

MELHORIA NO DESEMPENHO DO SISTEMA DE VAZAMENTO NA USINA SIDERÚRGICA DE PORT TALBOT ¹

Michael M. Berger²
Christian Rahm²

Resumo

Um fator importante para aumentar a produtividade de aço líquido de dois vasos, consiste em otimizar a disponibilidade dos vasos BOF. A este respeito, o sistema de vazamento exerce uma importante influência sobre o progresso dos tempos de vazamento durante a vida útil do furo de corrida, os tempos de duração obtidos dos furos de corrida, e os tempos inoperantes relativos dos vasos em função das operações de substituição dos furos de corrida. Com base nas dimensões reais dos vasos BOF, incluindo o revestimento refratário e as geometrias dos furos de corrida, foram realizadas simulações computadorizadas da dinâmica dos fluidos e do escoamento de aço durante o processo de vazamento. De acordo com os resultados destas simulações, os dados reais da produção de aço líquido e as demandas da usina, um novo projeto otimizado dos furos de corrida foi desenvolvido e testado na usina siderúrgica de Port Talbot. Em razão deste novo projeto, o objetivo principal no sentido de aumentar a vida útil dos furos de corrida reduzindo o seu índice de desgaste, pôde ser atingido de maneira notável. O tempo de vazamento pôde ser mantido dentro da faixa de tempo favorável de 8,5 a 4 minutos. O aumento do número de corridas obtido, pôde ser cumprido sem precisar aumentar o tempo de vazamento, especialmente com os novos furos de corrida instalados. Em consequência, o número de substituições dos furos de corrida e, portanto, os tempos inoperantes dos vasos, podem ser consideravelmente reduzidos.

Palavras-chave: Performance; Sistema de vazamento.

IMPROVEMENT IN PERFORMANCE OF THE TAPPING SYSTEM AT PORT TALBOT STEELWORKS

Abstract

One important factor of increasing the productivity of a two vessel BOF shop is to optimize the availability of the BOF vessels. In this respect the tapping system has an important influence on the progression of the tapping times during the tap hole life, the tap hole lives achieved and the related vessel downtimes due to tap hole changing operations. Based on the actual BOF vessel dimensions including the refractory lining and the tap hole geometries computational fluid dynamic simulations of the steel flow during the tapping process were done. According to the results of these simulations, the actual BOF shop data and the demands of the plant a new optimized design of the tapholes was developed and tested in Port Talbot steelworks. Due to this new design the main target of increasing the taphole lives by reducing the wear rate could be achieved noticeable. The tapping time could be maintained within the favored time range of 8.5 to 4 minutes. The increased number of heats achieved could be met without increasing the tapping time especially with new installed tapholes. As a consequence the number of taphole changes and therefore vessel down times can be considerably reduced.

Key words: Performance; Tapping system.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *RHI AG, Viena, Áustria*

1 INTRODUÇÃO

A usina em Corus Port Talbot possui dois conversores de 325 t em operação. Em 2005, a produção de aço líquido foi de 3.763 mt, perfazendo uma média de 224 corridas por semana. Para aumentar a produção anual de aço líquido, um fator importante consiste em reduzir os tempos inoperantes de cada vaso BOF individual em operação. Um dos fatores, entre outros, está relacionado com as operações de vazamento, que causam paralisações em decorrência das operações de substituição dos furos de corrida. O número de operações de substituição, bem como o próprio tempo de substituição, deve ser melhorado, a fim de reduzir os referidos tempos de paralisação relativos aos procedimentos para substituição dos furos de corrida.

Para reduzir o número de operações de substituição sem influenciar os tempos entre as corridas, significa que o número de corridas obtidas por conjunto de furos de corrida deve ser aumentado.

2 SIMULAÇÃO

As simulações computadorizadas da dinâmica dos fluidos (CFD) foram desenvolvidas e várias simulações foram realizadas para se obter um melhor entendimento dos principais fatores que influenciam o desempenho do furo de corrida do conversor BOF durante o vazamento.

2.1 Descrição

As bases das simulações CFD constituem as seguintes leis da física

- Conservação da massa
- Conservação do momento
- Conservação da energia e as equações de Navier-Stokes

O resultado deste tipo de simulação constitui os seguintes fatores de influência, que podem então ser analisados de maneira bem detalhada:

- distribuição da pressão, dinâmica assim como a total
- intensidade da ocorrência de turbulências
- velocidade; distribuição
- velocidade; gráfico dos vetores mostrando a direção do escoamento

Todos estes fatores dependem do fluxo de massa e das geometrias, os quais são: a geometria e o diâmetro de entrada da face quente, a saída da face fria, o comprimento do furo de corrida e o banho de aço acima do furo de corrida.

Os exemplos que podem ser o resultado de tais simulações são mostrados nas Figuras 1 e 2, plotagem do vetor de velocidade e distribuição da pressão durante uma simulação de vazamento.

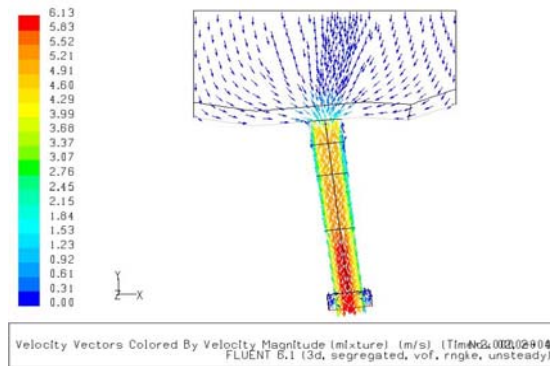


Figura 1: Plotagem do vetor de velocidade durante a simulação de vazamento

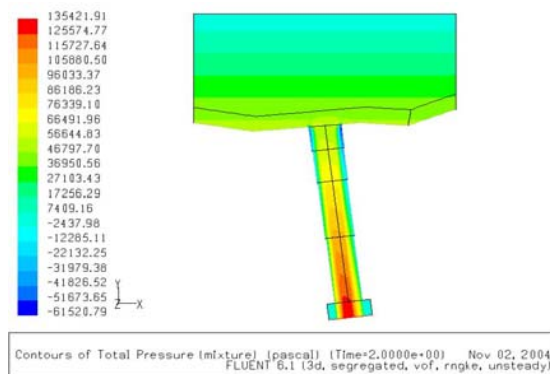


Figura 2: Distribuição da pressão durante a simulação de vazamento

2.2 Resultados da Simulação

A simulação CFD é uma ferramenta muito boa para se ter uma compreensão do que ocorre no interior do furo de corrida durante as operações de vazamento. Os resultados das simulações CFD mostram que os parâmetros mais importantes que influenciam o desempenho do furo de corrida e o seu índice de desgaste são as turbulências e a pressão, especialmente as áreas de pressão negativa.

2.2 Parâmetros que Afetam o Padrão de escoamento Durante o Vazamento

Devido ao fato de o tempo de vazamento máximo aceito pela usina com um novo conjunto instalado de furos de corrida ter sido fornecido, a quantidade de aço em relação à taxa de escoamento através do furo de corrida constituiu a base das simulações e dos cálculos. O tempo de vazamento propriamente dito é conhecido como sendo dependente da geometria interna do canal do furo de corrida, do nível do banho de aço e da quantidade de aço que passa através do furo de corrida.

As simulações mostraram os seguintes fatores como sendo os predominantes no sentido de causar as situações referentes às turbulências, velocidades internas e a distribuição, bem como os valores máximos de pressão:

- a geometria e o diâmetro na entrada da face quente

- o projeto do canal do furo de corrida
- o diâmetro na saída da face fria
- a altura ferrostática, o comprimento do furo de corrida e o nível acima de aço

Mantendo-se o tempo de vazamento de um conjunto recém-instalado de furos de corrida a um nível constante, constatou-se que o projeto do canal precisa ser adaptado, pois a altura ferrostática se altera durante o período de vida útil dos vasos BOF. Uma vez que o revestimento refratário do conversor se desgasta, os conjuntos dos furos de corrida ficam mais curtos e o nível do banho de aço acima da entrada da face quente está diminuindo, à medida que o volume livre do vaso está aumentando.

Com relação ao padrão de escoamento, os fatores desprezíveis são:

- a temperatura do aço e
- a análise química

Este efeito ocorre em razão da faixa bastante estreita dos fatores acima mencionados, que ocorrem durante a produção e a sua influência sobre a viscosidade do aço.

2.3.1 Situação real

Os furos de corrida padrão em uso possuem um diâmetro interno da face quente de 220 mm e um diâmetro de 200 mm na saída da face fria. Foram simuladas diversas situações; os exemplos dos resultados em um conjunto de furos de corrida com 1.800 mm de comprimento podem ser vistos nas Figuras 3 e 4.

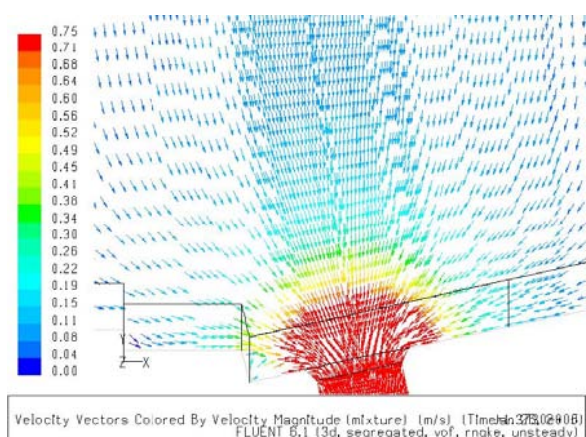


Figura 3: Plotagem do vetor de velocidade na entrada da face quente, furo de corrida padrão com 1.800 mm de comprimento; diâmetro na face quente 220 mm, na face fria 200 mm

O padrão de escoamento mostra altas turbulências na entrada da face quente do furo de corrida (Figura 3).

A situação referente à pressão mostra áreas de pressão muito baixa, chegando a ocorrer até pressão negativa (Figura 4). Ambos os fatores conseqüentemente irão conduzir a um aumento do índice de desgaste nas áreas afetadas, além de causar um impacto sobre o padrão de escoamento dentro do canal dos furos de corrida.

2.3.2 Novo desenho

Os resultados das simulações e a demanda da aciaria foram considerados quando se fez o projeto dos novos conjuntos de furos de corrida. A Figura 5 mostra o desenho do conjunto de furos de corrida com 1.750 mm de comprimento. O layout do mesmo baseia-se em uma otimização do padrão de escoamento considerando-se as condições

prévias do tempo de vazamento, do comprimento e do diâmetro externo do conjunto. O objetivo era obter-se um canal totalmente cheio e um escoamento constante durante o vazamento.

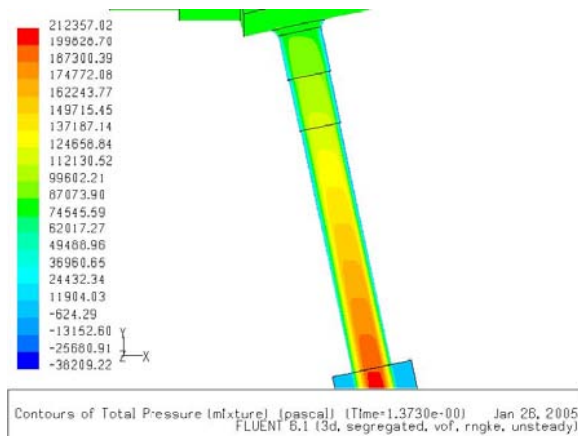


Figura 4: Distribuição da pressão, furo de corrida padrão com 1.800 mm de comprimento; diâmetro na face quente 220 mm, na face fria 200 mm

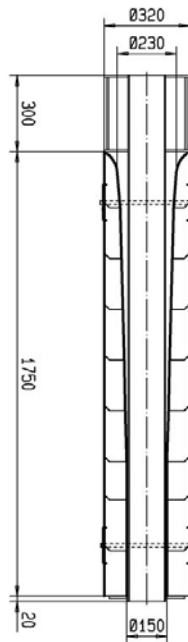


Figura 5: Desenho do conjunto de furos de corrida de teste de 1.750 mm

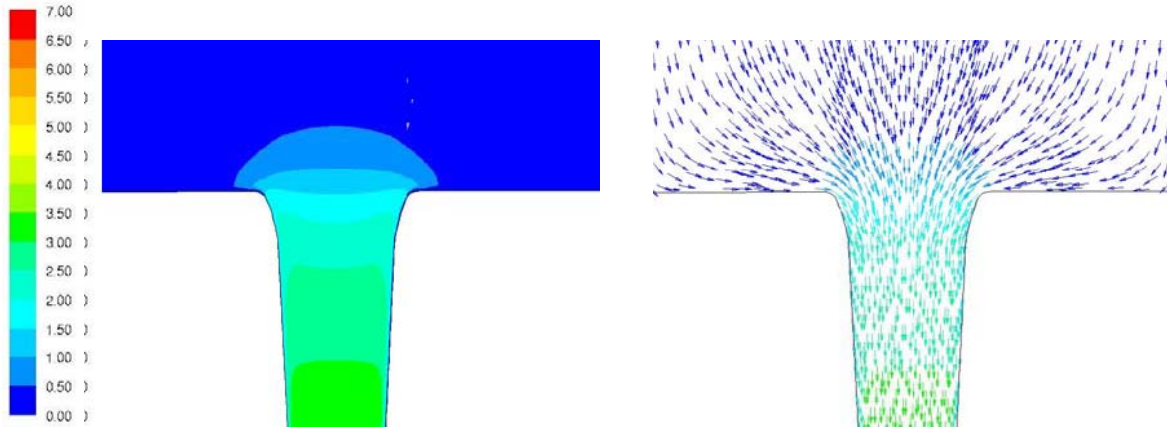


Figura 6: Plotagem da distribuição da velocidade e do vetor de velocidade correspondente na entrada da face quente, furo de corrida otimizado com 1.800 mm de comprimento; diâmetro na face quente 230 mm, na face fria 150 mm

A Figura 6 apresenta uma distribuição bastante suave dos vetores de velocidade. Situação semelhante ocorre com relação às turbulências (Figura 7) e a pressão (Figura 8) em direção ao canal do furo de corrida, que não apresentam mais áreas de pressão negativa.

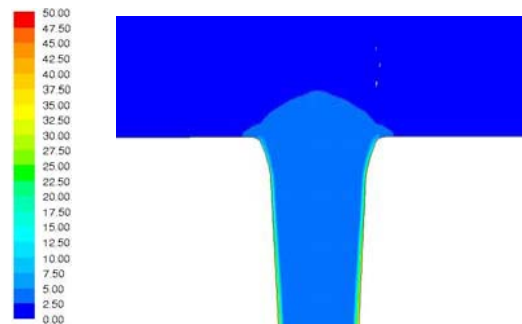


Figura 7: Intensidade de turbulências na entrada da face quente

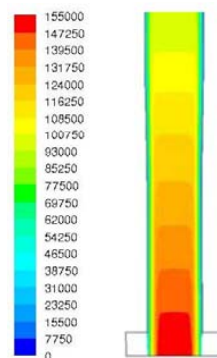


Figura 8: Distribuição da pressão na saída da face fria do furo de corrida de 1.800 mm

1.3.3 Descobertas adicionais

Outro fator principal encontrado é o efeito negativo de um conjunto de furos de corrida que não está alinhado nem instalado corretamente. Como exemplo, foi efetuado uma simulação para um conjunto longo demais. O conjunto de furos de corrida está 60 mm maior do que os tijolos refratários de trabalho. O efeito sobre o padrão de escoamento pode ser visto nas Figuras 9 e

10. As turbulências na entrada da face quente (Figura 9) e a plotagem do vetor (Figura 10) são mostradas na mesma área.

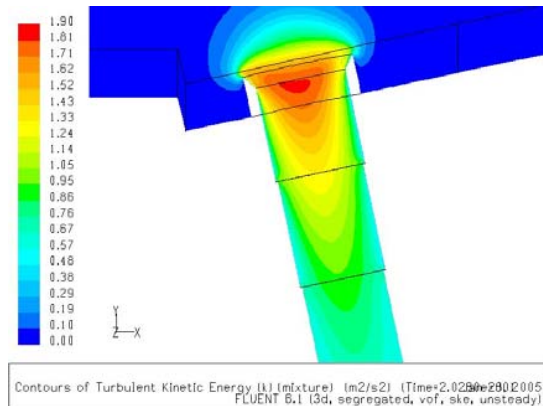


Figura 9: Distribuição da turbulência na entrada da face quente de um furo de corrida padrão com 1.800 mm de comprimento instalado incorretamente; diâmetro na face quente 220 mm, na face fria 200 mm

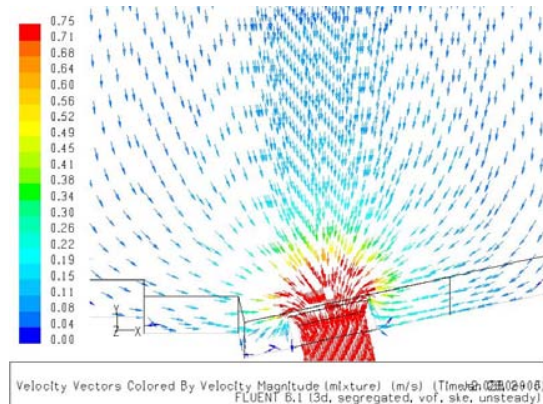


Figura 10: Plotagem do vetor na entrada da face quente de um furo de corrida padrão com 1.800 mm de comprimento instalado incorretamente; diâmetro na face quente 220 mm, na face fria 200 mm.

3 OBSERVAÇÕES NO LOCAL

Duas campanhas com furos de corrida otimizados com CFD e de comprimentos diferentes foram testados em Port Talbot e comparados aos padronizados.

Os comprimentos dos conjuntos testados eram de 1.850 mm e 1.750 mm (Figura 5), tendo sido instalados durante o período de vida útil dos vasos BOF.

3.1 Resultados do Ensaio

Durante o ensaio, o período de tempo de vazamento pôde ser mantido dentro dos limites exigidos de 8,5 minutos para 4 minutos, que é o limite-padrão para substituição do furo de corrida. Em comparação aos conjuntos-padrão, o índice de desgaste foi menor e mais constante logo a partir do início. Os conjuntos de teste com 1.750 mm de comprimento foram substituídos antes de atingirem um tempo de vazamento de 4 minutos; o conjunto de teste Nº 4 antes de 5 minutos (Figura 11). Durante a série de 1.750 mm, o melhor resultado foi uma vida útil de 121 corridas, porém ainda distante de um tempo mínimo de 4 minutos. As tendências lineares dos tempos de vazamento

mostram claramente uma inclinação mais uniforme. Somente o conjunto de furos de corrida padrão N°. 2 apresenta uma tendência ligeiramente melhor à medida que o tempo de vazamento em direção ao final está aumentando. O motivo foi o reparo de um tubo que foi executado para manter o furo de corrida em operação para algumas corridas.

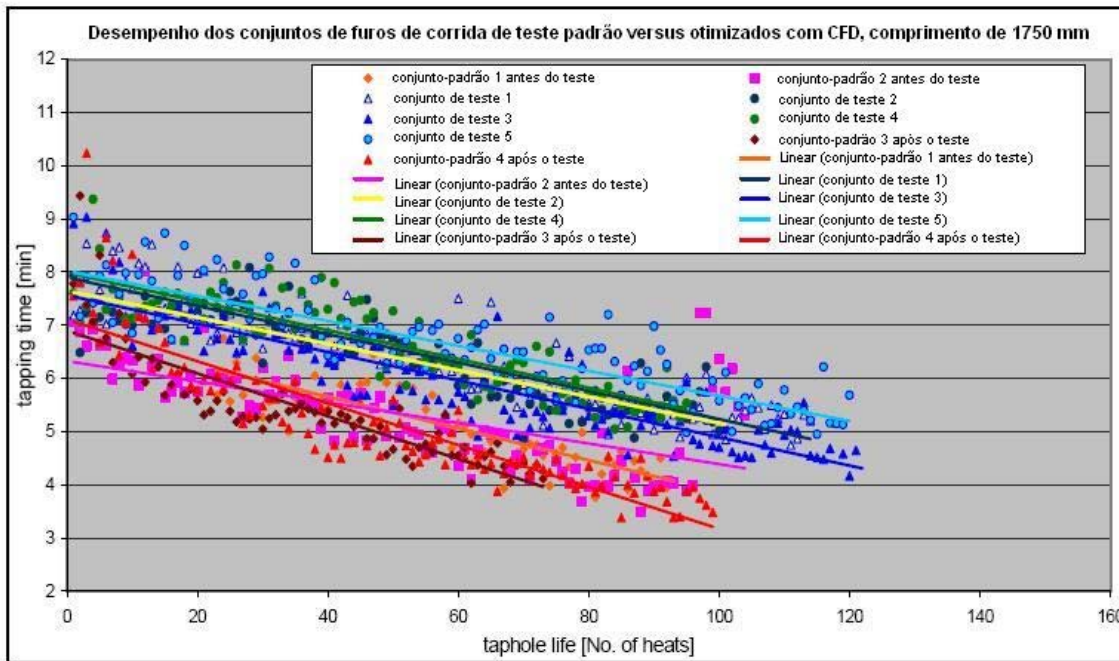


Figura 11. Desempenho dos conjuntos de furos de corrida de teste padrão versus otimizados com CFD, comprimento de 1750 mm

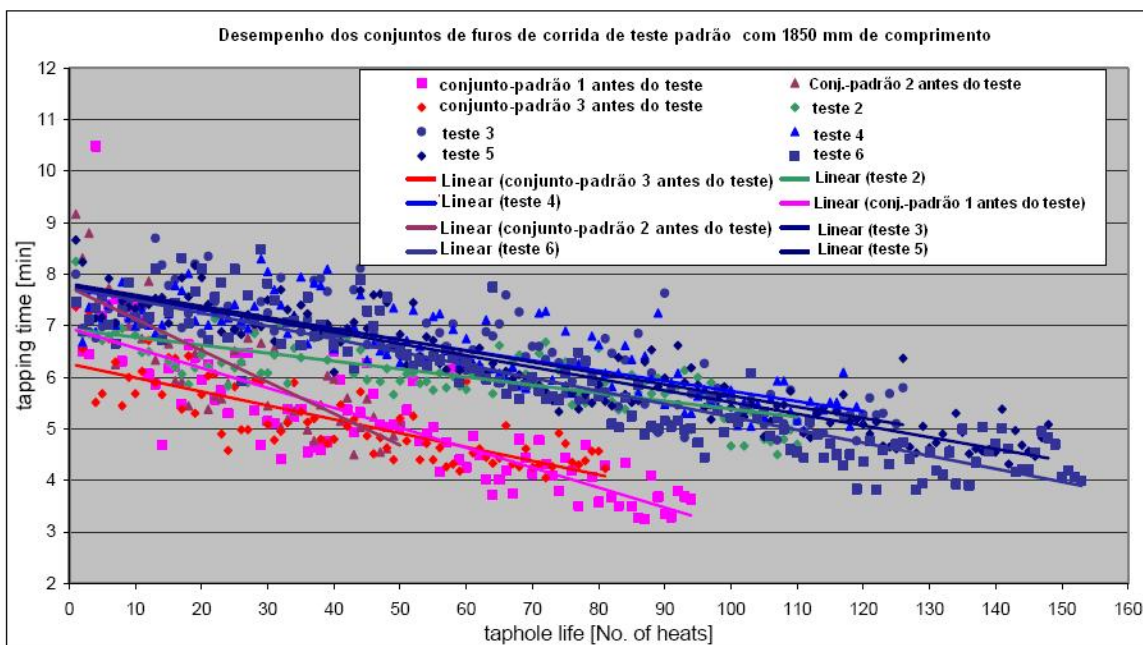


Figura 12: Desempenho dos conjuntos de furos de corrida de teste padrão com 1850 mm de comprimento

Foram obtidos resultados ainda melhores durante o teste com os conjuntos de furos de corrida com 1.850 mm de comprimento (Figura 12).As tendências lineares mostram um desempenho semelhante em relação aos conjuntos mais curtos de 1.750 mm. Ao contrário dos mesmos, pôde ser verificado um aumento das vidas úteis por etapas. Iniciando com 112 corridas,atingiram-se um número máximo de 154 corridas. Com os conjuntos de furos de corrida padrão, a vida útil média é de até 90 corridas, de modo que os resultados obtidos durante o teste significam um aumento de até 70% na vida útil. Tudo isto foi realizado sem operações de reparos de tubos, o que algumas vezes se aplica aos conjuntos-padrão em caso de necessidades operacionais.Outro efeito mostrado nas simulações que poderia ser claramente observado, foi um fluxo de aço bem compacto durante o vazamento na direção da panela de aço líquido. Este efeito pôde ser mantido até o final da campanha dos furos de corrida (Figura 13). O efeito colateral positivo disto é que ,irá ocorrer uma menor reoxidação durante o vazamento.



Figura 13: Fluxo de aço durante a corrida de vazamento número 142, conjunto de furos de corrida de teste Nº 5 com 1.850 mm de comprimento.



Figura 14: TBD 400 CSH sem a plataforma de trabalho instalada

3.2 Observações Adicionais

As melhorias com relação a uma redução dos tempos inoperantes dos vasos durante as operações de substituição dos furos de corrida são possíveis.Em junho de 2006, uma nova unidade de substituição de furos de corrida, a TBD 400 CSH (Figura 14), foi colocada em

operação. De acordo com as experiências de outros usuários desta unidade, o tempo necessário previsto para os procedimentos de substituição dos furos de corrida foi reduzido de até as 2 horas atuais para menos de 60 minutos.

CONCLUSÃO

Obteve-se um aumento da vida útil dos furos de corrida mediante a utilização de conjuntos de furos de corrida de projeto otimizado. O atual espaço de tempo para vazamento de 8,5 para 4 minutos, o qual constituiu a base de todas as simulações, não foi afetado. É possível haver uma redução dos tempos de paralisação dos vasos BOF, causada pelo número de operações de substituição dos furos de corrida. Dependendo das condições de operação reais na aciaria, um furo de corrida otimizado com CFD foi projetado e testado individualmente. As vidas úteis reais dos furos de corrida puderam ser aumentadas em até 70%. Deve ser dedicada uma atenção especial no momento da instalação, pois uma montagem incorreta causará um impacto muito severo sobre o padrão de escoamento no interior do furo de corrida e, conseqüentemente, um efeito negativo sobre o tempo de vazamento e a vida útil.

Agradecimentos

Agradecemos à equipe da usina de BOF em Corus Port Talbot pelo apoio prestado durante os testes e as discussões bastantes abertas relacionadas ao assunto.