



ADEQUAÇÃO DO NÍVEL DE QUALIDADE DAS PLACAS ÀS EXIGÊNCIAS DO MERCADO AUTOMOBILÍSTICO ¹

Robson Luís da Silva Nascimento²
Reginaldo Fonseca Lourenço³
Vinicius Franco Nascimento⁴
Elcio Santana⁵

Resumo

Com o aumento na demanda de aços para a indústria automobilística na CSN, a área de lingotamento contínuo teve que melhorar e desenvolver novos insumos, além de melhorar algumas práticas operacionais, no intuito de reduzir índices de desvio de placas que comprometiam diretamente o resultado operacional. Estas melhorias impactaram positivamente nos processos seguintes, reduzindo os índices de esfoliação por alumina nas bobinas, resultados que garantiam a manutenção dos clientes e menor desvio de bobinas. Isso contribuiu para melhorar as margens desta classe de produtos, melhorando a competitividade da CSN neste mercado.

Palavras-chave: Lingotamento contínuo; Esfoliação; Aluminato.

ADEQUACY OF QUALITY OF SLABS TO AUTOMOTIVE MARKET REQUIREMENTS

Abstract

With increase of demand of steel for automotive industries in CSN, the continuous casting process developed new raw materials and changed operational procedures to reduced deviation of slabs because alumina inclusions. These modifications promoted good results in following steps, decreasing exfoliation index in steel coils and the CSN reduced the cost of steel production.

Keywords: Continuous casting; Exfoliation; Aluminate.

¹ Contribuição técnica ao 42º Seminário de Aciaria – Internacional, 15 a 18 de maio de 2011, Salvador, BA, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico da Gerência de Lingotamento Contínuo da CSN, Volta Redonda, RJ

³ Engenheiro Metalúrgico da Gerência de Processos da Metalurgia da CSN, Volta Redonda, RJ

⁴ Engenheiro de Materiais da Gerência de Lingotamento Contínuo da CSN, Volta Redonda, RJ

⁵ Engenheiro Metalúrgico da Gerência de Processos da Metalurgia da CSN, Volta Redonda, RJ



1 INTRODUÇÃO

Com aquecimento do mercado siderúrgico, abriram-se novos horizontes de mercado para CSN. O ano de 2008 foi um marco para a produção, com o início de uma maior demanda de aços IF (*interstitial free*).

Na fabricação de aços IF, um patamar superior de qualidade, principalmente em termos de quantidade de inclusões, é exigido em sua fabricação. Este tipo de produto já era fabricado pela CSN, entretanto o aumento da demanda e a entrada de novos clientes (como a Montadora FIAT), exigiam um padrão de qualidade superior em relação ao anteriormente praticado.

Para atender às especificações de qualidade do cliente, foi iniciado um estudo para adequar os procedimentos, equipamentos as condições de operação da CSN às exigências do mercado.

2 PROBLEMAS NO LINGOTAMENTO CONTÍNUO DE AÇOS PARA A LINHA AUTOMOBILÍSTICA

O lingotamento de aço para a linha automobilística impacta na produtividade das máquinas de lingotamento, com uma redução em torno de 20%, devido às altas exigências de qualidade interna e superficial e ao tempo de processamento no processo anterior (refino secundário).

Para reduzir o risco de esfoliação nos processos seguintes, torna-se necessário reduzir a velocidade de lingotamento para esse tipo de aço, minimizando consideravelmente a possibilidade de arrastamento de inclusões complexas (escória de fluxante) para o interior da placa. A Figura 1 mostra, esquematicamente, o mecanismo de incorporação de partículas de escória pela placa, durante o processo de solidificação.

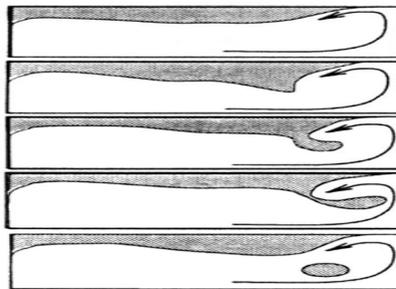


Figura 1 – Enclausuramento de escória de fluxante devido agitação do aço no molde.⁽¹⁾

Com objetivo de minimizar ainda mais o risco de enclausuramento destas inclusões, busca-se reduzir a pressão e a vazão de argônio utilizada no lingotamento. Porém, estas condições, de lingotamento favorecem a deposição de alumina no canal de vazamento do distribuidor para o molde. O gráfico da Figura 2 mostra o índice de obstruções ocasionadas pela obstrução do canal.



Figura 2 – Placas desviadas por obstrução de canal em 1º semestre 2009.

Os aços da linha automobilística, dependendo de sua aplicação (peça externa), requerem escarfigem superficial da placa. Durante a esse processo, eram observados altos índices de segregação de placas por porosidades, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 3. Este defeito também é influenciado pelas condições de lingotamento destes tipos de aços.

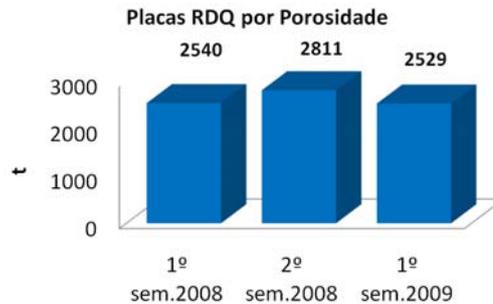


Figura 3 – Placas RDQ por porosidade 2008 e 2009.

Este cenário demonstrou também reflexos nos processo seguintes, que comprometiam a atratividade destes aços tanto para a CSN, quanto para o cliente final.

Os gráficos das Figuras 4 e 5 mostram os índices de desvio e rejeito internos e externos, respectivamente, associados à inadequação no nível de limpeza interna nos produtos CSN.

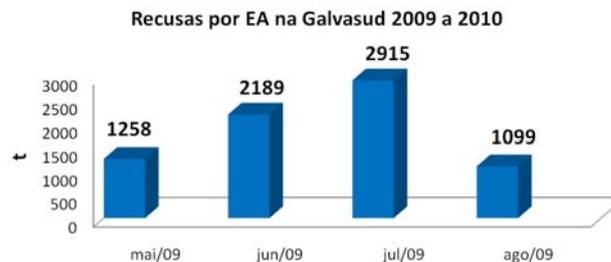


Figura 4 – Recusas por esfoliação de alumina (EA) Galvasud no 2º quadrimestre de 2009.

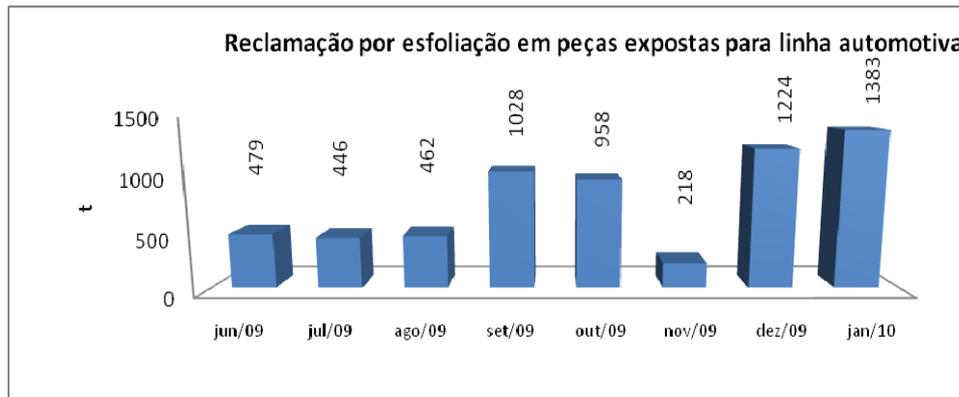


Figura 5 – Recusas no cliente no 3º quadrimestre de 2009.

Diante deste desafio, foram desenvolvidas melhorias nos componentes refratários e nas práticas de processo, com destaque para os itens abaixo:

- Garantir a performance dos refratários de injeção de argônio;
- Reduzir as entradas de ar e argônio pelos componentes refratários;
- Melhorar a circulação do aço no molde;
- Favorecer a flotação das bolhas no interior do molde

3 ESTUDO SOBRE DEPOSIÇÃO DE ALUMINA E POROSIDADES

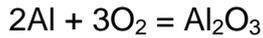
3.1 Deposição de Alumina

Os aços da linha automotiva são processados no desgaseificador a vácuo RH-KTB, com o objetivo de reduzir o teor de carbono. Neste processo ocorre também a redução do oxigênio dissolvido no aço, reduzindo a geração de inclusões de alumina. Porém, no processamento destes aços no lingotamento contínuo, em função das características desejadas para obtenção da qualidade da placa (baixa injeção de argônio e baixas velocidades de processamento), ocorre a formação e deposição de alumina no canal de vazamento do distribuidor. Isso gera, em situações extremas, a necessidade de realizar a remoção deste depósito de alumina, regularizando o fluxo de aço do distribuidor para o molde. Nesta atividade de remoção de alumina (Figura 6), ocorre a contaminação da placa, tornando-se então necessário o desvio da placa para uma aplicação menos nobre.



Figura 6 – Desobstrução do canal de vazamento do distribuidor (remoção de alumina - Varada).

A formação da alumina ocorre pela reoxidação do alumínio dissolvido no aço pelas entradas de ar dos controladores de fluxo ou por baixos níveis de injeção de argônio, o que pode ocorrer por problemas de instrumentação ou na válvula superior responsável injeção de argônio no canal de vazamento. A formação de alumina pode ser representada pela reação:



Os principais pontos de entrada de ar no sistema de controle de fluxo são (conforme a Figura 7):

- entre válvula superior e placa superior;
- entre placas;
- entre placa inferior e válvula inferior; e
- entre válvula inferior e tubo submerso.

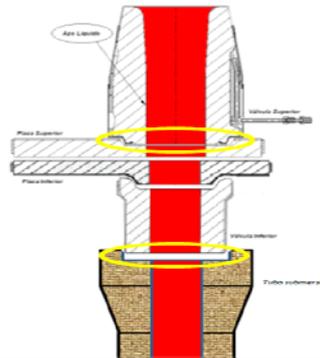


Figura 7 – Disposição dos refratários dos controladores de fluxo do distribuidor. Desenho esquemático (CSN).

A formação de alumina pode ou não ser detectada durante o lingotamento, tornando se assim um grande problema, quando se trata de aços onde se deseja inclusões inferiores a 20 micrometros. A Figura 8 mostra uma foto com Alumina na válvula superior.



Figura 8 - Alumina alojada no interior da válvula superior.

Esta alumina depositada, por estar submetida a um fluxo intenso, em alguns casos, se desprende e se aloja na placa, provocando, após laminação a frio, o defeito superficial conhecido como esfoliação. A Figura 9 ilustra o aspecto visual de uma esfoliação típica em um material de aço IF galvanizado. A Figura 10 apresenta uma foto da análise micrográfica da região do defeito, onde pode ser visto o alinhamento de inclusões de alumina.



Figura 9- Esfoliação na chapa 0,85 x 1500mm.

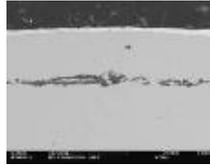


Figura 10 – Micrografia com inclusão de alumina.

Por outro lado, o baixo nível de injeção de argônio provoca a redução no volume de bolhas no interior do molde, reduzindo a capacidade de remoção de pequenas inclusões de alumina do banho metálico. Como pode ser observado na Figura 11, as inclusões, em alguns casos, são captadas pelas bolhas, e arrastadas até o menisco, onde são capturadas pela escória do molde. Portanto, as bolhas de argônio constituem um importante mecanismo de melhoria de limpeza do aço produzido pelo lingotamento contínuo.

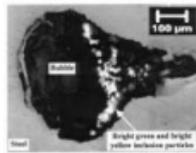


Figura 11 – Micrografia de aço com alumina aderida na bolha de argônio ⁽³⁾

3.2 Porosidade

A porosidade é a presença de pequenas bolhas nas camadas sub-superficiais das placas após escarfigem, como demonstrado na Figura 12.

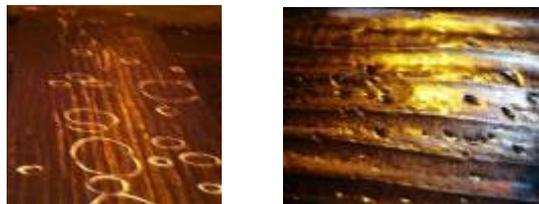


Figura 12 – Porosidade nas placas IF peças expostas.

Estas bolhas são formadas durante o processo de lingotamento (conforme mostrado na Figura 13), provenientes do argônio da válvula superior, do argônio de selagem e até mesmo de entradas de ar entre peças refratárias dos controladores de fluxo do distribuidor.

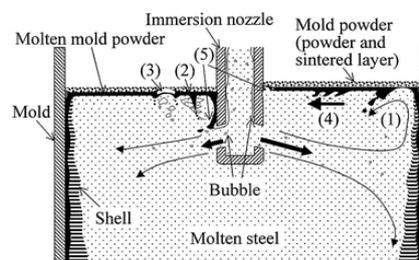


Figura 13 - Esquema do fluxo de aço no molde no lingotamento contínuo. ⁽³⁾

Estas bolhas aderem na interface sólido/líquido da placa recém-formada no molde (Figura 14). Nos aços da linha automobilística, a condição térmica no molde favorece o enclausuramento das bolhas devido a maior espessura de pele (menores



velocidades de lingotamento) e menor temperatura no menisco devido menor injeção de argônio.

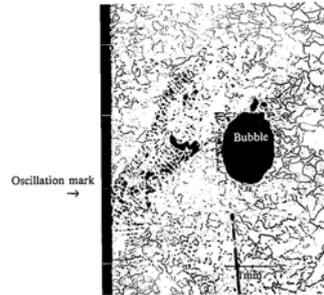


Figura 14 - Bolha aprisionado no Hook (Sobreposição da pele. solidificada, proveniente da oscilação do molde).⁽⁴⁾

4 AÇÕES DE MELHORIAS

4.1 Garantir a Performance dos Refratários de Injeção de Argônio

Como a injeção de argônio no lingotamento dos aços da linha automobilística é restrita, ou seja, existe uma faixa especificada de vazão e pressão de argônio, foi observado que, em alguns casos, ocorria obstrução prematura do canal de vazamento do distribuidor (alta deposição de alumina), provocando a necessidade de desobstrução. Foi observado também que, no início do lingotamento, a flotação de argônio era tão insignificante que alterava o perfil térmico do menisco, reduzindo temperatura no mesmo. Alterando a característica de viscosidade do fluxante comprometendo a lubrificação do molde e conseqüentemente risco de break-outs por agarramento.

Esta alteração do perfil térmico do menisco acarretava um maior enclausuramento de bolhas no interior da placa, comprometendo a qualidade tanto para com a porosidade quanto para com relação a inclusões de alumina.

Em observação "In loco" de válvulas que apresentaram perda de argônio durante o lingotamento, foi observado que algumas delas apresentavam deterioração da chapa metálica, um dos motivos da perda de argônio. Além do caso mencionado acima, foi verificado através de imersão da válvula em água (ensaio destrutivo) que algumas válvulas superiores novas apresentavam vazamento de argônio entre a chapa metálica e o corpo refratário.

Com base nas informações acima foram realizadas as seguintes ações:

4.1.1 Melhoria na proteção do topo da válvula superior durante a preparação do distribuidor

O processo original utilizava de uma argamassa 50% alumina e 50% sílica no corpo da válvula, para fixação da mesma e no arremate do poço do distribuidor para proteção do topo. Esse material se caracterizava por apresentar baixa resistência química, o que aliada à formação de trincas, devido condição de secagem irregular, expunha a chapa metálica da válvula, propiciando a deterioração da mesma. Esta argamassa foi substituída conforme esquema apresentado na Figura 15:

- na parte externa da cápsula, passou a ser utilizada uma argamassa com 85% de alumina, ou seja, com maior resistência química;



- no arremate, passou a ser utilizado o mesmo material de projeção do distribuidor (75% MgO), com excelente performance com relação a prevenção de formação de trincas durante secagem.

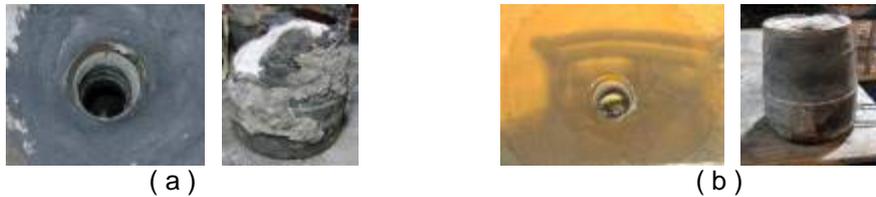


Figura 15 – (a) Arremate com argamassa 50% Al₂O₃ e válvula após lingotamento e (b) Arremate com argamassa 75% MgO e válvula após lingotamento

4.1.2 Melhoria na qualidade das válvulas superiores

Tendo havido, da parte do fornecedor, reconhecimento das deficiências de projeto das válvulas superiores, foram articuladas as seguintes ações:

- reparo de todas as válvulas superiores em estoque na CSN, tanto as de uso na Máquina 4, quanto as de uso nas Máquinas 2 e 3;
- alteração no projeto das válvulas das máquinas de lingotamento contínuo 2 e 3 (prolongamento da cápsula metálica até o topo);
- melhoria no processo de encapsulamento das válvulas superiores com alteração da argamassa para um material adequado para a selagem de gases.
- implantação de teste específico para liberação em 100% das peças com criação de indicador de recusas na inspeção.

Ao mesmo tempo, a CSN passou a realizar auditorias de qualidade nos processos de fabricação e de liberação no fornecedor.

A experiência mostrou também as conseqüências de manter um item tão crítico para a qualidade do produto com um único fornecedor. Em função disso, desenvolveu-se um programa de testes para qualificação de novos fornecedores.

O gráfico da Figura 16 apresenta a melhoria do índice de válvulas superiores que apresentaram deficiência de argônio, observando-se evolução significativa a partir de dezembro de 2009.

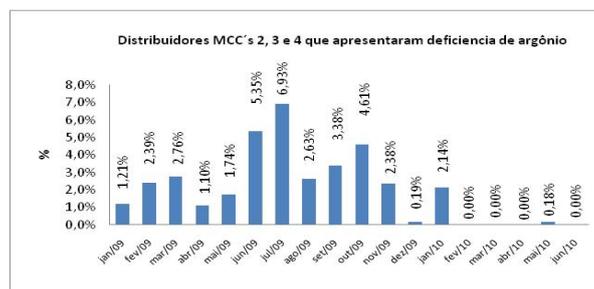


Figura 16 – Índice de válvulas que apresentaram perda de argônio no lingotamento.

4.2 Reduzir as Entradas de Ar e Argônio pelos Componentes Refratários

Seguindo o conceito da redução de entrada de ar ou argônio, foi desenvolvido um novo material de selagem entre válvula superior e placa superior, válvula inferior e tubo submerso.



4.2.1 Válvula superior e placa superior

A selagem entre válvula superior e placa superior era realizada com argamassa com 50% de Al_2O_3 , material esse que, durante a secagem, tinha a formação de trincas. Essa argamassa foi substituída por um gasket (Aluminoso) moldável e de baixo teor de carbono, garantindo a perfeita vedação aço / ar entre as partes refratárias, já que, em temperaturas elevadas, ele se torna impermeável. A Figura 17 mostra os dois materiais utilizados na selagem entre válvula e placa superiores.



(a)

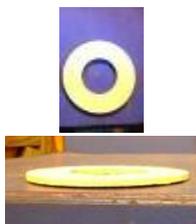


(b)

Figura 17 – Massa refratária utilizada na selagem válvula superior e placa superior (a) e Gasket moldável utilizado atualmente na selagem da válvula superior e placa superior.

4.2.2 Válvula inferior e tubo submerso

A selagem entre válvula inferior e tubo submerso (Figura 18) era realizada por uma arruela de fibra cerâmica à base de sílica e de baixa densidade, características que favoreciam a aspiração de ar/argônio. Este insumo foi substituído por um gasket de material aluminoso, moldável e com a metade da espessura da fibra cerâmica anterior (3 mm), reduzindo consideravelmente a probabilidade de entrada de ar neste conjunto.



(a)



(b)

Figura 18 – (a) Arruela de fibra cerâmica utilizada na selagem válvula inferior e tubo submerso (b) e Gasket moldável utilizado atualmente na selagem válvula inferior e tubo submerso.

4.3 Melhorar a Circulação do Aço no Molde

Foi verificado que as bolhas de argônio se concentravam no meio da face larga. Os defeitos nas bobinas galvanizadas também ocorriam com maior concentração no centro da largura (região que corresponde à área adjacente à posição do tubo submerso). Através de um estudo detalhado desta região, foi constatado que a distancia entre o tubo submerso e a face larga do molde restringia a circulação de aço, gerando zonas mortas, conseqüentemente aumentando a espessura da pele solida recém formada, aproximando assim as bolhas da interface liquido/solido da placa.

A partir desta premissa foi desenvolvido um tubo submerso com diâmetro externo menor (120 mm, quando o anterior era de 155 mm), aumentando a distancia da parede do tubo submerso em relação à face larga do molde em 17,5 mm. Isso contribui satisfatoriamente na circulação do aço nestas regiões. Com a melhoria do perfil térmico, obteve-se a equalização das espessuras da placa, favorecendo a flotação do argônio para o menisco, reduzindo a incidência de aprisionamento de



bolhas e de inclusões. A Figura 19 apresenta o desenho comparativo da situação anterior e modificada.

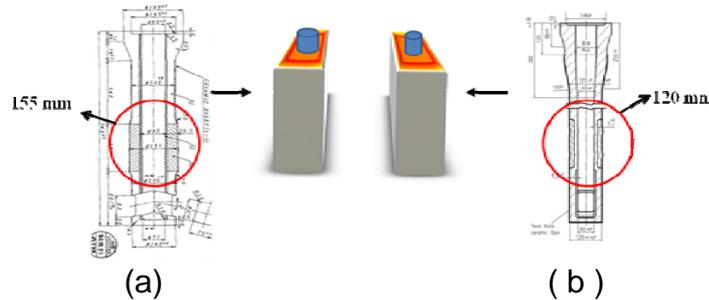


Figura 19 – Comparação do posicionamento no molde do Tubo submerso com seção transversal 140 mm (a) e do Tubo submerso com seção transversal 120 mm (b). Desenho CSN.

4.4 Favorecer a Flotação das Bolhas no Interior do Molde

Com intuito de favorecer a flotação das bolhas no interior do molde, limitou-se a profundidade de imersão do tubo submerso em relação ao menisco do molde. Estes aços são lingotados com a menor imersão do tubo submerso no molde possível, sem afetar o menisco quanto a agitação (prevenção de enclausuramento de inclusões exógenas). Como resultado, obtém-se melhor aquecimento do menisco (maior fluidez do aço) , menor distancia furo do tubo / menisco (figura 20), reduzindo a camada de aço liquido e conseqüentemente favorecendo a eliminação das bolhas para a atmosfera.

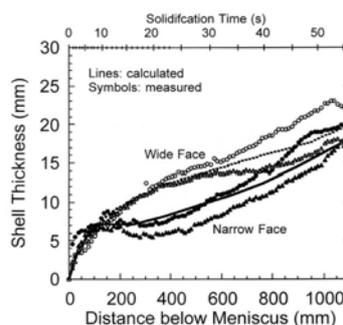


Figura 20 – Espessura da pele em relação do menisco.⁽³⁾

A alteração propiciou o direcionamento do furo do tubo submerso para regiões de menor espessura de pele solidificada, gerando menor risco de a bolha alcançar a região de interface solidus/liquidus como mostrado na Figura 21.

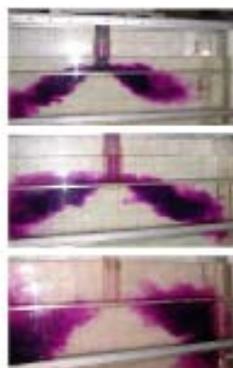


Figura 21– Fluxo do aço no molde em função da alteração de imersão do tubo submerso.⁽⁵⁾



5 RESULTADOS

O gráfico da Figura 22 mostra a redução do desvio de placas com contaminação por alumina (varada).



Figura 22 – Redução de varadas nos aços da linha automobilística.

Observa-se uma redução significativa, sobretudo, a partir de agosto de 2009.

O gráfico da Figura 23 pode ser observado uma redução significativa no resultado de desvio por porosidade nas placas.



Figura 23 – Redução de placas RDQ por porosidade.

Outro resultado significativo observado foi o índice de rescusas por esfoliação durante a inspeção na Galvasud e no cliente. Essa evolução é mostrada através dos gráficos das Figuras 24 e 25.

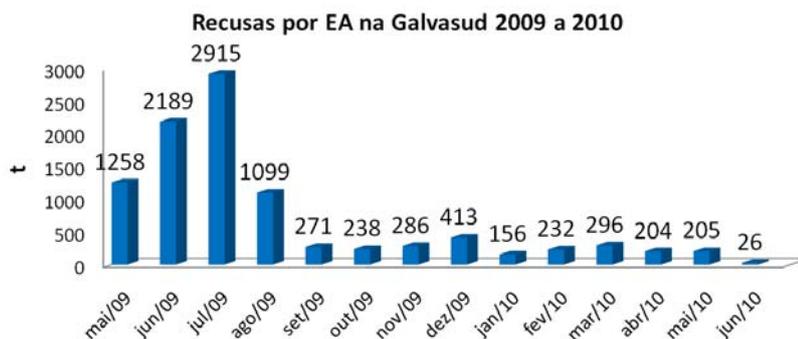




Figura 24 – Redução de desvios de bobina por EA na Galvasud.



Figura 25 – Redução de reclamações no cliente.

Ganhos tangíveis:

Como resultado do trabalho a CSN teve uma redução de custo na ordem de R\$ 4 milhões de reais, além disso, outros ganhos, considerados intangíveis foram atingidos como: satisfação do cliente, domínio tecnológico, melhoria da segurança operacional e redução da geração de resíduos refratários.

6 CONCLUSÃO

As ações demonstraram resultados satisfatórios, com a melhoria do rendimento dos aços da linha automobilística através da redução dos desvios de placas, bem como da queda no índice de recusa de produtos após galvanização.

O sucesso do trabalho se refletiu também na melhoria de desempenho do material no cliente final, melhorando a imagem da CSN e permitindo a continuidade do fornecimento e evitando os custos com reposição de produtos.

Pode-se dizer, portanto, que o projeto contribuiu para a manutenção da competitividade da CSN no mercado automobilístico, com a melhoria da atratividade do material.

Todo o projeto foi desenvolvido pelos profissionais da CSN em interação com os fornecedores de refratários. Portanto, foi um projeto desenvolvido sem qualquer investimento, com alto retorno e que representou um aporte tecnológico significativo para os especialistas da empresa.

REFERÊNCIAS

- 1 Thomas, Brian G. "Chapter 14 Fluid Flow in the Mold", 2003
- 2 Brimacombe, 1976-Brimacombe, J.K, Grill, A, "Influencia of carbon contenton rate of heat extraction in the mold of a continuous casting machine", Ironmaking and steelmaking Vol.3, p.76-79, 1976.
- 3 ZhangL., Cai K., Li J., Wan X. and Thomas B.G., Investigation of fluid flow and steel cleanliness in the continuous casting strand, Metallurgical and Materials Transactions B Vol 38b, 63 2007.
- 4 Kimura, Hideaki, "Advances in High-Purity IF Steel Manufacturing technology, Nippon Steel Technical Report N°61 April 1994.



42º Seminário de Aciaria Internacional

42nd Steelmaking Seminar - International

15 a 18 de maio de 2011 / May 15th - 18th, 2011



- 5 Chiapparoli W., Sylvestre S., Madias J., Gresia D. G., Estudio en modelo de agua del efecto del ancho del molde, velocidad de colada y profundidad de inmersión de buza, Anais do XXXI Seminário de Solidificação e Refino, Vitória ES, 2000.