



Tema: Solidificação / Lingotamento

CONTROLE DA INCORPORAÇÃO DE NITROGÊNIO NO LINGOTAMENTO CONTÍNUO NAS ACIARIAS DA USIMINAS, USINA DE IPATINGA*

Alexandre de Freitas Gomes de Mendonça¹
 Carlos Alexandre Machado²
 Fabrício Michel Fogaça³
 Geraldo Cesar Dias Belligoli⁴

Resumo

O *pick-up* de nitrogênio no aço deve ser evitado nos processos de fabricação em uma Aciaria de alto desempenho. Entretanto, o *pick-up* de nitrogênio pode ocorrer em inúmeros pontos na Aciaria, principalmente quando o aço líquido é exposto ao ar atmosférico. Alguns locais de controle têm grande relevância no resultado do *pick-up*, tais como: durante o vazamento do aço do convertedor para a panela, no refino secundário durante a agitação excessiva do aço e no lingotamento contínuo devido a aspiração de ar atmosférico nas conexões. Neste trabalho, o foco do controle da incorporação de nitrogênio é no lingotamento contínuo e, para efeito de estudo, tomou-se como referência um *pick-up* de nitrogênio de até 5 ppm. Os dados históricos mostram que menos de 64,6% das corridas encontravam-se com *pick-up* de nitrogênio abaixo de 5 ppm. Assim, visando reduzir esse *pick-up* foi proposto um ajuste no ângulo da sede da válvula longa, melhoria do projeto do *gasket* e capacitação da equipe de operação. Após a efetivação dessas ações de controle esse número passou para 97,7% das corridas lingotadas.

Palavras-chaves: Lingotamento contínuo; Controle; Pick-up de nitrogênio.

NITROGEN PICK-UP CONTROL IN THE CONTINUOUS CASTING AT USIMINAS STEELMAKING SHOPS, IPATINGA WORKS

Abstract

The nitrogen pick-up in steel should be avoided in a steelmaking shop of high performance. However, the nitrogen pick-up can occur at several points in steelmaking shop, especially when the liquid steel is exposed to atmospheric air. Some points of control have high relevance in the nitrogen pick-up, such as: during the tap of the steel from the converter to ladle, in the secondary refining during excessive agitation of steel and in the valves connections at continuous casting. In this work, the focus of control is the nitrogen pick-up in the continuous casting of Usiminas, Ipatinga Works. For study purposes, aimed to a pick-up lower than 5 ppm nitrogen. The historical data shows that less than 64,6% of the heats are below the 5 ppm. Thus, measures were taken to control the pick-up of nitrogen, specially: adjustment on the angle of the valve seat, improved the design of gasket and training the operation team. After it was concluded, this number increased to 97,7% of the heats casted.

Keywords: Continuous casting; Control; Pick-up of nitrogen.

¹ Engenheiro Metalurgista, CQE/ASQ, Gerência Técnica de Aciaria, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.

² Técnico Metalurgista, Assistente Técnico Industrial, Gerência de Lingotamento, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.

³ Engenheiro Metalurgista, Gerência Geral da Aciaria de Cubatão, Usiminas, Membro da ABM, Cubatão, São Paulo, Brasil.

⁴ Engenheiro Metalurgista, Gerência da Aciaria n° 1, Usiminas, Membro da ABM, Ipatinga, MG, Brasil.

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O lingotamento contínuo é o método mais eficiente e produtivo para a produção de aço na siderurgia. No contexto da Aciaria, esse equipamento é responsável pela solidificação controlada do aço líquido, garantindo o acerto dimensional e o atendimento à qualidade superficial e interna de placa.

Durante o lingotamento, a panela a ser esgotada deve abastecer o distribuidor com aço líquido, que por sua vez o redistribui para os moldes. Nesse percurso existem inúmeros pontos de conexão considerados vulneráveis para a aspiração de ar atmosférico. Esse fenômeno indesejável de aspiração pode ser explicado, segundo Chen, *et al.* [1], por pressões negativas devido ao efeito venturi.

O nitrogênio do ar atmosférico ao incorporar ao aço induz a formação de nitretos, que, por sua vez, afetam a ductilidade a quente da placa em solidificação, favorecendo a propagação de trincas. Segundo Wilcox e Honeycombe [2] o produto Alumínio x Nitrogênio tem forte relação com esse fenômeno. A presença de elementos de liga como nióbio e vanádio, intensifica a redução da ductilidade a quente do aço.

A Figura 1 apresenta um desenho esquemático da panela, distribuidor e molde de lingotamento contínuo, com destaque para as válvulas de controle e proteção intermediários.

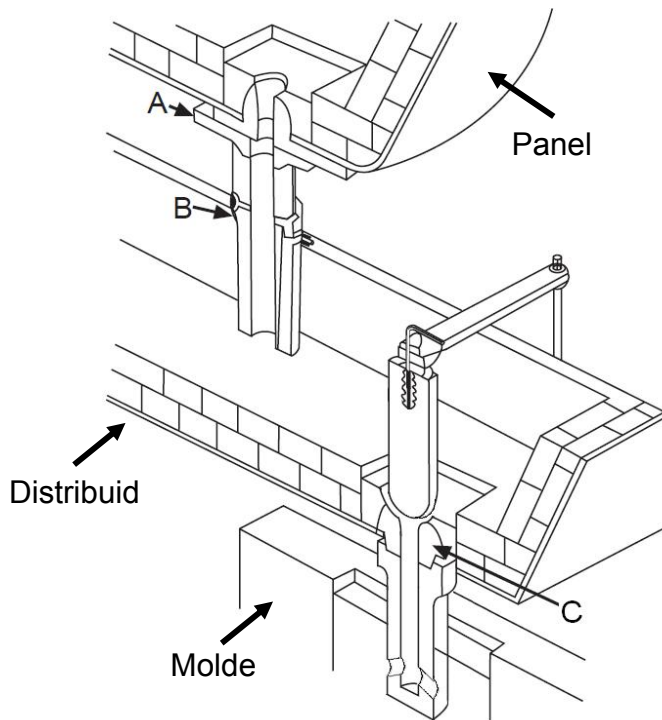


Figura 1. Desenho esquemático em corte do lingotamento contínuo: (A) entre placas da válvula gaveta, (B) conexão entre válvula inferior de panela e a válvula longa, (C) interface da válvula interna de distribuidor e a válvula submersa [3].

Conforme Figura 1, os pontos de vulnerabilidade para a aspiração de ar atmosférico que mais se destacam são as regiões entre placas da válvula gaveta, a conexão entre válvula inferior de panela e a válvula longa, entre as superfícies de contato da válvula interna de distribuidor e da válvula submersa.

Portanto, busca-se uma alta eficiência de selagem entre as conexões e superfícies em contato nos pontos de vulnerabilidade, objetivando um sistema hermeticamente

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.

fechado. Infelizmente, em função de parâmetros físicos dos materiais que compõe as conexões e válvulas intermediárias, tais como, rugosidade, planicidade, dilatação e deformações, não é possível garantir a condição hermética.

Sempre que viável tecnicamente, indiferente do nível de estanqueidade praticada entre as superfícies, busca-se gerar uma atmosfera inerte com gás argônio, próximo as regiões de vulnerabilidade, como alternativa para controle de algum desvio, reduzindo a chance da aspiração do ar atmosférico.

Em acompanhamentos internos anteriores foram observados um alto nível de estanqueidade e qualidade de inertização entre superfícies, tanto para as placas de válvula gaveta de panela (Figura 1A), quanto para as superfícies de contato da válvula interna de distribuidor e válvula submersa (Figura 1C). Fato esse que direcionou os esforços no desenvolvimento de uma conexão entre a válvula inferior de panela e a válvula longa mais eficiente (Figura 1B).

Segundo Gallo [4], existem pelo menos quatro formas de fazer a conexão entre a válvula inferior de panela e a válvula longa. A Figura 2 ilustra essas possibilidades.

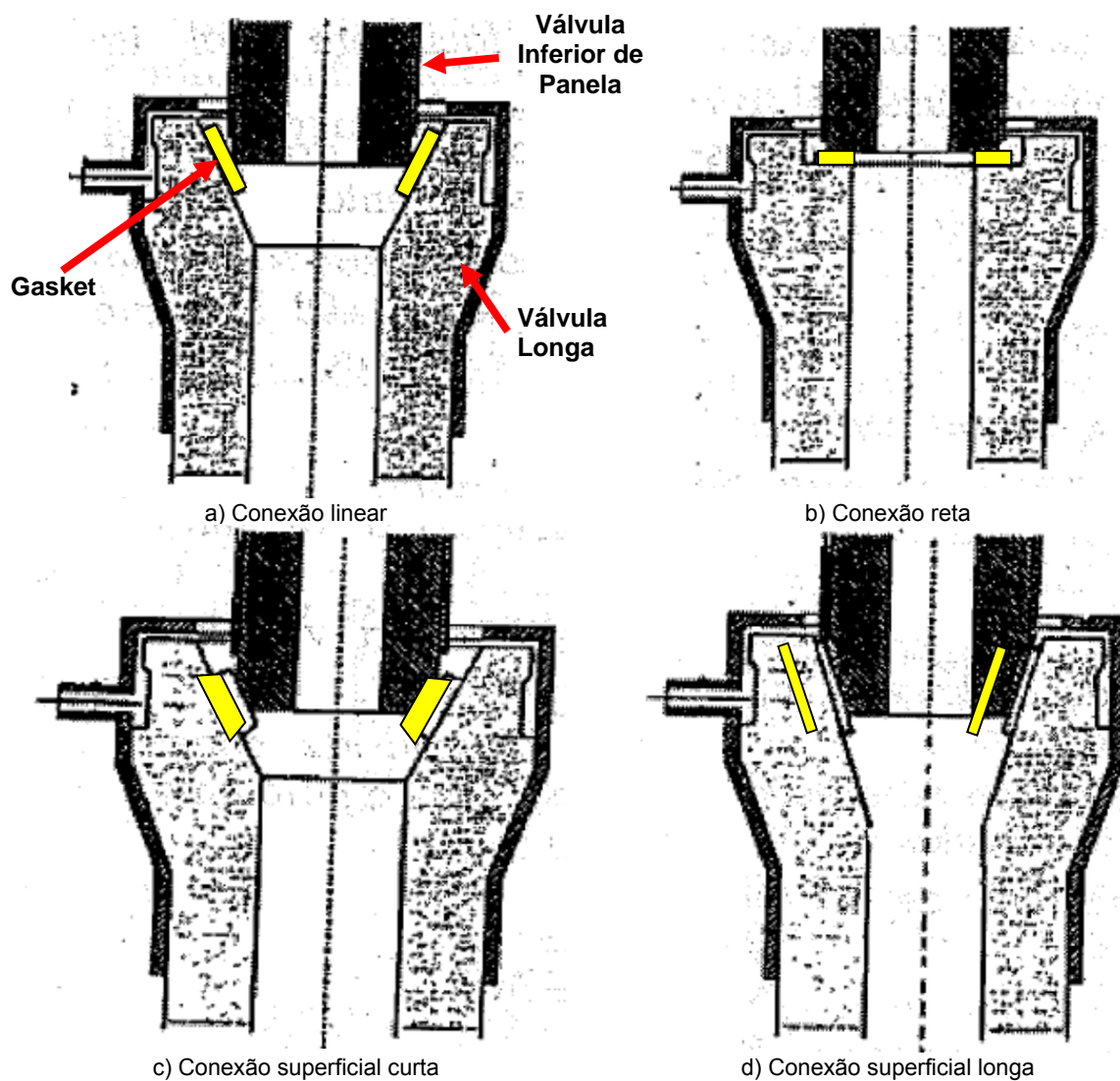


Figura 2. Ilustração esquemática dos principais tipos de conexões entre a válvula inferior de panela e a válvula longa [4].

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.



Cada possibilidade de conexão apresenta vantagens e desvantagens em função da forma de operação e estratégia de controle do *pick-up* de nitrogênio.

A geometria da conexão, a forma e composição do *gasket* e o treinamento para toda a equipe são fatores de sucesso para um acoplamento eficiente, influenciando diretamente no resultado do *pick-up* de nitrogênio. Contudo, esses dois últimos não serão abordados nesse trabalho por terem relevância menor em relação ao tema principal, a concepção do encaixe entre válvula inferior de panela e a válvula longa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Análise Química do Aço

Para a análise da evolução da incorporação do nitrogênio no lingotamento contínuo foi analisado o teor de nitrogênio da última amostra de liberação da corrida no refino e sua respectiva amostra do lingotamento. A diferença entre o teor de nitrogênio da amostra do lingotamento e última do refino representa o *pick-up* de nitrogênio no lingotamento. Para estudo e comparação, foram avaliadas as corridas no período de 30 dias consecutivos de operação com cada concepção do sistema de conexão de válvula longa com a panela. Todas as análises do teor de nitrogênio foram feitas por fusão e análise via célula de condutividade térmica utilizando equipamento LECO[®], e seu respectivo erro é de ± 4 ppm.

2.2 Modificação no Tipo de Conexão entre Válvula Inferior de Panela e a Válvula Longa

Inicialmente, a concepção de conexão entre válvula inferior de panela e a válvula longa nas Aciarias da Usiminas, Usina de Ipatinga, era operar com a conexão superficial longa, Figura 2d. A proposta de estudo foi alterar o método citado para a conexão linear, Figura 2a. Como a força de conexão não foi alterada e a área de contato entre o conjunto foi reduzida, espera-se com essa ação um aumento da pressão de contato local melhorando a estanqueidade.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Comparou-se o *pick-up* de nitrogênio no lingotamento entre dois períodos distintos e de mesma duração. Cada período refere-se ao uso de um tipo de conexão específica. A Figura 3 apresenta a distribuição do *pick-up* de nitrogênio relativa à conexão superficial longa (C S Longa) e conexão linear (C Linear).

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.

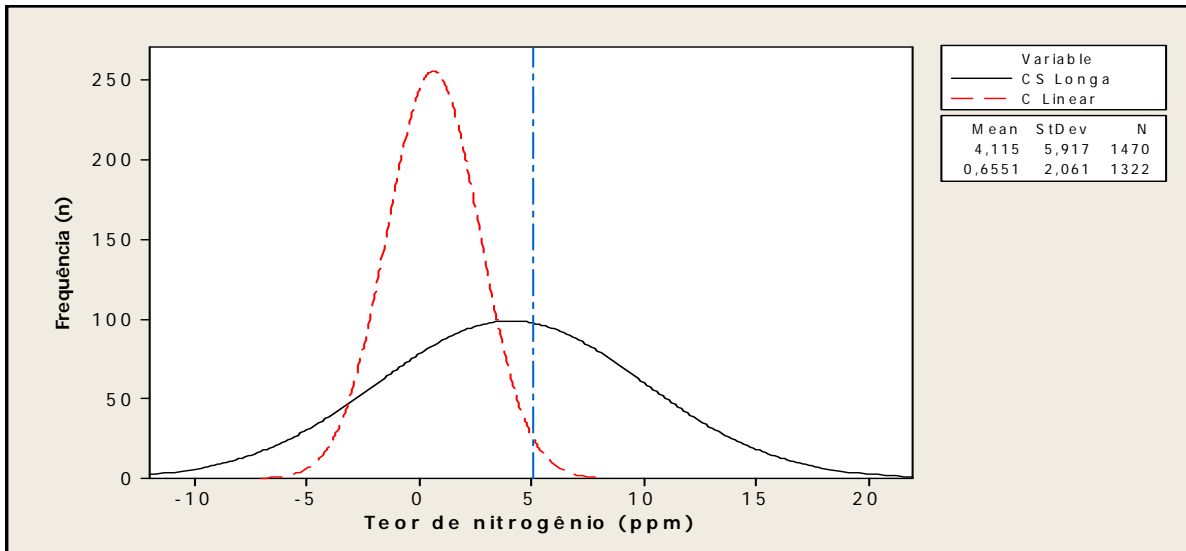


Figura 3. Comportamento do *pick-up* de nitrogênio entre os dois tipos de conexão testados.

Na Figura 3, valores de *pick-up* de nitrogênio inferiores a -4 ppm se devem a estapolação da curva sino ajustada a partir do histograma da distribuição original. Pelos resultados apresentados na Figura 3 observa-se uma tendência da média e da variância do espaço amostral reduzir em função da utilização da conexão linear. A média reduziu aproximadamente 6 vezes e o desvio padrão a praticamente a um terço. Com base nesse fato, o acerto do *pick-up* de nitrogênio no lingotamento contínuo, para uma referência de 5 ppm máxima, passou de 64,6% para 97,7% das corridas. Resultados dos indicadores de controle interno do ano de 2013 apontaram médias mensais estáveis e superiores a meta de 97,0%, para o mesmo critério aqui apresentado, conforme Figura 4.

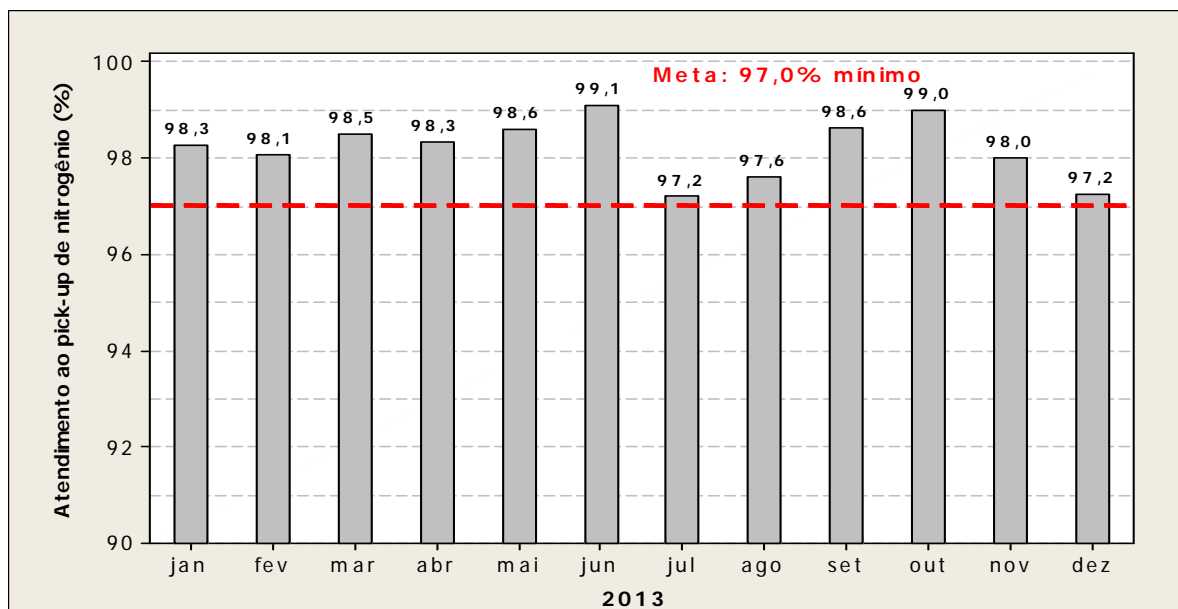


Figura 4. Atendimento ao *Pick-up* de nitrogênio dentro da faixa objetivada para o ano de 2013.

Por meio de um teste de hipótese pode-se avaliar se a utilização da conexão linear foi significativa ou não estatisticamente, supondo média e variância iguais entre os tratamentos.

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.



Intervalo de confiança, 95,0%:

Diferença das médias: (-3,138; -3,782)

Razão das variâncias: (0,110; 0,135)

Comparação entre as médias:

Hipótese nula: $\mu = 0$;

T stat = -21,044, teste bilateral e P-valor = 0,000.

Comparação das variâncias:

Hipótese nula: Hipótese $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$;

F stat = 0,121, teste bilateral e P-valor de 0,000.

Pelo presente resultado estatístico há evidência amostral para rejeitar a hipótese de igualdade entre os tratamentos e para o desvio padrão, para o nível de significância de 5,0% e teste bilateral, tendo em vista que o P-valor é uma indicação autossuficiente para essa constatação.

Como reflexo direto na Aciaria do menor *pick-up* de nitrogênio no lingotamento contínuo, o número de corridas desviadas por nitrogênio e o rapasse de material na escarragem tiveram uma redução superior a 5,0%, sem mencionar o ganho nos índices internos de qualidade da Usina.

Operacionalmente não foram observados desvios de manuseio, segurança e alteração da vida útil média desses componentes em consequência da mudança de concepção na forma da conexão entre válvula inferior de panela e válvula longa.

4 CONCLUSÃO

A troca do tipo de conexão entre a válvula inferior de panela e válvula longa, de superficial longa para linear, melhorou o controle de *pick-up* de nitrogênio no lingotamento contínuo da Usiminas, Usina de Ipatinga. O atendimento a faixa máxima de 5 ppm, objetivada para estudo do *pick-up* de nitrogênio, aumentou de 64,6% para 97,7%.

REFERÊNCIAS

- 1 Chen J-H, Lin K-J, Lin J-W, Kao S-S. Reduction of nitrogen pick-up for slab caster. China Steel Technical Report, 2001;15:15-22.
- 2 Wilcox JR, Honeycombe RWK. Hot ductility of Nb and Al microalloyed steels following high-temperature solution treatment. Metals Technology. 1984;11:217-225.
- 3 Hubble DH. Steelmaking and refining - Steel plant refractories. Pittsburgh: The AISE Steel Foundation; 1998;3:218.
- 4 Gallo M. Refratários para lingotamento contínuo - Métodos de prevenção de infiltração de ar. 2000. Cap.4, p.70-72.

* Contribuição técnica ao 45º Seminário de Aciaria – Internacional, 25 a 28 de maio de 2014, Porto Alegre, RS, Brasil.