo causam uma interrupção no seqüencial de produção chamado corte de seqüência. O corte de seqüência é a interrupção do seqüencial de produção do aço, que é produzido em batelada, por algumas corridas. Um corte de seqüência tem como prejuízo para a empresa, a interrupção temporária do uso da máquina de lingotamento, além de perdas metálicas, por rendimento de aço. A Figura 2 mostra a ocorrência de cortes de seqüência ao longo do ano de 2008.

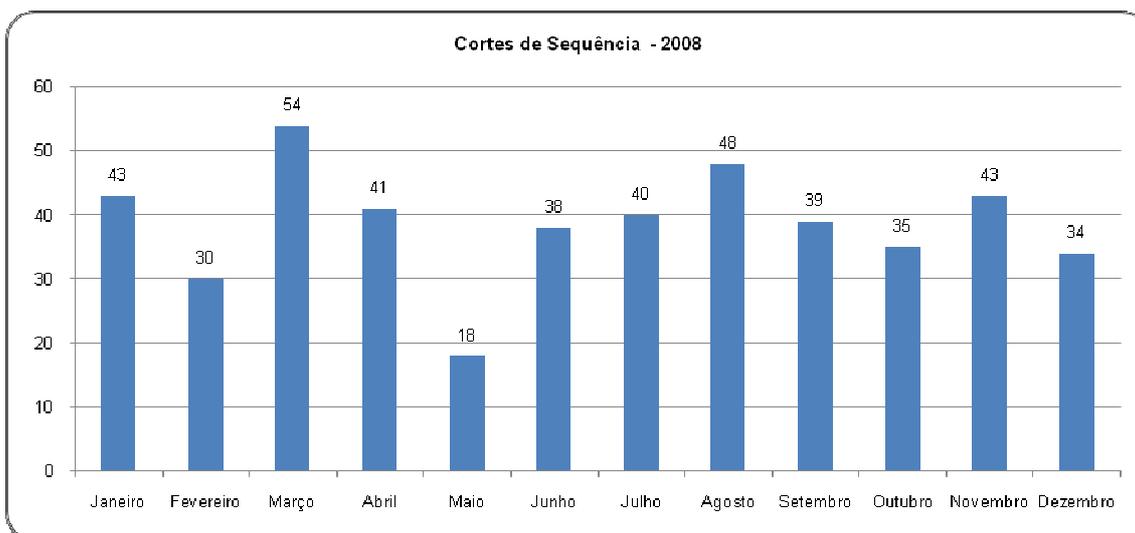


Figura 2: Cortes de Sequência da Aciaria CSN.

Um mapeamento do problema, como mostrado na Figura 3, de todos os cortes de seqüência, oito deles no ano de 2008 são por causa de quebra de tubos submersos.

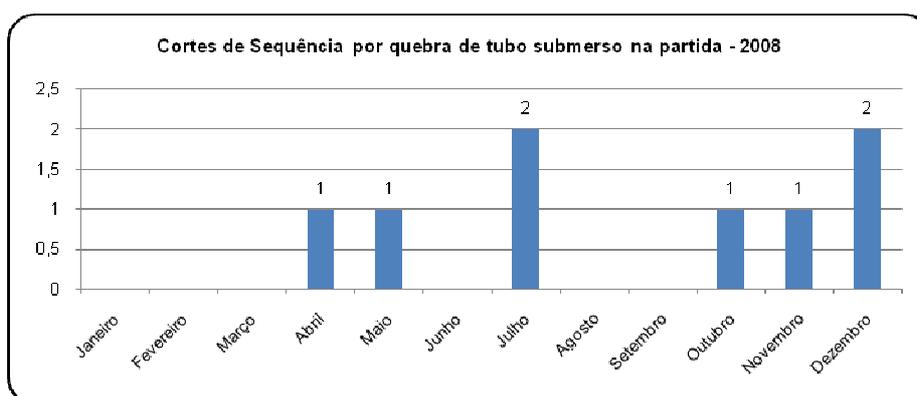


Figura 3: Gráfico de Cortes de seqüência por quebra de tubos submersos.

A partir destas informações, foi enxergada uma oportunidade de melhoria. Para tal, foi então elaborado uma revisão dos procedimentos e um mapeamento completo do processo de aquecimento e utilização de tubos submersos.

2 METODOLOGIA

Para realização do trabalho adotou-se a seguinte metodologia, com foco na observação da condição atual de utilização de tubos submersos nas Máquinas 2, 3 e 4 da Aciaria CSN.

- 1) Análise comparativa do aquecimento e dos tubos submersos nas MCC#2, 3 e 4
 - a) Análise de geometria do tubo (projeto);
 - b) Especificação (composição química e propriedades físicas);
 - c) Sistema de controle de aquecimento;
 - d) Fonte geradora de calor;
 - e) Tempo de translação até o veio.
- 2) Análise da rotina de aquecimento dos tubos submersos



3) Análise do procedimento de aquecimento dos tubo submersos.
A avaliação foi realizada nas três máquinas de lingotamento contínuo, com os três fornecedores existentes.

3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Primeiramente foram analisados os projetos dos tubos submersos. Como a MCC#4 tem o dobro da capacidade de lingotamento das MCC#2 ou 3, máquinas iguais, existe uma variação dimensional, sendo os tubos da MCC#4 maiores. Entretanto as propriedades mecânicas e químicas dos tubos são muito semelhantes, portanto o comportamento térmico também é semelhante.

Outro ponto de observação foi o sistema de aquecimento, em ambas as máquinas o aquecimento é feito por arraste de calor através da injeção de nitrogênio, portanto ambos os tubos possuem o mesmo sistema de aquecimento. Entretanto uma diferença importante é que o controle de temperatura nas MCC#2 e 3 é feito manualmente, enquanto na MCC#4 um PLC, controla o aquecimento. Além destas diferenças, um fator importantíssimo é a fonte geradora de calor, nas MCC#2 e 3 é utilizado o gás de coqueria (COG) e na MCC#4 gás natural (GN), e as linhas de gás COG possuem uma oscilação de pressão e vazão muito superior na linha, o que não ocorre com o gás natural.

Em ambos as máquinas, os tubos são envoltos por uma estufa, Figura 4, que garante a temperatura nos tubos. Após o término do tempo de aquecimento, as estufas são retiradas e as máquinas são posicionadas em cima dos veios para lingotamento. Neste período o tubo fica descoberto, perdendo calor para o ambiente. Nas MCC's 2 e 3, a translação é feita manualmente com tempo total em torno de 10 minutos, e na MCC#4, com translação automática, a movimentação é feita em 5 minutos.



Figura 4: Estufa de proteção térmica do tubo submerso.

4 AÇÕES TOMADAS

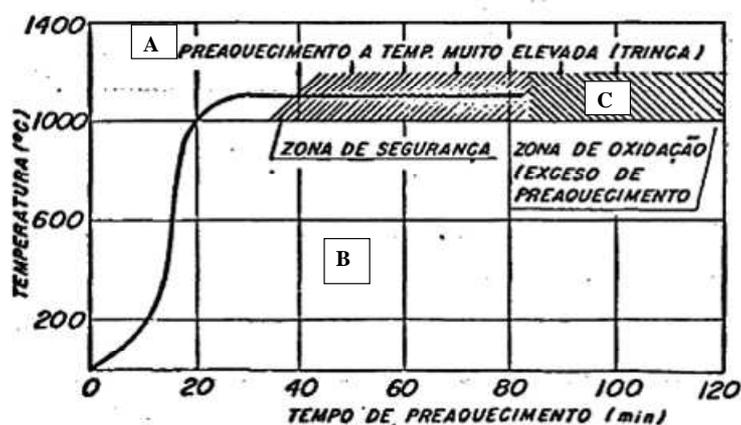
Como nas MCC#2/3 não havia um sistema para detecção de temperatura dos tubos submersos o que era usada era apenas o tempo de aquecimento. Foi implantado um controle visual com base na coloração de irradiação. A tabela da Figura 5 foi apresentada aos operadores e todos foram treinados para, através da comparação de coloração, determinar o estado de aquecimento do tubo, dando uma garantia maior da temperatura de aquecimento.



Colour	°C
White	1200
Light Yellow	1100
Yellow	1050
Light Orange	980
Orange	930
Light Red	870
Light Cherry	810
Cherry	760
Dark Cherry	700
Blood Red	650
Brown Red	600

Figura 5: Tabela de cores para aquecimento de tubos submersos.

Como os tubos submersos são constituídos de grafite o risco de oxidação durante o aquecimento além do descontrole de temperatura poder causar trincas no material. Para sanar esse problema é necessário que o material siga uma curva de temperatura, como mostrado na Figura 6.



ZONA A: A temperatura muito elevada muda a estrutura do material, sendo mais fácil à ocorrência de trincas na válvula.

ZONA B: Pré - aquecimento fraco com possibilidade de elevada oxidação interna. A válvula poderia trincar no início do lingotamento.

ZONA C: A válvula submersa é oxidada por excessivo tempo de pré - aquecimento

Figura 6: Curva de Aquecimento de tubos submersos.⁽²⁾

Para que se tivesse esse controle no aquecimento das peças, foi implantando um sistema de controle com auxílio de pirômetros óticos, Figura 7. Os equipamentos foram uniformemente configurados e os operadores treinados na leitura e interpretação dos resultados.



Figura 7: Ilustração da utilização de pirômetro ótico.

Para se conhecer a perda de temperatura entre a retirada da estufa e o a partida da máquina, foi realizado um monitoramento com o pirômetro ótico, como mostrado no gráfico da Figura 8. Pode-se observar que em um curto intervalo de



tempo, 5 minutos, a redução de temperatura é na ordem de 100°C. O que é extremamente danoso para o material, causando danos por choque térmico.



Figura 8: Monitoramento de temperatura por pirômetro ótico em tubos submersos nas MCC#2 e 3.

Uma pesquisa feita em outras usinas siderúrgicas brasileiras observou-se que o aquecimento dos tubos é feito por processos semelhantes ao da CSN. Entretanto uma prática comum é o superaquecimento do tubo, para garantir a temperatura adequada de partida. A Figura 9 ilustra alguns sistemas de aquecimento de tubo submerso.



Figura 9: Sistema de aquecimento de tubo submerso em diferentes usinas brasileiras.

Para minimizar o problema o tempo sem proteção térmica dos tubos submersos, foi criado um procedimento, ilustrado na Figura 10, de aplicação de uma manta de fibra cerâmica extra em volta dos tubos, com 6 mm de espessura. Totalizando 9 mm de proteção.



Figura 10: Aplicação de fibra cerâmica para proteção de tubos submersos.

Na Figura 11, observa-se no detalhe a saída do tubo submerso, para escape da chama pelo furo do tubo, por apenas um dos lados do tubo.



Figura 11: Área de saída de chama do tubo submerso.

Na Figura 12, pode-se observar o tubo submerso já posicionado na máquina, com a chama tendo direcionamento em um sentido único.



Figura 12: Tubo submerso em aquecimento já posicionado na máquina de lingotamento.

5 RESULTADOS

Como pode ser observado na Figura 13, a qual mostra uma nova medição de perdas de temperatura entre fim do aquecimento e início do lingotamento, ocorreu uma redução significativa na perda de temperatura de aquecimento. Consequentemente com redução dos danos causados por choque térmico.

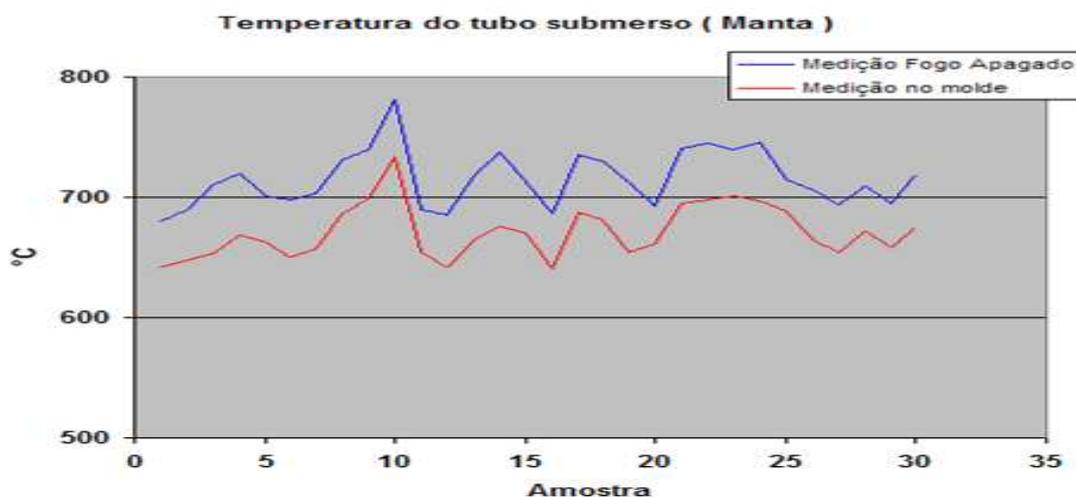


Figura 13: Monitoramento da temperatura do tubo submerso após implantação da manta.

Observando-se os resultados do indicador de controle gerencial, mostrado na Figura 14, os cortes de sequência ocasionados por quebra de tubos submersos foram totalmente eliminados do processo de lingotamento na CSN.

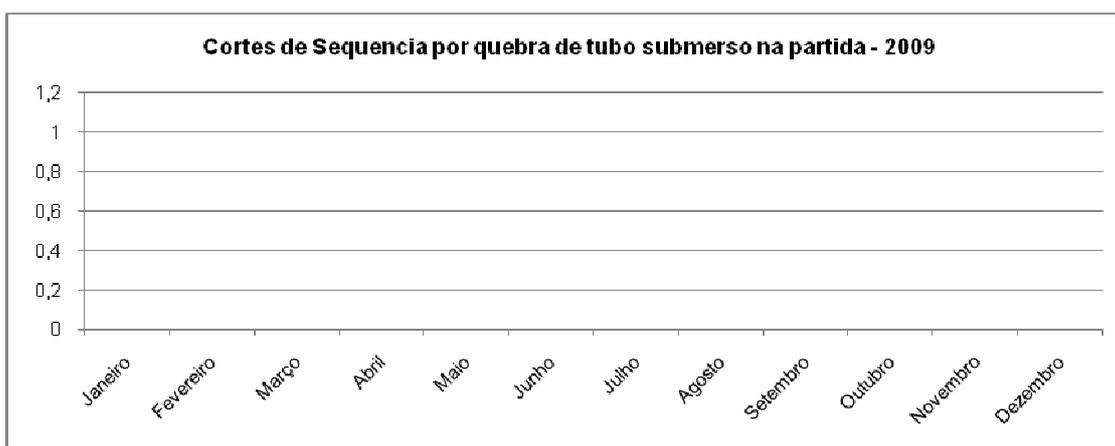


Figura 14: Indicador de controle de cortes de sequência causados por quebra de tubos submersos

Além da eliminação da quebra de tubos submersos outros dois resultados positivos também foram alcançados. Com o direcionamento da chama durante o aquecimento, também foi reduzido drasticamente o superaquecimento do cilindro do sistema hidráulico da válvula gaveta do distribuidor e do sistema MESOTRON.

6 CONCLUSÕES

A melhoria do aquecimento de tubos submersos trouxe uma redução de custo na ordem de R\$ 900.000,00 para CSN pela redução das perdas de processo. Este processo é extremamente importante para a garantia da qualidade do aço. Além dos ganhos diretos, também se obteve uma melhoria em segurança para os operadores e equipamentos.



Agradecimentos

A Toda equipe do Lingotamento contínuo por relatar as anomalias de processo e auxiliar na implantação de melhorias.

REFERÊNCIAS

- 1 Vesuvius Refractories . Disponível : <http://www.vesuvius.com/end-markets/iron-steel/casting/continuous-casting/tundish-flow-control-refractories/submerged-pouring-tubes/> - Acesso em 20/08/2009
- 2 GALLO, M. Refratários e insumos para Lingotamento Contínuo. São Paulo: Editora ABM, 2002.